



Projet de Parc naturel régional des Baronnies Provençales

LES BARONNIES PROVENCALES ET LE CHANGEMENT CLIMATIQUE



Licence GADER

(Gestion et Aménagement Durable des Espaces
et des Ressources)

IUT de PERPIGNAN

FLAMAIN Fabrice

2010-2011



Remerciements

Je tiens à remercier particulièrement Lionel Tardy, directeur du Syndicat Mixte des Baronnies Provençales, pour m'avoir accueilli au sein de la structure du projet de Parc naturel régional des Baronnies dans le cadre de mon stage d'étude. Je remercie également l'ensemble de l'équipe du projet de Parc pour leur accueil chaleureux et leur disponibilité.

Je tiens à remercier également les membres de la commission de la formation permanente de l'Inra-PACA, en particulier son président Michel Bariteau, qui ont cru en mon projet de réorientation professionnelle et m'ont permis de l'entreprendre.

Un grand merci à Frédéric Huard de l'Unité AgroClim de l'Inra-PACA pour ses explications et la réalisation des simulations sur ARPEGE-Climat.

Mes remerciements vont également à Sandra Rome (Programme GICC-DECLIC) du Laboratoire d'étude des Transferts en Hydrologie et Environnement (LTHE) de Grenoble pour ses encouragements et conseils avisés.

Merci à toutes et tous.

Sommaire

Remerciements	3
Sommaire	5
Introduction	7
I Contexte	8
I.1 Les différentes échelles du changement climatique	8
I.2 Les enjeux d'un changement du climat	10
II Données et méthodologies.....	11
II.1 La zone d'étude.....	11
II.2 Les données météorologiques	12
II.3 L'exploitation des données	14
II.4 Les simulations climatiques : le modèle ARPEGE-Climat.....	14
II.5 Les tests statistiques	16
III Résultats et discussions	18
III.1 Pour la période passée.....	18
III.2 Pour la période future.....	60
III.3 Tendances climatiques et simulations climatiques des températures	65
Conclusion.....	69
Bibliographie	71
Acronymes, sigles et abréviations	74
Table des figures	75
Table des tableaux	78
Table des photographies	78
Table des annexes.....	79
Table des matières	80
Annexes.....	83

Introduction

L'augmentation des températures moyennes de l'atmosphère et des océans, la fonte massive des neiges et des glaces ainsi que l'élévation du niveau moyen des mers (GIEC, 2007) sont des signes avérés du changement climatique global. Si l'origine de ce changement, anthropique ou naturel, fait encore débat ; la communauté scientifique s'accorde sur un réchauffement d'une grande partie du globe, de façon hétérogène certes, mais de façon indiscutable.

Ce réchauffement, au-delà de ses effets sur les milieux naturels, commence à impacter le mode de fonctionnement des sociétés humaines. Des secteurs comme l'agriculture (Seguin, 2010), la santé (Besancenot, 2004 ; ONERC, 2007), l'énergie, l'urbanisme (Bertrand, 2010) et l'eau (GIEC, 2008) sont fortement exposés à une élévation des températures et il est nécessaire dès maintenant d'anticiper des stratégies d'adaptations (ONERC, 2006) et d'atténuations. Ainsi, nos modes de production et de consommation, dans de très nombreux domaines, devront évoluer en intégrant ce risque climatique dans tous leurs processus de fonctionnement et de développement.

L'adaptation au changement climatique suppose au préalable des étapes d'acquisition de connaissances sur les aspects de ce phénomène et de ses impacts avérés. Cette première étude dans les Baronnies s'appuie sur l'analyse des tendances et des ruptures climatiques déterminées à partir des données fournies par les stations météorologiques du territoire. Sous la forme d'une approche très descriptive, elle doit mettre en évidence les changements du climat de ces quatre dernières décennies. L'utilisation de données sorties de modèle climatique permettra de proposer un scénario à l'horizon 2100.

Le contexte et l'intérêt de cette étude sont présentés dans la première partie de ce rapport. Un aspect données et méthodologie, en deuxième partie, permet d'expliquer l'obtention des résultats. Enfin, une troisième partie fait le bilan des résultats et laisse la place à leurs discussions.

I CONTEXTE

I.1 Les différentes échelles du changement climatique

I.1.a A l'échelle de la planète

Depuis 1750, l'activité des sociétés humaines a enrichi l'atmosphère en gaz à effet de serre, en particulier en, dioxyde de carbone (CO₂), méthane (CH₄) et oxyde nitreux (N₂O) et notamment sur la période 1970-2004 avec une progression de leur concentration de 80%. On peut avancer avec un degré de confiance très élevé que les activités humaines ont eu comme effet net une augmentation de la température moyenne de l'air. Ainsi, le réchauffement sur la période 1906-2005 est estimé à 0,74°C, avec une augmentation très significative de sa vitesse atteignant 0,13°C par décennie sur les cinquante dernières années (GIEC). Au cours des 25 dernières années le taux d'accroissement s'est élevé à 0,19°C par décennie (The Copenhagen Diagnosis, 2009).

I.1.b A l'échelle du bassin méditerranéen

Il est aujourd'hui admis que le bassin méditerranéen est une des zones de la planète où le changement climatique et ses impacts seront les plus importants (Giorgi, 2006). On s'attend sur cette zone à une aridification des milieux au cours de ce siècle et à une diminution de la disponibilité des ressources en eau. Il a été mis en évidence une augmentation significative de la température annuelle moyenne d'environ 0,75°C sur la période 1900-1998 (Giorgi, 2002). Ce réchauffement a touché préférentiellement les saisons hivernales et estivales. De nombreux auteurs (New *et al.*, 2001 ; Giorgi, 2002a ; Trenberth *et al.*, 2007) rapportent des tendances significatives à la baisse des précipitations à différentes échelles spatio-temporelles sur le pourtour de la méditerranée au cours du 20^{ème} siècle. Pour la seconde moitié du 20^{ème} siècle, différentes études témoignent d'une baisse significative des précipitations hivernales pour l'Italie, la Grèce et le Proche-Orient (Trigo *et al.*, 2000 ; Brunetti *et al.*, 2000 ; Norrant et Douguédroit, 2005), pour l'Espagne, l'Italie, la Turquie, Israël et Chypre (Alpert *et al.*, 2002).

I.1.c A l'échelle des Alpes françaises

Les études climatiques sur cette zone restent limitées du fait de la faible densité de stations météorologiques et présentent une certaine incertitude due à la qualité des données et des informations sur les stations de mesures. Cependant, on sait que certains écosystèmes seront probablement particulièrement touchés en climat modifié, comme la forêt boréale, les milieux de montagne et les écosystèmes de type méditerranéen (Parry *et al.*, 2007). A ce titre, Auer *et al.* (2007) ont montré que les Alpes européennes ont déjà enregistré une hausse d'environ 2°C entre la fin du 19^{ème} et le début du 21^{ème} siècle, soit deux fois le taux de réchauffement mesuré à l'échelle nord-hémisphérique. Aussi, même une augmentation modérée des températures globales moyennes (inférieure à 2°C) dans les prochaines décennies aura des conséquences socio-économiques et naturelles majeures, nécessitant des adaptations importantes (Bates *et al.*, 2008). L'analyse des séries chronologiques dans les massifs de l'Oisans et du Briançonnais montre un réchauffement qui s'échelonne entre de 0.2°C et 0.4°C par décennie

sur la période 1965-2006. Les modèles annoncent une augmentation des températures minimales et maximales annuelles moyennes supérieures à celles attendues à l'échelle de la France métropolitaine. L'étude climatique récente du Vercors et de la Chartreuse montre qu'actuellement les variations thermiques interannuelles dans ces massifs s'apparentent plus aux tendances évolutives de la France méditerranéenne qu'à celles du domaine intra-alpin (Bigot *et al.*, 2010). Ainsi les régions tempérées de moyenne montagne (par exemple celles situées entre 1000 et 2000 m dans les Alpes françaises), deviennent alors l'espace potentiellement le plus sensible au réchauffement, l'espace préalpin français mêlant à la fois des enjeux économiques (industrie et tourisme), agricoles (élevage, pâturage et foresterie) et environnementaux (paysages et biodiversité) (Rome *et al.*, 2012).

I.1.d A l'échelle des Baronnies

Appartenant à la fois aux départements de la Drôme et des Hautes-Alpes, le territoire des Baronnies représente une zone pertinente pour l'étude du changement climatique (Figure 1). Ce territoire des Préalpes est exposé à plusieurs influences climatiques : méditerranéenne au sud, montagnarde à l'est et tempéré océanique au nord et à l'ouest. Il présente de part cette mosaïque une certaine hétérogénéité propice aux mésoclimats. De récentes études réalisées sur le département de la Drôme au travers notamment du programme GICC2-ECCLAIRA-DECLIC (Drôme : Eau CLimat et Impacts liés au Changements) confirme cette idée en mettant en évidence un réchauffement des Préalpes Drômoises supérieur à celui du reste de la France métropolitaine (Bigot et Rome, 2010).



Figure 1 : Localisation du projet de Parc naturel régional des Baronnies Provençales (source : projet de parc des Baronnies, SMBP).

1.2 Les enjeux d'un changement du climat

1.2.a La nature des enjeux

Placé à la confluence de plusieurs influences climatiques le territoire des Baronnies est susceptible de subir les effets du changement climatique de manière plus intense. Sur cette base, le temps à l'adaptation se trouve réduit par rapport à d'autres territoires ou régions exposés à un réchauffement moins marqué. Un des enjeux est donc de répondre à la menace climatique avec un pas de temps proportionnel à l'augmentation du risque. L'autre enjeu s'exprime en termes d'activités socio-économiques locales ; de quelle façon l'appareil productif sera affecté et quels seront les secteurs les plus affectés. Ainsi, l'agriculture et la ressource en eau des Baronnies semblent être les domaines les plus exposés.

Les piliers de l'agriculture locale comme l'arboriculture, la lavandiculture et la viticulture pourraient voir la qualité, la quantité et la régularité de leurs productions touchées. Des aspects identitaires pourraient être remis en question tels les AOC, les variétés, les cépages, ou encore la notion de terroir. Et enfin, la capacité d'attraction des paysages pourrait être affectée par le dépérissement de certaines espèces végétales mais aussi par le changement possible de l'usage des sols. On peut se poser la question sur la pérennité des cultures irriguées et à quel prix.

Quant à la ressource en eau, avec la prévision d'une diminution de 20% des précipitations d'ici la fin du siècle et une augmentation de l'évapotranspiration due au réchauffement, il est à craindre une baisse du niveau de la restitution de l'eau météorique au milieu et ainsi une baisse de la recharge des nappes. Avec une diminution de l'accessibilité à la ressource, on peut s'attendre à une très forte augmentation des conflits d'usages.

Les risques naturels font également partie des domaines impactés par le changement climatique. Avec l'augmentation du dépérissement forestiers et les fortes températures estivales l'aléa feu de forêt se renforcera. L'intensification des pluies automnales couplées à l'érosion croissante des sols feront croître l'aléa de crues torrentielles et de glissements de terrains.

1.2.b La réponse aux enjeux

A l'échelle du territoire des Baronnies, la sensibilité des décideurs et des acteurs locaux aux enjeux se traduit par cette première étude destinée à caractériser le changement climatique. Cette étude est ainsi portée par le projet de Parc naturel régional des Baronnies Provençales qui s'inscrit durablement dans cette voie en s'engageant dans sa charte à « Anticiper les évolutions climatiques à venir pour adapter au mieux les productions agricoles et forestières du territoire et développer de nouvelles productions économiquement et écologiquement viables ». Avec cet engagement contractuel, ce territoire réunit en local les conditions préalables et favorables à la prise en compte de l'évolution de son climat. Ce réalisme est le premier pas vers la détermination de stratégies d'adaptations propres aux Baronnies.

II DONNÉES ET MÉTHODOLOGIES

II.1 La zone d'étude

II.1.a La zone

Le territoire des Baronnies Provençales couvre l'espace de moyenne montagne Préalpine situé entre la plaine du Rhône à l'ouest et la vallée de la Durance à l'est, le bassin versant de la Drôme au nord, le Mont Ventoux et la montagne de Lure au sud (figure 2). Ce territoire de 2 350 km² qui s'étale sur deux départements : 2/3 en Drôme et 1/3 dans les Hautes-Alpes regroupe 40 000 habitants pour 130 communes.

La plupart des sommets ont une altitude comprise entre 1 000 et 1 600 mètres. Le point culminant est le sommet de la montagne du Duffre à 1 757 m. La moitié du territoire est comprise entre 700 et 1 200 mètres d'altitude. La géomorphologie du site laisse apparaître des basses et hautes vallées, des gorges, des défilés et des synclinaux perchés qui peuvent former des combes ou cluses : une configuration propice aux contrastes climatiques locaux.

Le territoire, parcouru par un relief d'altitude croissante puis décroissante d'Ouest en Est, détermine 5 bassins versants généralement d'axe Est-Ouest, avec comme rivières maîtresses l'Aygues, l'Ouvèze et le Lez qui se jettent dans le Rhône et le Buëch et la Méouge qui rejoignent la Durance.

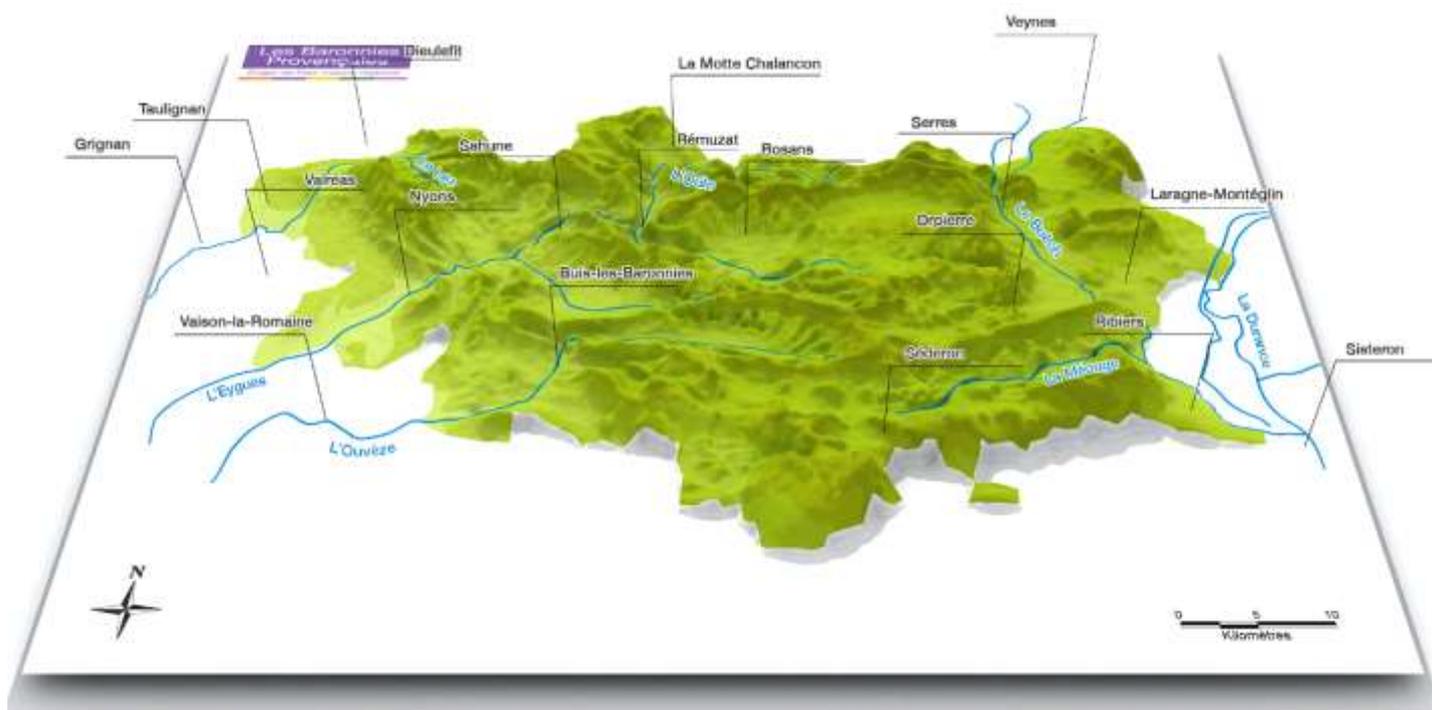


Figure 2 : Aspects du relief des Baronnies Provençales (source : projet de parc des Baronnies, SMBP).

II.1.b Les stations météorologiques

Les stations retenues pour cette étude l'ont été en fonction de leur situation géographique (annexe 1, page I), de l'altitude et de la qualité (aucune lacune) et quantité (durée d'au moins 40 années) de données qu'elles pouvaient fournir. La couverture du territoire en station de mesures est relativement dense en partie Drômoise alors que pour les Hautes-Alpes elle s'avère très faible. En raison de ce déficit et donc d'un choix réduit en poste de mesure, la partie Est du territoire soumise aux influences des Alpes et de la vallée de la Durance ne sera abordée qu'à partir de l'étude des données simulées.

Au total, 6 stations ont été sélectionnées dont 4 situées aux 4 extrémités du territoire :

- Nyons, 270m (Ouest)
- Valdrôme, 790m (Nord)
- Laragne, 575m (Est)
- Séderon, 815m (Sud)

qui serviront à l'étude du climat passé et futur par simulations. Deux autres stations s'ajoutent à ce choix :

- Buis les Baronnies, 400m
- Rémuzat, 450m

qui compléteront l'étude du climat passé.

II.2 Les données météorologiques

II.2.a Les données Météo-France

Les données utilisées sont fournies par le réseau Météo-France via sa base de données « Publithèque » dont peut bénéficier par convention chaque organisme de recherche ou Université ; pour cette étude il s'agit de l'Université de Perpignan. Ces données sont protégées par une licence qui interdit leur cession, seuls les résultats obtenus à partir de ceux-ci sont diffusables. A ces données quantitatives s'ajoutent des données qualitatives ou métadonnées qui fournissent des informations sur la station météorologique (déplacement, instruments de mesures, environnement immédiat).

II.2.b La qualité des données

L'utilisation de séries chronologiques longues augmente la probabilité que celles-ci soient affectées par un ou des biais de mesure. Les séries peuvent être entachées d'erreurs par de nombreux facteurs comme :

- le déplacement du site de mesure
- le changement d'instruments de mesure
- la modification de l'environnement du parc de mesure (urbanisation, végétation)
- les opérateurs successifs
- l'absence de mesures ou lacunes
(voir annexe 2, page II)

Par exemple, la station de Nyons avec trois déplacements et un changement du parc de mesure sur la période 1971-2010, fournit 4 sous-séries de données acquises dans des conditions différentes de mesure. Les stations choisies ont toutes au moins subi un changement au cours de la période d'études (tableau 1). Ainsi, il faut bien distinguer dans la variation du phénomène observé ce qui appartient au phénomène lui-même ou bien ce qui est lié à la prise de mesure, c'est-à-dire ce qui découle du biais instrumental ou méthodologique.

Nom stations	Nombre de modifications et dates	Altitude
Buis les Baronnies	1 (janv. 89)	400 m
Nyons	3 (oct. 74, fév. 92 et mars 04)	270 m
Rémuzat	2 (oct. 79 et aout 92)	450 m
Valdrôme	1 (nov. 92)	790 m
Séderon	2 (nov. 92 et 08)	814 m
Laragne	1 (janv. 88, juin 08)	575 m

Tableau 1 : Caractéristiques, sur la période 1971-2010, des stations météorologiques retenues pour l'étude

II.2.c Les paramètres climatiques

Les paramètres utilisés sont résumés dans le tableau 2 suivant :

Indicateurs	Abréviations	Unités
la température minimale (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tn	°C
la température maximale (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tx	°C
la température moyenne (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tmoy	°C
le minimum mensuel des températures minimales	mTn	°C
le maximum mensuel des températures maximales	MTx	°C
l'amplitude thermique (annuelle, mensuelle)	AT	°C
le nombre de jours de gel (annuel, mensuel)	NbJG	jour
le nombre de jours de forte chaleur ou $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ (annuel, mensuel)	NbJFC	jour
le cumul des hauteurs de précipitations en mm (annuel, saisonnier, mensuel)	P	mm
le nombre de jour de pluie, $P \geq 1\text{mm}$ (annuel, saisonnier, mensuel)	NbJP	jour
le jour le plus pluvieux de l'année	JppA	
la semaine la plus pluvieuse de l'année	SppA	

Tableau 2 : Liste des paramètres ou indicateurs climatiques utilisés.

A noter que la température moyenne n'est pas une valeur mesurée mais calculée par la formule suivante $T_{moy} = (T_n + T_x) / 2$.

II.3 L'exploitation des données

L'analyse des données se fait sur des séries continues de 40 années communes à toutes les stations, c'est-à-dire sur la période 1971-2010 et au pas temporel annuel, saisonnier et mensuel. Pour le pas saisonnier l'hiver correspond aux mois de décembre, janvier et février (DJF), le printemps à ceux de mars-avril-mai (MAM), l'été à ceux de juin-juillet-août (JJA) et l'automne aux mois de sept-octobre et novembre (SON).

La présentation des résultats se fera principalement sous forme de graphiques montrant les variations climatiques interannuelles de la moyenne annuelle ou saisonnière de l'indicateur choisi par rapport aux 5 stations du territoire. Pour le caractère mensuel, il a été retenu de présenter la variation interannuelle de l'écart à la moyenne générale de l'indicateur. Cette présentation ne change rien au profil des graphes et permet de faire apparaître la rupture sérielle de l'indicateur si elle existe. Enfin, l'utilisation de diagramme ombrothermique permettra de présenter les résultats sous la forme d'une synthèse pluviothermique.

II.4 Les simulations climatiques : le modèle ARPEGE-Climat

II.4.a La période des données sources

Pour les stations de Nyons, Séderon et Valdrôme la série de données quotidiennes (Tn, Tx et P) qui servira à simuler le climat futur s'étale de 1978 à 2002.

En raison d'une interruption des mesures sur le poste de Laragne entre les années 1984 à 1988, une première série courant de 1971 à 1983 et une seconde de 1989 à 2003 serviront de base à la simulation.

II.4.b Le modèle ARPEGE-Climat

Le principe des modèles climatiques repose sur la représentation mathématique, par un ensemble d'équations, des phénomènes physiques qui gouvernent l'évolution de l'atmosphère et de l'océan. Ces équations sont mises en place sur une grille de calcul qui recouvre, avec un maillage aussi fin que possible, la surface du globe tout entier, mais aussi l'épaisseur de l'atmosphère et la profondeur de l'océan. La résolution de ces équations aux différents points de calcul de la grille n'est possible que par l'utilisation de supercalculateurs très puissants.

La grille de calcul de ces modèles, dits globaux, permet une résolution horizontale de l'ordre de 300 km. Le modèle climatique de Météo-France « ARPEGE-Climat » a la particularité d'être en mode « étiré ». Sa résolution est variable, nettement plus fine sur la zone d'intérêt qu'aux antipodes. Sur la France métropolitaine, ce modèle apporte ainsi une résolution de l'ordre de 50 km. A partir de cette maille de 50 km, la simulation pour la station de Nyons s'appuiera sur le point Arpège 50, Valdrôme sur le point Arpège 50, Séderon sur le point Arpège 37 et enfin Laragne sur le point Arpège 37.

Une des entrées qu'il est nécessaire de fournir à ces modèles climatiques est l'évolution de la concentration de l'atmosphère en gaz à effet de serre.

II.4.c Le scénario socio-économique A1B

Le Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat (GIEC) a proposé un ensemble de scénarios de référence qui décrivent l'évolution possible des émissions et des concentrations de gaz à effet de serre (GES). Ces scénarios s'appuient sur diverses hypothèses du développement économique futur et de ses conséquences sur l'environnement. Ils prennent en compte l'évolution de la population, l'économie, le développement industriel et agricole, et de façon assez simplifiée la chimie atmosphérique. Nous retiendrons pour cette étude, le scénario A1B qui décrit un monde futur dans lequel :

- la croissance économique sera très rapide,
- la population mondiale culminera au milieu du siècle pour ensuite décroître,
- de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites,
- un équilibre se mettra en place entre l'utilisation des énergies fossiles et non fossiles,
- la concentration de CO₂ atmosphérique passera de 380 à 700 ppm d'ici la fin du siècle.

Le scénario A1B table sur une forte croissance économique qui suppose des échanges mondiaux importants, il s'agit d'un scénario qualifié de moyen ou d'intermédiaire.

II.4.d La méthode de correction et de régionalisation

Les données simulées par les modèles climatiques présentent certaines erreurs systématiques sur les moyennes, et reproduisent assez mal certains extrêmes. Par exemple, le modèle Arpège-Climat surestime les pluies faibles et sous-estime les pluies fortes. Il est donc nécessaire de corriger les variables du modèle. Pour cela, le modèle climatique comporte une simulation, dite de référence, sur la période 1971-2010 qui permet par comparaison avec les séries de mesures observées sur cette même période de recalibrer les résultats du modèle. La méthode dynamique Quantile-Quantile ou QQ permet de corriger les erreurs du modèle mais aussi une analyse des données qui permet une descente à une échelle plus fine du modèle dite de « régionalisation ». Par contre, la résolution spatiale des modèles climatiques (de 50 à 300 km) ne permettent pas d'utiliser de façon directe leurs sorties dans le cadre d'études d'impact dont l'échelle est la parcelle ou le bassin versant. Il est donc obligatoire de « régionaliser » le modèle climatique. Dans le cadre de cette étude, on a utilisé la méthode statistique des Quantiles-Quantiles qui va permettre de corriger les séries simulées par les modèles à partir des séries observées.

II.4.e Les incertitudes

Chaque étape dans la chaîne de production des simulations climatiques génère une incertitude. Une importante concerne les scénarios d'émission de gaz à effet de serre produit par le GIEC en fonction d'hypothèses socio-économiques. Ces scénarios sont plus ou moins optimistes ou pessimistes, et nous ne savons pas s'il y en a un qui reflète ce que seront réellement les émissions dans le siècle en cours. Une autre incertitude s'adresse aux modèles de climat qui sont imparfaits. S'ils prennent en compte de nombreuses interactions (océans, glace de mer, nature du sol...) tous les processus intervenant dans l'évolution du climat ne sont pas pris en compte et la façon dont ils le sont peut varier d'un modèle à l'autre.

II.5 Les tests statistiques

La détection d'un changement consiste à montrer qu'un signal observé n'est pas compatible avec la seule variabilité interne du climat. Il s'agit donc de justifier statistiquement de l'existence d'un réel changement, par opposition à une fluctuation "normale" du climat. L'outil statistique utilisé pour mettre en évidence ce phénomène est le logiciel XLSTAT 2011.

II.5.a Détection de rupture

Du point de vue statistique, une rupture peut être définie par un changement dans la loi de probabilité de la série chronologique à un instant donné, le plus souvent inconnu. Ce sont les tests statistiques de Pettitt et Buishand qui seront utilisés dans cette étude pour tester donc l'homogénéité des séries ou détecter le changement dans la distribution des données climatiques. Le test de Pettitt est un test non paramétrique ne nécessitant aucune hypothèse quant à la distribution des données. Ce test est une adaptation du test de Mann-Whitney basé sur les rangs, permettant d'identifier le temps auquel se produit un changement. Pettitt (1979) décrit l'hypothèse nulle comme étant que les T variables suivent une même distribution F, et l'hypothèse alternative comme étant qu'à un temps t se produit un changement de distribution. Le test de Buishand (1982) peut être utilisé sur des variables suivant des distributions quelconques. La date fournie par ces tests donnera le moment pour lequel l'indicateur climatique étudié aura changé de façon significative.

Pettitt A.-N, 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *Applied Statistics* 28(2), 126-135.

Buishand T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *J. Hydrol.*, 58, 11-27.

II.5.b Détection de tendance

Pour représenter l'évolution d'une grandeur physique le test de Mann-Kendall (Mann, 1945 ; Kendall, 1975) est très bien adapté. Ce test permet de caractériser une tendance en donnant un indice de confiance à l'augmentation ou la diminution du phénomène étudié. On peut distinguer deux tests de tendance :

- le test de tendance générale qui détecte la nature du changement global sur toute la série
- le test de tendance saisonnière, qui s'adresse aux données mensuelles avec une saisonnalité de 12 mois. Il détecte la nature du changement en comparant entre eux les mois identiques tout au long de la série et permet de déceler des tendances plus fines, d'origines saisonnières que ne fait pas le test de tendance générale.

La codification de couleur suivante (tableau.3) a été choisie pour exprimer de degré de signification « p » des tendances ou le risque d'erreur « α » d'affirmer que la tendance est significative :

Type de tendance	Degré de signification p en %	Risque d'erreur α en %
Absence de tendance	$p < 80$	> 20
Tendance peu significative	$80 \leq p < 95$	$5 < \alpha \leq 20$
Tendance significative	$95 \leq p < 99$	$1 < \alpha \leq 5$
Tendance très significative	$p \geq 99$	$\alpha \leq 1$

Tableau 3 : Codification de couleur pour le niveau de signification des différentes tendances.

Mann H.B., 1945. "Non parametric test against trend", *Econometrika*, N° 13, 245-259.

Kendall M.G., 1975. Rank correlation methods, C. Griffin, Londres, 260 p.

II.5.c Comparaison de moyennes

Le test paramétrique de Student (Gosset, 1908) utilisé dans cette étude permet de comparer (si la distribution du phénomène observé répond à une loi normale) à la date de rupture connue ou présumée, deux échantillons en vérifiant si leur moyenne est significativement différente.

Gosset, W. S. (1908a). Probable error of the mean. *Biometrika* 6, 1-25.

III RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III.1 Pour la période passée

III.1.a Les ruptures et les tendances

Sur la période 1971-2010 et pour les paramètres mensuels le test de rupture (Pettitt) et de tendance (Mann-Kendall) fournissent des résultats variables selon les stations et les paramètres analysés (tableau 4).

Stations (date de modification)	Paramètres mensuels	Test de rupture (Pettitt)			Test de tendance	
		Date	significativité	sens	T. générale	T. saisonnière
Buis-les-Baronnies 01/01/1989 (t4-2)	Tn	mai-87		↗		
	Tx	avr.-88		↗		
	P					
	NbJP					
	mTn	avril-87		↗		
	MTx	avril-86		↗		
	NbJG	avril-87		↘		test impossible
	NjFC	mai-82		↗		test impossible
Nyons 30/09/1974 31/01/1992 (t4-2) 01/03/2004	A.Th.	ianv.-97		↗		
	Tn	avr.-87		↗		
	Tx	avr.-86				
	P			↗		
	NbJP	avr.-92		↗		
	mTn	avr.-89		↗		
	MTx					
	NbJG	mars-89		↘		test impossible
Rémuzat 01/10/1979 01/08/1992 (t4-2)	NjFC	avr.-97		↗		test impossible
	A.Th.					
	Tn					
	Tx					
	P					
	NbJP					
	mTn					
	MTx					
Valdrome 01/11/1992 (t4-2)	NbJG					test impossible
	NjFC					test impossible
	A.Th.	mai-88		↗		
	Tn					
	Tx	avr.-88		↗		
	P					
	NbJP					
	mTn					
Séderon 01/11/1992 (t4-2) 04/06/2008	MTx	mars-92		↗		
	NbJG					test impossible
	NjFC	mai-94		↗		test impossible
	A.Th.	juin-88		↗		
	Tn					
	Tx	avr.-88		↗		
	P					
	NbJP					
Séderon 01/11/1992 (t4-2) 04/06/2008	mTn					
	MTx	avr.-89		↗		
	NbJG					test impossible
	NjFC	mai-86		↗		test impossible
	A.Th.	juin-88		↗		

pas de phénomène
peu significatif
significatif
très significatif

paramètre affecté par une rupture d'homogénéité

Tableau 4 : Tests de rupture de tendance sur la période 1971-2010 pour les paramètres mensuels

A partir de ces résultats, 3 profils de station se distinguent :

- Le premier avec la station de Rémuzat pour laquelle on ne détecte qu'une seule rupture d'homogénéité sérielle pour l'Amplitude Thermique (AT) et une seule tendance générale significative pour le maximum mensuel des températures maximales (MTx).
- Un second profil avec les stations de Valdrôme et Séderon pour lesquelles sont détectées, avec des tendances significatives à la hausse, des ruptures pour les températures maximales (Tx), les MTx, le nombre de jours de forte chaleur (NbJFC) et l'AT.
- Enfin, un troisième profil, avec les stations de Buis-les-Baronnies et Nyons, présente des ruptures pour les paramètres Tx, MTx, et AT. La rupture pour le NbJFC disparaît au profit de celle pour le nombre de jours de gel (NbJG). Des ruptures pour les températures minimales (Tn) et le minimum mensuel des températures minimales (mTn) apparaissent pour la première fois. Toutes ces ruptures s'appuient sur des tendances significatives à très significatives.

Pour les précipitations aucune rupture n'est détectée au pas mensuel. Par contre, l'analyse des données quotidiennes sur la période 1978-2002 donne une rupture d'homogénéité en 1992 pour les 3 stations étudiées c'est-à-dire Nyons, Valdrôme et Séderon. Toujours au pas quotidien, les précipitations présentent une tendance très significative à la hausse pour Nyons et Valdrôme.

L'examen des dates de ruptures présente une certaine similitude entre elles puisque ce phénomène, au travers de l'ensemble des indicateurs, est détecté entre les années 1986 et 1989 pour les températures. Ces dates correspondent à celles des études antérieures menées sur les Préalpes françaises (Bigot *et al*, 2010) ou sur le département de la Drôme (Leroy, 2011). Pour les précipitations, les dates de rupture obtenues uniquement au pas quotidien le sont de 1991 à 1993, ce qui corrobore des travaux antérieurs sur les Alpes du sud (Berthelot, 2004).

Ces ruptures thermiques ont été détectées en dehors des dates de modifications des stations (1992 pour la plupart), cela laisse penser que les changements intervenus sur le matériel de mesure ou son environnement n'ont pas induit un biais de mesure qui aurait dans ce cas conduit à une date commune entre la rupture et la modification de la station.

La date de rupture pour les températures est fixée à l'année 1988 et pour les précipitations à 1992 ; ce sont ces 2 dates qui reviennent le plus fréquemment au travers des tests aux pas quotidien, mensuel et annuel mais également dans les études antérieures et extérieures au territoire des Baronnies.

Les annexes 4 à 7, page IV à X, présentent l'ensemble des résultats de ces tests de rupture et tendance.

Une façon d'illustrer une rupture climatique pour un indicateur est de distribuer les écarts à la moyenne pour un indicateur particulier sur une période de référence. Sur la figure 3, on constate que les écarts à la moyenne, sur la période 1971-2010, de Séderon, pour la température maximale (Tx) annuelle deviennent brutalement positifs à partir de l'année 1989, ce qui est relativement proche de la date donnée par les tests, en l'occurrence 1988.

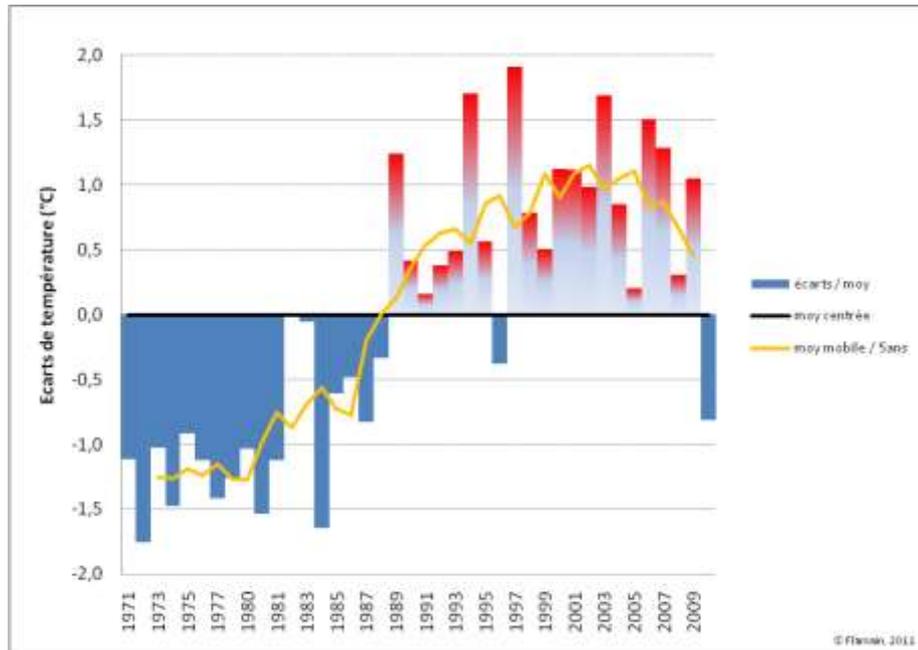


Figure 3 : Variations interannuelles des écarts à la moyenne (sur la période 1971-2010) de Séderon pour la température maximale (Tx) annuelle moyenne.

1988 : rupture climatique pour les températures
 1992 : rupture climatique pour les précipitations



Photo 1 : Paysage de climat méso méditerranéen, moyenne vallée de l'Eygues (Sahune), en arrière plan la montagne d'Angèle 1606 m, juillet 2011.

III.1.b Les températures

III.1.b.1 Les variations interannuelles

III.1.b.1.1 Pour les températures minimales Tn et maximales Tx

III.1.b.1.1.1 Tn et Tx annuelles

Les températures maximales (Tx) augmentent de façon plus rapide que les températures minimales (Tn). Les Tn présentent la plus grande amplitude thermique, qui croît d'ailleurs au cours de la série temporelle entre la station de Nyons qui possède les Tn les plus élevées et en augmentation, et celle de Séderon ou Valdrôme qui présente les Tn les plus bas et qui n'augmentent pas (figure 4).

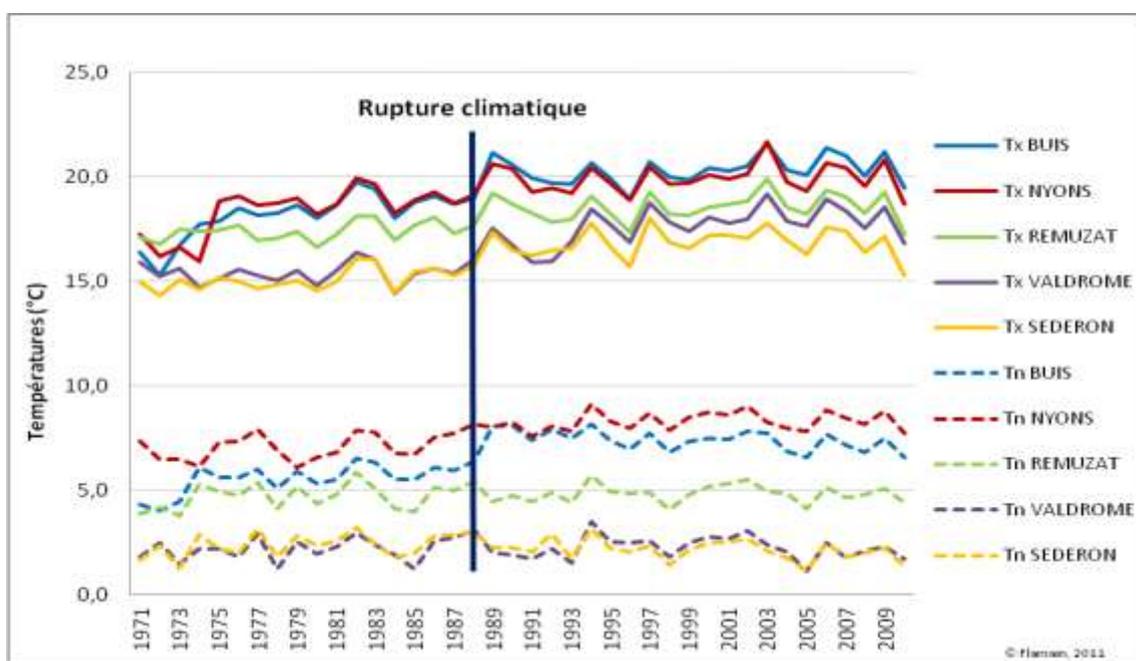


Figure 4: Variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.

De nouveau se dessine une distribution des stations en 3 groupes notamment pour les Tn, ce qui laisse pressentir de possibles contrastes climatiques locaux.

A noter l'épisode caniculaire de 2003 qui apparaît nettement pour les Tx et qui est l'année la plus chaude sur la série, pour les stations de Buis, Nyons, Rémuzat et Valdrôme, au pas annuel et pour cet indicateur. Séderon ne présente pas cette caractéristique.

A partir de 1989, la Tx de la station de Buis-les-Baronnies devient supérieure à celle de Nyons, il en est de même pour Valdrôme par rapport à Séderon à compter de 1992. Ces dates étant celles du passage respectif de ces stations du type manuel au type automatisé, ce changement atypique ne peut être attribué exclusivement à une évolution climatique locale. Un doute demeure sur l'origine de cette évolution entre la modification affectant la station et un changement climatique.

III.1.b.1.1.2 Tn et Tx saisonnières

Buis-les-Baronnies et Séderon sont les 2 stations sur lesquelles se feront la comparaison des variations interannuelles car elles sont très représentatives des différents phénomènes thermiques saisonniers des Baronnies.

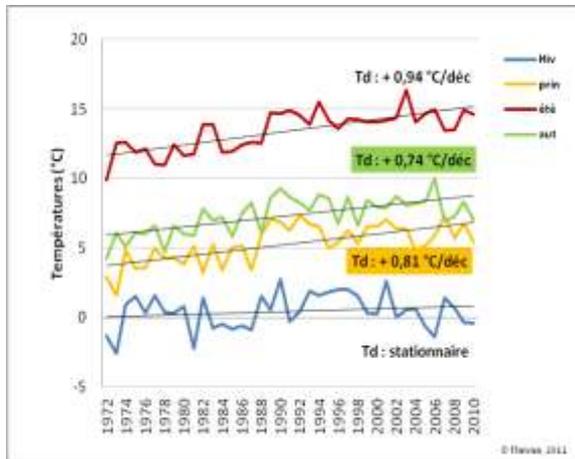


Figure 5: BUIS Tn, variations interannuelles des températures minimales saisonnières moyennes (1971-2010).

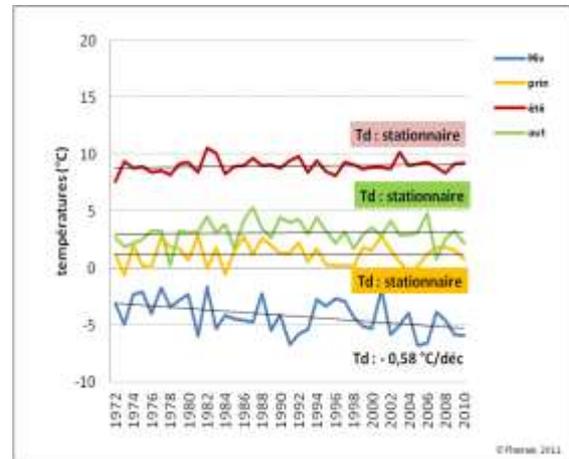


Figure 6 : SEDERON Tn, variations interannuelles des températures minimales saisonnières moyennes (1971-2010).

D'une station à l'autre l'évolution des Tn est très différente, celle-ci augmentent pour le printemps, l'été et l'automne à Buis alors que pour ces trois mêmes saisons elles sont stationnaires à Séderon. La Tn hivernale à Buis n'évolue pas alors que celle à Séderon diminue et cela de façon très significative au rythme de $-0,58\text{ °C}$ par décennie (figures 5 et 6).

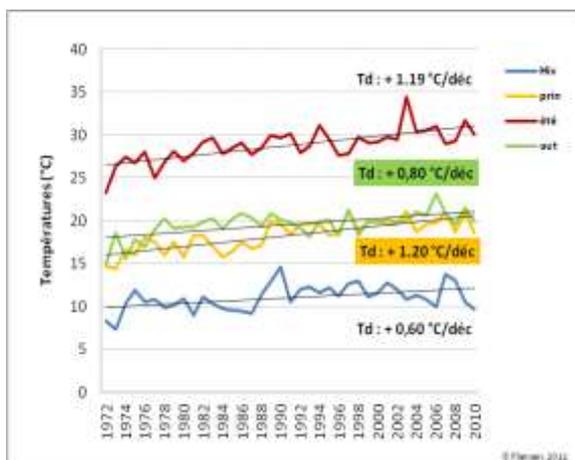


Figure 7 : BUIS Tx, variations interannuelles des températures maximales saisonnières moyennes (1971-2010).

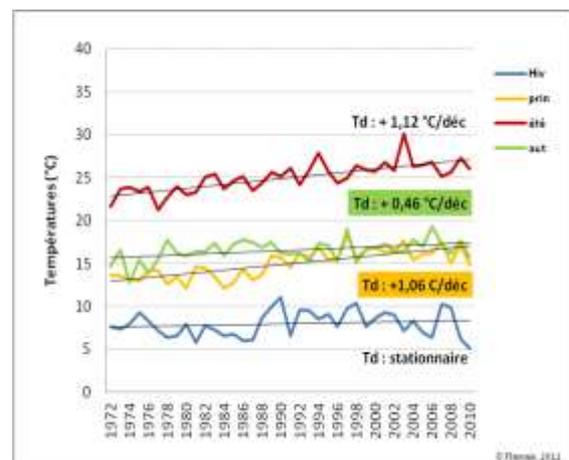


Figure 8 : SEDERON Tx, variations interannuelles des températures maximales saisonnières moyennes (1971-2010).

Au contraire des minimales, ces deux stations se comportent (figures 7 et 8) de façon similaire par rapport aux maximales, sauf pour les valeurs des tendances qui sont plus fortes pour la station de Buis et la tendance hivernale de Séderon qui est stationnaire.

A partir de la date de rupture climatique, les maximales de printemps tendent à venir au niveau de celles de l'automne. Ce phénomène est dû à la tendance de printemps très supérieure à celle de l'automne, de 0.40 °C pour Buis et 0.60 °C par décennie pour Séderon.

Les caractères saisonniers de la station de Nyons pour les minimales et maximales sont à rapprocher de ceux de Buis, et ceux de Valdrôme et Rémuzat à ceux de Séderon. A noter que la diminution de la température minimale hivernale est très significative à Séderon et qu'elle est significative à Valdrôme et à Rémuzat.

Est nettement visible le pic estival de la canicule de 2003 pour les températures maximale et minimale.

III.1.b.1.1.3 Tn, mTn, Tx, MTx et Tmoy mensuels

Une autre façon de présenter les variations interannuelles climatiques est d'utiliser les écarts à la moyenne d'un indicateur, cela permet de faire apparaître sa rupture sérielle si elle existe. De plus, l'ajout d'un indice moyen pour les Baronnies sur le même graphe permet de comparer et de classer les stations en fonction de l'indicateur choisi et par rapport à l'indice moyen.

Pour les paramètres dits « froids » (figures 9 et 10) une rupture sérielle pour l'indice moyen est datée vers 1988 avec un retour proche de la normale à compter de l'année 2004. Les stations de Nyons et Buis-les-Baronnies présentent une rupture bien plus marquée que les autres stations de l'étude ce qui est logique au regard des variations interannuelles des Tn annuelles vu précédemment.

De nouveau, l'augmentation atypique des Tn de Buis-les-Baronnies par rapport aux autres stations à partir de 1989 est nettement visible et dure jusqu'en 1994 (figure 9).

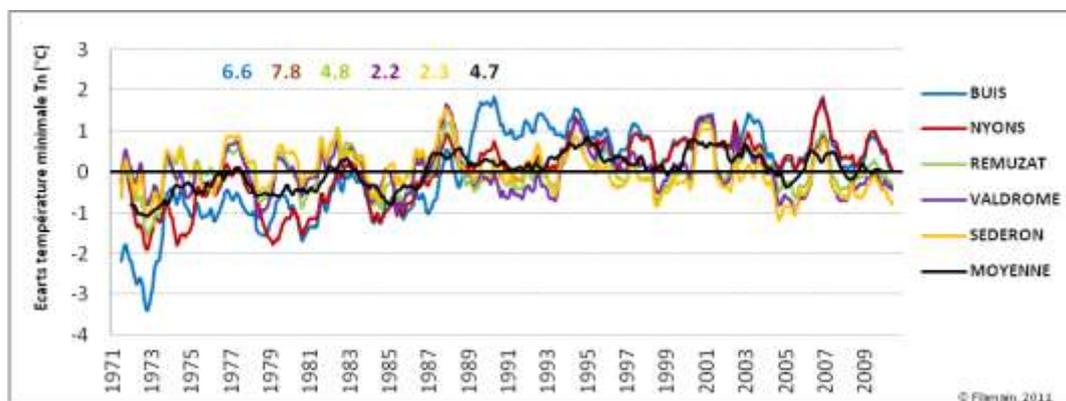


Figure 9 : Tn, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température minimale mensuelle moyenne.

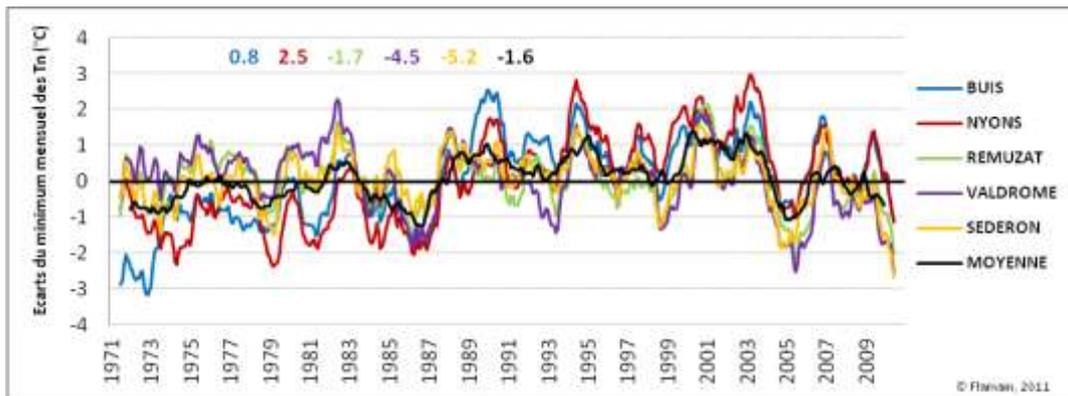


Figure 10 : mTn, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le mini mensuel des températures minimales.

Pour les paramètres dits « chauds », les stations étant plus homogènes pour ce caractère climatique, une rupture sérielle est nettement visible pour l'indice moyen et sans que soit noté un retour à la normale similaire aux Tn (figures 11 à 12). La variabilité des écarts à la moyenne est plus resserrée et la synchronisation des séries est meilleure pour les paramètres « chauds » que pour les paramètres « froids ».

L'évolution des valeurs thermiques extrêmes (extrémums des Tx et Tn : MTx et mTn) montre une plus grande variabilité et une moins bonne synchronisation que pour les valeurs moyennes ce qui laisse envisager de forts contrastes climatiques locaux.

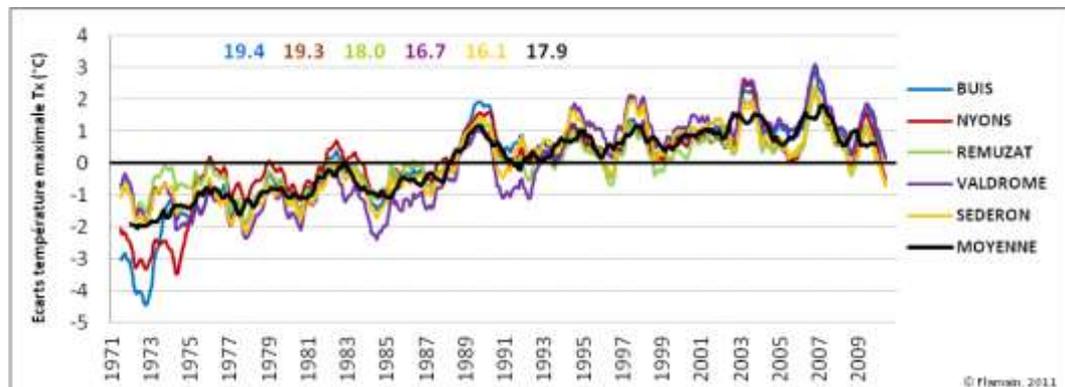


Figure 11 : Tx, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température maximale mensuelle moyenne.

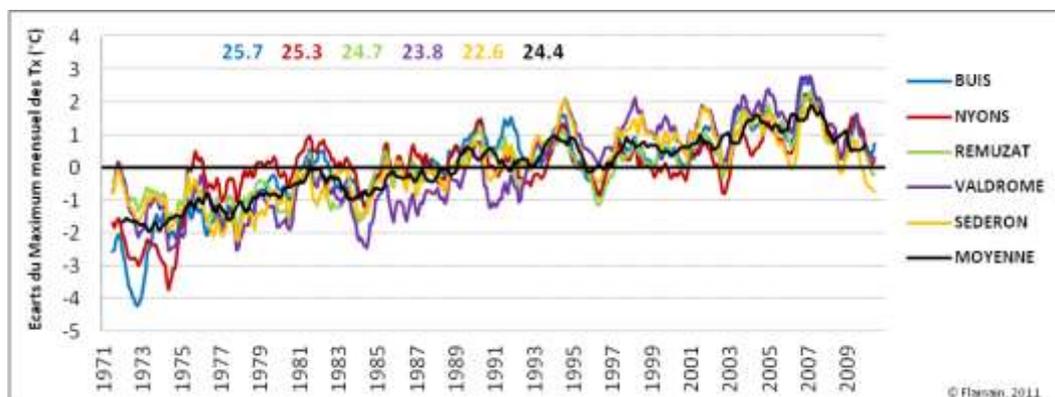


Figure 12 : MTx, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le maxi mensuel des températures maximales.

Les écarts à la moyenne pour la température moyenne (figure 13), reflètent bien la situation générale avec une rupture climatique en 87-88 et des stations « chaudes » comme Buis et Nyons qui s'écartent davantage de la moyenne que les stations « froides » comme Sédéron et Valdrome. La station de Rémuzat qui s'inscrit bien dans les variations de l'indice moyen des Baronnies, notamment après la rupture, représente un intermédiaire climatique entre les 2 groupes cités précédemment.

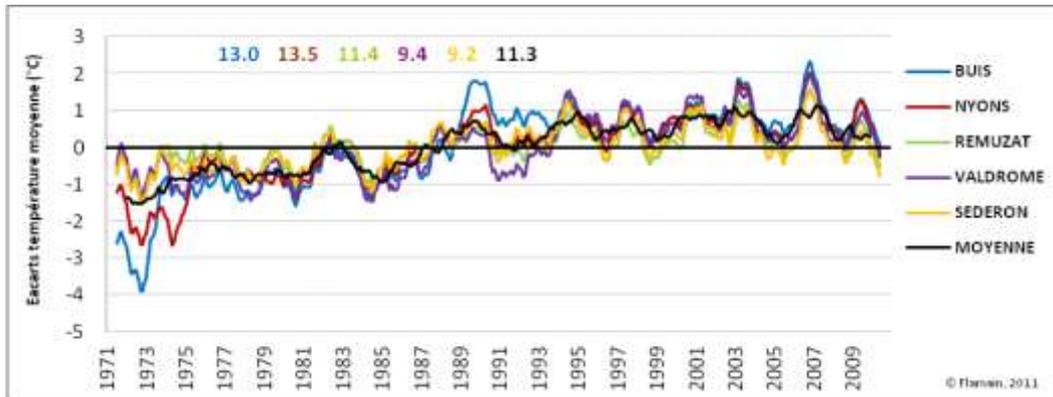


Figure 13 : Tmoy, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température mensuelle moyenne.

Réalisation des graphiques : les chroniques stationnelles mensuelles sont filtrées grâce à une moyenne mobile de 12 mois ; la courbe noire en gras représente la moyenne des cinq séries lissée sur une fenêtre de 24 mois ; les valeurs mensuelles moyennes sont indiquées pour chaque paramètre et pour chaque station ainsi que pour l'indice moyen.

III.1.b.1.2 Pour le nombre de jours de gel NbJG et de forte chaleur NbJFC

III.1.b.1.2.1 NbJG et NbJFC annuelles

Les variations interannuelles du NbJG (figure 14) présente une variabilité interstationnelle qui, déjà observée pour les températures minimale et maximale, est encore importante avec cet indicateur. Il est difficile de déceler une réelle synchronisation du nombre de jours de gel pour ces cinq stations simultanément, seule la période hivernale de l'année 1973 leur est commune. La variabilité interannuelle pour les stations d'altitudes et relativement faible, elle varie de 120 à 140 jours de gel par an, alors que pour les stations plus basses, on peut observer une variation de 20 à 80 jours de gel. Ainsi, la rigueur hivernale de 2005 apparaît nettement pour Buis, Nyons alors que pour Valdrôme et Séderon il s'agit d'un hiver ordinaire.

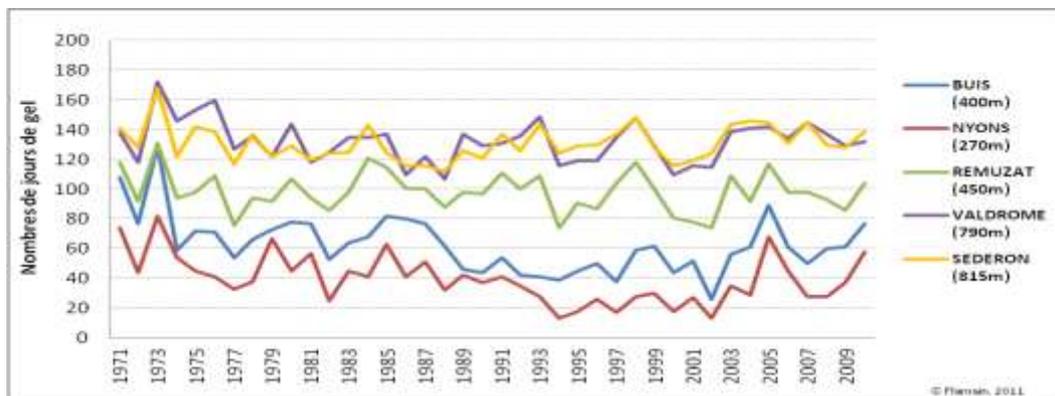


Figure 14 : Variations interannuelles du nombre de jours de gel (NbJG) annuel moyen pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.

Pour l'indicateur NbJFC (figure 15) la variabilité se resserre et la synchronisation est meilleure et permet même de faire apparaître des événements communs à l'ensemble des stations. Ainsi les années 1994, 2003 et 2009 de façon moins marquée, témoignent de périodes estivales particulièrement chaudes et l'année 1972 et 1977 d'étés relativement frais. A noter, la canicule de 1976 qui est enregistrée de façon plus marquante à Nyons que pour les autres stations.

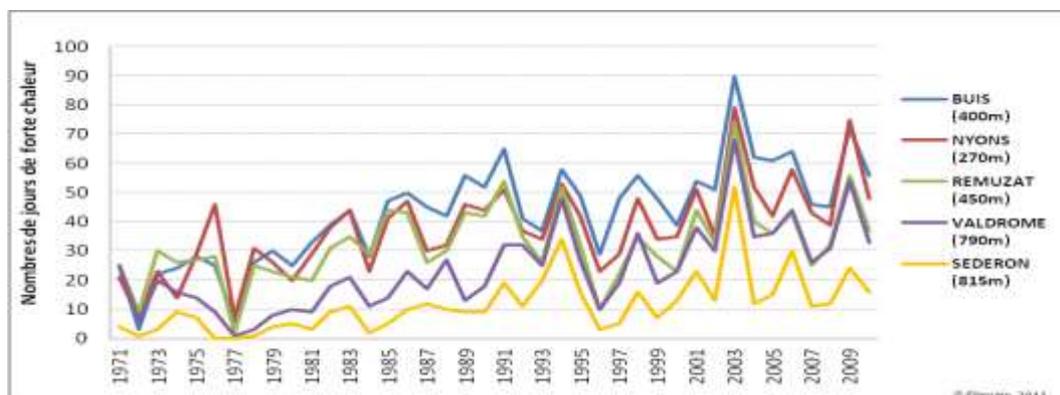


Figure 15 : Variations interannuelles du nombre de jours de forte chaleur annuel moyen, (NbJFC, $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ sur la période de mai à septembre) pour les stations de Buis, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.

III.1.b.1.2.2 NbJG et NbJFC mensuels

Un regard sur les écarts à la moyenne pour ces deux indicateurs montre que les résultats évoqués précédemment pour les températures minimales et maximales se retrouvent dans ces deux indicateurs (figures 16 et 17).

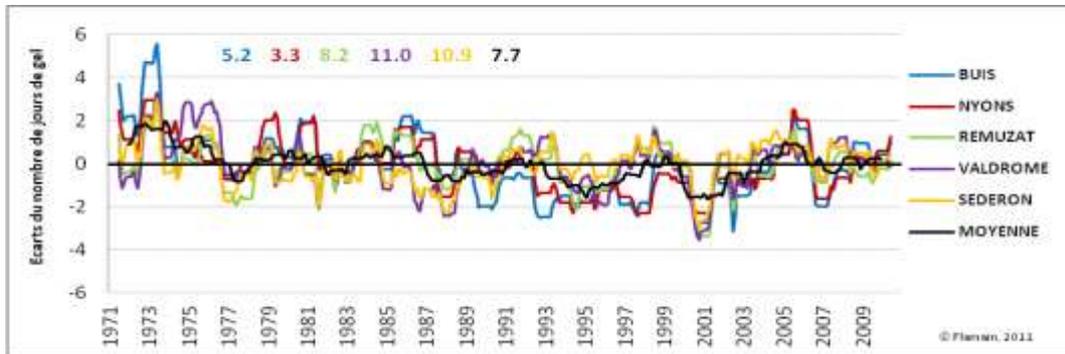


Figure 16 : NbJG, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de gel mensuel moyen.

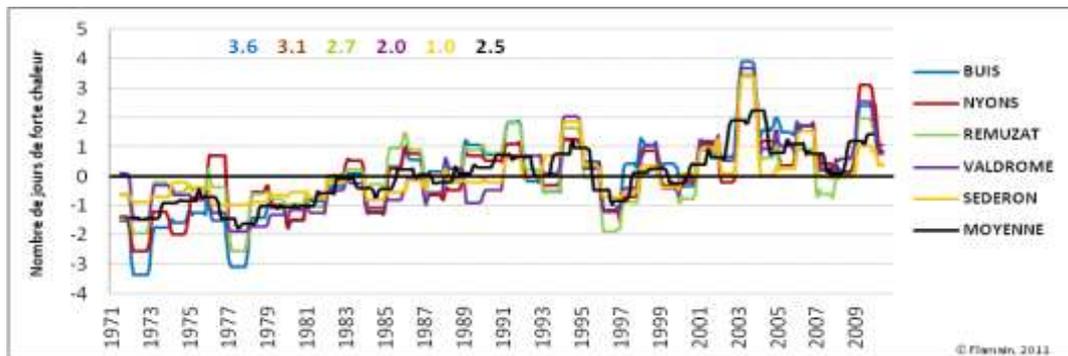
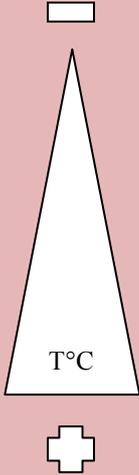


Figure 17 : NbJFC, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de forte chaleur mensuel moyen, $T \geq 30^{\circ}\text{C}$.

L'hétérogénéité des stations étant très forte pour le NbJG aucune rupture sérielle n'est observée pour l'indice moyen sur la période étudiée même si une baisse des jours de gel est visible avec une remontée en fin de période. Sont visibles les stations « chaudes » qui à partir de 1988 présentent de écarts négatifs par rapport à la moyenne alors que les stations « froides » se remarquent par des écarts majoritairement positifs.

Les écarts à la moyenne pour le NbJFC mettent en évidence une rupture sérielle datée de nouveau vers 1988. Les événements extrêmes synchrones sont toujours pour les années 1994, 2003 et 2009.

Au regard des températures minimales et maximales annuelles moyennes et des nombre de jours de gel et de forte chaleur annuels moyens, sur la période 1971-2010, le bilan suivant peut être présenté :

NjG	Tn	Stations		Stations	Tx	NjFC
132	2,2	VALDROME		SEDERON	16,1	12
131	2,3	SEDERON		VALDROME	16,7	24
98	4,8	REMUZAT		REMUZAT	18,0	32
63	6,6	BUIS		NYONS	19,0	38
39	7,8	NYONS		BUIS	19,4	43
(Jour)	(°C)				(°C)	(Jour)

NjG	Tn		Tx	NjFC
92	4,7	Indice moyen des BARONNIES	17,9	30
(Jour)	(°C)		(°C)	(Jour)

Tn		Tx
1,1 °C / 100m	Gradient thermique altitudinal	0,6 °C / 100m
moyen des BARONNIES		

Les annexes 12 et 13, page XV et XVI récapitulent les données climatiques saisonnières et annuelles moyennes.

III.1.b.2 Les tendances

Les tendances sont présentées sous la forme d'histogrammes (figures 18 à 23) : Il faut considérer que les tendances sont significatives lorsque les barres de l'histogramme sont coiffées par la valeur de la tendance considérée. Une tendance non significative est représentée par une barre de couleur dégradée.

III.1.b.2.1 Pour les températures minimales Tn et maximales Tx

III.1.b.2.1.1 Variabilité des tendances des Tn et Tx annuelles

La figure 18 présente les tendances annuelles et met en valeur une différence marquante d'un indicateur à l'autre. Ainsi une tendance croissante des températures minimales (Tn) n'est significative que pour Nyons et Buis, avec des taux respectifs de 0,51 et 0,69 °C par décennie. Les tendances des 3 autres stations ne sont pas significatives et sont qualifiées de stationnaire pour cet indicateur. A noter que Séderon présente une tendance non significative à la baisse des Tn annuelles.

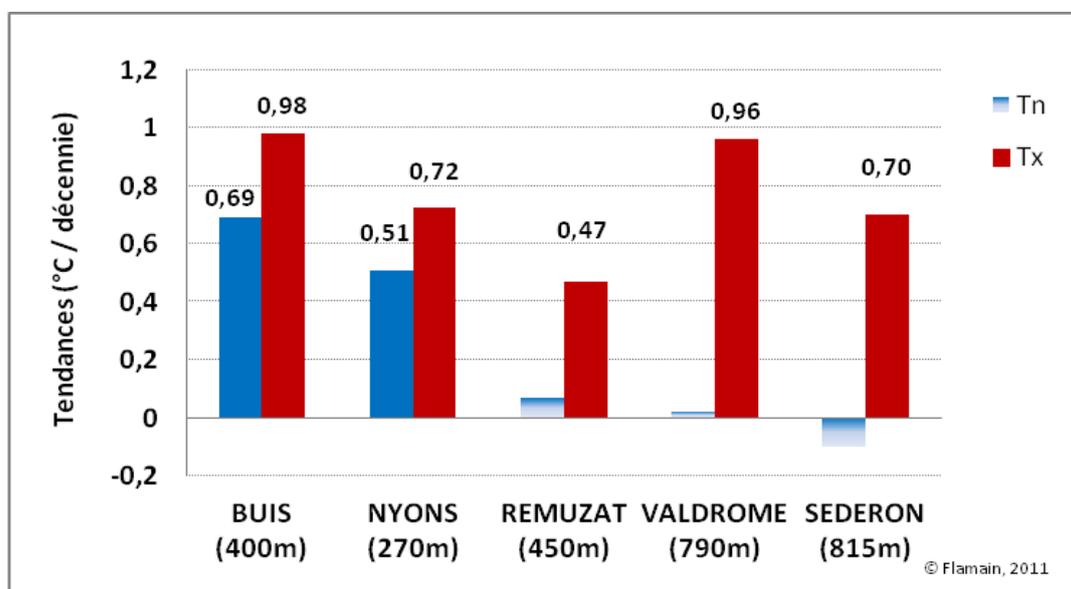


Figure 18 : Comparaison des tendances des températures annuelles minimales (Tn) et maximales (Tx) en °C par décennie sur la période 1971-2010.

La forte augmentation des températures maximales (Tx) est commune à toutes les stations, elle va de 0,47 à 0,98 °C par décennie. L'augmentation des Tx est sensiblement de la même grandeur entre les stations de moyenne altitude et celles de basse altitude.

III.1.b.2.1.2 Variabilité des tendances des Tn et Tx saisonnières

Les figures 19 et 20 illustrent les tendances saisonnières pour les différentes stations.

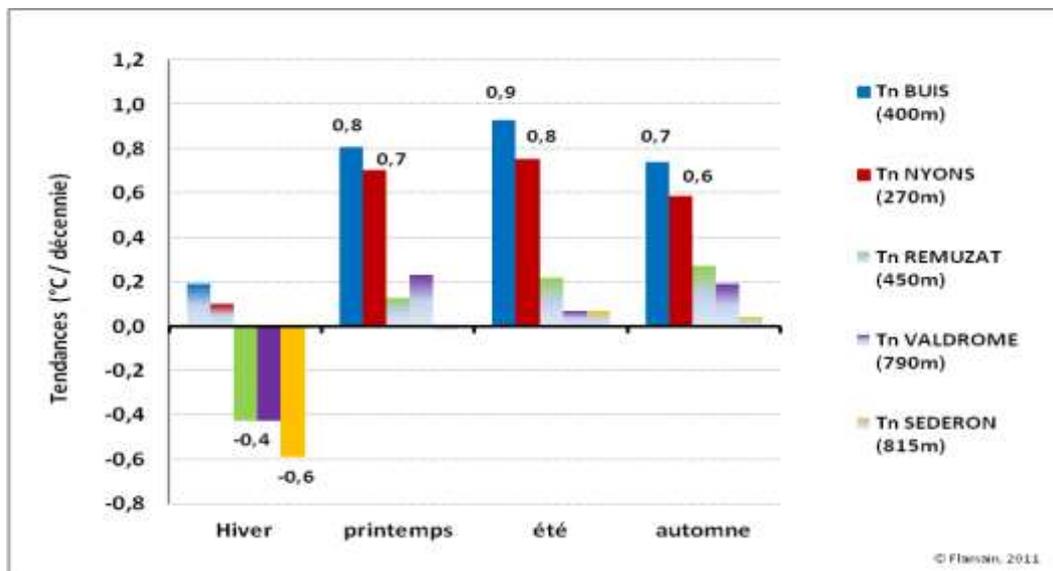


Figure 19 : Tn, comparaison des tendances des températures minimales saisonnières en °C par décennie sur la période 1971-2010.

De nouveau les stations se partagent au regard des températures minimales (Tn), mais cette fois en 2 groupes. D'un côté Buis et Nyons qui voient leurs minimales augmenter significativement sur toutes les saisons sauf celle de l'hiver, avec une augmentation qui varie de 0,59 à 0,93 °C par décennie. De l'autre côté, Rémuzat, Valdrôme et Séderon n'ont de significatif qu'une diminution de leurs minimales durant l'hiver avec des valeurs comprises entre 0,42 à 0,58 °C par décennie.

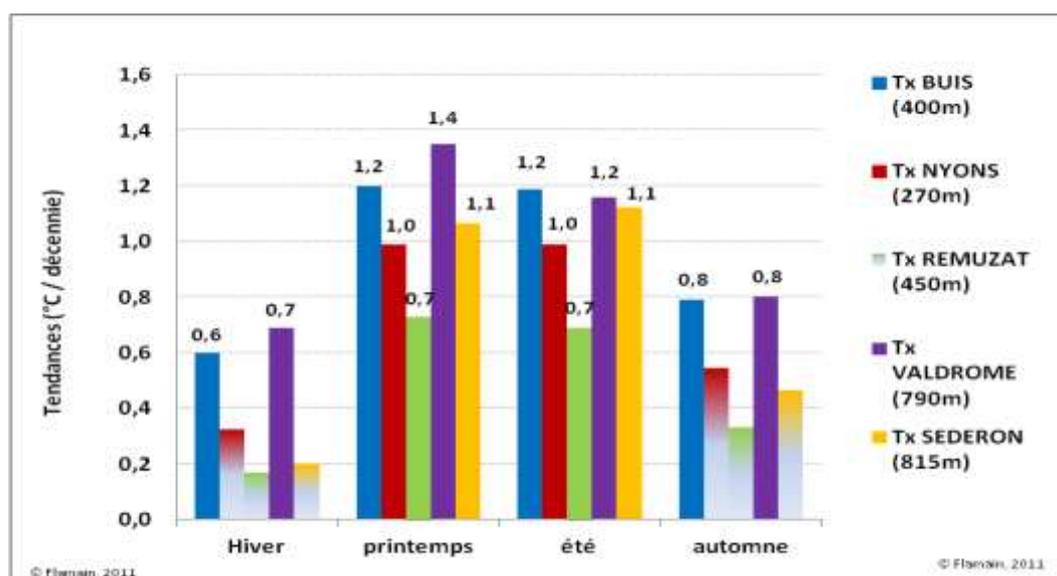


Figure 20 : Tx, comparaison des tendances des températures maximales saisonnières en °C par décennie sur la période 1971-2010.

Pour les températures maximales (Tx), toutes les stations présentent des tendances positives et principalement significatives pour le printemps et l'été. L'augmentation va de 0.60 à 1.35 °C par décennie, cette dernière valeur étant détenue par Valdrôme.

D'une manière générale le printemps et l'été se réchauffent dans les mêmes proportions et sont les deux saisons qui accusent le plus de ce phénomène.

III.1.b.2.1.3 Variabilité des tendances des Tn et Tx mensuelles

La grande hétérogénéité des tendances mensuelles sont présentées dans les figures 21 et 22.

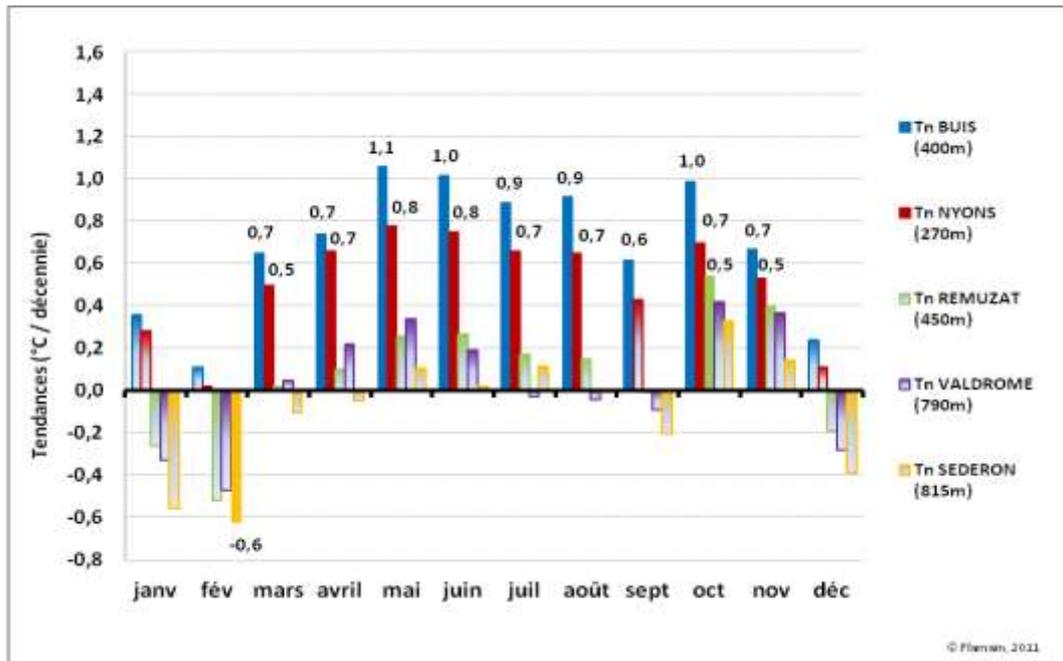


Figure 21 : Tn, comparaison des tendances des températures minimales mensuelles en °C par décennie sur la période 1971-2010.

Comme pour les températures minimales (Tn) saisonnières les stations de Buis et Nyons présentent des tendances significatives à la hausse, et ceci du mois de mars à novembre alors que pour les autres stations le phénomène n'est pas significatif. Les valeurs du réchauffement s'échelonnent de 0.50 à 1.06 °C par décennie. Sédéron a la particularité d'avoir une tendance significative à la baisse des minimales pour le mois de février, cela confirme le résultat vu pour le paramètre saisonnier (hiver).

Pour les maximales (Tx) l'ensemble des stations présentent des tendances positives sur tous les mois de l'année à part deux exceptions anecdotiques en décembre. Cette croissance est significative pour Buis, Nyons, Valdrôme et Sédéron du mois de mars à août puis octobre. Les valeurs des tendances significatives pour les maximales s'échelonnent de 0.61 à 1.44 °C par décennie, cette dernière valeur étant détenue par Valdrôme. A noter que cette station possède les tendances les plus élevées sur les 6 premiers mois de l'année devant celles de Buis-les-Baronnies, et que pour les 6 derniers mois ce classement s'inverse.

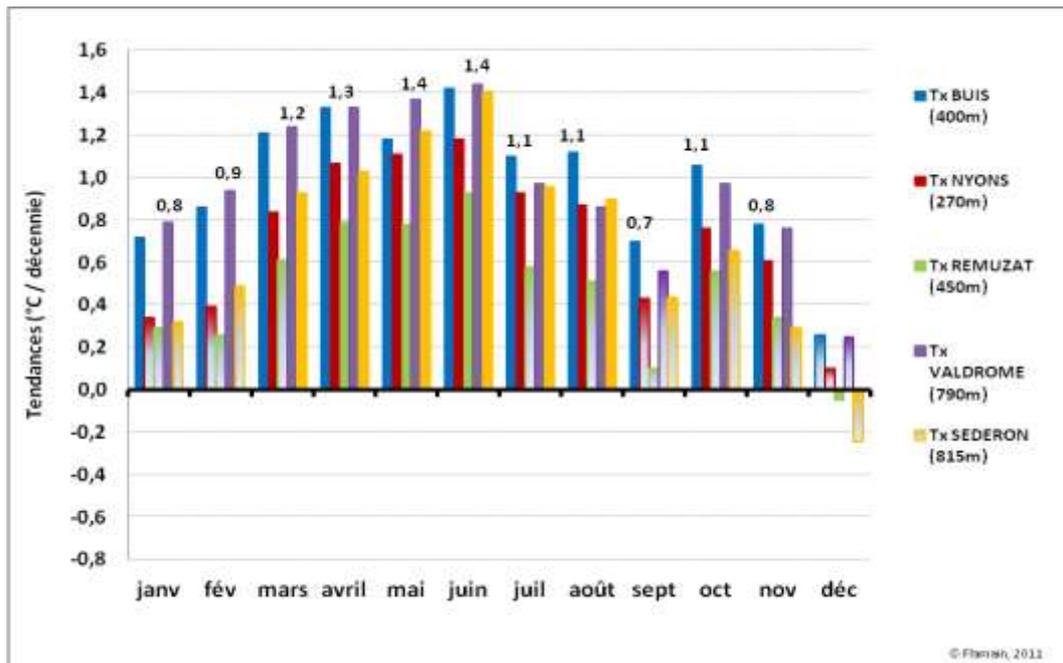


Figure 22 : Tx, comparaison des tendances des températures maximales mensuelles en °C par décennie sur la période 1971-2010.

Le mois d'octobre présente la particularité pour les Tn et Tx d'être précédé et suivi par des mois qui se réchauffent beaucoup moins que celui-ci, alors que la logique voudrait que la tendance du réchauffement diminue progressivement avec l'entrée dans l'automne. Ce fait peut s'expliquer par le régime des précipitations qui s'est intensifié significativement pour les mois de septembre et novembre pendant que celui d'octobre a stagné sur la même période (1971-2010). L'action des pluies par la couverture nuageuse et la chaleur dissipée par l'évaporation des précipitations pourraient avoir pondéré le réchauffement pour les mois de septembre et novembre.

Le mois de mai présente la plus forte tendance pour les minimales ainsi que pour les maximales mais cette fois associé avec le mois de juin : le risque pour que la période estivale soit anticipée sur mai et juin dans un avenir relativement proche est réel.

A noter que les stations de Valdrôme et de Séderon qui n'ont pas de tendances positives significatives pour leurs minimales présentent néanmoins des tendances pour les maximales de même niveau voir parfois supérieures à celles de stations comme Buis ou Nyons qui possèdent des tendances positives significatives à la fois pour les minimales et les maximales.

III.1.b.2.2 Pour le nombre de jours de gel NbJG et de forte chaleur NbJFC

La figure 23 regroupe à la fois les tendances du nombre de jours de gel (NbJG) et celles du nombre de jour de forte chaleur (NbJFC) pour les cinq stations de l'étude. La décroissance du NbJG n'est significative que pour les stations de Buis-les-Baronnies et Nyons ce qui paraît logique au vu des températures minimales qui augmentent seulement pour ces deux stations. Ce résultat peut être attribué à l'altitude mais davantage au relief et à la situation géographiques des différents sites.

La croissance du NbJFC est significative pour les cinq stations comme le sont les températures maximales.

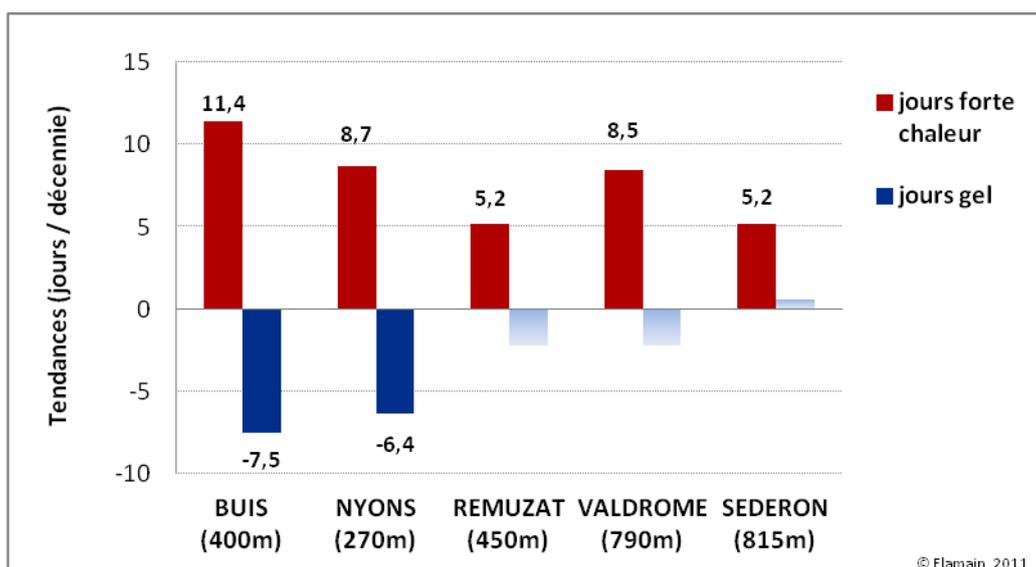


Figure 23 : NbJG et NbJFC, comparaison des tendances du nombre de jours de gel et du nombre de jours de forte chaleur $T^{\circ}\text{C} \geq 30$ en $^{\circ}\text{C}$ par décennie sur la période 1971-2010.

Les annexes 8 et 9, page XI et XII récapitulent les tendances des températures mensuelles, saisonnières et annuelles moyennes

			-			
NjG	Tn	Stations		Stations	Tx	NjFC
/	/	VALDROME		REMUZAT	+ 0,47	+ 5,2
/	/	SEDERON		SEDERON	+ 0,70	+ 5,2
/	/	REMUZAT		NYONS	+ 0,72	+ 8,7
- 6,4	+ 0,51	NYONS		VALDROME	+ 0,96	+ 8,5
- 7,5	+ 0,69	BUIS		BUIS	+ 0,98	+ 11,4
(j/déc.)	(°C/déc.)			+		(°C/déc.)

NjG	Tn		Tx	NjFC
- 3,5	/	Indice moyen des BARONNIES	+ 0,77	+ 7,8
(j/déc.)	(°C/déc.)		(°C/déc.)	(j/déc.)

BUIS	REMUZAT	SEDERON
NYONS		VALDROME
Tn ↗↗	Tn →	Tn →
Tx ↗↗	Tx ↗	Tx ↗↗
NbJG ↘↘	NbJG →	NbJG →
NbJFC ↗↗	NbJFC ↗	NbJFC ↗↗





Photo 2 : Un aspect du climat montagnard « Neige hivernale, vieille ville de Serres », Pauline Daniel, janvier 2010.

III.1.c Les précipitations

Le terme « précipitation » désigne des cristaux de glace ou des gouttelettes d'eau qui, ayant été soumis à des processus de condensation ou d'agrégation à l'intérieur des nuages, sont devenues trop lourds pour demeurer en suspension dans l'atmosphère et tombent au sol.

III.1.c.1 Les variations interannuelles

III.1.c.1.1 Pour les précipitations P et nombre de jours de pluie NbJP

III.1.c.1.1.1 P et le NbJP annuels

La figure 24 qui présente les variations interannuelles des précipitations permet de constater que les cumuls de précipitations sont relativement importants et variables d'une station à l'autre. Cette variabilité spatio-temporelle s'explique par la topographie de cette zone de moyenne montagne parcourue par des basses et hautes vallées, des gorges et défilés, des plateaux de moyenne altitude, le tout formant un relief très contrasté.

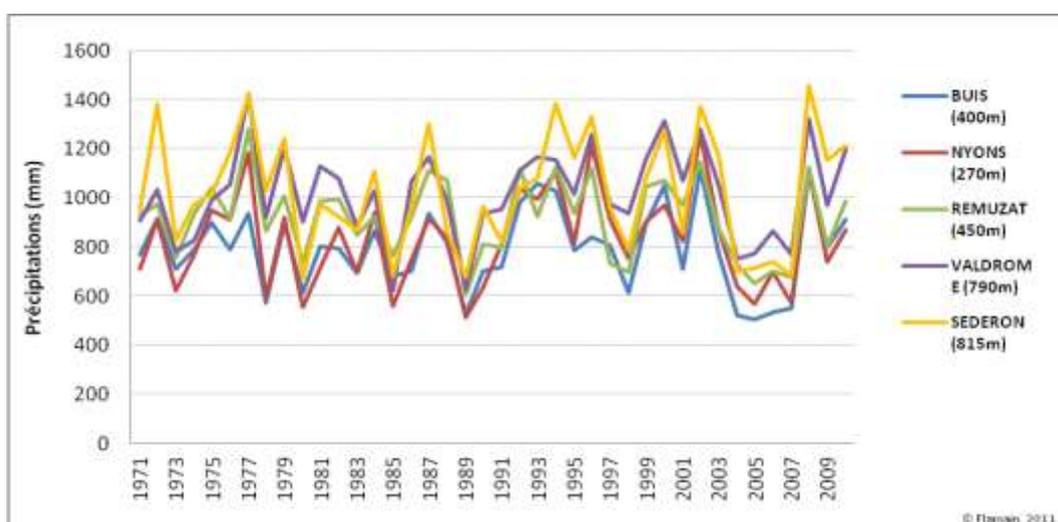


Figure 24 : P, variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes.

Les données lissées par une moyenne mobile sur cinq ans atténuent la variabilité interannuelle et permettent de mieux comparer les stations entre elles (figure 25).

Ce lissage des données montre un changement à partir de 1992, date de rupture pour les précipitations, entre les stations de Buis, Nyons et Rémuzat. En effet, avant cette date Nyons et Buis se partageaient la place de stations les plus sèches et à compter de 1992, celle place est revenue exclusivement à la station de Buis. Les précipitations de Nyons et Rémuzat tendent alors à se rapprocher. Cette date correspond également au passage des stations de Nyons et de Rémuzat du type de relevé manuel à celui d'automatisé et correspond aussi à un déplacement de 900 mètres en horizontale du poste de Nyons. Ces derniers éléments n'expliquent pas, ou seulement en partie, le changement relativement important dans le régime des précipitations de ces trois stations. A noter que 1992 est également l'année où les précipitations de Sédéron

dépasse celle de Valdrôme. Une évolution climatique pour cet indicateur peut donc être envisagée à compter de cette date pour les Baronnies.

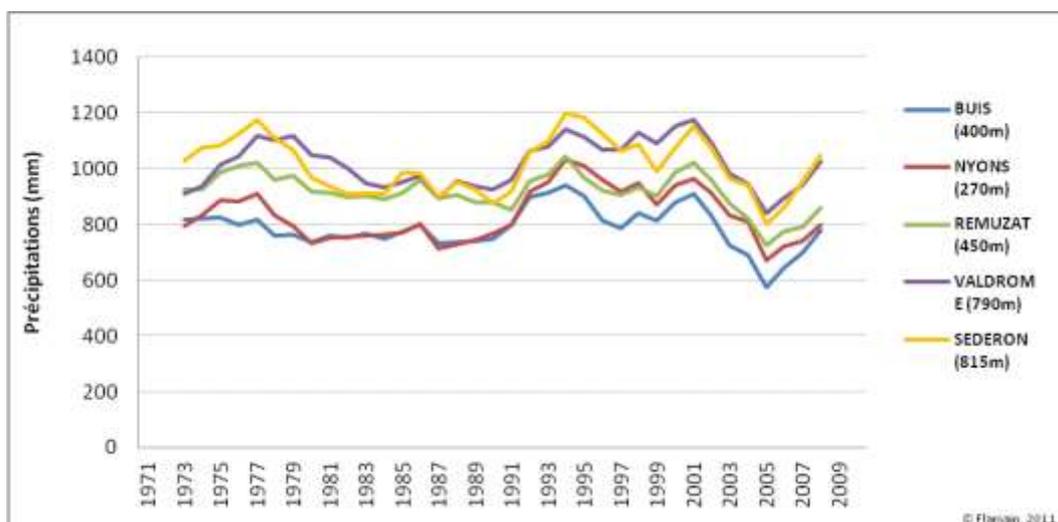


Figure 25 : P, variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes lissées.

Les figures 26 et 27 permettent d’analyser les variations interannuelles du nombre de jours de pluie.

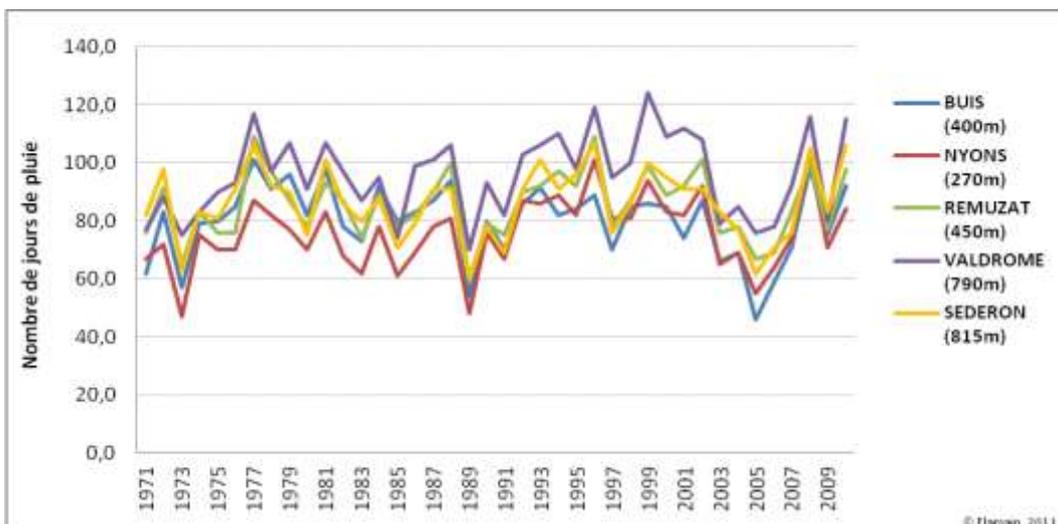


Figure 26 : NjP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie annuel moyen.

Les résultats observés pour ce nouvel indicateur sont dans l’ensemble similaire à ceux du cumul des précipitations. La rupture de 1992 est toujours bien visible. On retrouve le même phénomène avec les jours de pluies à Nyons qui dépassent ceux de Buis à partir de 1992. Cependant, Nyons avec des cumuls de précipitations semblables à ceux de Buis avant 1992 mais avec un nombre de jours de pluie inférieur indique que les pluies sont beaucoup plus violentes à Nyons qu’à Buis. Après 1992, cette différence de régime tend à diminuer.

Valdrôme présente un nombre de jour de pluie plus important que celui de Séderon pour des précipitations quasiment similaire ce qui laisse penser que les pluies de cette dernière station sont plus violentes que celles de Valdrôme.

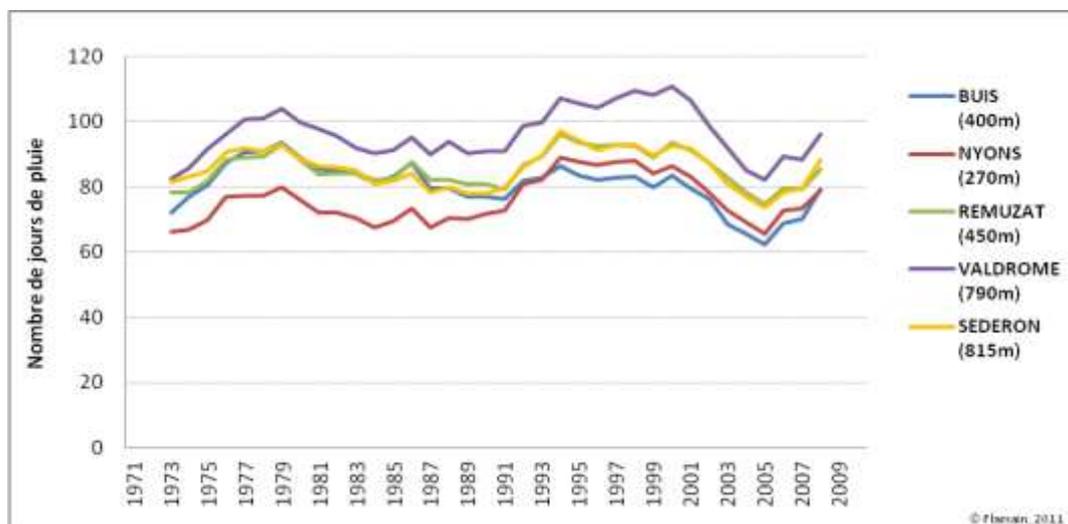


Figure 27 : NjP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie annuel moyen lissé.

L'évolution de ces deux indicateurs permet d'envisager un possible changement des régimes pluviométriques sur la façade ouest des Baronnies, au niveau des stations de Buis, Nyons et Rémuzat.

La synchronisation entre les précipitations et le nombre de jours de pluie est imparfaite pour les cumuls annuels minimums et maximums. Ainsi, pour les cumuls minimums (≤ 600 mm) des années 73, 78, 80, 85, 89, 98, 04, 05, 06 et 07 ; seules les années 73, 89 et 05 présentent un nombre de jours de pluie dans les plus bas (voisin de 45). Pour les cumuls maximums il est également difficile de déceler une synchronisation. Il n'existe donc pas une relation linéaire entre le cumul des précipitations et le nombre de jours de pluie.

III.1.c.1.1.2 P et le NbJP saisonniers

L'ensemble des stations des Baronnies se comportant sensiblement de la même manière pour ces paramètres, Buis les Baronnies est choisie pour illustrer les variations saisonnières interannuelles des précipitations et du nombre de jours de pluie (figures 28 et 29).

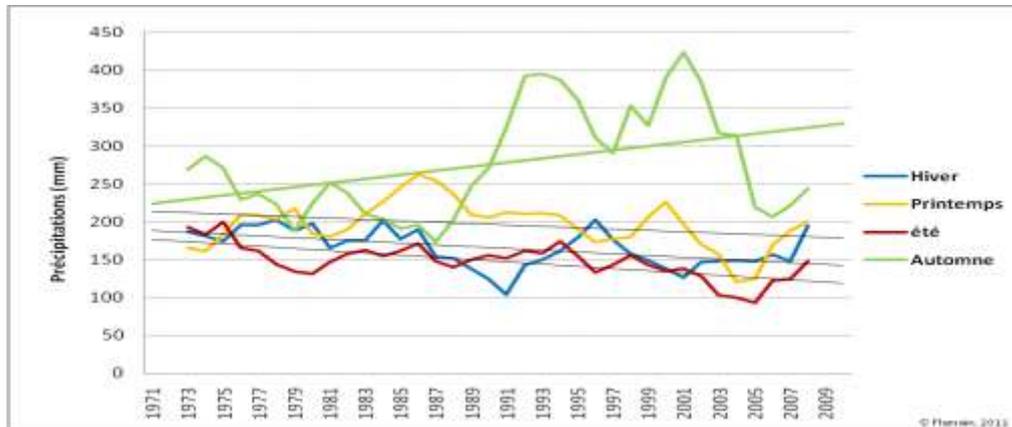


Figure 28 : P, variations interannuelles du cumul des précipitations saisonnières lissé pour Buis.

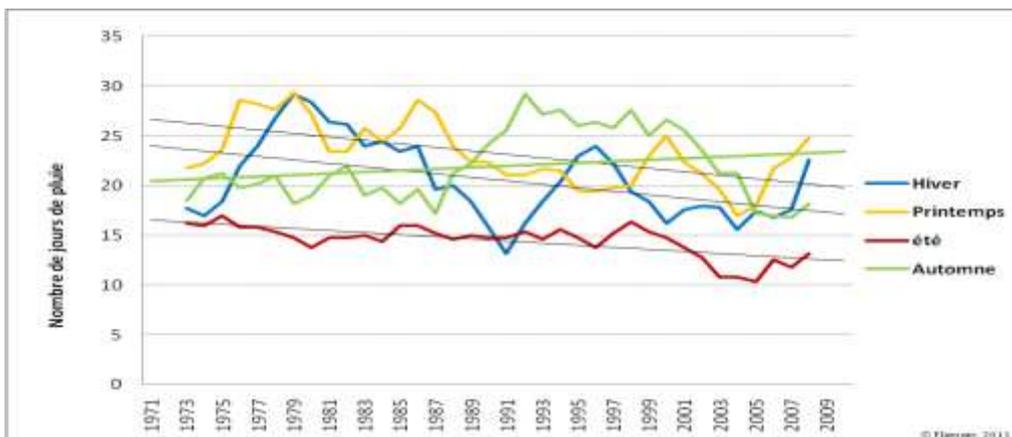


Figure 29 : NbJP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie saisonnier lissé pour Buis.

Visuellement, la rupture sérielle, pour ces indicateurs saisonniers semble intervenir vers l'année 1990.

Pour les deux indicateurs l'allure des courbes est à la baisse (non significative) pour l'hiver, le printemps et l'été et à l'augmentation pour l'automne. L'augmentation des précipitations automnales est proportionnellement très supérieure à celle des jours de pluie ce qui conduit à des phénomènes beaucoup plus violents à partir de 1992. Ce phénomène fait augmenter l'aléa des risques naturels notamment celui de crues subites et violentes, la ville de Vaison-la-Romaine, sur les bords de l'Ouvèze, en a fait tragiquement l'expérience le 22 septembre 1992.

III.1.c.1.1.3 P et le NbJP mensuels

Toujours de la même manière, l'évolution des précipitations et du nombre de jours de pluie mensuels est présentée en utilisant les écarts à la moyenne pour ces deux indicateurs (figures 30 et 31) :

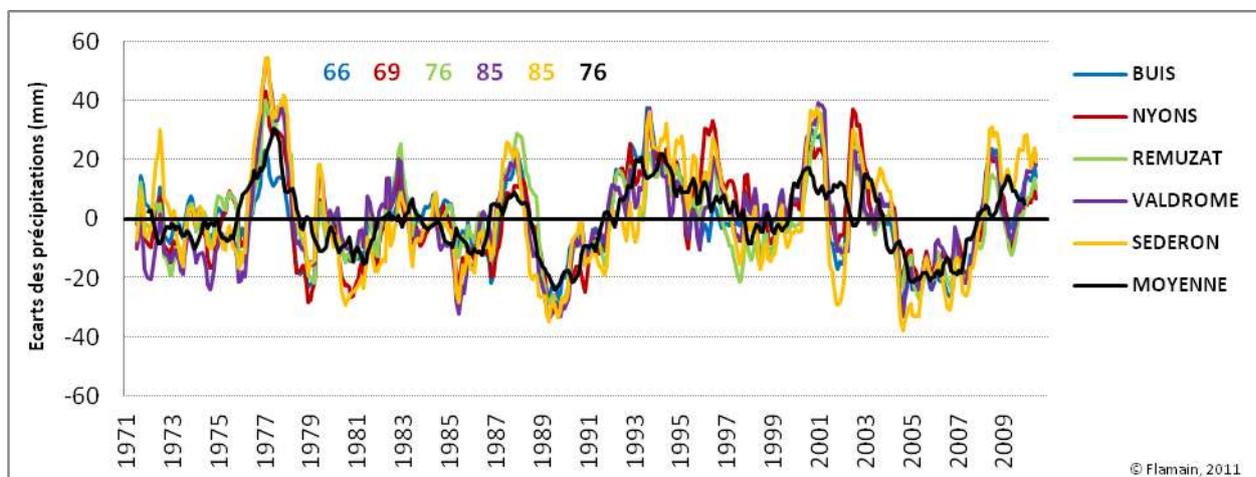


Figure 30 : P, écarts à la moyenne (1971-2010) pour précipitations mensuelles moyennes.

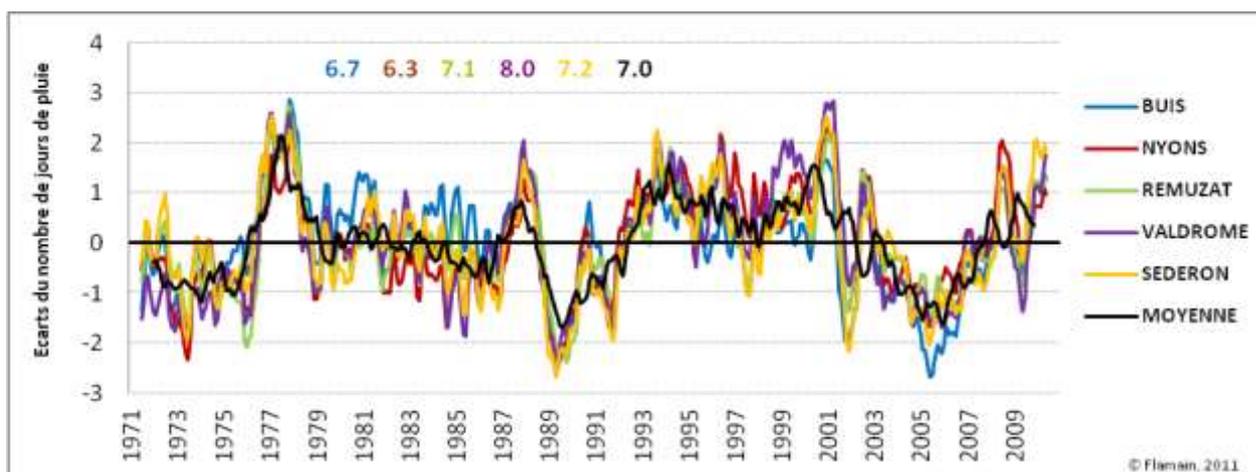


Figure 31 : NbJP, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de pluie mensuel moyen.

Pour les deux indicateurs la rupture sérielle est bien visible vers 1992 même si à partir des années 2003 une baisse passagère par rapport à la moyenne apparaît pour ensuite s'inverser.

Les variations interannuelles des écarts à la moyenne mensuelle donnent les mêmes résultats que pour celles des moyennes annuelles. L'inversion des pluviométries, P et NbJP, de Nyons et Buis se produit à la date de rupture. Valdrôme et Séderon présentent la même discordance entre les précipitations et le nombre de jours de pluie qui fait que les pluies de Séderon apportent davantage d'eau par événement pluvial journalier que Valdrôme.

Les annexes 12 et 13, page XV et XVI récapitulent les données climatiques saisonnières et annuelles moyennes.

Synthèse des régimes pluviométriques



Figure 32 : pluviométrie annuelle moyenne 1971-2010.

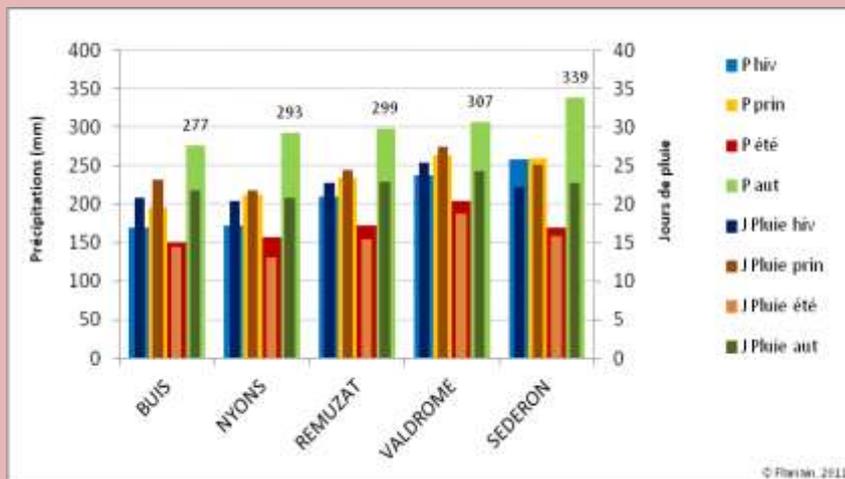


Figure 33 : pluviométrie saisonnière moyenne 1971-2010.

III.1.c.2 Les tendances

Aucune tendance n'est significative pour ces deux indicateurs aux pas saisonnier et annuel. Soit les variations observées appartiennent au mouvement ou cycle naturel de l'indicateur, soit les variations sont minimales par rapport au phénomène lui-même et ce dernier est alors qualifié de stationnaire ou en stagnation.

Il est toutefois intéressant de regarder les tendances au niveau mensuel (figures 34 et 35) pour connaître l'évolution possible de la distribution des pluies sur l'année mais aussi parce que les augmentations ou les baisses minimales peuvent être pondérées par la longueur de la série chronologique et pourraient être significatives sur une portion plus réduite de la série comme par exemple la partie post rupture climatique.

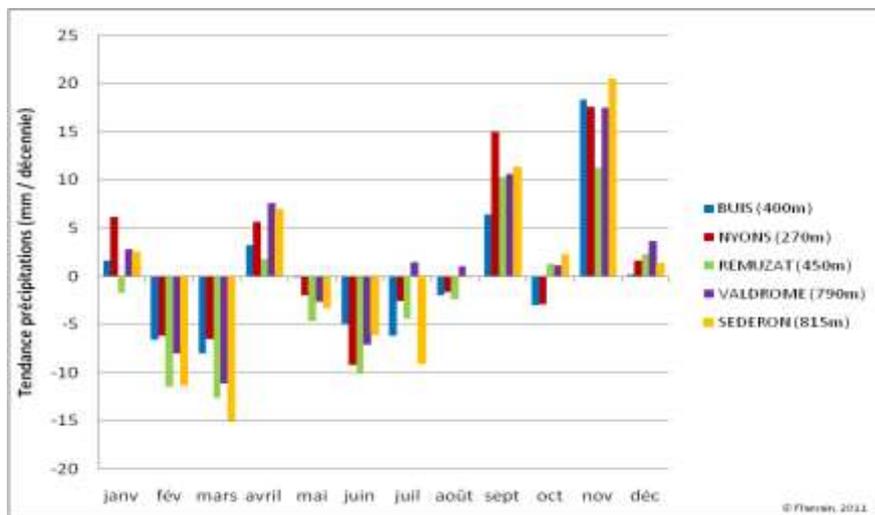


Figure 34 : Tendances des précipitations mensuelles moyennes (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.

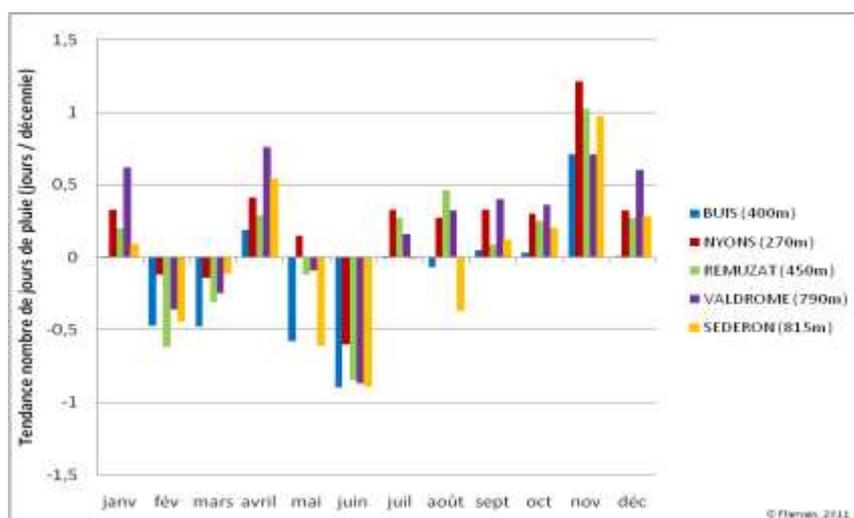


Figure 35 : NbJP, tendances du nombre de jours de pluie mensuel moyen (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.

Les mois de septembre et novembre (significativement) présentent une hausse des précipitations qui n'est corrélée avec le nombre de jours de pluie que pour le mois de novembre. Sur cette base, les pluies de septembre peuvent apporter plus d'eau par événement pluvial journalier et gagner donc en violence. Les mois de février, mars (significativement) et juin présentent une baisse sensible des précipitations. Cette baisse coïncide avec celle du nombre de jours de pluie, notamment avec une diminution significative pour le mois de juin.

L'augmentation des pluies d'automne et secondairement celle du mois d'avril fait croître les risques de crue et d'inondation alors que la baisse des précipitations en février et mars met en péril la recharge des différents aquifères. La baisse de juin pour sa part fait peser un risque de sécheresse accru et fait croître alors l'aléa incendie.

Les annexes 10 et 11, page XIII et XIV récapitulent les données pluviométriques mensuelles, saisonnières et annuelles moyennes

ABSENCE DE TENDANCE SIGNIFICATIVE :

pour les précipitations (P) et le nombre de jours de pluie (NbJP)

au pas saisonnier et annuel

TENDANCE SIGNIFICATIVE :

à la hausse pour les P des mois de septembre et novembre
et à la baisse pour mars

au pas mensuel



Photo 3 : Crue de Vaison-la-Romaine le 22 septembre 1992.



Photo 4 : Feu de forêt à Eygaliers le 26 juin 2003, photo Alain Bosmans, (source : www.tamtamdesbaronnies.com).

III.1.c.3 La distribution mensuelle des précipitations et des jours de pluie

Les diagrammes de la figure 36 présentent les précipitations mensuelles en fonction du nombre de jours de pluie et sont réalisés en utilisant le rapport Précipitations / Nombre de jours de pluie = 10.

La pluviométrie des cinq stations étudiées présente sensiblement les mêmes caractéristiques avec des pluies importantes au printemps qui s'intensifient à l'automne avec une différence pour les stations de Valdrôme et Séderon pour lesquelles des pluies conséquentes s'étalent sur l'hiver. L'automne est la saison pour laquelle les pluies sont les plus violentes avec des jours de pluie nettement inférieurs au cumul des précipitations par rapport aux autres saisons. Ce phénomène concerne les stations de Buis, Nyons, Rémuzat et Valdrôme pour les mois de septembre et octobre, alors qu'il touche la station de Séderon pour les mois de septembre à décembre.

L'étalement de la période à risque pour Séderon se retrouve d'ailleurs dans les arrêtés de catastrophes naturelles pour les vingt dernières années. Ainsi les dates des « inondations et coulées de boue » pour Séderon sont : septembre 92, novembre 94 et décembre 03. Alors que pour Nyons les dates d'événements identiques sont : août 92, septembre 92, octobre 93 et septembre 08. La temporalité des événements extrêmes et dangereux diffère quelque peu selon la situation géographique sur le territoire.

Sur la période 1978-2010 :

les précipitations **les plus abondantes pour Buis, Nyons et Rémuzat :**
en avril-mai et **sept-oct**

les précipitations **les plus abondantes pour Valdrôme et Séderon :**
en avril-mai et **sept-oct-nov** et déc

les précipitations **les plus violentes pour Buis, Nyons, Rémuzat et Valdrôme :** en **sept-oct**

les précipitations **les plus violentes pour Séderon :**
en **sept-oct-nov** et déc

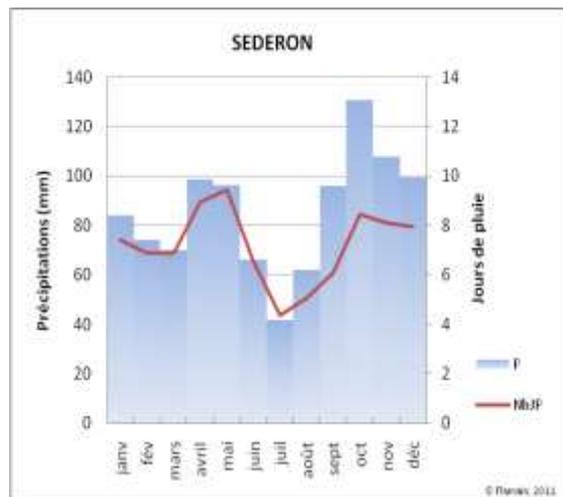
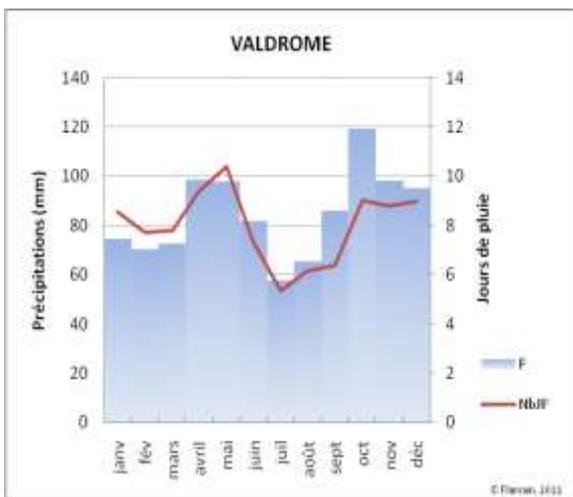
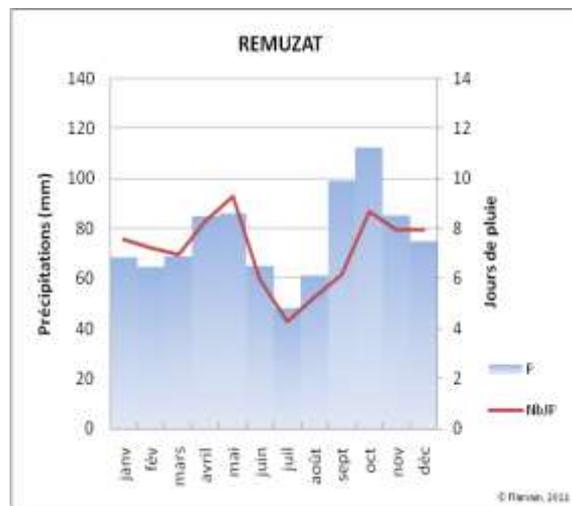
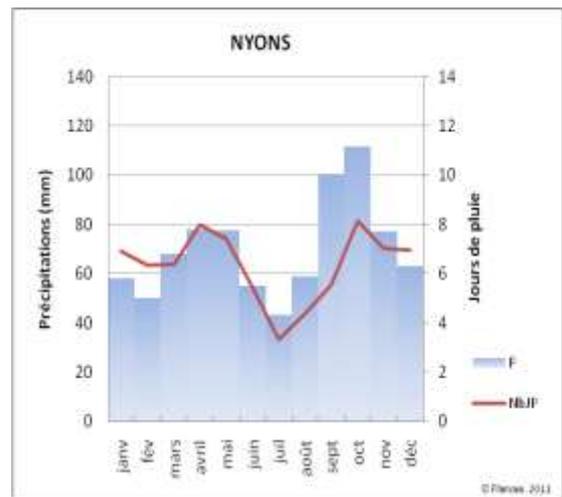
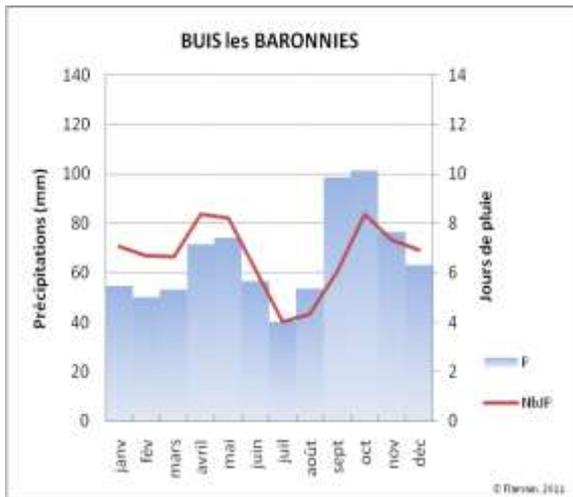


Figure 36 : Distribution des précipitations et du nombre de jours de pluie mensuels moyens (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Sédéron.

III.1.c.4 Le jour et la semaine la plus pluvieuse de l'année

III.1.c.4.1 La répartition saisonnière de l'événement extrême

Il peut être intéressant de savoir à quelle saison appartient le jour et la semaine la plus pluvieuse de l'année en deux points des Baronnies : Nyons et Séderon (figure 37). Ces deux postes représentent bien la variabilité climatique extrême du territoire. Cette information peut être utile dans la gestion des risques naturels notamment de crues et glissements de terrains. Il serait possible d'examiner l'évolution de ces événements extrêmes au cours du temps et d'adapter ainsi la gestion des risques à une possible nouvelle temporalité de l'aléa.

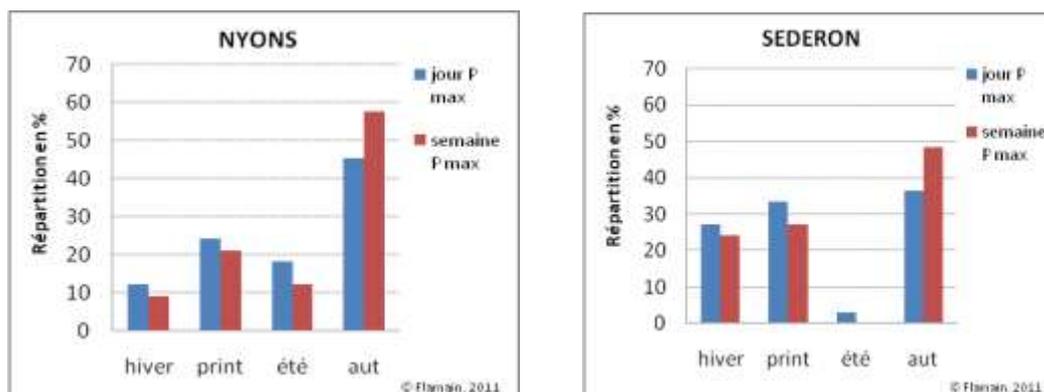


Figure 37 : Répartition saisonnière (en %) du jour et de la semaine la plus pluvieuse de l'année sur la période 1978-2010.

Les points communs pour l'occurrence de tels événements entre les deux stations sont une prédominance pour l'automne et secondairement pour le printemps. Alors que la probabilité d'orages violents estivaux est présente à Nyons, elle est quasi inexistante à Séderon. Inversement, les pluies violentes hivernales sont relativement rares à Nyons, avec 10% des cas, alors que pour Séderon ce risque est important avec 25% des cas. Ces observations rejoignent la temporalité des événements classés par les arrêtés de catastrophes naturelles.

III.1.c.4.2 La contribution du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse

Cet indicateur, qui donne une idée sur la violence des pluies, consiste à regarder pour quelle part les pluies du jour le plus pluvieux contribuent à la semaine la plus pluvieuse de l'année lorsque ces deux événements ont la même temporalité c'est-à-dire lorsque le jour le plus pluvieux de l'année appartient à la semaine du même type. Les figures 38 et 39 présentent cet indicateur pour Nyons et Séderon.

Le taux moyen de contribution du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse de l'année s'élève à 73% pour Nyons et 63% pour Séderon. La différence entre les deux taux est trop faible pour affirmer que les régimes pluviométriques de ces deux stations sont différents pour cet indicateur. Pour un même événement, les précipitations extrêmes à Séderon sont mieux réparties sur la semaine, mais cela n'enlève rien à leur gravité potentielle car celles-ci sont nettement supérieures à celles de Nyons. De part leurs situations géographiques, Nyons et Séderon ne doivent pas être exposées de la même façon aux perturbations atmosphériques.

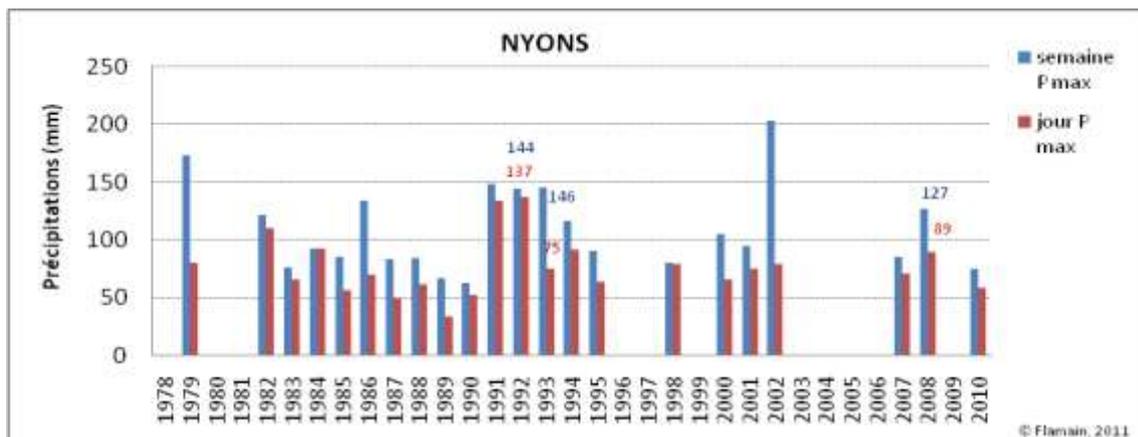


Figure 38 : Contribution du cumul des précipitations (P) du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse de l'année en cas de concordance temporelle de ces deux événements pour Nyons. Les années sans information sont celles qui ne présentent pas la même temporalité pour les 2 événements extrêmes.

Par exemple, pour Nyons la semaine la plus pluvieuse de l'année 1992 représente 144 mm d'eau avec une contribution du jour le plus pluvieux de 95% c'est-à-dire 137 mm, cet événement climatique extrême est à l'origine de la catastrophe de Vaison-la-Romaine.

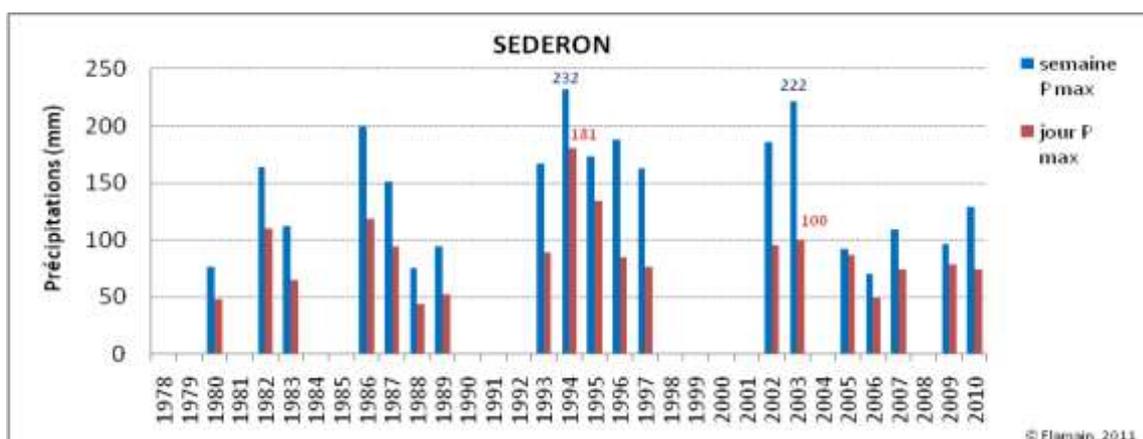


Figure 39 : Contribution du cumul des précipitations (P) du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse de l'année en cas de concordance temporelle de ces deux événements pour Séderon. Les années sans information sont celles qui ne présentent pas la même temporalité pour les 2 événements extrêmes.

Sur la période 1978-2010 :

les événements extrêmes **pour Nyons** : à l'**automne** et printemps

les événements extrêmes **pour Séderon** : à l'**automne**, hiver et **printemps**

III.1.d La situation avant et après la rupture climatique

III.1.d.1 Pour le nombre de jours de gel NBJG et de forte chaleur NbJFC

Les diagrammes de la figure 40 présentent la distribution mensuelle du nombre de jours de gel et de forte chaleur avant et après la rupture climatique de 1988.

III.1.d.1.1 Nombre de jours de gel NBJG

La seule évolution significative entre les deux périodes concerne les stations de Buis et Nyons avec une réduction des jours de gel qui entraîne une anticipation de la fin des gelées d'environ un mois (mai à avril). Pour les autres stations, la baisse non significative de mars à novembre n'induit pas la réduction de la période gélive. A noter cette fois, une hausse significative des jours de gel pour le mois de février pour la station de Séderon. Le report de la période de gel, plus tard dans l'automne, ne se fait que pour Buis et plus faiblement pour Nyons.

III.1.d.1.2 Nombre de jours de forte chaleur NbJFC

Les tendances des températures maximales de l'ensemble des stations étant significativement à la hausse, le phénomène de réchauffement est bien marqué et se traduit par un étalement de la période chaude avec une anticipation de celle-ci d'un mois au printemps (mai à avril). Par contre, il n'est pas observé d'étalement des fortes chaleurs sur l'automne, aucune différence n'étant relevée à partir de septembre entre les deux périodes comparées.

L'annexe 14, page XVII, récapitule les résultats du test de Student, qui donne la significativité des différences du NBJG et du NbJFC avant et après la rupture climatique.

T°C extrêmes : d'une période à l'autre 1971-1987 / 1988-2010

Réduction du nombre de jours de **gel** (NBJG) et de la période gélive par une **anticipation** d'un mois de la fin des gelées, seulement pour Buis et Nyons.

Augmentation du nombre de jours de **forte chaleur** (NbJFC) et étalement de la période chaude par une **anticipation** d'un mois de l'arrivée des fortes chaleurs.

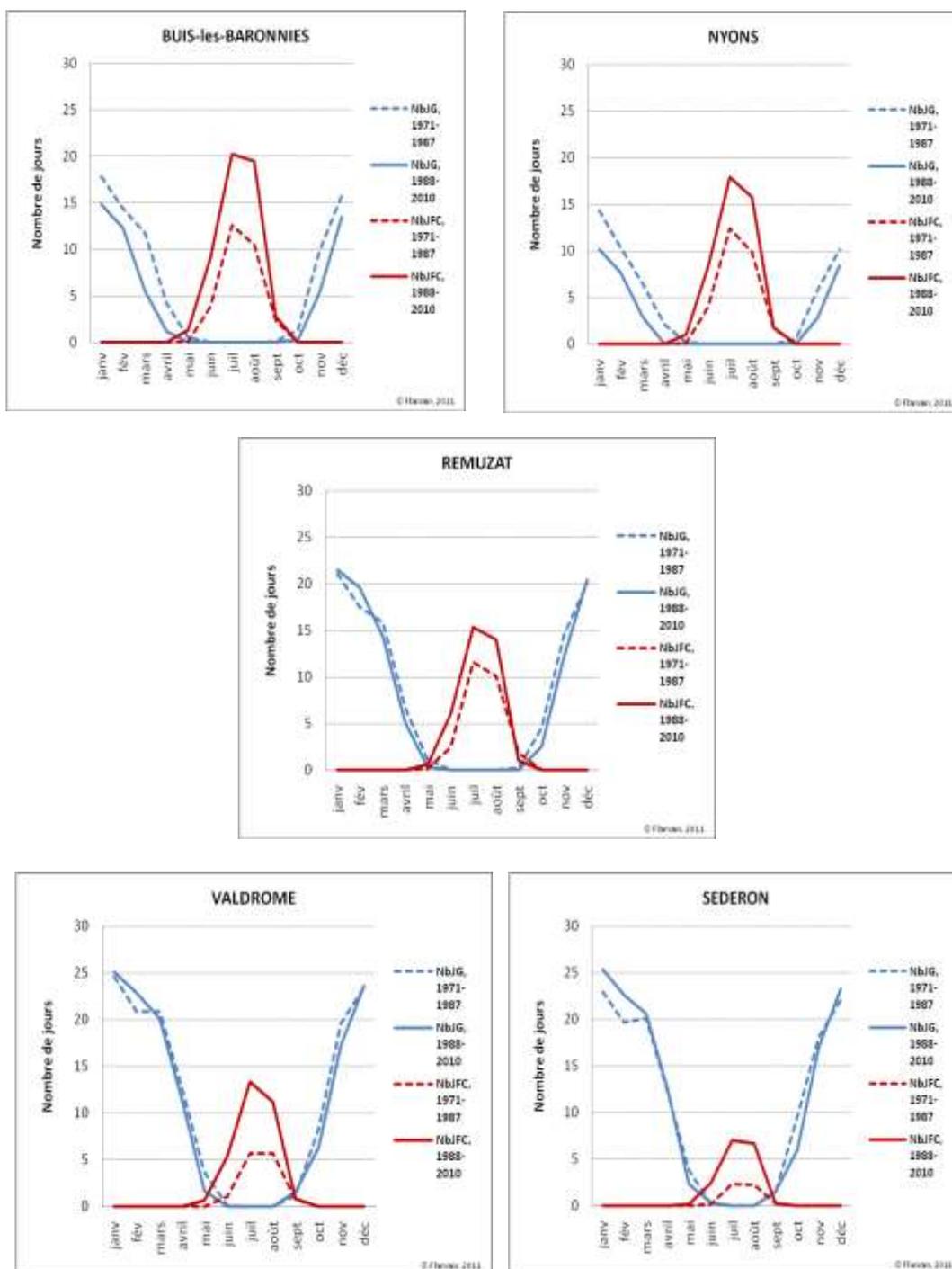


Figure 40 : NbJG et NbJFC, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des jours de gel et de forte chaleur avant (1971-1987) et après (1988-2010) la rupture climatique pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Sédron.

III.1.d.2 Pour les températures et précipitations mensuelles moyennes

L'utilisation du diagramme ombrothermique permet de présenter les moyennes mensuelles des hauteurs de précipitations au regard de celles des températures, avec le rapport $P=2T$ (relation de Gaussen). Il matérialise également la situation de déficit hydrique qui se définit par des précipitations inférieures à deux fois le niveau des températures moyennes. Sur le diagramme cette situation apparaît lorsque la courbe des températures moyennes est supérieure à la colonne des précipitations. Le diagramme est dit diachronique car il permet de mettre en évidence la situation des indicateurs pour deux périodes temporelles : Avant (AV) et Après (AP) la rupture climatique (figures 41 et 42).

D'une période à l'autre les températures minimales augmentent pour Buis et Nyons de façon similaire des mois de mars à novembre. Pour les autres stations l'évolution est peu marquée et le refroidissement déjà évoqué précédemment apparaît pour l'hiver. L'augmentation des températures maximales est nettement visible et se fait plus intensément de février à août.

L'évolution des cumuls de précipitations entre les deux périodes est relativement identique pour l'ensemble des stations. Ainsi, une baisse se produit pour les mois de février, et mars de façon significative, alors qu'une hausse de même qualité intervient pour septembre et novembre. Les mois de janvier et avril montrent une hausse non significative pour les stations de Nyons, Valdrôme et Séderon.

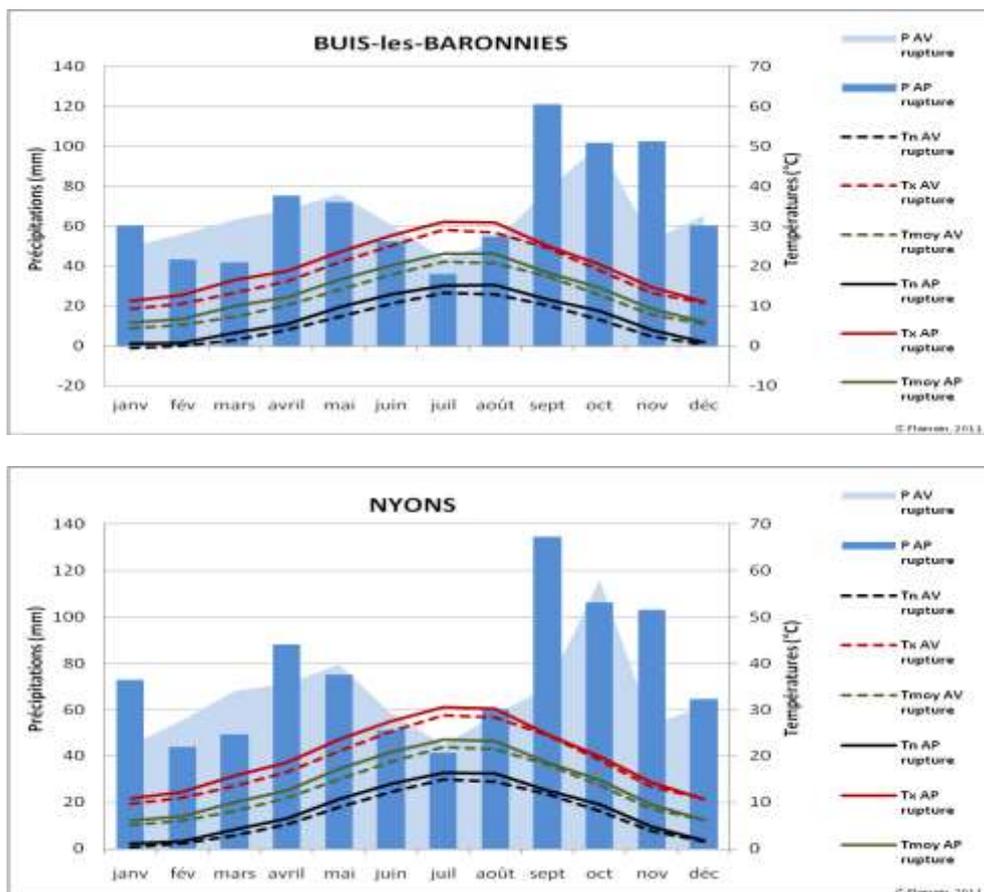


Figure 41 : Diagramme ombrothermique diachronique de Buis-les-Baronnies et Nyons.

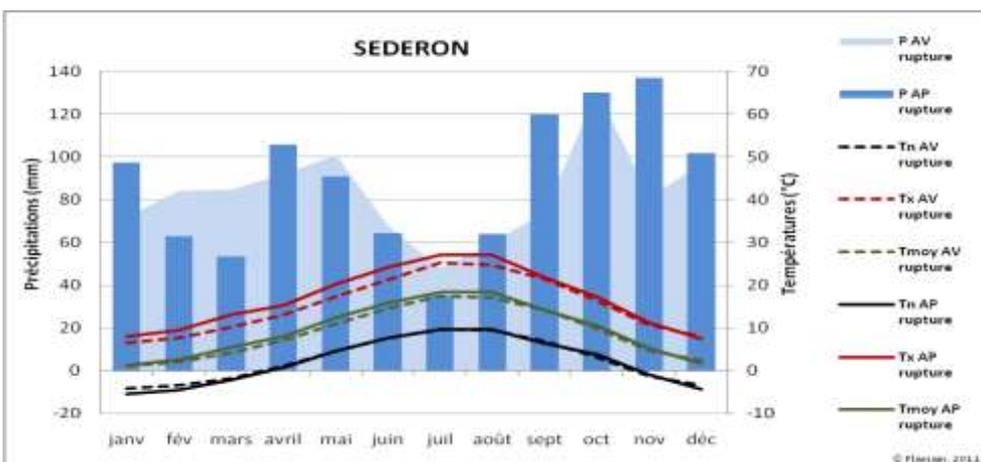
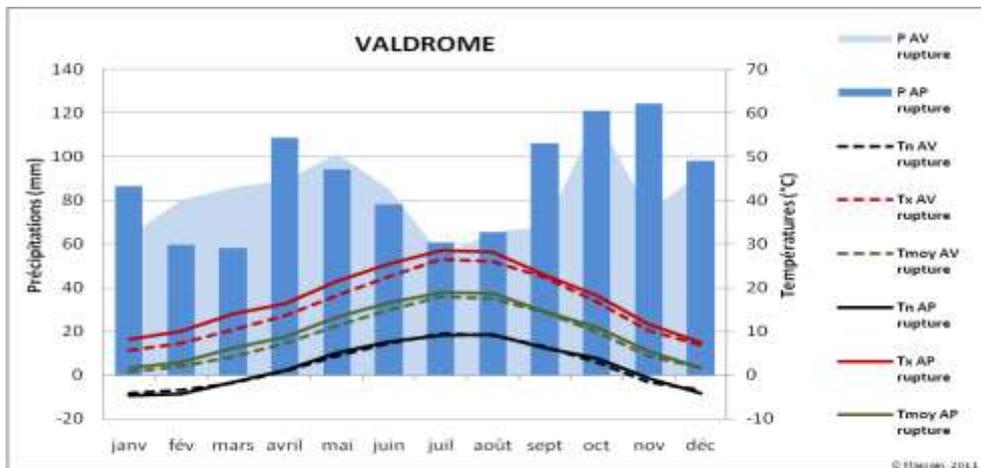
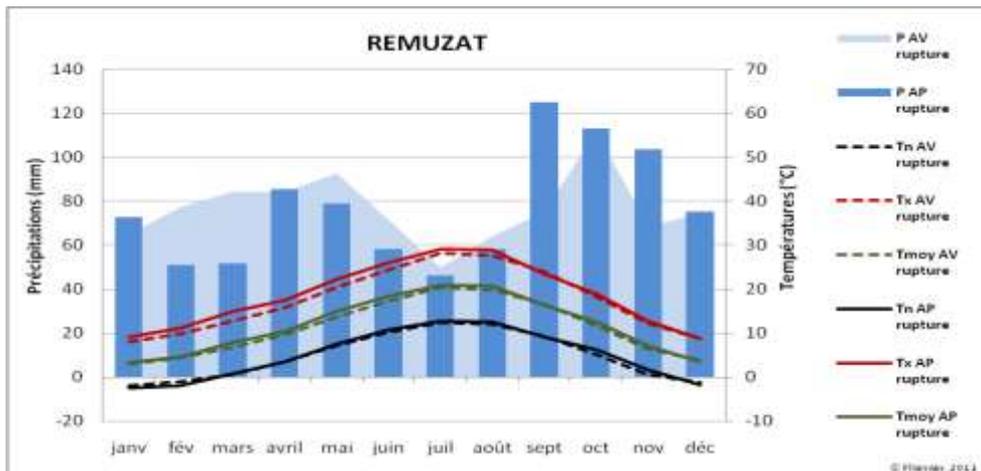


Figure 42: Diagramme ombrothermique diachronique de Rémuzat, Valdrome et Sédéron.

III.1.d.3 Pour la distribution mensuelle des précipitations et des jours de pluie

Un regard sur l'aspect qualitatif des précipitations entre les deux périodes indique que la situation a évolué de façon similaire ou presque pour l'ensemble des stations. D'une manière générale l'évolution du nombre de jours de pluie est corrélée à celle des hauteurs de précipitations sauf pour les mois de juillet, octobre et novembre. En effet, juillet est un mois pour lequel le nombre de jours de pluie devient supérieur aux précipitations d'une période à l'autre, ce qui implique une diminution de l'intensité des pluies estivales ou des orages. Le phénomène inverse est observé avec une augmentation de la quantité d'eau apportée quotidiennement pour les mois de septembre et novembre, pour lesquels le nombre de jours de pluie déjà inférieur aux précipitations avant la rupture l'est davantage après la rupture. Les risques potentiels de crues et d'inondations sont donc accrus à l'automne et diminuent en été (figures 43 et 44).

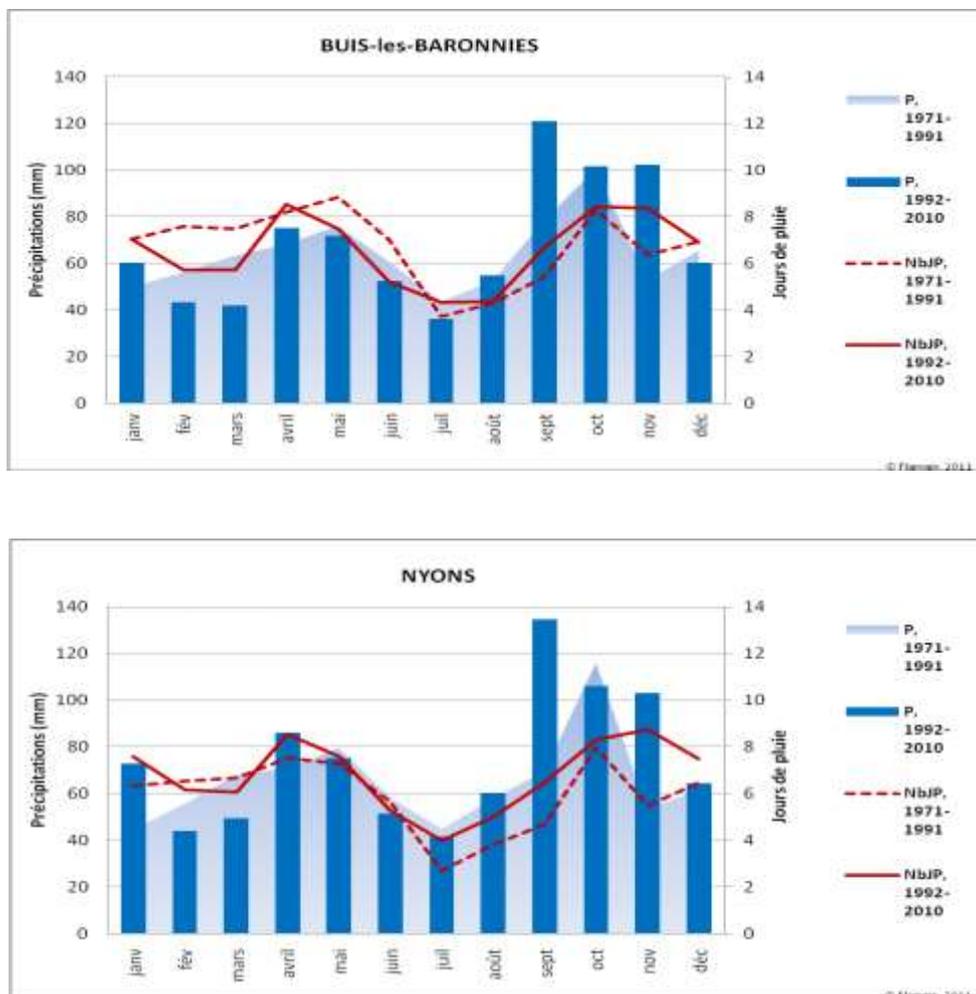


Figure 43 : P et NbJP, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des précipitations et du nombre de jours de pluie avant (1971-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique pour Buis-les-Baronnies et Nyons.

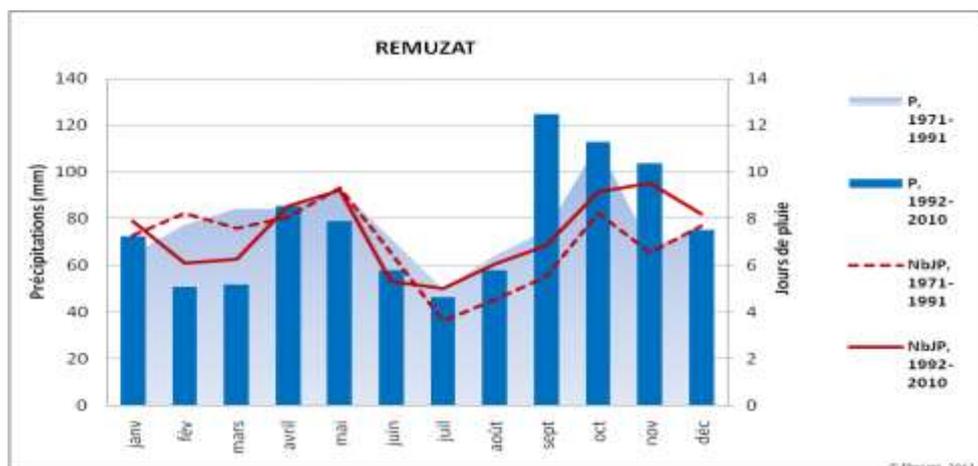


Figure 44 : P et NbJP, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des précipitations et du nombre de jours de pluie avant (1971-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique pour Rémuzat, Valdrôme et Sédéron.

Une particularité pour Nyons qui est la station la moins affectée sur les 6 premiers mois de l'année par le changement d'une période à l'autre.

T°C : d'une période à l'autre 1971-1987 / 1988-2010

Augmentation marquée des **températures moyennes** sur les **quatre saisons** pour
Buis-les-Baronnies et Nyons

Augmentation marquée des **températures moyennes** sur le **printemps** et l'**été**
pour **Rémuzat, Valdrôme et Séderon**

P : d'une période à l'autre 1971-1991 / 1992-2010

Hausse des **précipitations** en janvier, avril, **septembre** et **novembre**

Pluies violentes et **risque potentiel** de **crues** en **septembre** et **novembre**

Baisse des **précipitations** en **février** et **mars**

D'une période à l'autre

Déficit hydrique pour le mois de **juillet**

III.1.d.4 Pour le jour et la semaine la plus pluvieuse de l'année

Ces indicateurs saisonniers peuvent être reliés à l'aléa de certains risques naturels comme ceux de crue violente, de coulées de boue, d'inondation et de glissement de terrain.

III.1.d.4.1 Le jour le plus pluvieux de l'année JppA

Cet indicateur, évolue de la même façon d'une période à l'autre pour les deux stations. Alors que pour la période 1978-1991, cet événement est présent pour l'ensemble des saisons et de façon relativement homogène (sauf Sédéron, avec une absence en été), la période 1992-2010 montre une diminution de cet événement sur l'hiver, le printemps et l'été (sauf Sédéron en été) avec un report très important sur l'automne (figure 45).

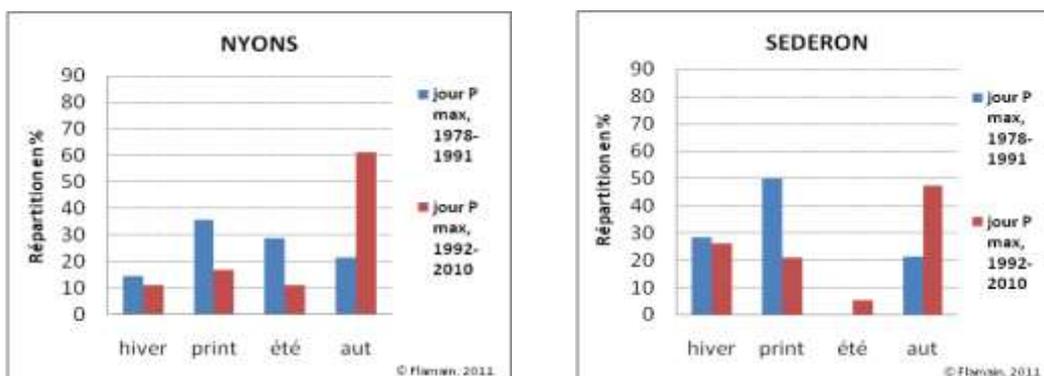


Figure 45 : Comparaison de la répartition saisonnière (en %) du jour annuel le plus pluvieux avant (1978-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique.

III.1.d.4.2 La semaine la plus pluvieuse de l'année SppA

Cette fois, la situation est légèrement différente en terme d'événements saisonniers et d'une station à l'autre. Pour Nyons, la fréquence de la semaine la plus pluvieuse augmente légèrement en hiver, disparaît presque pour le printemps et l'été et se renforce très fortement à l'automne avec un quadruplement de sa valeur initiale pour atteindre 80%. A Sédéron, le phénomène est plus marqué en hiver avec un doublement de la fréquence et beaucoup moins spectaculaire pour l'automne avec une simple augmentation de 20% (figure 46).

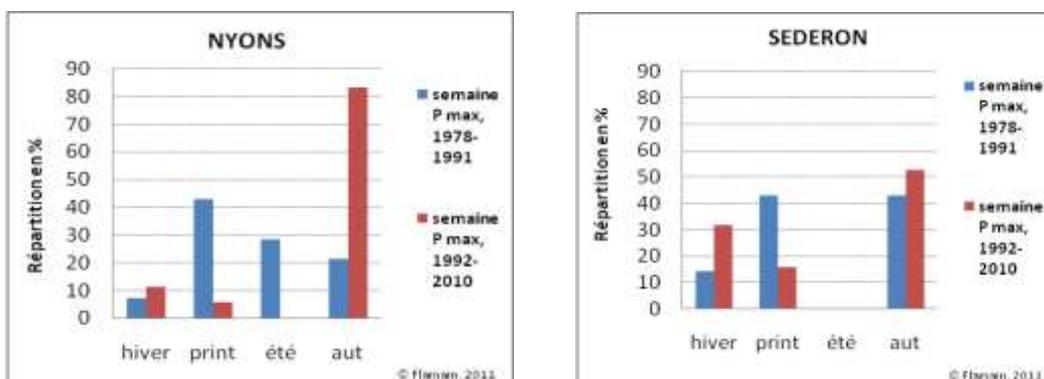


Figure 46 : Comparaison de la répartition saisonnière (en %) de la semaine annuelle la plus pluvieuse avant (1978-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique.

Pour rappel, ces observations rejoignent les événements classés en arrêtés de catastrophes naturels « inondations et coulées de boue » sur les 30 dernières années et qui présentent les temporalités suivantes :

- Nyons, les 29 août 1992, 22 septembre 1992, 30 septembre 1993 et 3 septembre 2008
- Séderon, les 22 septembre 1992, 4 novembre 1994 et 1 décembre 2003

LES RISQUES : AVant et APrès la rupture climatique

	NYONS	SEDERON
	AV-1992 / AP-1992	AV-1992 / AP-1992
Jour le plus pluvieux :	print-été / aut	print-hiver / aut-hiver
Semaine la plus pluvieuse :	print-été / aut	print-aut / aut-hiver

Des paysages qui illustrent différents climats :



Photo 5 : Un paysage de climat méso-méditerranéen



Photo 6 : Un paysage de climat thermo-méditerranéen.



Photo 7 : Un paysage de climat méditerranéen semi aride (photo Evelyne. Gauché).

**Vers quels
climats et milieux
tendons-nous ?**

III.2 Pour la période future

Le scénario socio-économique sur lequel reposent les simulations réalisées est le scénario SRES A1B qui décrit, pour rappel, un monde futur dans lequel :

- la croissance économique sera très rapide
- la population mondiale culminera au milieu du siècle pour ensuite décroître
- de nouvelles technologies plus efficaces seront introduites
- un équilibre se mettra en place entre l'utilisation des énergies fossiles et non fossiles
- la concentration de CO₂ atmosphérique passera de 380 à 700 ppm d'ici la fin du siècle ce qui entrainera une augmentation de la température moyenne estimée à +3°C

Le scénario A1B table sur une forte croissance économique qui suppose des échanges mondiaux importants, il s'agit d'un scénario qualifié de moyen ou d'intermédiaire. Cependant, le « Diagnostic de Copenhague » réalisé en 2009 montre que les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES) sont au-dessus du plus pessimiste des scénarios envisagés jusque-là. Il semble donc que le scénario A1B a de fortes probabilités de s'avérer très optimiste en termes d'émission de GES et de refléter alors des valeurs de réchauffement très en dessous de celles que l'on pourrait vraisemblablement enregistrer d'ici la fin de ce siècle.

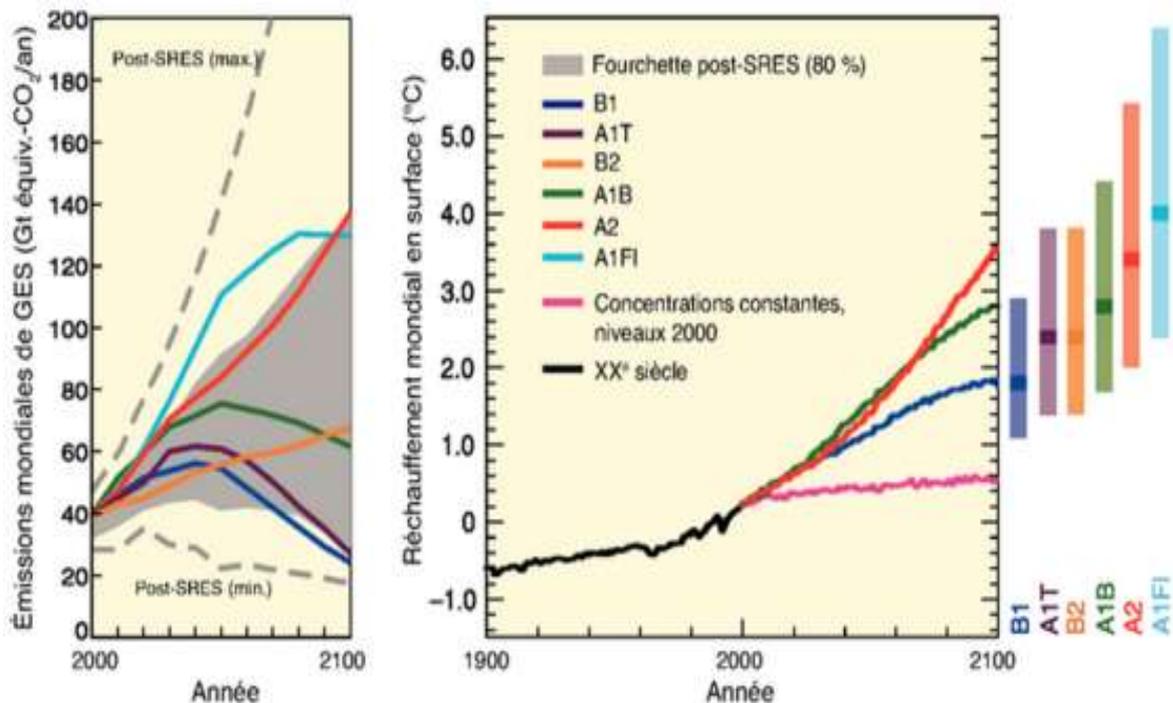


Figure 47 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface. © Giec2007

III.2.a Les températures simulées

III.2.a.1 Les variations interannuelles des Tn et Tx annuelles

Les variations interannuelles des Tn et Tx proposées par le modèle ARPEGE-Climat sur la base du scénario A1B apparaissent sur la figure 48.

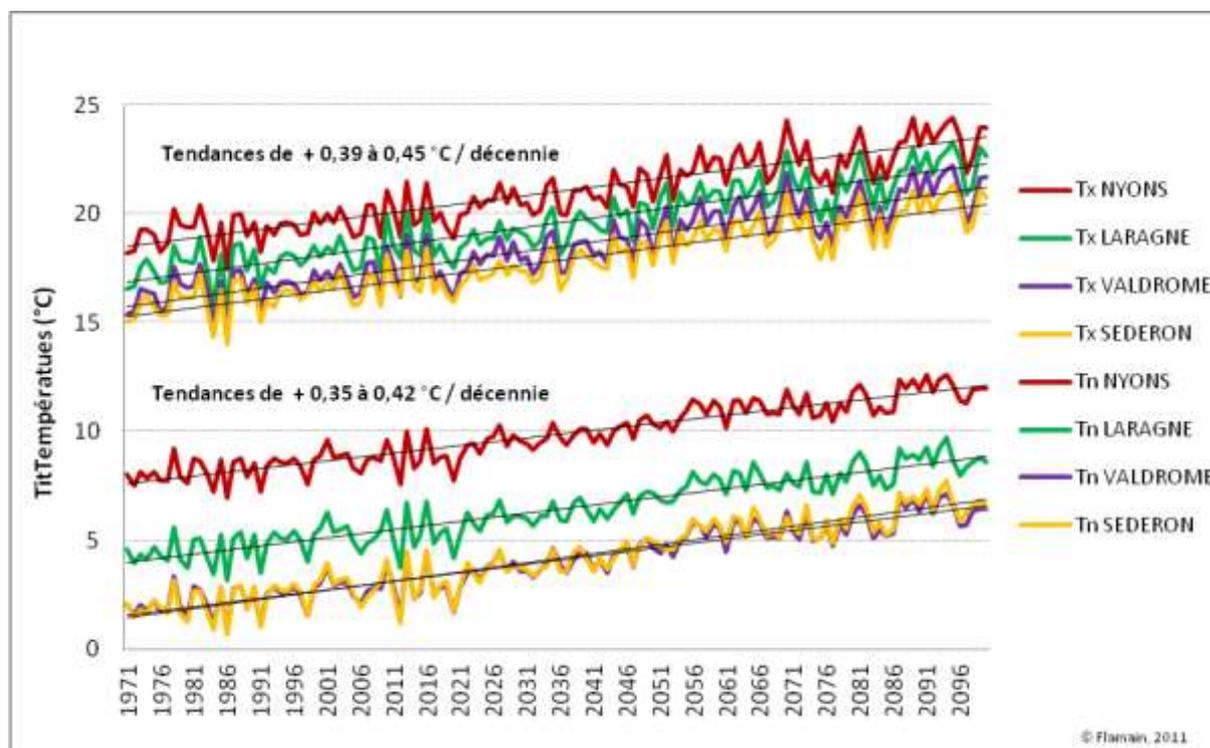


Figure 48 : Simulation des variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles pour les stations de Nyons, Laragne, Valdrôme et Sédéron.

Le type de régionalisation « QQ » ou descente d'échelle permet de conserver les singularités thermiques de chaque station et propose une variabilité interannuelle nuancée et très réaliste autour de chaque tendance. Comme pour les températures annuelles observées l'amplitude des températures minimales de l'ensemble des stations est moins resserrée que pour les maximales.

Les tendances des températures minimales et maximales sont proches les une des autres et de l'ordre de + 0.4 °C / décennie.

La station de Laragne apparaît pour la première fois dans cette étude en raison de séries chronologiques relativement courtes et incomplètes (1971-1983 et 1988-2003) qui n'ont pas permis son examen sur la période 1971-2010. Cependant, ces séries antérieure et postérieure à la rupture climatique ont été utilisées pour la réalisation de simulations et c'est sous cette forme que sera abordée la station de Laragne.

III.2.a.2 Tn et Tx mensuelles pour 2010, 2050 et 2090

Les figures 49 à 51 représentent la comparaison des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) mensuelles moyennes entre les périodes 2000 observée / 2000, 2050 et 2090 simulées (A1B) pour les stations de : Nyons, Séderon et Valdrôme. La situation de la station de Laragne est présentée à partir des seules données disponibles issues des simulations (figure 52).

Les valeurs mensuelles des différentes périodes 2000, 2050 et 2090 ont été calculées en ouvrant une fenêtre de calcul sur 20 années qui correspond respectivement aux périodes [1990-2010]-présent, [2040-2060]-futur proche et [2080-2100]-futur éloigné.

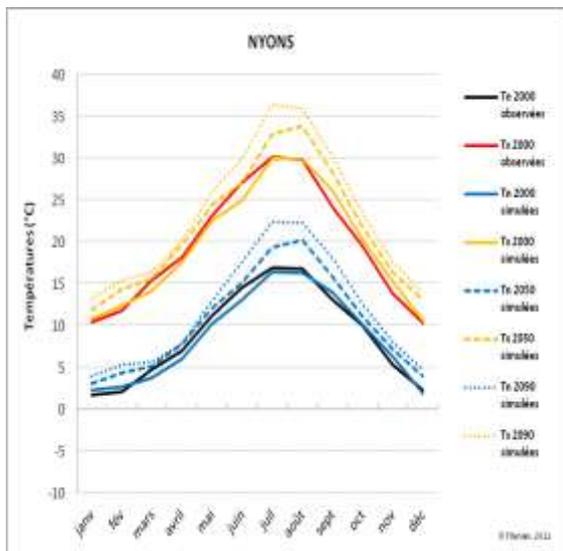


Figure 49 : Tn et Tx mensuelles simulées pour NYONS.

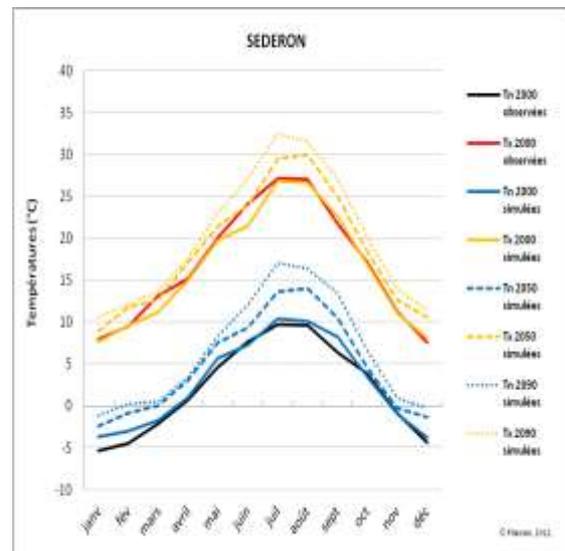


Figure 50 : Tn et Tx mensuelles simulées pour SEDERON.

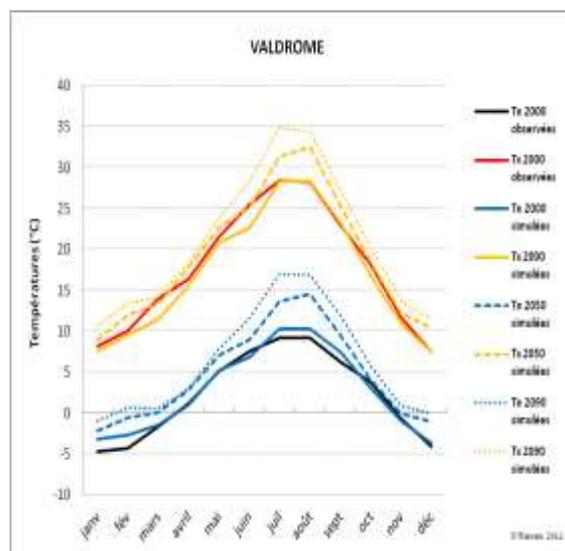


Figure 51 : Tn et Tx mensuelles simulées pour VALDRÔME.

L'augmentation des températures d'une période à l'autre est nettement visible pour l'ensemble des stations. Le réchauffement simulé est plus marqué pour les mois de mai à septembre et concerne surtout les températures minimales que les maximales.

La comparaison des courbes de températures mensuelles entre le présent observé et le présent simulé montre une assez bonne concordance à l'exception de quelques mois qui présentent des différences liées à des particularismes climatiques propres aux Baronnies : maximales plus élevées en mars et juin et minimales plus basses en janvier et février. En ouvrant une fenêtre temporelle de calcul supérieure (30 années par exemple) les écarts entre données d'observation et de simulation seraient plus minimes.

Ces résultats montrent que le modèle, couplé à la correction QQ, est capable de représenter relativement bien le climat stationnel observé ce qui le rend pertinent pour proposer des scénarios climatiques du futur.

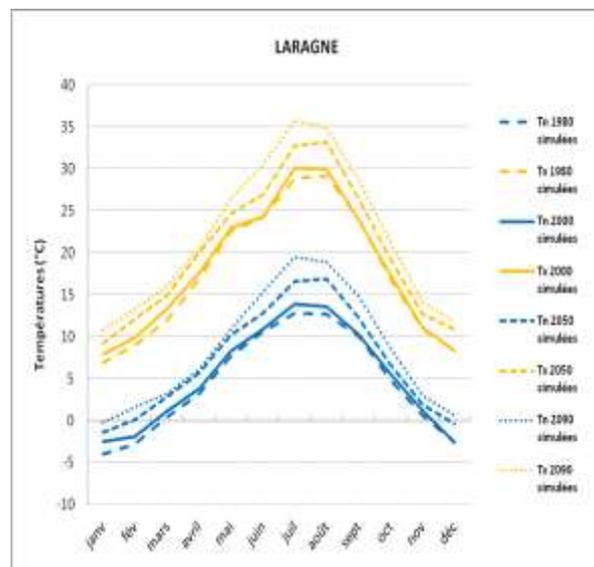


Figure 52 : Comparaison des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) mensuelles moyennes pour la station de LARAGNE entre les périodes 1980, 2000, 2050 et 2090 simulées.

III.2.b Les précipitations simulées

Le modèle présente des précipitations au caractère méditerranéen bien marquée de par leur très grande variabilité interannuelle (figures 53 et 54).

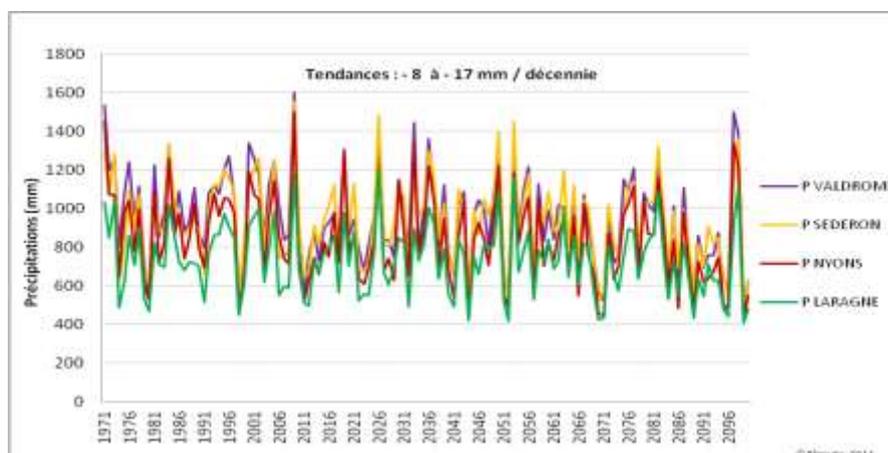


Figure 53 : Variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes simulées

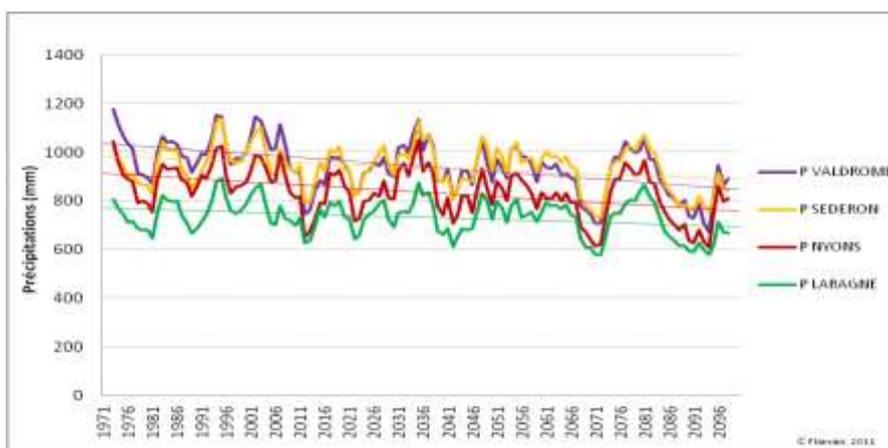


Figure 54 : Variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes simulées et lissées par une moyenne mobile sur 5 ans.

Le modèle après une hausse des précipitations annuelles jusqu'aux années 2000 décrit une baisse significative jusqu'à la fin du siècle de l'ordre de - 8 à -17 mm / décennie (- 8 à 15%).

Cependant, l'incertitude du modèle en termes de précipitations est beaucoup plus élevée que pour les températures. Il est ainsi beaucoup plus difficile pour un modèle de simuler avec certitude l'intensité, la fréquence et la temporalité des précipitations à une échelle régionale ou locale. Même si le modèle propose une baisse relativement peu importante des précipitations au regard de la durée simulée, il convient d'interpréter avec prudence les données annuelles car l'étude à ce pas de temps ne fournit pas d'informations sur les caractéristiques du régime pluviométrique : temporalité, fréquence et intensité des pluies, données indispensables à la gestion de la ressource en eau.

III.3 Tendances climatiques et simulations climatiques des températures

III.3.a Tendances observées et tendances simulées

Sur les figures 55 à 57 il faut distinguer les tendances climatiques observées issues des calculs sur la période passée 1971-2010, des tendances obtenues à partir du modèle de simulation correspondantes à la période 1971-2100.

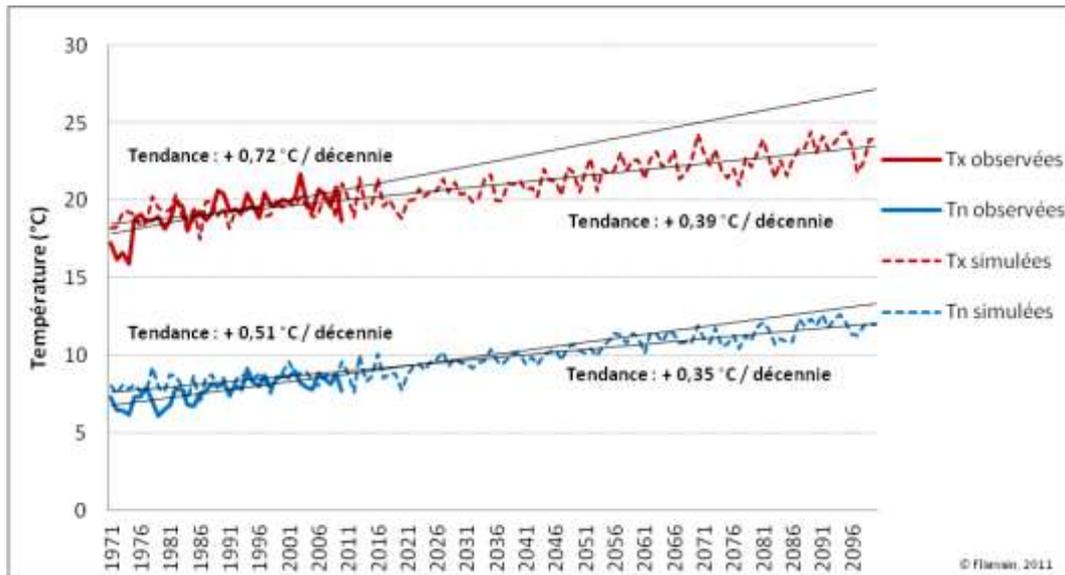


Figure 55 : NYONS, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.

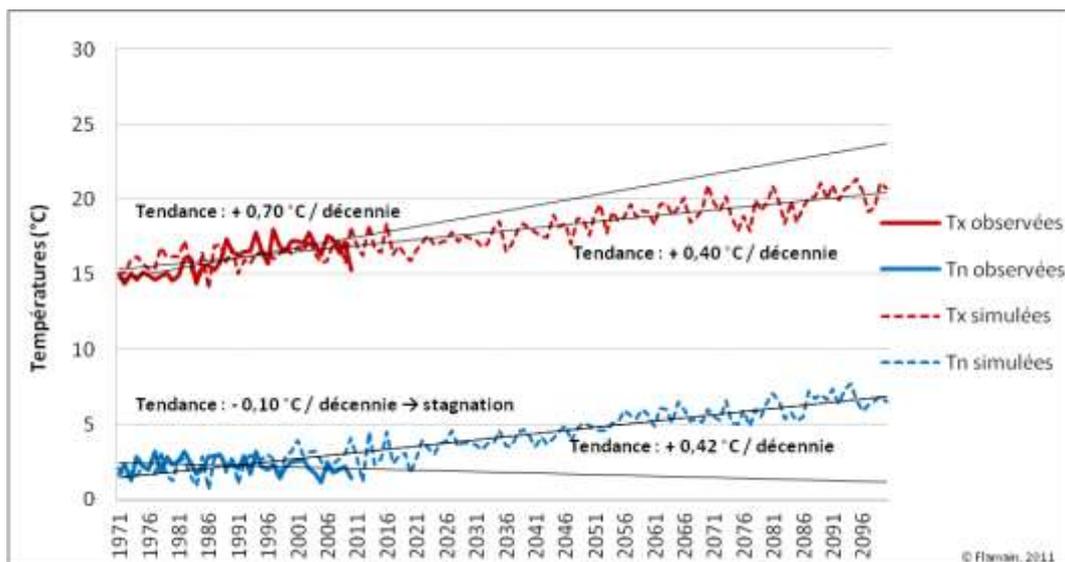


Figure 56 : SEDERON, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.

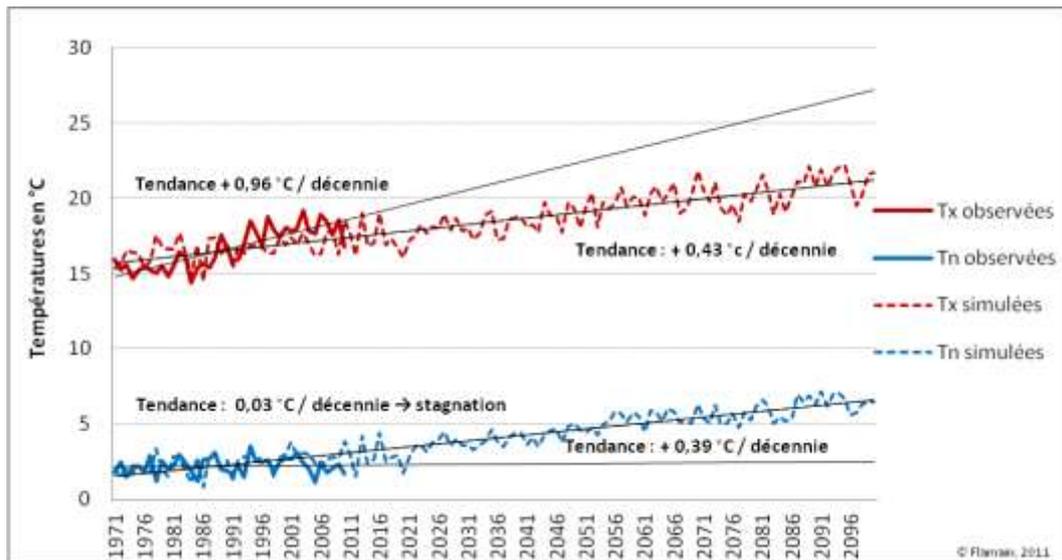


Figure 57 : VALDRÔME, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.

Comparer des tendances établies sur des périodes temporelles inégales et communes seulement pour un temps réduit a peu de sens.

Cependant, pour la partie commune (1971-2010) et pour l'ensemble des stations les tendances des températures maximales observées sont supérieures de 2 fois à celles proposées par le modèle, ce dernier n'étant pas réaliste en début de période et n'intégrant seulement qu'en partie le réchauffement très important qui affecte les Baronnies Provençales. Pour la partie future le modèle présente une tendance qui augmente de 1,5 fois par rapport à la tendance de sa période passée. Si la tendance observée augmente de façon similaire pour le futur, les impacts possibles d'un scénario A1B seront très largement dépassés.

Pour les températures minimales, le modèle n'intègre pas leur stagnation observée pour Séderon et Valdrôme. Les tendances simulées sont donc très supérieures à celles observées et double pour celle de Nyons. De la même façon que pour les maximales, les tendances simulées des minimales du futur sont 1,5 fois supérieures à la tendance correspondante passée. De quelle façon seront affectées les Tn de chacune des stations en sachant que Séderon et Valdrôme présentent la particularité d'avoir des Tn stationnaires pour la période passée ?

Il convient d'appréhender les résultats donnés par le modèle en gardant à l'esprit qu'il ne fournit pas des prévisions à un moment donné mais renseigne sur la tendance moyenne du phénomène climatique engagé et donne une variabilité ou amplitude interannuelle relativement réaliste du phénomène simulé.

III.3.b Synthèse des projections et simulations

Les résultats suivants, obtenus à partir d'une part des projections tendanciennes des données observées et d'autre part des tendances simulées sont à prendre à titre indicatif mais ils représentent assez bien la fourchette de ce que pourrait être le réchauffement des Baronnies au cours et à l'horizon de la fin du siècle.

NYONS		Valeurs estimées aux dates :			Hausse ou baisse pour la période :		
Indicateurs	Estimations d'après :	2010	2050	2090	1971-2010	2011-2090	
Tn (°C)	Tendance Simulée	9,0	10,4	11,8	+ 1,4	+ 2,8	/
	Tendance Observée	8,8	10,8	12,8	+ 2,0	+ 4,1	/
Tx (°C)	Tendance Simulée	20,0	21,6	23,1	+ 1,5	+ 3,1	/
	Tendance Observée	20,2	22,6	25,1	+ 2,4	+ 4,8	/
NbjG (Jours)	Tendance Simulée	29	18	8	- 10	- 21	-72 %
	Tendance Observée	27	2	0	- 25	- 27	-100 %
NbjFC (Jours)	Tendance Simulée	47	70	93	+ 23	+ 46	+ 99 %
	Tendance Observée	55	89	124	+ 34	+ 69	+ 127 %
P (mm)	Tendance Simulée	876	820	763	- 55	- 113	-13 %
	Tendance Observée	861	Pas de tendance significative : stagnation				

SEDERON		Valeurs estimées aux dates			Hausse ou baisse pour la période :		
Indicateurs	Estimations d'après :	2010	2050	2090	1971-2010	2011-2090	
Tn (°C)	Tendance Simulée	3,1	4,8	6,4	+ 1,6	+ 3,3	/
	Tendance Observée	2,1	Pas de tendance significative : stagnation				
Tx (°C)	Tendance Simulée	16,8	18,4	20,0	+ 1,5	+ 3,2	/
	Tendance Observée	17,4	20,2	23,0	+ 2,7	+ 5,6	/
NbjG (Jours)	Tendance Simulée	117	96	75	- 20	- 42	- 36 %
	Tendance Observée	132	Pas de tendance significative : stagnation				
NbjFC (Jours)	Tendance Simulée	21	42	62	+ 20	+ 41	+ 199 %
	Tendance Observée	22	43	63	+ 20	+ 42	+ 191 %
P (mm)	Tendance Simulée	962	924	887	- 36	- 75	- 8 %
	Tendance Observée	1027	Pas de tendance significative : stagnation				

VALDROME		Valeurs estimées aux dates :			Hausse ou baisse pour la période :		
Indicateurs	Estimations d'après :	2010	2050	2090	1971-2010	2011-2090	
Tn (°C)	Tendance Simulée	3,1	4,6	6,2	+ 1,5	+ 3,1	/
	Tendance Observée	2,3	Pas de tendance significative : stagnation				
Tx (°C)	Tendance Simulée	17,4	19,1	20,8	+ 1,7	+ 3,4	/
	Tendance Observée	18,5	22,4	26,2	+ 3,7	+ 7,7	/
NbjG (Jours)	Tendance Simulée	117	97	76	- 20	- 41	- 35 %
	Tendance Observée	128	Pas de tendance significative : stagnation				
NbjFC (Jours)	Tendance Simulée	31	52	72	+ 20	+ 41	+ 131 %
	Tendance Observée	40	74	108	+ 33	+ 68	+ 168 %
P (mm)	Tendance Simulée	988	921	855	- 65	- 134	- 14 %
	Tendance Observée	1050	Pas de tendance significative : stagnation				

LARAGNE		Valeurs estimées aux dates :			Hausse ou baisse pour la période :		
Indicateurs	Estimations d'après :	2010	2050	2090	1971-2010	2011-2090	
Tn (°C)	Tendance Simulée	5,5	7,0	8,5	+ 1,5	+ 3,0	/
	Tendance Observée	Pas de tendance calculée pour cause de série chronologique incomplète					
Tx (°C)	Tendance Simulée	18,5	20,2	21,9	+ 1,6	+ 3,4	/
	Tendance Observée	Pas de tendance calculée pour cause de série chronologique incomplète					
NbjG (Jours)	Tendance Simulée	85	67	49	- 18	- 36	- 43 %
	Tendance Observée	Pas de tendance calculée pour cause de série chronologique incomplète					
NbjFC (Jours)	Tendance Simulée	43	66	89	+ 23	+ 46	+ 108 %
	Tendance Observée	Pas de tendance calculée pour cause de série chronologique incomplète					
P (mm)	Tendance Simulée	754	724	693	- 29	- 60	- 8 %
	Tendance Observée	Pas de tendance calculée pour cause de série chronologique incomplète					

Tableau 5 : Synthèses des projections et des simulations pour NYONS, SEDERON, VALDROME et des simulations pour LARAGNE.

Conclusion

Sur les 40 dernières années les Baronnies Provençales ont connu un réel changement de climat à compter de 1988 pour les températures et 1992 pour les précipitations.

Les stations sur lesquelles repose l'étude présentent entre elles des contrastes climatiques marqués. Ainsi on peut les classer à la fois de la plus chaude à la plus fraîche et de la plus sèche à la plus humide dans l'ordre suivant : Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon. En termes de réchauffement, les stations de Buis-les-Baronnies et Nyons sont les plus affectées alors que la station de Rémuzat est celle qui subit le moins les effets du phénomène.

Les températures moyennes ont augmenté significativement pour l'ensemble des stations étudiées. Ce sont les températures maximales qui ont le plus profité de la hausse et de façon moins marquée les températures minimales, à l'exception des minimales des stations de Rémuzat, Séderon et Valdrôme qui sont restées stationnaires. L'augmentation des températures annuelles, pouvant atteindre 0,69 °C pour les minimales et 0,98 °C par décennie pour les maximales, indique que la zone de moyenne montagne des Préalpes que forment les Baronnies est fortement touchée par le changement climatique. Ce réchauffement affecte principalement les mois d'avril à août et notamment les mois de mai et juin. L'augmentation du nombre de jours de forte chaleur, l'étalement de la période de forte chaleur et la réduction du nombre de jour de gel et de la période gélive (à l'exception des 3 stations précitées) confirment la tendance au réchauffement.

L'analyse des précipitations ne montre aucune évolution significative enregistrée au pas de temps annuel. Il faut détailler les précipitations à l'échelle saisonnière pour montrer une très forte hausse des pluies d'automne, notamment pour les mois de septembre. En opposition, une baisse des précipitations est notée pour la fin de l'hiver et le début du printemps, notamment pour le mois de mars.

Le scénario A1B sur lequel se sont appuyées les simulations apparaît très optimiste au niveau des émissions de gaz à effet de serre et sous évalue alors les valeurs du réchauffement attendus d'ici la fin du siècle. Au regard de la durée de vie des gaz à effet de serre dans l'atmosphère et si aucune politique correctrice et d'atténuation des émissions de ces gaz est engagée au niveau de la planète, un réchauffement moyen compris entre +3 et +6 °C est fort probable, ainsi qu'une baisse des précipitations de l'ordre de 15 à 25%, d'ici 2100.

Les impacts avérés ou potentiels de ce changement climatique peuvent se traduire dans les faits par une aridification des milieux, une diminution du confort hydrique pour les plantes, une modification de la biodiversité et des aires de répartition des espèces, un dépérissement forestier, des feux de forêt accrus, une modification qualitative et quantitative des productions agricoles, ou encore une diminution de la recharge des nappes, une dégradation de la qualité des eaux, des crues torrentielles en augmentation, etc. La gravité de ces impacts nécessite dès maintenant de dégager et de développer des voies d'adaptations.

Bibliographie

Journal, revue, ouvrage :

Abderrahmane Y., Boulet G., Vescovi L., 2006, Homogénéisation des séries de températures du Québec méridional et analyse de l'évolution du climat à l'aide d'indicateurs, Projet-MENV-7, rapport N°4, consortium Ouranos.

Auer, I., Böhm, R., Jurkovic, A., Lipa, W., Orlik, A., Potzmann, R., Schöner, W., Ungersböck, M., Matulla, C., Briffa, K., Jones, P. D., Efthymiadis, D., Brunetti, M., Nanni, T., Maugeri, M., Mercalli, L., Mestre, O., Moisselin, J.-M., Begert, M., Müller-Westermeier, G., Kveton, V., Bochnicek, O., Stastny, P., Lapin, M., Szalai, S., Szentimrey, T., Cegnar, T., Dolinar, M., Gajic-Capka, M., Zaninovic, K., Majstorovic, Z. and Nieplova E. (2007) HISTALP – Historical instrumental climatological surface time series of the greater Alpine region 1760-2003. *Int. J. Climatol.*, N° 27, p. 17-46.

Bates, B. C., Kundzewicz, Z. W., Wu, S. et Palutikof, J. P. (Eds) (2008) Le changement climatique et l'eau. Document technique VI publié par le Groupe d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat, Secrétariat du GIEC, Genève, 236 p.

Bellia S., Douguedroit A., Bernard Seguin B., 2008, Impacts du réchauffement sur les étapes phénologiques du grenache et de la syrah dans les côtes-du-rhône méridionales et les cotes de Provence (1976-2000), Journées de climatologie – Nantes-France, 13-14 mars 2008 - climat et société : climat et végétation.

Berthelot M., Génin A., Gourdon D., 2004, Variabilité interannuelle des précipitations dans les alpes du sud pour la période (1951\ 2000) : analyses statistiques des séries.

Bertrand, F., 2010, Adaptation au changement climatique et trames vertes urbaines : perspectives pour l'aménagement et l'urbanisme - Perspective des sciences sociales et humaines sur la problématique des trames vertes urbaines. *Journée Adaptation aux Changements Climatiques et Trames Vertes : Quels enjeux pour la ville ?* Paris

Besancenot J.P., 2004, La mortalité selon le contexte thermique : Réalité présente et scénarios pour le 21e siècle : le cas de la France.

Bigot S. et Rome S., 2010, Contraintes climatiques dans les Préalpes françaises : évolution récente et conséquences potentielles futures, *EchoGéo* [En ligne], numéro 14 | 2010, mis en ligne le 16 décembre 2010. URL : <http://echogeo.revues.org/12160>

Bonnefoy C., Quénot H., Planchon O., Barbeau G., Températures et indices bioclimatiques dans le vignoble du Val de Loire dans un contexte de changement climatique, *EchoGéo* [En ligne], numéro 14 2010, mis en ligne le 13 décembre 2010. URL : <http://echogeo.revues.org/12146>

Bonnefoy C., Quénot H., Barbeau G., Madelin M., Analyse climatique à l'échelle des coteaux du Layon, VIII^e Congrès International des Terroirs Viticoles, Soave-Italie, 14-18 juin 2010.

Briche E., Beltrando B., Kergomard C., Quénot H., Utilisation des sorties du modèle numérique ARPEGE-Climat pour la simulation d'un indice bioclimatique jusqu'à la fin du XXIème siècle dans le vignoble de Champagne, Neuvièmes Rencontres de Théo Quant, Besançon-France, 4-6 mars 2009, <http://thema.univ-fcomte.fr/>

Bricout P., 2008, *Le réchauffement climatique : étude critique du scepticisme*, Mémoire de Master 60 de l'université Catholique de Louvain.

Franck Lespinas F., 2008, *Impact du changement climatique sur l'hydrologie des fleuves côtiers en région Languedoc-Roussillon*, thèse de doctorat de l'université de Perpignan.

GIEC, 2007, Résumé à l'intention des décideurs. In : Changements climatiques 2007 : Les éléments scientifiques. Contribution du Groupe de travail I au quatrième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. [Solomon S., A. Quin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK et New York, NY, USA.

Giorgetti J-P., Rome S., Contraintes climatiques de la montagne Corse (partie 1), *Stantari* N°6, août-octobre 2006, p.53-57.

Giorgetti J-P., Rome S., Contraintes climatiques de la montagne Corse (partie 2), *Stantari* N°7, novembre 2006-janvier 2007, p.55-58.

Joly D., Brossard T., Cardot H., Cavailhes J., Hilal M. Wavresky P., Les types de climats en France, une construction spatiale, *Cybergeo : European Journal of Geography* [En ligne], Cartographie, Imagerie, SIG, document 501, mis en ligne le 18 juin 2010.
URL: <http://cybergeo.revues.org/index23155.html>

Leroy E., 2011, *Bilan des variations climatiques récentes (1950-2009) dans le département de la Drôme*, Mémoire de Master 2 R STDDAD, Université Joseph Fourier, 2011.

M'Biandoun M., Guibert H., Olina J.P., 2002, Caractérisation du climat dans quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne au Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture.

Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C. (éditeurs scientifiques), 2003. Savanes africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de nouveaux défis. Actes du colloque, mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasad, N'Djamena, Tchad - Cirad, Montpellier, France.

Météo-France Centre-Est, 2011, Etude du changement climatique pour le SRCAE Rhône-Alpes.

Moisselin J-M., Schneider M., Canellas C., Mestre O., 2002, les changements climatiques en France au XXe siècle, Étude des longues séries de données homogénéisées françaises de précipitations et températures. *La Météorologie*, 8e série, 38, p.45-56.

ONERC, 2008, Rapport Technique N°1, Changement climatiques dans les Alpes : Impacts et risques naturels.

ONERC, 2006, Stratégie nationale d'adaptation aux changements climatiques. Paris : *La documentation Française*.

ONERC, 2007, Stratégie nationale d'adaptation au changement climatique. Paris : *La documentation française*.

Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. et Hanson, C. E., Ed., 2007. Rapport du Groupe de travail II au 4ème Rapport du GIEC sur le changement climatique - Conséquences, adaptation et vulnérabilité. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 976 p

Rome S., Bigot S., Dubus N. et Pochelon I., 2010, Variabilité pluri-décennale du climat de la Drôme : Présentation du projet GICC 2-ECCLAIRA-DECLIC (2010-2012), *Publications de l'Association Internationale de Climatologie*, 23, Rennes-France, 1-4 septembre.

Rome S. Bigot S ; et Louis S, (2012 soumis à *Téledétection*).

Seguin B., 2010, Le changement climatique : conséquences pour l'agriculture et la forêt, *Rayonnement du CNRS* n° 54, juin 2010, page 36-47.

Site internet, téléchargements :

Aide XLSTAT, fourni avec le logiciel, 2011. URL: <http://www.xlstat.com/fr/support/tutorials/>

Météo-France : <http://publitheque.meteo.fr/okapi/accueil/okapiWebPubli/index.jsp>

ONERC Web site: www.onerc.gouv.fr

Plaquette ECCLAIRA, 2010, http://www.ddrhonealpesraee.org/dump/PlaquetteECCLAIR_63.pdf

The Copenhagen Diagnosis, 2009 <http://www.copenhagendiagnosis.org/>

Acronymes, sigles et abréviations

AT : Amplitude Thermique

DECLIC : Drôme : Eau, Climat et Impacts liés aux Changements

ECCLAIRA : Evaluation du Changement Climatique, ses Adaptations et Impacts en Rhône-Alpes

GES : Gaz à Effet de Serre

GICC : Gestion et Impacts du Changement Climatique

GIEC : Groupement d'experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat

JppA : Jour le plus pluvieux de l'Année

mTn : minimum mensuel des Températures minimales

MTx : maximum mensuel des Températures maximales

NbJFC : Nombre de Jours de Forte Chaleur ou $T \geq 30^{\circ}\text{C}$

NbJG : Nombre de Jours de Gel

NbJP : Nombre de Jour de Pluie, $P \geq 1\text{mm}$

ONERC : Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique

P : cumul des hauteurs de Précipitations

Pnr : Parc naturel régional

SMBP : Syndicat Mixte des Baronnie Provençales

SppA : Semaine la plus pluvieuse de l'Année

Tmoy : Température moyenne

Tn : Température minimale

Tx : Température maximale

Table des figures

Figure 1 : Localisation du projet de Parc naturel régional des Baronnies Provençales (source : projet de parc des Baronnies, SMBP).	9
Figure 2 : Aspects du relief des Baronnies Provençales (source : projet de parc des Baronnies, SMBP).....	11
Figure 3 : Variations interannuelles des écarts à la moyenne (sur la période 1971-2010) de Séderon pour la température maximale (Tx) annuelle moyenne.	20
Figure 4: Variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	22
Figure 5: BUIS Tn, variations interannuelles des températures minimales saisonnières moyennes (1971-2010).	23
Figure 6 : SEDERON Tn, variations interannuelles des températures minimales saisonnières moyennes (1971-2010).	23
Figure 7 : BUIS Tx, variations interannuelles des températures maximales saisonnières moyennes (1971-2010).	23
Figure 8 : SEDERON Tx, variations interannuelles des températures maximales saisonnières moyennes (1971-2010).	23
Figure 9 : Tn, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température minimale mensuelle moyenne.	24
Figure 10 : mTn, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le mini mensuel des températures minimales.	25
Figure 11 : Tx, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température maximale mensuelle moyenne.	25
Figure 12 : MTx, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le maxi mensuel des températures maximales.	25
Figure 13 : Tmoy, écarts à la moyenne (1971-2010) pour la température mensuelle moyenne.	26
Figure 14 : Variations interannuelles du nombre de jours de gel (NbJG) annuel moyen pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	27
Figure 15 : Variations interannuelles du nombre de jours de forte chaleur annuel moyen, (NbJFC, $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ sur la période de mai à septembre) pour les stations de Buis, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	27
Figure 16 : NbJG, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de gel mensuel moyen.	28
Figure 17 : NbJFC, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de forte chaleur mensuel moyen, $T \geq 30^{\circ}\text{C}$	28
Figure 18 : Comparaison des tendances des températures annuelles minimales (Tn) et maximales (Tx) en $^{\circ}\text{C}$ par décennie sur la période 1971-2010.	30
Figure 19 : Tn, comparaison des tendances des températures minimales saisonnières en $^{\circ}\text{C}$ par décennie sur la période 1971-2010.	31
Figure 20 : Tx, comparaison des tendances des températures maximales saisonnières en $^{\circ}\text{C}$ par décennie sur la période 1971-2010.	31

Figure 21 : Tn, comparaison des tendances des températures minimales mensuelles en °C par décennie sur la période 1971-2010.	32
Figure 22 : Tx, comparaison des tendances des températures maximales mensuelles en °C par décennie sur la période 1971-2010.	33
Figure 23 : NbJG et NbJFC, comparaison des tendances du nombre de jours de gel et du nombre de jours de forte chaleur T°C ≥ 30 en °C par décennie sur la période 1971-2010.....	34
Figure 24 : P, variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes.	37
Figure 25 : P, variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes lissées.	38
Figure 26 : NjP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie annuel moyen.	38
Figure 27 : NjP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie annuel moyen lissé.	39
Figure 28 : P, variations interannuelles du cumul des précipitations saisonnières lissé pour Buis.	40
Figure 29 : NbJP, variations interannuelles du nombre de jours de pluie saisonnier lissé pour Buis.	40
Figure 30 : P, écarts à la moyenne (1971-2010) pour précipitations mensuelles moyennes.	41
Figure 31 : NbJP, écarts à la moyenne (1971-2010) pour le nombre de jours de pluie mensuel moyen.	41
Figure 32 : pluviométrie annuelle moyenne 1971-2010.....	42
Figure 33 : pluviométrie saisonnière moyenne 1971-2010.	42
Figure 34 : Tendances des précipitations mensuelles moyennes (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	43
Figure 35 : NbJP, tendances du nombre de jours de pluie mensuel moyen (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	43
Figure 36 : Distribution des précipitations et du nombre de jours de pluie mensuels moyens (1971-2010) pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	47
Figure 37 : Répartition saisonnière (en %) du jour et de la semaine la plus pluvieuse de l'année sur la période 1978-2010.	48
Figure 38 : Contribution du cumul des précipitations (P) du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse de l'année en cas de concordance temporelle de ces deux événements pour Nyons. Les années sans information sont celles qui ne présentent pas la même temporalité pour les 2 événements extrêmes.	49
Figure 39 : Contribution du cumul des précipitations (P) du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse de l'année en cas de concordance temporelle de ces deux événements pour Séderon. Les années sans information sont celles qui ne présentent pas la même temporalité pour les 2 événements extrêmes.	49
Figure 40 : NbJG et NbJFC, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des jours de gel et de forte chaleur avant (1971-1987) et après (1988-2010) la rupture climatique pour les stations de Buis-les-Baronnies, Nyons, Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	51
Figure 41 : Diagramme ombrothermique diachronique de Buis-les-Baronnies et Nyons.	52
Figure 42: Diagramme ombrothermique diachronique de Rémuzat, Valdrôme et Séderon.....	53

Figure 43 : P et NbjP, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des précipitations et du nombre de jours de pluie avant (1971-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique pour Buis-les-Baronnies et Nyons.	54
Figure 44 : P et NbjP, comparaison de la distribution mensuelle moyenne des précipitations et du nombre de jours de pluie avant (1971-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique pour Rémuzat, Valdrôme et Séderon.	55
Figure 45 : Comparaison de la répartition saisonnière (en %) du jour annuel le plus pluvieux avant (1978-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique.	57
Figure 46 : Comparaison de la répartition saisonnière (en %) de la semaine annuelle la plus pluvieuse avant (1978-1991) et après (1992-2010) la rupture climatique.	57
Figure 47 : Scénarios d'émissions de GES pour la période 2000–2100 (en l'absence de politiques climatiques additionnelles) et projections relatives aux températures en surface. © Giec2007	60
Figure 48 : Simulation des variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles pour les stations de Nyons, Larnage, Valdrôme et Séderon.	61
Figure 49 : Tn et Tx mensuelles simulées pour NYONS.	62
Figure 50 : Tn et Tx mensuelles simulées pour SEDERON.	62
Figure 51 : Tn et Tx mensuelles simulées pour VALDROME.	62
Figure 52 : Comparaison des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) mensuelles moyennes pour la station de LARAGNE entre les périodes 1980, 2000, 2050 et 2090 simulées.	63
Figure 53 : Variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes simulées	64
Figure 54 : Variations interannuelles des précipitations annuelles moyennes simulées et lissées par une moyenne mobile sur 5 ans.	64
Figure 55 : NYONS, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.	65
Figure 56 : SEDERON, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.	65
Figure 57 : VALDROME, variations interannuelles des températures minimales (Tn) et maximales (Tx) annuelles observées (1971-2010) et simulées (1971-2100) par le modèle ARPEGE-Climat.	66

Table des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques, sur la période 1971-2010, des stations météorologiques retenues pour l'étude	13
Tableau 2 : Liste des paramètres ou indicateurs climatiques utilisés	13
Tableau 3 : Codification de couleur pour le niveau de signification des différentes tendances	17
Tableau 4 : Tests de rupture de tendance sur la période 1971-2010 pour les paramètres mensuels.....	18
Tableau 5 : Synthèses des projections et des simulations pour NYONS, SEDERON, VALDROME et des simulations pour LARAGNE.....	68

Table des photographies

Photo 1 : Paysage de climat méso méditerranéen, moyenne vallée de l'Eygues (Sahune), en arrière plan la montagne d'Angèle 1606 m, juillet 2011.....	21
Photo 2 : Un aspect du climat montagnard « Neige hivernale, vieille ville de Serres », Pauline Daniel, janvier 2010.	36
Photo 3 : Crue de Vaison-la-Romaine le 22 septembre 1992.....	45
Photo 4 : Feu de forêt à Eygaliers le 26 juin 2003, photo Alain Bosmans, (source : www.tamtamdesbaronnies.com).....	45
Photo 5 : Un paysage de climat méso-méditerranéen	59
Photo 6 : Un paysage de climat thermo-méditerranéen.....	59
Photo 7 : Un paysage de climat méditerranéen semi aride (photo Evelyne. Gauché).....	59

Table des annexes

Annexe 1 : Localisation des stations retenues pour l'étude (source : Flamain, 2011).....	I
Annexe 2 : Etat des changements intervenus sur les stations météorologiques.	II
Annexe 3 : Synthèse des indicateurs climatiques utilisés pour l'étude.	III
Annexe 4 : Dates de rupture pour les Tmoy et Précipitations quotidiennes.....	IV
Annexe 5 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données quotidiennes.	V
Annexe 6 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données mensuelles.....	VI
Annexe 7 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données annuelles.	IX
Annexe 8 : Tendances des températures mensuelles et leur significativité (1971-2010).	XI
Annexe 9 : Tendances des températures saisonnières et annuelles et leur significativité (1971-2010).	XII
Annexe 10 : Tendances des Précipitations et nombre de Jours de pluie mensuelle et leur significativité (1971-2010).	XIII
Annexe 11 : Tendances des Précipitations saisonnières et annuelles et leur significativité (1971-2010).	XIV
Annexe 12 : Synthèse des données climatiques stationnelles saisonnières moyennes.	XV
Annexe 13 : Synthèse des données climatiques stationnelles annuelles moyennes.	XVI
Annexe 14 : Résultats du test de Student pour les moyennes mensuelles du nombre de jours de gel et de forte chaleur avant et après rupture climatique.	XVII
Annexe 15 : Résultats du test de Student pour les moyennes mensuelles des précipitations avant et après rupture climatique.....	XVIII

Table des matières

Remerciements	3
Sommaire	5
Introduction	7
I Contexte	8
I.1 Les différentes échelles du changement climatique	8
I.1.a A l'échelle de la planète	8
I.1.b A l'échelle du bassin méditerranéen	8
I.1.c A l'échelle des Alpes françaises	8
I.1.d A l'échelle des Baronnies	9
I.2 Les enjeux d'un changement du climat	10
I.2.a La nature des enjeux	10
I.2.b La réponse aux enjeux	10
II Données et méthodologies.....	11
II.1 La zone d'étude.....	11
II.1.a La zone	11
II.1.b Les stations météorologiques.....	12
II.2 Les données météorologiques	12
II.2.a Les données Météo-France	12
II.2.b La qualité des données.....	12
II.2.c Les paramètres climatiques.....	13
II.3 L'exploitation des données	14
II.4 Les simulations climatiques : le modèle ARPEGE-Climat.....	14
II.4.a La période des données sources.....	14
II.4.b Le modèle ARPEGE-Climat.....	14
II.4.c Le scénario socio-économique A1B	15
II.4.d La méthode de correction et de régionalisation	15
II.4.e Les incertitudes.....	15
II.5 Les tests statistiques.....	16

II.5.a	Détection de rupture	16
II.5.b	Détection de tendance.....	16
II.5.c	Comparaison de moyennes	17
III	Résultats et discussions	18
III.1	Pour la période passée.....	18
III.1.a	Les ruptures et les tendances	18
III.1.b	Les températures.....	22
III.1.b.1	Les variations interannuelles	22
III.1.b.1.1	Pour les températures minimales T_n et maximales T_x	22
III.1.b.1.1.1	T_n et T_x annuelles.....	22
III.1.b.1.1.2	T_n et T_x saisonnières	23
III.1.b.1.1.3	T_n , mT_n , T_x , MT_x et T_{moy} mensuels	24
III.1.b.1.2	Pour le nombre de jours de gel N_{BJG} et de forte chaleur N_{BJFC}	27
III.1.b.1.2.1	N_{BJG} et N_{BJFC} annuelles	27
III.1.b.1.2.2	N_{BJG} et N_{BJFC} mensuels	28
III.1.b.2	Les tendances	30
III.1.b.2.1	Pour les températures minimales T_n et maximales T_x	30
III.1.b.2.1.1	Variabilité des tendances des T_n et T_x annuelles.....	30
III.1.b.2.1.2	Variabilité des tendances des T_n et T_x saisonnières	31
III.1.b.2.1.3	Variabilité des tendances des T_n et T_x mensuelles	32
III.1.b.2.2	Pour le nombre de jours de gel N_{BJG} et de forte chaleur N_{BJFC}	34
III.1.c	Les précipitations.....	37
III.1.c.1	Les variations interannuelles	37
III.1.c.1.1	Pour les précipitations P et nombre de jours de pluie N_{BJP}	37
III.1.c.1.1.1	P et le N_{BJP} annuels	37
III.1.c.1.1.2	P et le N_{BJP} saisonniers	40
III.1.c.1.1.3	P et le N_{BJP} mensuels	41
III.1.c.2	Les tendances	43
III.1.c.3	La distribution mensuelle des précipitations et des jours de pluie.....	46

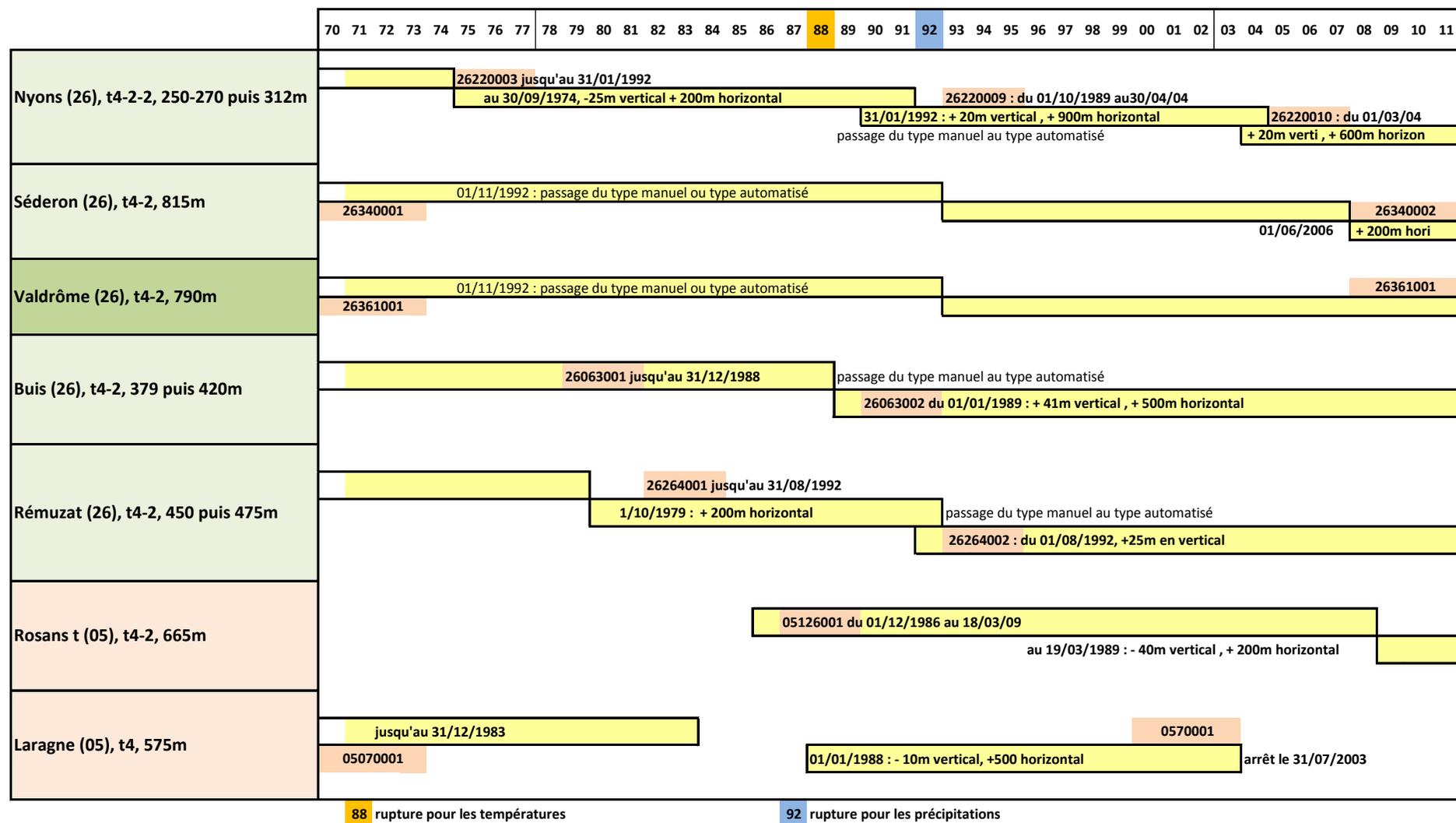
III.1.c.4	Le jour et la semaine la plus pluvieuse de l'année.....	48
III.1.c.4.1	La répartition saisonnière de l'événement extrême	48
III.1.c.4.2	La contribution du jour le plus pluvieux à la semaine la plus pluvieuse	48
III.1.d	La situation avant et après la rupture climatique	50
III.1.d.1	Pour le nombre de jours de gel NbJG et de forte chaleur NbJFC	50
III.1.d.1.1	Nombre de jours de gel NbJG	50
III.1.d.1.2	Nombre de jours de forte chaleur NbJFC	50
III.1.d.2	Pour les températures et précipitations mensuelles moyennes	52
III.1.d.3	Pour la distribution mensuelle des précipitations et des jours de pluie	54
III.1.d.4	Pour le jour et la semaine la plus pluvieuse de l'année	57
III.1.d.4.1	Le jour le plus pluvieux de l'année JppA	57
III.1.d.4.2	La semaine la plus pluvieuse de l'année SppA	57
III.2	Pour la période future.....	60
III.2.a	Les températures simulées	61
III.2.a.1	Les variations interannuelles des Tn et Tx annuelles	61
III.2.a.2	Tn et Tx mensuelles pour 2010, 2050 et 2090.....	62
III.2.b	Les précipitations simulées.....	64
III.3	Tendances climatiques et simulations climatiques des températures.....	65
III.3.a	Tendances observées et tendances simulées	65
III.3.b	Synthèse des projections et simulations.....	67
Conclusion.....		69
Bibliographie.....		71
Acronymes, sigles et abréviations		74
Table des figures		75
Table des tableaux		78
Table des photographies.....		78
Table des annexes.....		79
Table des matières		80
Annexes.....		83

Annexes

Annexe 1 : Localisation des stations retenues pour l'étude (source : Flamain, 2011).



Annexe 2 : Etat des changements intervenus sur les stations météorologiques.



Annexe 3 : Synthèse des indicateurs climatiques utilisés pour l'étude.

Indicateurs	Abréviations	Unités
la température minimale (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tn	°C
la température maximale (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tx	°C
la température moyenne (annuelle, saisonnière, mensuelle)	Tmoy	°C
le minimum mensuel des températures minimales	mTn	°C
le maximum mensuel des températures maximales	MTx	°C
l'amplitude thermique (annuelle, mensuelle)	AT	°C
le nombre de jours de gel (annuel, mensuel)	NbJG	jour
le nombre de jours de forte chaleur ou $T \geq 30^{\circ}\text{C}$ (annuel, mensuel)	NbJFC	jour
le cumul des hauteurs de précipitations en mm (annuel, saisonnier, mensuel)	P	mm
le nombre de jour de pluie, $P \geq 1\text{ mm}$ (annuel, saisonnier, mensuel)	NbJP	jour
le jour le plus pluvieux de l'année	JppA	
la semaine la plus pluvieuse de l'année	SppA	

Annexe 5 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données quotidiennes.

Données quotidiennes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall															
			Tn							Tx								
	Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à	
1978 à 2002	Nyons (2)	01/12/1990	30-avr.-89	0,01%	↗	30-avr.-89	0,01%	↗	oui	0,01%	29-avr.-86	0,03%	↗	29-avr.-86	0,01%	↗	oui	2,32%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	20-oct.-88	5,64%	↘	20-oct.-88	5,51%	↘	non	85%	4-mai-88	0,01%	↗	4-mai-88	0,01%	↗	oui	0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	17-avr.-94	0,01%	↗	23-avr.-93	0,01%	↗	oui	0,01%	18-avr.-92	0,01%	↗	4-mai-88	0,01%	↗	oui	0,01%

Données quotidiennes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall															
			Tmoy							P : hauteur de précipitations (RR)								
	Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à	
1978 à 2002	Nyons (1)	01/10/1989	16-avr.-87	0,01%	↗	22-mai-87	0,01%	↗	oui	0,01%	18-mai-92	0,01%	↗	29-juil.-91	0,01%	↗	oui	0,01%
		01/12/1990	16-avr.-87	0,01%	↗	22-mai-87	0,01%	↗	oui	0,01%	18-mai-92	0,01%	↗	29-juil.-91	0,01%	↗	oui	0,01%
		01/02/1992	16-avr.-87	0,01%	↗	22-mai-87	0,01%	↗	oui	0,01%	18-mai-92	0,01%	↗	27-avr.-91	0,01%	↗	oui	0,01%
	Nyons (2)	01/12/1990	16-avr.-87	0,01%	↗	22-mai-87	0,01%	↗	oui	0,01%	18-mai-92	0,01%	↗	29-juil.-91	0,01%	↗	oui	0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	28-avr.-86	0,01%	↗	17-avr.-87	0,01%	↗	oui	0,01%	15-mai-92	0,01%	↗	31-mars-93	1,09%	↗	non	7,51%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	18-avr.-93	0,01%	↗	18-avr.-93	0,01%	↗	oui	0,01%	31-mars-93	0,01%	↗	24-sept.-91	1,00%	↗	oui	0,01%

(1) reconstitution de la série principale à partir de la jonction en début, mi et fin de chevauchement des 2 sous séries 03 et 09 et sans moyenner le chevauchement, ce qui donne donc 3 séries possibles et 3 dates de changement du poste de mesure

Annexe 6 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données mensuelles.

D o n n é e s m e n s u e l l e s	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				Tn							Tx							
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendall bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendall bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	avr.-87	3,10%	↗	avr.-87	3,54%	↗	oui	1,25-0,01%	avr.-86	4,79%	↗	avr.-86	5,08%	↗	oui	0,71-0,01%
	Buis	01/01/1989	mai-87	0,09%	↗	mai-87	0,06%	↗	oui	0,12-0,06%	avr.-88	0,36%	↗	avr.-88	0,38%	↗	oui	0,05-0,01%
	Rémuzat	01/08/1992	mars-86	99%		mars-86	99%		oui	59-2,24%	avr.-88	27%		avr.-88	24%		oui	8,63-0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	oct.-95	99%		oct.-01	99%		non	80-21%	avr.-88	2,16%	↗	avr.-88	1,62%	↗	oui	1,06-0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	mars-86	99%		mars-86	99%		non	73-38%	avr.-88	0,51%	↗	avr.-93	0,42%	↗	oui	0,11-0,01%

D o n n é e s m e n s u e l l e s	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				Tmoy							Moy ampli. Thermique							
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendall bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendall bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	avr.-86	3,42%	↗	avr.-86	3,90%	↗	oui	0,71-0,01%	avr.-78	0,14%	↗	avr.-78	0,06%	↗	oui	1,48-0,01%
	Buis	01/01/1989	avril-87	0,19%	↗	avril-88	0,24%	↗	oui	0,05-0,01%	janv.-97	1,35%	↗	janv.-97	1,17%	↗	oui	0,15-0,01%
	Rémuzat	01/08/1992	avr.-86	65%		avr.-86	65%		oui	23-0,01%	mai-88	0,01%	↗	mai-88	0,01%	↗	oui	0,01-0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	avril-86	40%		avril-86	40%		oui	16,5-0,01%	juin-88	0,01%	↗	juin-88	0,01%	↗	oui	0,01-0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	avril-93	9,91%	↗	avril-93	9,75%	↗	oui	3,15-0,01%	juin-88	0,01%	↗	juin-88	0,01%	↗	oui	0,01-0,01%

(2) reconstitution de la série principale à partir de la jonction des 2 sous séries à la moitié (01/12/90) du chevauchement et en ayant au préalable moyenné ce dernier.

Suite annexe 6 :

Données mensuelles	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				P						nbre jours de pluie (P ≥ 1 mm)								
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral - saisonnier, risque erreur ≤ à	
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	avr.-92	26%		avr.-92	13,9%		non	53-91%	avr.-92	2,98%	↗	avr.-92	1,93%	↗	non	23-14%
	Buis	01/01/1989	mars-08	67%		août-91	82%		non	77-59%	mai-01	29%		mai-01	27%		non	31-22%
	Rémuzat	01/08/1992	mai-78	57%		déc.-02	67%		non	40-25%	avr.-88	27%		avr.-88	24%		non	70-63%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	mai-78	20%		mai-78	74%		non	92-53%	mars-93	69%		avr.-92	59%		non	93-93%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	août-91	76%		août-91	54%		non	56-89%	mars-93	23,6%		févr.-92	17,2%		non	33-25%

Données mensuelles	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				nbre jours gel						nbre jours Tx ≥ 30 °C								
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à	
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	mars-89	1,31%	↘	mars-87	0,64%	↘	oui	0,65%	avr.-97	14,60%	↗	juin-85	4,12%	↗	oui	1,62%
	Buis	01/01/1989	avril-87	2,72%	↘	mars-87	1,20%	↘	oui	2,48%	mai-82	6,13%	↗	juin-85	0,40%	↗	oui	0,64%
	Rémuzat	01/08/1992	mars-86	93%		mars-96	95%		non	42%	mai-78	57%		juin-85	15%		non	12,8%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	oct.-01	99%		avr.-76	99%		non	91%	mai-86	0,58%	↗	juin-91	0,03%	↗	oui	0,09%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	avr.-76	92%		mars-81	91%		non	61%	mai-94	0,84%		juin-91	0,06%		oui	0,16%

(2) reconstitution de la série principale à partir de la jonction des 2 sous séries à la moitié (01/12/90) du chevauchement et en ayant au préalable moyenné ce dernier.

Suite annexe 6 :

D o n n é e s m e n s u e l l e s	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendence de la série : test de Mann-Kendall														
		Noms	Dates de changement	minTn						maxTx								
				Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Saisonnalité Mann-Kendal risque erreur ≤ à	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Saisonnalité Mann-Kendal risque erreur ≤ à	
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	avr.-89	0,62%	↗	avr.-89	0,29%	↗	oui	0,66-0,01%	avr.-86	21%	↗	avr.-86	22%	↗	oui	1,92-0,01%
	Buis	01/01/1989	avril-87	0,70%	↗	mai-87	0,41%	↗	oui	0,74-0,01%	avril-86	1,03%	↗	avril-86	0,92%	↗	oui	0,08-0,01%
	Rémuzat	01/08/1992	sept.-03	94%		sept.-03	95%		non	66-18%	avr.-88	27%		avr.-88	24%		oui	2,31-0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	sept.-03	98%		sept.-03	96%		non	96-82%	avr.-89	2,71%	↗	avr.-89	2,63%	↗	oui	0,62-0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	sept.-03	75%		sept.-03	54%		non	39-0,92%	mars-92	0,38%	↗	mars-92	0,23%	↗	oui	0,09-0,01%

(2) reconstitution de la série principale à partir de la jonction des 2 sous séries à la moitié (01/12/90) du chevauchement et en ayant au préalable moyenné ce dernier.

Annexe 7 : Tests de Pettitt et de Buishand - Test de Mann-Kendall pour les données annuelles.

D o n n é e s a n n u e l l e s	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				Tn						Tx								
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	1987	0,01%	↗	1987	0,01%	↗	oui	0,01%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Buis	01/01/1989	1988	0,09%	↗	1988	0,06%	↗	oui	0,01%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Rémuzat	01/08/1992	1974	60%		1974	43%		oui	41%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	2002	24%		1994	18%		non	23%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	2003	67%		1993	76%		non	73%	1992	0,01%	↗	1992	0,01%	↗	oui	0,01%

D o n n é e s a n n u e l l e s	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
				Tmoy						Moy ampli. Thermique								
		Noms	Dates de changement	Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	1987	0,01%	↗	1987	0,01%	↗	oui	0,01%	1977	9,68%	↗	1977	0,85%	↗	non	33,60%
	Buis	01/01/1989	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%	1996	0,16%	↗	1996	0,11%	↗	oui	0,12%
	Rémuzat	01/08/1992	1987	0,04%	↗	1987	0,07%	↗	oui	0,02%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	1987	0,01%	↗	1987	0,01%	↗	non	0,01%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	1993	0,01%	↗	1993	0,01%	↗	non	0,01%	1988	0,01%	↗	1988	0,01%	↗	oui	0,01%

(2) reconstitution de la série principale à partir de la jonction des 2 sous séries à la moitié (01/12/90) du chevauchement et en ayant au préalable moyenné ce dernier.

Suite annexe 7 :

Données annuelles	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
		Noms	Dates de changement	P						nbre jours de pluie (P ≥ 1 mm)								
				Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	1991	41%		1991	30%		non	67%	1991	5,92%	↗	1991	9,45%		non	9,53%
	Buis	01/01/1989	2002	77%		2002	72%		non	97%	2002	62%		2002	42%		non	55%
	Rémuzat	01/08/1992	2002	45%		2002	45%		non	65%	1991	49%		1991	62%		non	38%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	1979	83%		1979	85%		non	95%	1991	87%		1991	62%		non	87%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	1991	59%		1991	59%		non	40%	1991	22%		1991	24%		non	11,83%

Données annuelles	Périodes	Stations		Dates de rupture : test de Pettitt et test de Buishand - Tendance de la série : test de Mann-Kendall														
		Noms	Dates de changement	nbre jours gel						nbre jours Tx ≥ 30 °C								
				Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à		Pettitt	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Buishand	significativité du test ou risque erreur ≤ à	↗ ↘	Mann-Kendal bilatéral, risque erreur ≤ à
1971 à 2010	Nyons (2)	01/12/1990	1991	0,06%	↘	1987	0,13%	↘	oui	0,20%	1984	0,04%	↗	1991	0,03%	↗	oui	0,01%
	Buis	01/01/1989	1998	0,01%	↘	1987	0,01%	↘	oui	1,14%	1984	0,01%	↗	2002	0,01%	↗	oui	0,01%
	Rémuzat	01/08/1992	1993	47%		1993	40%		non	37%	1981	0,21%	↗	1991	0,81%	↗	oui	0,33%
	Séderon	01/11/1992 (t4-2)	2002	13,55%		2002	40%		non	27%	1990	0,01%	↗	1990	0,01%	↗	oui	0,01%
	Valdrome	01/11/1992 (t4-2)	1980	28%		1976	14%		non	44%	1990	0,01%	↗	1991	0,01%	↗	oui	0,01%

(2) reconstitution de la série principale à partir de la jonction des 2 sous séries à la moitié (01/12/90) du chevauchement et en ayant au préalable moyenné ce dernier.

Annexe 8 : Tendances des températures mensuelles et leur significativité (1971-2010).

	BUIS-les-BARONNIES		NYONS		REMUZAT		VALDROME		SEDERON	
Tn Mensuelles	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce
janv	0,036x - 0,7	non	0,028x + 0,22	non	-0,026x - 1,7	non	-0,033x - 3,81	non	-0,056x - 3,64	peu significative
fév	0,011x + 0,2	peu significative	0,002x + 1,36	non	-0,052x - 0,52	peu significative	-0,047x - 2,97	peu significative	-0,062x - 2,75	peu significative
mars	0,065x + 1,1	peu significative	0,050x + 2,54	peu significative	0,002x + 0,62	non	0,005x - 1,83	non	-0,010x - 1,73	non
avril	0,074x + 3,3	peu significative	0,066x + 4,59	peu significative	0,010x + 3,3	non	0,022x + 0,62	non	-0,005x + 1,06	non
mai	0,106x + 6,3	peu significative	0,078x + 8,26	peu significative	0,026x + 6,8	non	0,034x + 4,10	non	0,011x + 4,38	non
juin	0,102x + 9,7	peu significative	0,075x + 11,67	peu significative	0,027x + 9,9	non	0,019x + 7,04	non	0,002x + 7,64	non
juillet	0,089x + 12,4	peu significative	0,066x + 14,32	peu significative	0,017x + 12,2	non	-0,003x + 9,37	non	0,012x + 9,47	non
août	0,092x + 12,2	peu significative	0,065x + 14,12	peu significative	0,015x + 11,9	non	-0,004x + 9,24	non	-0,001x + 9,62	non
septembre	0,062x + 9,7	peu significative	0,043x + 11,32	peu significative	-0,001x + 9,2	non	-0,009x + 6,54	non	-0,020x + 7,11	peu significative
octobre	0,099x + 5,6	peu significative	0,070x + 7,47	peu significative	0,054x + 4,6	peu significative	0,042x + 2,57	peu significative	0,033x + 2,86	non
novembre	0,067x + 1,8	peu significative	0,053x + 3,24	peu significative	0,040x + 0,33	non	0,037x - 1,83	peu significative	0,014x - 1,33	non
décembre	0,024x + 0,2	non	0,011x + 1,48	non	-0,019x - 1,1	non	-0,028x - 3,14	non	-0,039x - 3,12	peu significative

Tx Mensuelles	équation tendance	Tce								
janv	0,072x + 8,8	peu significative	0,034x + 9,64	non	0,029x + 7,9	non	0,079x + 5,35	peu significative	0,032x + 6,58	non
fév	0,086x + 9,9	peu significative	0,039x + 10,88	non	0,026x + 10,0	non	0,094x + 6,85	peu significative	0,049x + 7,66	peu significative
mars	0,121x + 12,4	peu significative	0,084x + 13,02	peu significative	0,061x + 12,6	peu significative	0,124x + 9,71	peu significative	0,093x + 9,87	peu significative
avril	0,133x + 14,8	peu significative	0,107x + 15,45	peu significative	0,079x + 15,0	peu significative	0,133x + 12,35	peu significative	0,103x + 12,13	peu significative
mai	0,118x + 19,8	peu significative	0,111x + 20,11	peu significative	0,078x + 19,6	peu significative	0,137x + 17,12	peu significative	0,122x + 16,27	peu significative
juin	0,142x + 23,5	peu significative	0,118x + 24,00	peu significative	0,093x + 23,3	peu significative	0,144x + 21,13	peu significative	0,141x + 19,89	peu significative
juillet	0,110x + 27,9	peu significative	0,093x + 27,85	peu significative	0,058x + 27,5	peu significative	0,097x + 25,56	peu significative	0,096x + 24,29	peu significative
août	0,112x + 27,4	peu significative	0,087x + 27,50	peu significative	0,051x + 27,3	peu significative	0,086x + 25,35	peu significative	0,090x + 24,12	peu significative
septembre	0,070x + 23,4	peu significative	0,043x + 23,67	non	0,010x + 23,5	non	0,056x + 21,45	peu significative	0,044x + 20,74	peu significative
octobre	0,106x + 17,5	peu significative	0,076x + 17,98	peu significative	0,056x + 17,4	peu significative	0,097x + 15,47	peu significative	0,065x + 15,44	peu significative
novembre	0,078x + 12,2	peu significative	0,061x + 12,57	peu significative	0,034x + 11,7	non	0,076x + 9,42	peu significative	0,029x + 10,43	non
décembre	0,026x + 10,4	non	0,010x + 10,56	non	-0,005x + 8,90	non	0,025x + 6,65	non	-0,025x + 8,32	non

non	p >= 20%
peu significative	5 < p <= 20%
significative	1 < p <= 5%
très significative	p <= 1% ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

Tn : Température minimale
Tx : Température maximale

Annexe 9 : Tendances des températures saisonnières et annuelles et leur significativité (1971-2010).

	BUIS-les-BARONNIES		NYONS		REMUZAT		VALDROME		SEDERON	
Tn Saisonnières	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
Hiver	0,019x + 0,05		0,010x + 1,10		-0,042x - 0,9		-0,042x - 3,18		-0,058x - 3,04	
printemps	0,081x + 3,7		0,071x + 5,05		0,013x + 3,6		0,023x + 0,92		-0,002x + 1,24	
été	0,093x + 11,3		0,075x + 13,28		0,022x + 11,3		0,007x + 8,45		0,007x + 8,84	
automne	0,074x + 5,9		0,0587x + 7,33		0,027x + 4,8		0,019x + 2,55		0,004x + 3,01	
Tx Saisonnières	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
Hiver	0,060x + 9,8		0,032x + 10,33		0,017x + 9,0		0,069x + 6,22		0,020x + 7,56	
printemps	0,120x + 15,9		0,099x + 16,35		0,073x + 15,8		0,135x + 12,95		0,106x + 12,85	
été	0,119x + 26,4		0,099x + 26,58		0,069x + 26,0		0,116x + 23,83		0,112x + 22,78	
automne	0,079x + 18		0,054x + 18,29		0,033x + 17,6		0,080x + 15,33		0,047x + 15,57	
Tn Annuelle	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
	0,069x + 5,2		0,051x + 6,72		0,007x + 4,6		0,002x + 2,16		-0,010x + 2,46	
Tx Annuelle	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
	0,098x + 17,4		0,072x + 17,78		0,047x + 17,1		0,096x + 14,70		0,070x + 14,65	
NbJG Annuel	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
	-0,750x + 78		-0,64x + 52,5		-0,219x + 103		-0,218x + 137		0,060x + 130	
Jours T >30°C A.	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
	1,143x + 19,6		0,87x + 19,9		0,518x + 21,7		0,847x + 6,4		0,521x + 0,97	
Ampli.Therm. A.	équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance		équation tendance	
	0,029x + 12,2		-0,003x + 11		0,040x + 12,4		0,093x + 12,4		0,080x + 12,1	

non	p >= 20%
peu significative	5 < p <= 20%
significative	1 < p <= 5%
très significative	p <= 1% ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

Tn : Température minimale
 Tx : Température maximale
 NbJG : nombre Jours de Gel

Annexe 10 : Tendances des Précipitations et nombre de Jours de pluie mensuelle et leur significativité (1971-2010).

P Mensuelles	BUIS-les-BARONNIES		NYONS		REMUZAT		VALDROME		SEDERON	
	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce						
janv	0,165x + 51		0,618x + 45		-0,171x + 72		0,277x + 69		0,252x + 79	
fév	-0,660x + 64		-0,620x + 63		-1,149x + 88		-0,807x + 87		-1,132x + 97	
mars	-0,804x + 70		-0,650x + 73		-1,261x + 95		-1,110x + 95		-1,498x + 101	
avril	0,320x + 65		0,570x + 66		0,179x + 81		0,759x + 83		0,699x + 84	
mai	-0,011x + 74		-0,201x + 82		-0,468x + 96		-0,265x + 103		-0,332x + 103	
juin	-0,500x + 67		-0,920x + 74		-1,016x + 86		-0,712x + 96		-0,604x + 79	
juillet	-0,621x + 53		-0,254x + 48		-0,442x + 57		0,148x + 55		-0,908x + 60	
août	-0,199x + 58		-0,163x + 62		-0,242x + 66		0,104x + 63		-0,003x + 62	
septembre	0,642x + 86		1,501x + 70		1,032x + 78		1,061x + 64		1,129x + 73	
octobre	-0,303x + 107		-0,293x + 117		0,127x + 110		0,112x + 117		0,223x + 126	
novembre	1,836x + 39		1,759x + 41		1,126x + 62		1,749x + 62		2,052x + 66	
décembre	0,021x + 63		0,166x + 60		0,230x + 70		0,363x + 88		0,137x + 96	

NbJP Mensuel	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce	équation tendance	Tce
janv	-0,001x + 7,1		0,033x + 6,2		0,020x + 7,2		0,062x + 7,3		0,009x + 7,2	
fév	-0,047x + 7,7		-0,012x + 6,6		-0,062x + 8,5		-0,036x + 8,5		-0,044x + 7,8	
mars	-0,048x + 7,6		-0,014x + 6,7		-0,031x + 7,6		-0,025x + 8,3		-0,011x + 7,1	
avril	0,019x + 8		0,041x + 7,2		0,029x + 7,7		0,076x + 7,8		0,054x + 7,8	
mai	-0,058x + 9,4		0,015x + 7,1		-0,012x + 9,5		-0,009x + 10,6		-0,061x + 10,7	
juin	-0,090x + 8		-0,060x + 6,7		-0,085x + 7,7		-0,087x + 9,1		-0,089x + 8,4	
juillet	-0,001x + 4		0,033x + 2,6		0,027x + 3,7		0,016x + 5,0		-0,001x + 4,4	
août	-0,007x + 4,5		0,027x + 3,7		0,046x + 4,3		0,032x + 5,5		-0,037x + 4,3	
septembre	0,005x + 5,9		0,033x + 4,8		0,009x + 6		0,040x + 5,6		0,012x + 5,8	
octobre	0,003x + 8,3		0,030x + 7,5		0,025x + 8,2		0,036x + 8,3		0,020x + 8,0	
novembre	0,071x + 5,9		0,121x + 4,5		0,102x + 5,8		0,071x + 7,3		0,097x + 6,1	
décembre	0,001x + 6,9		0,032x + 6,3		0,027 + 7,4		0,060x + 7,7		0,028x + 7,4	

non	p >= 20%
peu significative	5 < p <= 20%
significative	1 < p <= 5%
très significative	p <= 1% ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

P : précipitations
NbJP : nombre jours de pluie

Annexe 11 : Tendances des Précipitations saisonnières et annuelles et leur significativité (1971-2010).

	BUIS-les-BARONNIES		NYONS		REMUZAT		VALDROME		SEDERON	
P Saisonnières	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance
Hiver	-0,665x + 184		0,667x + 155		-1,194x + 233		-0,552x + 216		-0,983x + 278	
printemps	-0,180x + 200		0,049x + 188		-0,99x + 255		0,080x + 262		-0,422x + 268	
été	-1,314x + 176		-0,730x + 168		-1,648x + 206		-0,352x + 249		-1,578x + 201	
automne	2,254x + 232		3,447x + 215		1,987x + 260		2,580x + 255		2,987x + 279	

NbJP Saisonnier	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance
Hiver	-0,083x + 22,6		0,032x + 19,8		-0,039x + 23,6		0,059x + 24,2		-0,024x + 22,8	
printemps	-0,094x + 25,1		0,049x + 20,8		-0,005x + 24,5		0,050x + 26,5		0,011x + 24,8	
été	-0,108x + 16,7		0,020x + 12,6		-0,002x + 15,5		-0,036x + 19,5		-0,049x + 16,9	
automne	0,067x + 20,5		0,177x + 17,3		0,124x + 20,4		0,134x + 21,6		0,118x + 20,4	

	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance	équation	tendance
P Annuelles	-0,114x + 795		1,509x + 801		-2,056x + 961		1,682x + 983		0,013x + 1025	
NbJP Annuel	-0,153x + 83		0,292x + 70		0,096x + 83,5		0,237x + 91		0,052x + 85	

non	p >= 20%
peu significative	5 < p <= 20%
significative	1 < p <= 5%
très significative	p <= 1% ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

P : précipitations
NbJP : nombre jours de pluie

Annexe 12 : Synthèse des données climatiques stationnelles saisonnières moyennes.

		MOYENNES SAISONNIERES																			
		Précipitations (P ou RR)				nbre jours pluie				Tn (T minimale)				Tx (T maximale)				Tmoy (T moyenne)			
Stations	Périodes	hiver	print	été	aut	hiver	print	été	aut	hiver	print	été	aut	hiver	print	été	aut	hiver	print	été	aut
BUIS les BARONNIES	1971-2010	170	196	150	277	20,9	23,2	14,5	21,8	0,4	5,3	13,4	7,3	11,1	18,3	28,8	19,6	5,7	11,8	21,1	13,5
	AV rupture	177	204	156	231	22,3	24,6	15,1	20,3	-0,2	4,0	12,1	6,3	9,9	16,7	27,4	18,9	4,9	10,4	19,8	12,6
	AP rupture	163	189	143	325	19,5	21,7	13,9	23,5	0,8	6,2	14,4	8,1	11,8	19,5	29,8	20,1	6,3	12,9	22,1	14,1
NYONS	1971-2010	173	212	157	293	20,4	21,8	13,1	20,8	1,6	6,8	15,1	8,8	10,7	18,1	28,3	19,2	6,2	12,4	21,7	14,0
	AV rupture	166	213	161	245	19,9	21,4	11,9	18,3	1,0	5,4	13,8	7,9	10,3	16,9	27,4	19,0	5,6	11,2	20,6	13,4
	AP rupture	180	211	153	344	21,1	22,2	14,3	23,5	2,1	7,6	15,9	9,4	11,0	18,9	29,0	19,2	6,6	13,3	22,5	14,3
REMUZAT	1971-2010	210	235	173	299	22,8	24,4	15,4	22,9	-1,7	3,8	11,8	5,4	9,3	17,3	27,4	18,3	3,8	10,6	19,6	11,8
	AV rupture	220	254	184	259	23,7	24,9	14,5	20,5	-1,3	3,6	11,5	5,1	8,7	16,2	26,6	18,1	3,7	9,9	19,0	11,6
	AP rupture	199	216	162	342	21,9	24,0	16,4	25,5	-2,1	4,0	11,9	5,6	9,7	18,1	28,0	18,4	3,8	11,0	20,0	12,0
VALDROME	1971-2010	237	264	205	307	25,4	27,5	18,8	24,3	-4,0	1,4	8,6	2,9	7,7	15,8	26,3	17,0	1,8	8,6	17,4	10,0
	AV rupture	240	267	206	265	25,0	27,5	18,1	21,9	-3,7	1,0	8,5	2,7	6,4	13,9	24,8	16,3	1,4	7,5	16,7	9,5
	AP rupture	235	261	205	351	25,9	27,6	19,6	26,9	-4,3	1,6	8,7	3,1	8,6	17,1	27,3	17,6	2,1	9,4	18,0	10,3
SEDERON	1971-2010	259	260	169	339	22,3	25,1	15,9	22,8	-4,2	1,2	9,0	3,1	8,0	15,0	25,0	16,5	1,9	8,1	17,0	9,8
	AV rupture	259	268	176	293	22,5	25,1	15,6	20,5	-3,6	1,2	8,9	3,0	7,2	13,4	23,6	16,1	1,8	7,3	16,3	9,6
	AP rupture	258	250	163	387	22,1	25,0	16,3	25,2	-4,6	1,2	9,0	3,2	8,5	16,1	26,0	16,8	1,9	8,6	17,5	10,0

AV rupture : 1971-1987
AP rupture : 1988-2010

1988 pour les Températures

AV rupture : 1971-1991
AP rupture : 1992-2010

1992 pour les Précipitations

Annexe 13 : Synthèse des données climatiques stationnelles annuelles moyennes.

		MOYENNES ANNUELLES							
Stations	Périodes	P	nbre jours pluie	Tmoy	Tn	Tx	nbre jours gel	jours T>30°C	Amplitude Ther.
BUIS les BARONNIES	1971-2010	793	80	13,0	6,6	19,4	63	43	12,8
	AV rupture	768	81	11,8	5,5	18,1	76	29	12,6
	AP rupture	821	79	13,8	7,4	20,3	53	53	12,9
NYONS	1971-2010	832	76	13,5	8	19	39	38	10,9
	AV rupture	781	71	12,7	7	18,4	50	28	11,2
	AP rupture	888	81	14,2	8,8	19,5	32	45	10,7
REMUZAT	1971-2010	918	85	11,4	4,8	18,0	98	32	13,3
	AV rupture	919	83	11,0	4,7	17,4	102	26	12,7
	AP rupture	918	88	11,7	4,9	18,5	96	37	13,7
VALDROME	1971-2010	1017	86	9,4	2,2	16,7	132	24	14,3
	AV rupture	978	92	8,8	2,2	15,4	135	13	13,1
	AP rupture	1060	100	9,9	2,3	17,6	130	31	15,2
SEDERON	1971-2010	1026	96	9,2	2,3	16,1	131	12	13,7
	AV rupture	992	84	8,7	2,4	15,1	130	5	12,6
	AP rupture	1062	89	9,5	2,2	16,8	132	17	14,5

AV rupture : 1971-1987
 AP rupture : 1988-2010

1988 pour les Températures

AV rupture : 1971-1991
 AP rupture : 1992-2010

1992 pour les Précipitations

P : cumul des précipitations
 Tn : Température minimale
 Tx : Température maximale
 Tmoy : Température moyenne

Annexe 14 : Résultats du test de Student pour les moyennes mensuelles du nombre de jours de gel et de forte chaleur avant et après rupture climatique.

t Student : significativité de la différence des moyennes mensuelles du nombre de jours de Gel AV et AP rupture					
Nbre jours Gel	BUIS-les-BARONNIES	NYONS	REMUZAT	VALDROME	SEDERON
janv	9,93	2,92	76,1	70,7	6,06
fév	21,03	9,78	11,5	7,64	1,03
mars	0,02	0,16	34,6	65	73,3
avril	0,12	0,01	14,5	39,7	81,8
mai	6,79	calcul impossible	4,99	0,35	6,71
juin	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	11,86	74,1
juillet	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
août	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
septembre	calcul impossible	calcul impossible	25,5	51,8	86,3
octobre	1,03	calcul impossible	4,23	23,9	2,85
novembre	0,48	1,46	13,8	12,6	45,9
décembre	18,34	24,6	83,23	85,3	25,1

t Student : significativité de la différence des moyennes mensuelles du nombre de jours de Forte Chaleur AV et AP rupture					
Nbre jours T>30°C	BUIS-les-BARONNIES	NYONS	REMUZAT	VALDROME	SEDERON
janv	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
fév	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
mars	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
avril	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
mai	0,43	2,09	16,1	calcul impossible	calcul impossible
juin	0,50	1,92	2,3	0,37	2,39
juillet	0,03	0,72	6,98	0,01	0,21
août	0,,01	0,22	6,11	0,67	0,52
septembre	70,7	87,5	25,5	91	80,5
octobre	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
novembre	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible
décembre	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible	calcul impossible

différence non significative	$p \geq 20\%$
différence peu significative	$5 < p \leq 20\%$
différence significative	$1 < p \leq 5\%$
différence très significative	$p \leq 1\%$ ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

Annexe 15 : Résultats du test de Student pour les moyennes mensuelles des précipitations avant et après rupture climatique

t Student : significativité de la différence des moyennes mensuelles des Précipitations AV et AP rupture					
P Mensuelles	BUIS-les-BARONNIES	NYONS	REMUZAT	VALDROME	SEDERON
janv	38,3	6,37		17,3	22,7
fév	28	36,2	6,17	13,9	24,4
mars	3,02	13,3	2,28	7,4	4,27
avril		32,4		36,2	50,6
mai					
juin					
juillet					22,9
août					
septembre	15,7	0,49	1,81	2,65	3,12
octobre			96,4	90,04	
novembre	1,46	0,55	5,94	3,96	3,69
décembre					

différence non significative	$p \geq 20\%$
différence peu significative	$5 < p \leq 20\%$
différence significative	$1 < p \leq 5\%$
différence très significative	$p \leq 1\%$ ou p représente le risque de se tromper sur la significativité de la tendance

