

COMMUNAUTE DE COMMUNES LE GRESIVAUDAN

DIAGNOSTIC DE VULNERABILITES CLIMATIQUES

2019



PLAN CLIMAT AIR ÉNERGIE Du GRÉSIVAUDAN

Date :
28/05/2024

Version définitive

Version provisoire : document non
arrêté

Document pour la concertation
préalable



SOMMAIRE

PARTIE 1 : CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL	4
1. Contextes nationaux et régionaux en matière de vulnérabilité climatique	5
1.1. Les objectifs nationaux.....	5
1.2. L'accord de Paris, rapport spécial du GIEC et le Climat Action Tracker.....	5
1.3. Les objectifs de la France et le Plan National d'Adaptation au Changement climatique	6
1.4. Le SRADDET et les objectifs régionaux.....	7
2. Climat de la Communauté de Communes du Grésivaudan	7
2.1. Un climat atypique	7
2.2. Les températures.....	8
2.3. Les précipitations.....	8
3. Approche méthodologique.....	8
3.1. Climatologie et aléas de référence	8
3.2. Projections climatiques	11
PARTIE 2 : Evaluation des niveaux de vulnérabilités en fonction des différents enjeux	12
1. Aléas, enjeux, vulnérabilité, risques et catastrophes naturelles : quelques définitions	13
1.1. L'aléa climatique	13
1.2. L'exposition.....	13
1.3. La sensibilité	13
1.4. La vulnérabilité climatique	13
2. Synthèse de l'Evaluation de la vulnérabilité climatique du territoire	14
2.1. Approche méthodologique de l'évaluation.....	14
2.2. Les résultats de l'analyse	14
PARTIE 3 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - <i>TEMPERATURES ET PRECIPITATIONS</i>	17
1. Les indicateurs climatiques passés	18
1.1. Evolution de la température de l'air	18
1.2. Evolution de la pluviométrie.....	22
1.3. Evolution des indicateurs des phénomènes climatiques	24
2. Les indicateurs climatiques futurs	26
2.1. Evolution des températures.....	26
2.2. Evolution des précipitations.....	27
2.3. Evolution des évènements extrêmes	27
PARTIE 4 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - <i>Montagne</i>	31
1. Evolution du manteau neigeux	32
1.1. Les observations actuelles	32
1.2. Les observations futures	35

2.	Impacts sur les activités du territoire	36
2.1.	Une vision systémique des impacts.....	37
PARTIE 5 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE – <i>Eau et Biodiversité</i> 42		
1.	La ressource en eau	43
1.1.	Etat de la ressource en eau	43
1.2.	Les impacts sur la ressource en eau	45
1.3.	Niveau de vulnérabilité climatique	49
2.	La biodiversité	50
2.1.	Etat de l'environnement	50
2.2.	Les impacts sur la biodiversité	51
2.3.	Niveau de vulnérabilité de la biodiversité	54
PARTIE 6 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - <i>Agriculture et Forêt</i> 55		
1.	Les indicateurs agro Climatiques	56
1.1.	Réchauffement de la période végétative	56
1.2.	Evolution du bilan hydrique	56
2.	L'agriculture.....	61
2.1.	L'importance de l'agriculture sur le Grésivaudan.....	61
2.2.	Les impacts sur l'activité agricole.....	63
2.3.	Niveau de vulnérabilité climatique de l'agriculture	66
3.	La forêt.....	67
3.1.	Le Grésivaudan, un territoire de forêt.....	67
3.2.	Les impacts sur la forêt.....	68
3.3.	Niveau de vulnérabilité climatique de la forêt.....	73
PARTIE 7 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE – <i>Société et Risques naturels</i> 75		
1.	Les risques naturels.....	76
1.1.	Retrait Gonflement des Argiles.....	76
1.2.	Inondations.....	77
1.3.	Niveau des vulnérabilités climatiques	81
2.	Les risques sanitaires	82
2.1.	Risques sanitaires liés aux vagues de chaleur	82
2.2.	Risques sanitaires liés à la qualité de l'air	83
2.3.	Risques sanitaires liés à la biodiversité.....	84
2.4.	Niveau de vulnérabilité climatique	85

Le diagnostic de vulnérabilités climatiques du territoire présenté dans ce document répond aux ambitions du paragraphe 6 de l'Art. R. 229-51 du Décret n° 2016-849 du 28 juin 2016 relatif à l'élaboration du Plan Climat-Air-Energie Territorial :

« 6° Une analyse de la vulnérabilité du territoire aux effets du changement climatique. »

Pour chaque élément du diagnostic, le document mentionne les sources de données utilisées.

PARTIE 1 : CONTEXTE NATIONAL ET LOCAL

1. CONTEXTES NATIONAUX ET REGIONAUX EN MATIERE DE VULNERABILITE CLIMATIQUE

1.1. Les objectifs nationaux

Texte issu du Ministère de la Transition écologique et solidaire :

« Les gaz à effet de serre (GES) ont un rôle essentiel dans la régulation du climat. Sans eux, la température moyenne sur Terre serait de -18 °C au lieu de +14 °C et la vie n'existerait peut-être pas. Toutefois, depuis le XIX^e siècle, l'homme a considérablement accru la quantité de gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. En conséquence, l'équilibre climatique naturel est modifié et le climat se réajuste par un réchauffement de la surface terrestre. Nous pouvons déjà constater les effets du changement climatique.

Depuis 1988, le **Groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC)** évalue l'état des connaissances sur l'évolution du climat mondial, ses impacts et les moyens de les atténuer et de s'y adapter.

Le GIEC a publié son 5^e rapport (AR5) en 2014. Il montre que le changement climatique est déjà engagé :

- En 2015, la **température moyenne planétaire** a progressé de 0,74 °C par rapport à la moyenne du XX^e siècle. En été, elle pourrait augmenter de 1,3 à 5,3 °C à la fin du XXI^e siècle.
- Le **taux d'élévation du niveau marin** s'est accéléré durant les dernières décennies pour atteindre près de 3,2 mm par an sur la période 1993-2010.
- En France, le **nombre de journées estivales** (avec une température dépassant 25°C) a augmenté de manière significative sur la période 1950-2010.
- De 1975 à 2004, **l'acidité des eaux superficielles des océans** a fortement augmenté, leur pH (potentiel hydrogène) a diminué de 8,25 à 8,14.
- **La perturbation des grands équilibres écologiques s'observe déjà** : un milieu

physique qui se modifie et des êtres vivants qui s'efforcent de s'adapter ou disparaissent sous les effets conjugués du changement climatique et de la pression de l'homme sur leur environnement.

Le GIEC évalue également comment le changement climatique se traduira à moyen et long terme. Il prévoit :

- Des **phénomènes climatiques aggravés** : l'évolution du climat modifie la fréquence, l'intensité, la répartition géographique et la durée des événements météorologiques extrêmes (tempêtes, inondations, sécheresses).
- Un **bouleversement de nombreux écosystèmes** : avec l'extinction de 20 à 30 % des espèces animales et végétales, et des conséquences importantes pour les implantations humaines.
- Des **crises liées aux ressources alimentaires** : dans de nombreuses parties du globe (Asie, Afrique, zones tropicales et subtropicales), les productions agricoles pourraient chuter, provoquant de graves crises alimentaires, sources de conflits et de migrations.

Les impacts du changement climatique peuvent être très différents d'une région à une autre, mais ils concerneront toute la planète. »

C'est dans ce contexte que le législateur attend des territoires soumis à Plan Climat de mesurer les impacts, la vulnérabilité et l'adaptation au changement climatique à une échelle territorialisée, afin d'apporter une première vision d'ensemble sur cette problématique.

1.2. L'accord de Paris, rapport spécial du GIEC

et le Climat Action Tracker

Lors de la conférence de Paris sur le climat (COP21) en décembre 2015, 195 pays ont adopté le tout premier accord universel sur le climat juridiquement contraignant. L'accord définit un plan d'action international visant à mettre le monde sur la bonne voie pour éviter un changement climatique dangereux, en maintenant le réchauffement planétaire largement à 1,5 °C.

(Source : Europa, Accord de Paris)

Compte-tenu de cet accord, le GIEC a produit en 2018 un rapport spécial sur les impacts du réchauffement climatique de 1,5 °C au-dessus des niveaux pré-industriels et des sources d'émissions mondiales de GES.

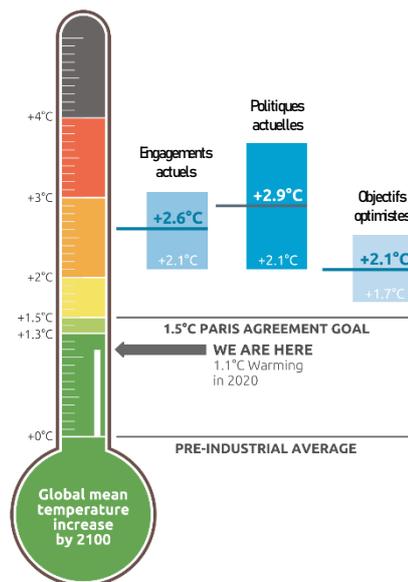
Ce rapport estime que les **activités humaines ont causé environ 1,0 °C de réchauffement de la planète au-dessus des niveaux pré-industriels**, avec une fourchette probable de 0,8 °C à 1,2 °C. Le réchauffement de la planète devrait atteindre 1,5 °C entre 2030 et 2052 s'il continue d'augmenter au rythme actuel.

Le rapport spécial du GIEC sur 1,5 °C montre que des réductions d'émissions importantes sont urgentes, mais réalisables, et qu'elles offriront toujours les nombreux avantages associés à des voies compatibles avec 1,5 °C en termes d'impacts évités sur le changement climatique, ainsi que d'un air plus propre, d'une augmentation de l'emploi dans le secteur des énergies renouvelables, de l'accès à l'énergie moderne, etc.

La récente vague d'objectifs de neutralité carbone annoncée par plusieurs gouvernements, dont la Chine en septembre 2020, a mis les 1,5 °C de l'Accord de Paris à une distance frappante.

Au total, 127 pays responsables d'environ 63 % des émissions envisagent ou ont adopté des objectifs de neutralité carbone.

Le **Climate Action Tracker (CAT)** a calculé que le réchauffement de la planète d'ici 2100 pourrait être limité à 2,1 °C en raison de tous les engagements neutralité carbone annoncés à partir de novembre 2020.



Source : Climate Action Tracker, estimation mise à jour en décembre 2020

1.3. Le Plan National d'Adaptation au Changement climatique

Dans le sillage de l'accord de Paris de 2015, la France s'est fixée des objectifs annuels pour mener la transition énergétique dans le cadre de la Stratégie nationale Bas-Carbone (SNBC) et ainsi réduire de 40 % ses émissions d'ici 2030 et jusqu'à 75 % de ses émissions d'ici 2050.

En complément de ces actions d'atténuation, la France a défini sa politique nationale en matière d'adaptation au changement climatique au travers l'élaboration du Plan National d'Adaptation au CC (PNACC). Un 2nd plan a été élaboré pour la période 2018-2022 qui vise une adaptation effective dès le milieu du XXI^{ème} siècle à un climat régional en métropole avec une hausse de température de +1,5°C à 2°C au niveau mondial par rapport au XIX^{ème} siècle.

Le PNACC est composé de 58 mesures qui seront déployées sur 5 années (pour plus d'information, voir : <https://www.ecologie.gouv.fr/adaptation-france-au-changement-climatique>).

1.4. Le SRADDET

Au niveau régional, le Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires décline les ambitions du PNACC. Le Schéma Régional d'Aménagement de Développement Durable et d'Égalité des Territoires (SRADDET) Auvergne-Rhône-Alpes a été adopté par le Conseil régional les 19 et 20 décembre 2019 et a été approuvé par arrêté du préfet de région le 10 avril 2020.

Les effets du changement climatique en région ont été identifiés et pris en compte dans plusieurs objectifs :

1.5 : « Réduire les émissions des polluants les plus significatifs et poursuivre celle des émissions de gaz à effet de serre »

4.3 : « Accompagner les collectivités à mieux prévenir et à s'adapter aux risques naturels très présents dans la région »,

4.5. :« Préserver la ressource en eau pour limiter les conflits d'usage et garantir le bon fonctionnement des écosystèmes notamment en montagne et dans le sud de la région »).

Les documents constitutifs du SRADDET et notamment ses objectifs et ses règles, concourt à prévenir le changement climatique (diminution des GES, gestion économe du foncier et désartificialisation des sols, production d'énergie renouvelable, développement des modes doux, etc.) et à lutter contre ses effets (lutte contre la pollution de l'air, végétalisation de la ville, etc.).

Au-delà de l'ensemble des politiques contribuant à l'adaptation au changement climatique, deux axes spécifiques sont identifiés : les risques naturels et la gestion de la ressource en eau.

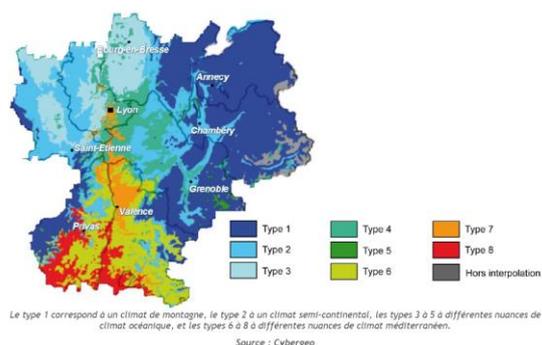
Pour plus d'information, voir : <https://jeparticipe.auvergnerhonealpes.fr/sraddet/sraddet-projet-definitif>

2. CLIMAT DE LA COMMUNAUTE DE COMMUNES DU GRESIVAUDAN

2.1. Un climat atypique

La région Rhône-Alpes est un territoire avec de multiples facettes climatiques. L'influence continentale, caractérisée par des hivers froids et des étés chauds, couvre une bonne partie de la région, l'influence océanique marque les versants occidentaux des reliefs, bien arrosés, et l'influence méditerranéenne, avec ses hivers doux, ses étés chauds et secs et ses pluies printanières et automnales, est sensible jusqu'à Valence. Sur tout le flanc Est, le climat montagnard domine avec ses températures très froides et des chutes de neiges fréquentes.

Carte du classement des climats en Rhône Alpes



Le climat du Grésivaudan peut être qualifié sur sa zone de plaine, de « continental sous influence montagnard » avec des contrastes saisonniers importants entre hivers froids et étés chauds, et de « montagnard » sur les zones de montagne.

Son environnement montagneux lui confère également des caractéristiques particulières, comme de bonnes précipitations (les perturbations butent contre les reliefs et tendent à amplifier les activités pluvieuses, orageuses ou neigeuses), un ensoleillement important et une amplitude thermique journalière élevée (dus à l'effet de foehn, un phénomène météorologique complexe qui entraîne une « stagnation » des masses d'air par la présence de hautes montagnes), une amplitude thermique annuelle parmi la plus élevée de France (près de 19°C d'écart entre janvier et juillet).

2.2. Les températures

D'après la station météorologique du Versoud¹ pour la période 2009-2020, l'amplitude thermique journalière moyenne est de 10,9 ° C. La température moyenne annuelle est de 12,8°C. L'amplitude thermique entre janvier (mois le plus

froid) et juillet (mois le plus chaud) est de 20°C. Les étés sont chauds avec des moyennes mensuelles supérieures à 20°C pour les mois de juin, juillet et août. Le maximum absolu est de 40,6°C (enregistré le 07/2015).

2.3. Les précipitations

D'après la station météorologique du Versoud pendant la période 2009-2020, il tombe en moyenne 1006 mm d'eau par an. Les pluies sont apportées majoritairement par les perturbations atlantiques (en toutes saisons) et dans une moindre mesure par les dépressions méditerranéennes (surtout en automne). Les pluies sont réparties très uniformément selon les saisons avec une très légère dominance des pluies d'automne. Le mois le plus arrosé celui de novembre (105,3), le plus sec celui de février (62,4 mm).

3. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Afin de décrire l'état du climat et ses impacts sur l'ensemble du territoire français, l'ONERC s'est doté d'un ensemble varié d'indicateurs. Un indicateur est une information, associée à un phénomène, permettant d'en caractériser l'évolution dans le temps.

De nombreux travaux scientifiques menés dans les laboratoires de recherche en France ou à l'étranger permettent de détecter de façon objective si ces indicateurs ont évolué de façon singulière au cours des dernières décennies et, dans certains cas, d'attribuer ces évolutions aux émissions anthropiques de GES.

Le suivi de ces indicateurs du changement climatique suivis par l'ONERC a été appliqué au territoire de la CC du Grésivaudan et il permet de

caractériser les différents impacts du changement climatique :

- Les impacts sur l'Atmosphère, la Température et les Précipitations
- Les impacts sur la Montagne
- Les Impacts sur l'Eau et la Biodiversité
- Les impacts sur l'Agriculture et la Forêt
- Les impacts sur la Santé et la Société

3.1. Climatologie et aléas de référence

Les bilans climatiques sont nécessaires pour mieux comprendre les caractéristiques du climat

¹ [E-MetSys \(e-metsys.fr\)](http://e-metsys.fr)

d'un territoire et permettre d'avoir des repères dans le temps et l'espace.

L'analyse du changement climatique concerne les principales variables atmosphériques telles que la température, les précipitations ou le vent, à la fois dans leur comportement moyen mais également pour leurs valeurs extrêmes.

Un indicateur est défini pour être représentatif d'une des caractéristiques du climat, par exemple :

- température moyenne
- nombre de nuits tropicales ($T_{\min} \geq 20^\circ$)
- précipitations extrêmes
- nombre de jours de gel
- cumul annuel de précipitations
- nombre de jours de vent fort en hiver

Certains sont représentatifs du climat moyen (température moyenne, cumul annuel de précipitations, ...) et d'autres sont représentatifs des comportements extrêmes (nombre de jours de fortes chaleurs, nombre de jours de gel ...).

Par ailleurs, lorsque l'on s'intéresse au changement climatique et que l'on veut donc évaluer ce qui « change » on utilise souvent des indicateurs qui représentent des écarts par rapport à une référence connue :

- écart de la température moyenne annuelle par rapport à la référence ;
- écart relatif par rapport à la référence du cumul annuel de précipitation ;
- par ailleurs, étudier le climat et non le temps qu'il fait au quotidien, signifie que l'on s'intéresse à un temps moyen établi sur des périodes temporelles assez longues qui peuvent aller du mois à plusieurs années.

En raison de son relief et de sa grande variété de climats, la région grenobloise possède un réseau relativement dense de stations météorologiques :

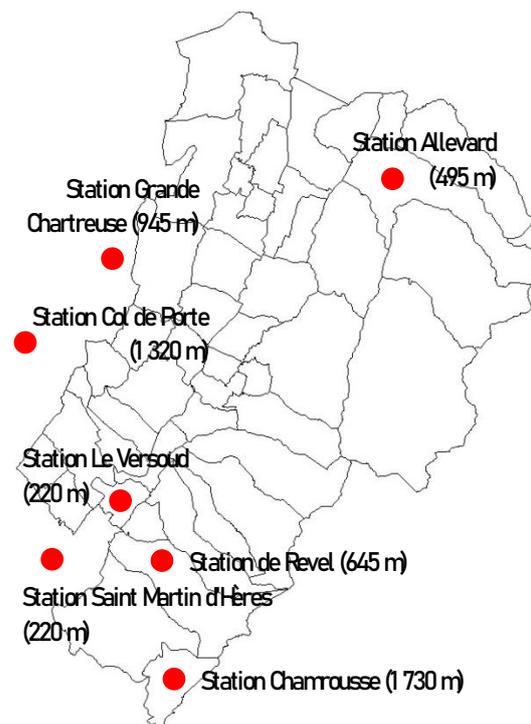
- ✓ Station météorologique d'Allevard
- ✓ Station météorologique de Chamrousse
- ✓ Station météorologique du Col de Porte
- ✓ Station météorologique Grande Chartreuse
- ✓ Station météorologique de Revel
- ✓ Station météorologique du Versoud

A noter que les stations météorologiques de Chamrousse, d'Allevard et de Revel ne disposent pas de données suffisantes pour créer des normales sur 30 ans.

Sur les territoires de plaines, les indicateurs climatiques ont été analysés à partir de la station météorologique du Versoud, situé dans le sud du territoire. Des éléments complémentaires ont également été apportés par la station météorologique de Saint-Martin d'Hères située sur la Métropole de Grenoble, à la frontière du Grésivaudan.

Sur les territoires de vallée et de montage, les indicateurs climatiques sont extraits des stations météorologiques du Col de Porte et de Grande Chartreuse. Ces deux stations sont situées sur le massif de Chartreuse.

Cartographie des stations météorologiques de la région du Grésivaudan



Source : Météofrance ; cartographie : Agatte

Définition des indicateurs sur les températures

Indicateurs	Définitions	Unité
Température moyenne	Moyenne de la température quotidienne moyenne	°C
Nombre de jours de vague de chaleur	Période anormalement chaude durant plus de 5 jours consécutifs. On détermine les jours pour lesquels la température maximale quotidienne dépasse de plus de 5°C une valeur climatologique de référence, mais en ne sommant que les jours appartenant à une série de plus de 5 jours chauds consécutifs. La valeur de référence de chaque jour de l'année est la moyenne glissante sur 5 jours du cycle annuel moyen de la température maximale quotidienne simulée pour la période 1976-2005.	Nb de jours
Nombre de jours de forte chaleur	Nombre de jours où la température maximale quotidienne dépasse 35 °C	Nb de jours
Nombre de journées chaudes	Nombre de jours où la température maximale quotidienne dépasse 25 °C	Nb de jours
Nombre de nuits tropicales	Nombre de nuits avec des températures minimales quotidiennes supérieurs à 20°C	Nb de jours
Nombre de jours de vague de froid	Période anormalement froide durant plus de 5 jours consécutifs. On détermine les jours pour lesquels la température minimale quotidienne est inférieure de plus de 5°C une valeur climatologique de référence, mais en ne sommant que les jours appartenant à une série de plus de cinq jours de froids consécutifs. La valeur de référence de chaque jour de l'année est la moyenne glissante sur cinq jours de cycle annuel moyen de la température minimale quotidienne simulée pour la période 1975-2005.	Nb de jours
Nombre de jours de gel	Nombre de jours où la température minimale est inférieure à 0°C	Nb de jours

Définition des indicateurs de précipitations

Indicateurs	Définitions	Unité
Cumul de précipitations	Somme des précipitations liquides et solides	Mm
Nombre de jours secs consécutifs	L'indice de jours où les précipitations quotidiennes dépassent le 99 ^e centile des précipitations totales de la période de référence	Nb de jours

3.2. Projections climatiques

Les analyses climatiques (hors enneigement) seront réalisées grâce aux données du portail Drias les futurs du climat, mis à disposition du grand public par Météo-France, et qui a pour vocation de fournir des projections climatiques régionalisées, réalisées dans des laboratoires français de modélisation du climat tels que l'IPSL, le CERFACS ou le CNRM-GAME. Ces derniers ont utilisé pour leurs projections les données Euro-Cordex 20143, branche européenne du projet international CORDEX, crée en 2009 et visant à créer un cadre commun international de production de projections climatiques, disponibles pour toutes les régions du globe.

3.2.1. Différents scénarios

L'intensité du changement climatique dépendra de l'évolution de la concentration des gaz à effet de serre (GES) dans l'atmosphère, elle-même conditionnée par les émissions passées, actuelles et futures des GES. Pour explorer cet avenir, les scientifiques ont donc élaboré des scénarios qui fournissent des images des futurs possibles en fonction de l'évolution des émissions de GES dans l'atmosphère. De ces futurs possibles découlent ainsi des scénarios de concentration de GES, qui servent d'entrée dans les modèles climatiques. Ces derniers sont ensuite utilisés pour produire des projections climatiques permettant de nous renseigner sur les différentes évolutions possibles du climat, et donc nous permettre d'avoir une vision sur ce qui nous attend.

Les projections climatiques ne seront toutefois jamais des prédictions : les scénarios de développement socio-économiques qui conditionnent les émissions de gaz à effet de serre continueront de rester des hypothèses (plus ou moins probables) et les progrès des modèles n'enlèveront pas le caractère chaotique et imprévisible du climat. L'incertitude sur le changement climatique est d'autant plus grande que l'étude revêt un caractère local. Il existe en effet à chaque stade de développement des projections des incertitudes qui peuvent se cumuler (incertitude sur les modèles globaux, sur

les scénarios socio-économiques, sur les méthodes de régionalisation...).

Drias les futurs du climat présente des projections qui s'appuient sur les derniers scénarios utilisés par le GIEC, basés sur l'évolution du forçage radiatif de la planète (ou pour résumer grossièrement, de la « force de l'effet de serre »). On utilisera ici les deux principaux, le scénario RCP 4.5 (indiquant un bilan radiatif planétaire de 4,5 W/m² en 2100), prévoyant une stagnation des émissions contemporaines d'ici la fin du siècle (grâce à des politiques climatiques mondiales, effectives et efficaces), et le scénario RCP 8.5 (indiquant un bilan radiatif planétaire de 8,5 W/m² en 2100), prévoyant un doublement des émissions contemporaines d'ici la fin du siècle, issu de la non-action des pouvoirs publics. Ces deux scénarios permettent d'avoir une vision aussi large que possible des impacts probables du changement climatique à travers des indices prédéfinis, en fonction d'un avenir optimiste ou pessimiste. Concernant les analyses d'enneigement, de sécheresse et de feux de forêt, ce sont les scénarios SRES qui seront utilisés : le scénario intermédiaire A1B, et le scénario pessimiste A2, équivalents respectivement aux scénarios RCP 4.5 et RCP 8.5.

3.2.2. Trois horizons temporels

Les modèles produisent des résultats climatiques pour une période de référence 1976-2005 et 3 échéances futures : l'horizon proche 2035 (moyenne lissée sur 30 ans entre 2021 et 2050), l'horizon moyen 2055 (moyenne lissée sur 30 ans entre 2041-2070) et l'horizon lointain 2085 (moyenne lissée sur 30 ans entre 2071-2100). Ces 3 horizons temporels permettent d'obtenir une bonne prise en compte des incertitudes inhérentes à l'exercice de projection. Pour l'horizon proche, ce sont les incertitudes relatives à la variabilité climatique qui prédominent, pour l'horizon moyen, celles relatives aux modèles climatiques et dans un horizon lointain, celles inhérentes aux différents scénarios d'émissions.

L'horizon 2055 est l'horizon retenu pour l'analyse des impacts car c'est à cette échéance que les incertitudes sont les moins élevées et c'est aussi l'horizon visé pour une adaptation effective des autorités locales.

A noter que pour les données relatives à l'enneigement issues de l'ANR/SCAMPEI, les projections à moyen termes ne sont pas disponibles ; on se concentrera donc uniquement sur le court terme (horizon 2030) et le long terme (horizon 2080).

PARTIE 2 : EVALUATION DES NIVEAUX DE VULNERABILITES EN FONCTION DES DIFFERENTS ENJEUX

1. ALEAS, ENJEUX, VULNERABILITE, RISQUES ET CATASTROPHES NATURELLES : QUELQUES DEFINITIONS

La vulnérabilité climatique d'un territoire se mesure en tenant compte de l'exposition aux évolutions et aléas climatiques et de la sensibilité du territoire à ces aléas. Voici les différentes définitions proposées par l'ADEME et sur laquelle l'évaluation s'appuie.

1.1. L'aléa climatique

Les aléas peuvent avoir des origines naturelles ou anthropiques selon l'agent en cause. De plus, les aléas se caractérisent notamment par leur intensité, leur probabilité d'occurrence, leur localisation spatiale, la durée de l'impact (foudre vs. Inondation), leur degré de soudaineté.

En effet, ils peuvent être soudains, comme la foudre, ou progressifs, comme la sécheresse ou l'érosion littorale, ou ils peuvent prendre la forme de conditions latentes ou qui évoluent lentement, pouvant causer ultérieurement des préjudices ou des dommages dans le milieu concerné, par exemple la pollution ou la hausse du niveau de la mer.

Le changement climatique affectera leur intensité et leur probabilité.

1.2. L'exposition

L'exposition correspond à la nature et au degré auxquels un système est exposé à des variations climatiques significatives sur une certaine durée (à l'horizon temporel de 10 ans, 20 ans...). Les variations du système climatique se traduisent par des événements extrêmes (ou aléas) tels que des inondations, des ondes de tempête, ainsi que l'évolution des moyennes climatiques. Ce sont ces variations que l'on étudie lorsque l'on cherche à obtenir des scénarios d'évolution du climat à horizon 2050 à l'échelle locale.

Évaluer l'exposition consistera donc à **évaluer l'ampleur des variations climatiques auxquelles le territoire devra faire face, ainsi que la probabilité d'occurrence de ces variations climatiques /**

aléas. Les éléments exposés sont les éléments tangibles et intangibles d'un milieu (populations, bâtiments systèmes écologiques), susceptibles d'être affectés par un aléa naturel ou anthropique.

1.3. La sensibilité

La sensibilité au changement climatique fait référence à la proportion dans laquelle un élément exposé (collectivité, organisation...) au changement climatique est susceptible d'être affecté, favorablement ou défavorablement, par la manifestation d'un aléa. Les effets ou impacts d'un aléa peuvent être directs (par exemple une modification des rendements agricoles liée à un changement de la valeur moyenne, de l'amplitude ou de la variabilité de la température) ou indirects (par exemple des dommages causés par la fréquence accrue des inondations de zones côtières dues à l'élévation du niveau de la mer).

1.4. La vulnérabilité climatique

Dans le cas du changement climatique, la vulnérabilité est le degré auquel les éléments d'un système (éléments tangibles et intangibles, comme la population, les réseaux et équipements permettant les services essentiels, le patrimoine, le milieu écologique ...) sont affectés par les effets des changements climatiques (y compris la variabilité du climat moyen et les phénomènes extrêmes). La vulnérabilité est fonction à la fois de la nature, de l'ampleur et du rythme de la variation du climat (alias l'exposition) à laquelle le système considéré est exposé et de la sensibilité de ce système.

Le niveau de vulnérabilité s'évalue en combinant la probabilité d'occurrence et l'importance d'un aléa (l'exposition) et l'ampleur des conséquences (ou sensibilité) d'une perturbation ou d'un stress sur des éléments du milieu en un temps donné.

2. SYNTHÈSE DE L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ CLIMATIQUE DU TERRITOIRE

2.1. Approche méthodologique de l'évaluation

L'évaluation de la vulnérabilité climatique d'une dimension territoriale a été élaborée via une matrice d'analyse croisant deux critères :

- Le degré d'exposition du territoire à l'aléa climatique étudié
- Le degré de sensibilité des activités et des habitats à l'aléa étudié

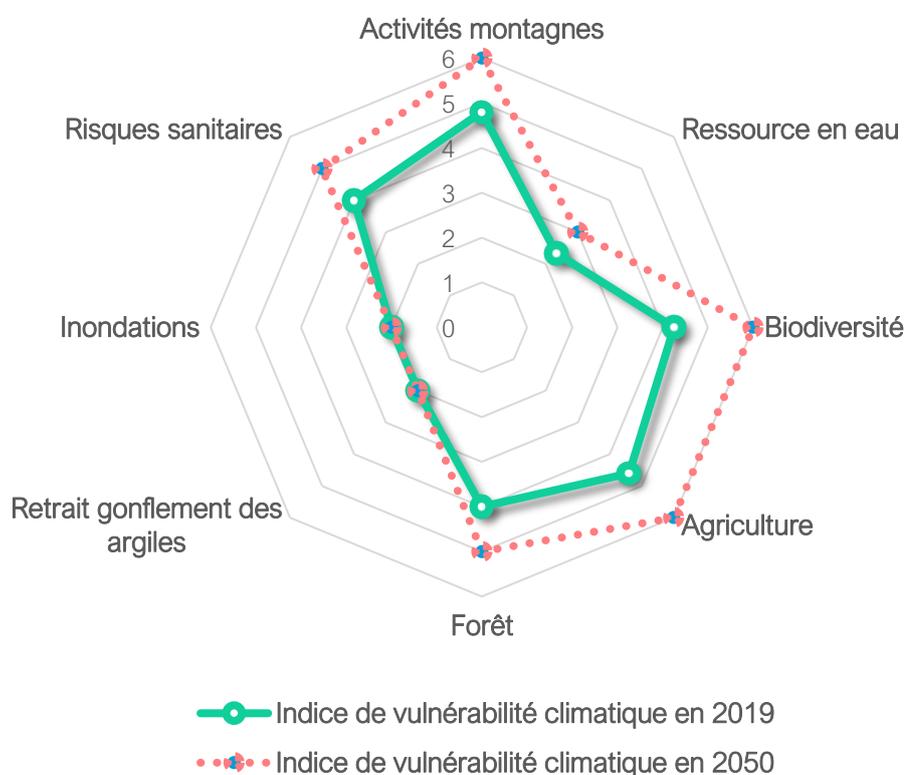
Le croisement de ces deux critères permet faire ressortir un niveau de vulnérabilité climatique

pour chaque thème analysé. Il a été établi 4 niveaux de vulnérabilités :

	Code couleur
Nul	
Faible	
Moyen	
Elevé	

2.2. Les résultats de l'analyse

Degré de vulnérabilité climatiques des différentes activités du territoire



Source : Agatte 2021

Thématiques	Indice de vulnérabilité climatique en 2019	Tendance de l'indice d'ici 2050	Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Impacts probables 2050
Activités montagnes	5		<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de la couverture neigeuse notamment en début de saison - Baisse de la fiabilité d'enneigement naturel des stations Chamrousse et 7 Laux - Baisse du nombre de journées-skieurs sur les périodes à faible enneigement - Augmentation de la demande en eau x3 pour de la production de neige de culture 	<ul style="list-style-type: none"> - projets de développement durable des stations communautaires du Grésivaudan - investissement les capacités de production de neige de culture - extension ou création d'équipements de stockage d'eau d'altitude 	<ul style="list-style-type: none"> - baisse du nombre de journées de froid consécutives (<2°C) permettant la production de neige de culture - indice de viabilité de l'enneigement stabilisé grâce à la production de neige de culture - hausse des besoins en eau pour la neige de culture mais générant peu de conflit d'usage
Ressource en eau	2		<ul style="list-style-type: none"> - Rapport besoin-ressource en eau reste excédentaire sur le territoire 	<ul style="list-style-type: none"> - élaboration du plan de sécurisation de l'alimentation en eau potable de la région urbaine grenobloise qui prévoit des actions de sécurisation de la ressource en eau entre le Grésivaudan, le SIERG et le SIED 	<ul style="list-style-type: none"> - un rapport besoin-ressource "à surveiller" si baisse de 5 à 15 % des capacités de production - un rapport besoin-ressource "déficitaire" si baisse de 25 % des capacités de production - augmentation de conditions asséchantes notamment en période printanière et estivale - hausse des besoins en eau pour de la production de neige de culture : + 15 % sur Belledonne ; + 20 % sur Chartreuse - hausse de la ressource en eau en période hivernale de 30 à 100 % selon les bassins : pic de fonte nivale au printemps, fonte plus importante du manteau neigeux et plus de pluie à la place de la neige.
Biodiversité	4		<ul style="list-style-type: none"> - Evolution de la répartition des espèces faunistiques - Disparition de pelouses d'altitudes et généralisation de la forêt - Dépérissement de certaines espèces forestières - Evolution de la phénologie pour les arbres et les prairies - Réchauffement des milieux aquatiques et assèchement de zones humides 		<ul style="list-style-type: none"> - Evolution de la répartition des espèces faunistiques - Disparition de pelouses d'altitudes et généralisation de la forêt - Dépérissement de certaines espèces forestières - Evolution de la phénologie pour les arbres et les prairies - Réchauffement des milieux aquatiques et assèchement de zones humides

Thématiques	Indice de vulnérabilité climatique en 2019	Tendance de l'indice d'ici 2050	Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Impacts probables 2050
Forêt	4		<ul style="list-style-type: none"> - Dépérissement d'espèces forestières (épicéas, sapins...) lié à leur difficulté d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques - Prolifération d'insectes ravageurs : scolyte de l'épicéa - Un risque incendie faible mais en augmentation 	Schéma Local de Développement Forestier Groupe de travail Forêt Inter Tepos	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du risque incendie de forêt et de broussailles - Augmentation du risque rocheux - Vulnérabilités des activités économiques liées au bois et à la production d'épicéas notamment - Evolution des aires de répartition des espèces
Retrait gonflement des argiles	2		<ul style="list-style-type: none"> - Faible sensibilité au risque RGA : seules quelques zones exposées sur le massif de la Chartreuse - Un seul arrêté CATNAT RGA a été déposé entre 1982 et 2015 		- Pas d'augmentation de l'intensité observée
Inondations	2		<ul style="list-style-type: none"> - Un risque inondation qui connaît une origine principalement anthropique - Un risque inondation de l'Isère par rupture de digue (cruie bi centennale) : seuls 6 % de la population y est exposé - Un risque inondation par crues torrentielles sur les versants : 3,4 % du territoire est concerné ; la fonte nivale peut accélérer ce risque - Un risque inondation par ruissellement très localisé sur quelques communes 	<ul style="list-style-type: none"> - SLGRI Isère Amont arrêté depuis 2018 - Elaboration d'un PAPI en cours 	- Pas d'augmentation de l'intensité observée
Risques sanitaires	4		<ul style="list-style-type: none"> - Surmortalité durant des épisodes caniculaires - Pollution de l'air sur les communes sud du territoire et le long de l'autoroute - Faible exposition de la population aux allergènes de type ambrosie 		- Risque d'une augmentation d'épisodes caniculaires et d'une sensibilité plus accrue de la population liée à son vieillissement et à son urbanisation

PARTIE 3 :
IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE -
TEMPERATURES ET
PRECIPITATIONS

1. LES INDICATEURS CLIMATIQUES PASSES

Cette partie vise à caractériser les effets du changement climatique sur le territoire de la CC Le Grésivaudan en examinant l'évolution des principales variables climatiques (température, précipitation) dans leur comportement moyen mais également pour leurs valeurs extrêmes (canicule, précipitations intenses...).

Les bilans proposés sont une compilation de données de températures, précipitations et autres paramètres météo, parfois réactualisés quotidiennement. Elles sont issues des stations suivantes :

- Territoire de vallée : Le Versoud et Saint Martin d'Hères
- Territoire de montage : Chartreuse et Chamrousse

Ces données sont stockées sur le site e-metsys.fr et sur CimatHD de météoFrance.

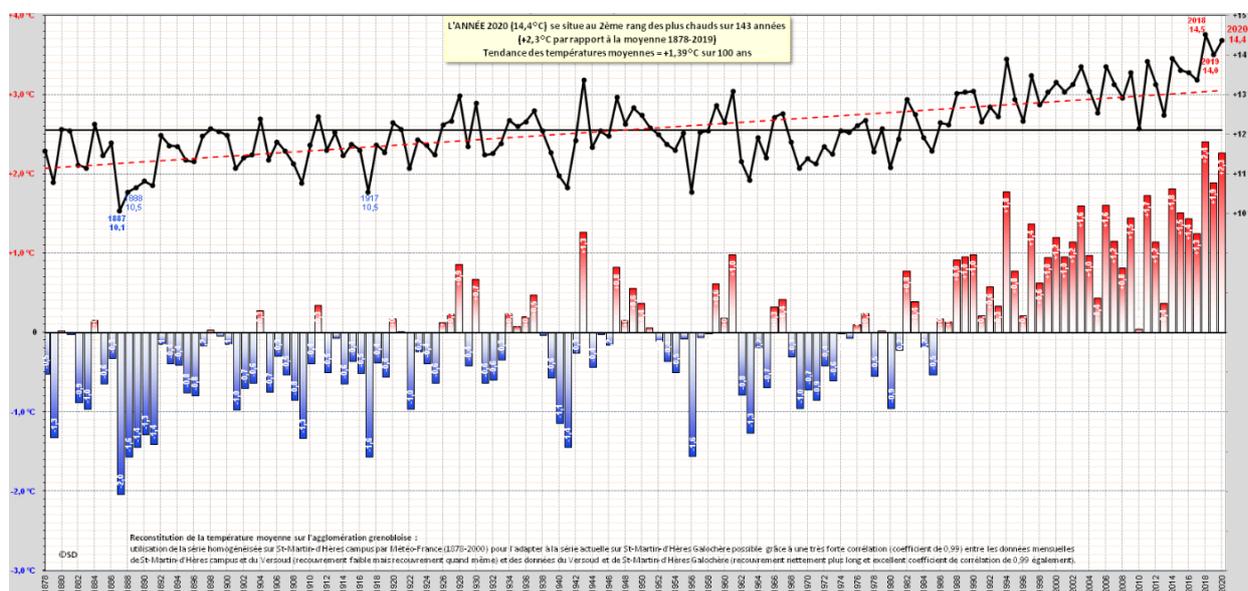
1.1. Evolution de la température de l'air

Sur les territoires de vallée, l'analyse de l'évolution des températures moyennes annuelles montre un net réchauffement depuis 1878. Sur la période 1878-2019, la tendance observée sur les températures moyennes annuelles a augmenté de 2,3 °C (et de 1,39 °C en 100 ans).

L'année 2020 (14,4°C en moyenne) se situe au 2^{ème} rang des plus chaudes sur 143 ans.

Sur la période 2009-2020, la tendance observée sur les températures moyennes annuelles se situe entre +0,3°C et +0,4°C par décennie.

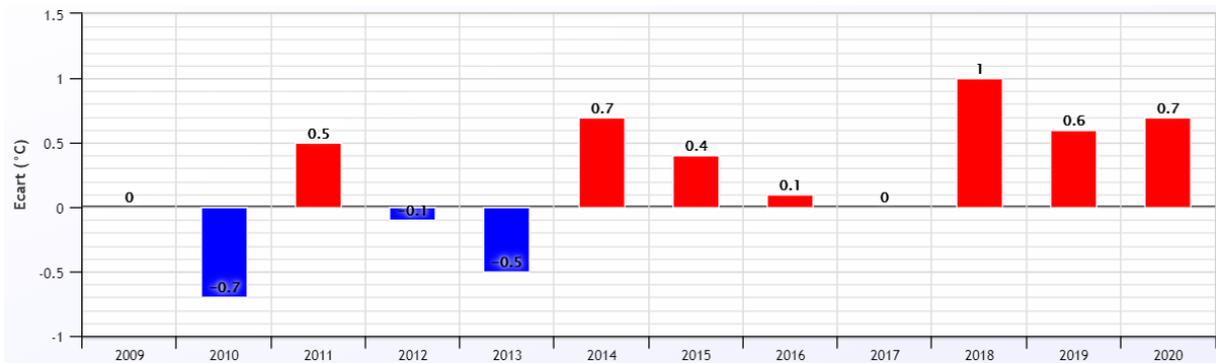
Température moyenne annuelle : écart à la référence 1978-2019 (12,1°C) – Station Saint-Martin-d'Hères



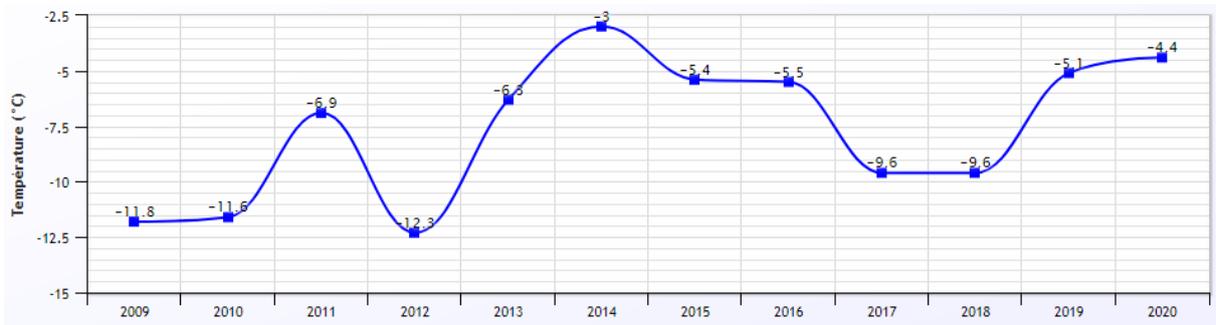
Evolution des températures moyennes annuelles sur Le Versoud (2009-2020)



Ecart à la moyenne des températures moyennes annuelles sur Le Versoud (2009-2020)



Evolution des températures minimales extrêmes annuelles sur Le Versoud (2009-2020)



Evolution des températures maximales extrêmes annuelles sur Le Versoud (2009-2020)



Sur les territoires de montagne, l'analyse de l'évolution des températures moyennes annuelles montre également un net réchauffement depuis

1959. Sur la période 1959-2019, la tendance observée des températures moyennes annuelles sur la station de Chartreuse se situe entre +0,3

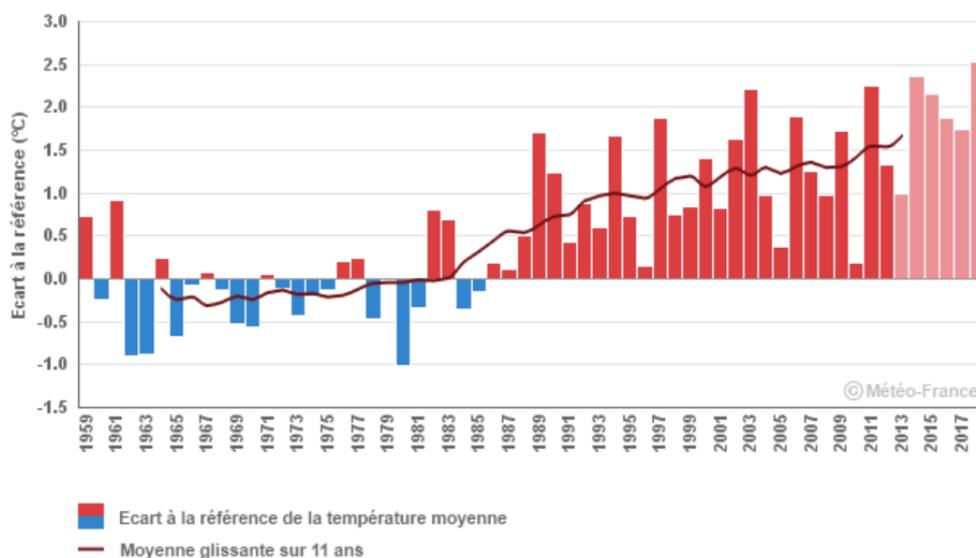
°C et +0,4 °C par décennie, et d'environ +1,7°C sur la période 1959-2017.

Les deux années les plus chaudes depuis 1959, 2014 et 2018, ont été observées au XXI^{ème} siècle.

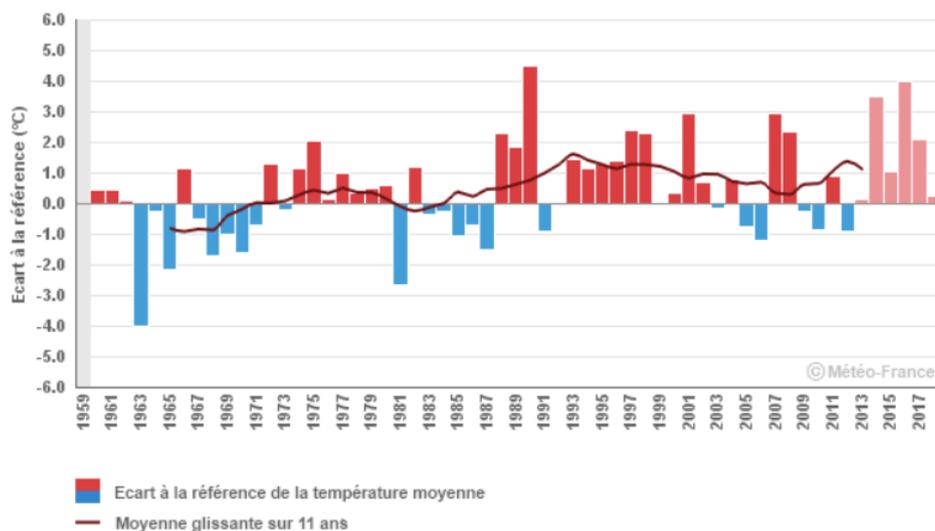
L'évolution des températures moyennes est davantage marquée sur les saisons de printemps et d'été.

Sur la station de Chamrousse, la tendance observée sur la période 2009-2020 est une augmentation de +0,3°C à 0,4°C sur la décennie.

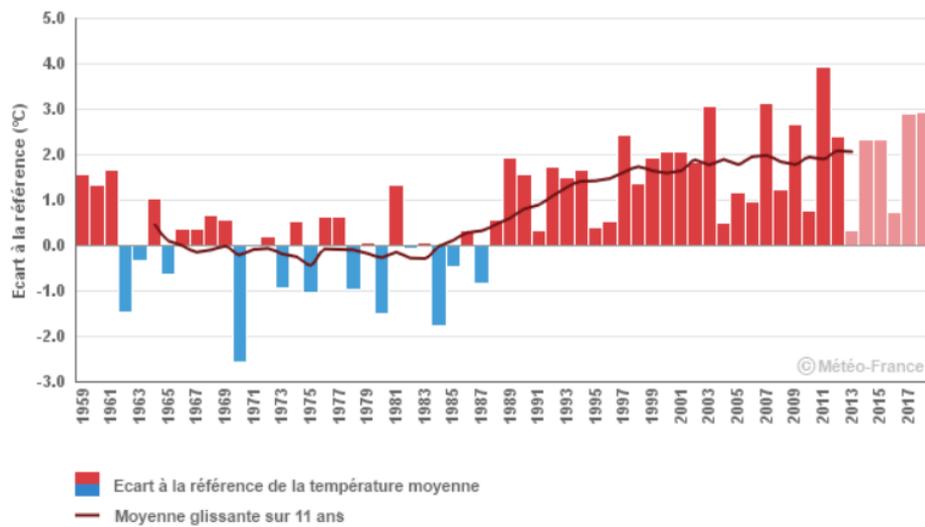
Température moyenne annuelle : écart à la référence 1961-1990 – Station Grande Chartreuse



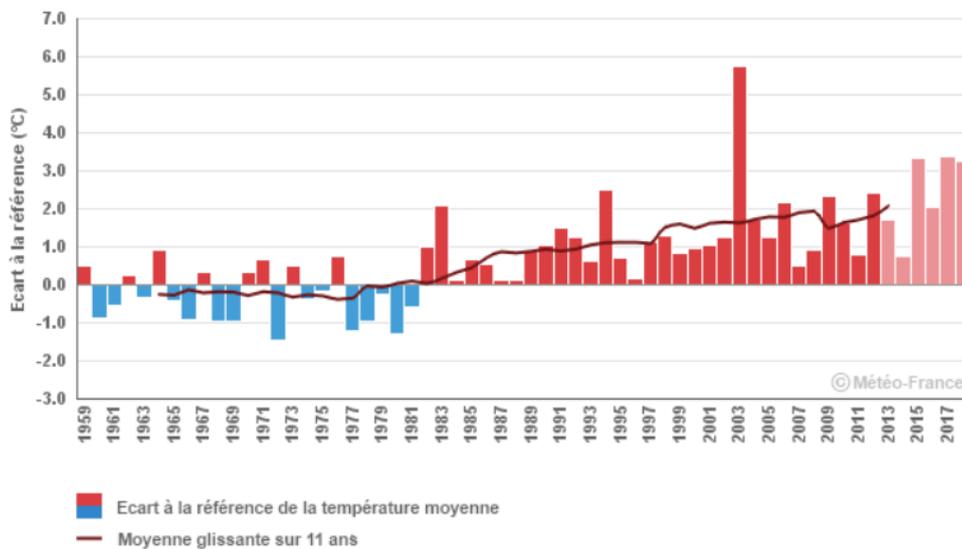
Température moyenne hivernale : écart à la référence 1961-1990 – Station Grande Chartreuse



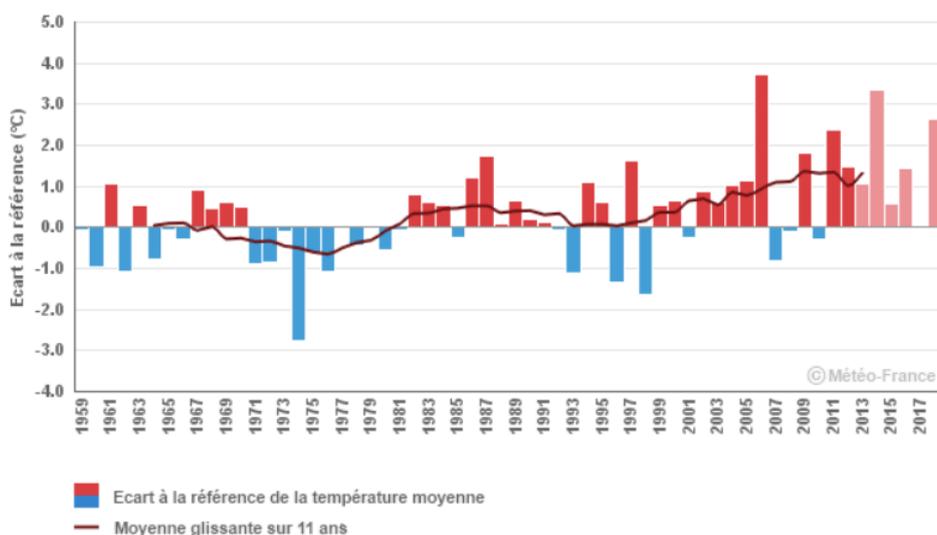
Température moyenne printanière : écart à la référence 1961-1990 – Station Grande Chartreuse



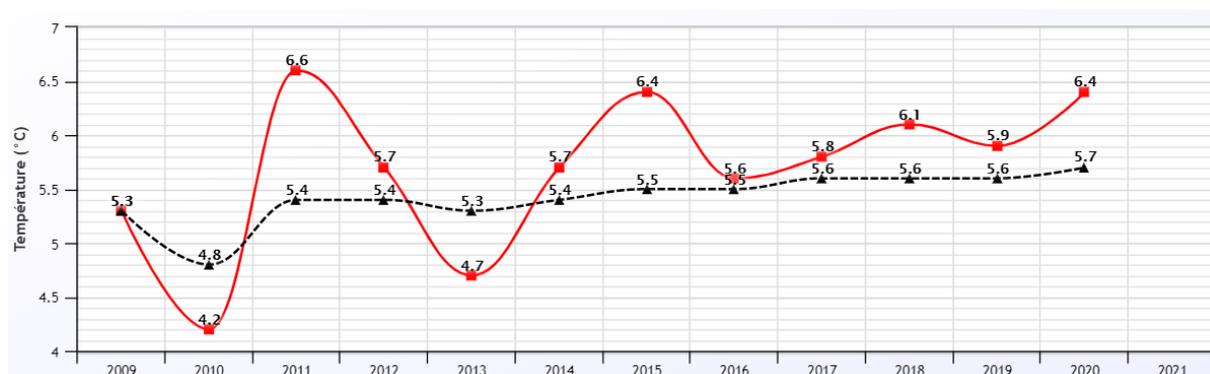
Température moyenne estivale : écart à la référence 1961-1990 – Station Grande Chartreuse



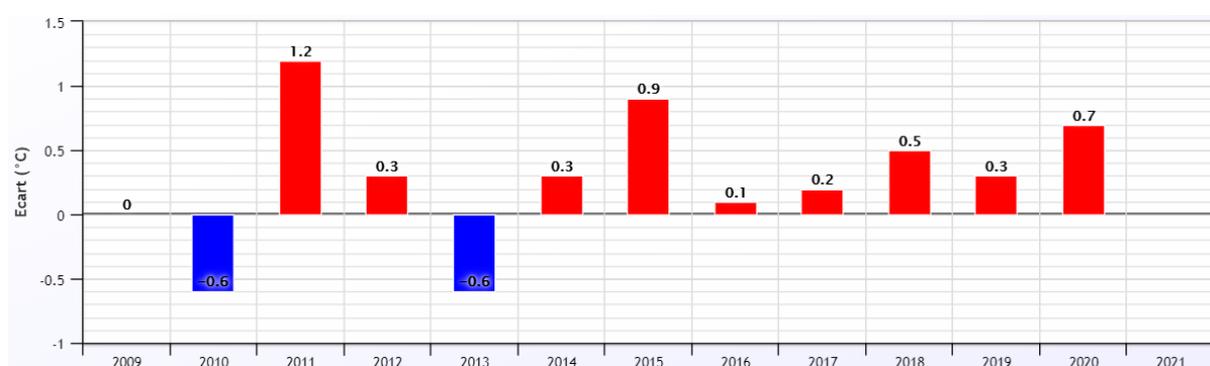
Température moyenne automnale : écart à la référence 1961-1990 – Station Grande Chartreuse



Evolution de la température moyenne annuelle : 2009-2020 – Station Chamrousse



Température moyenne annuelle : écart à la référence 2009-2020 – Station Chamrousse



1.2. Evolution de la pluviométrie

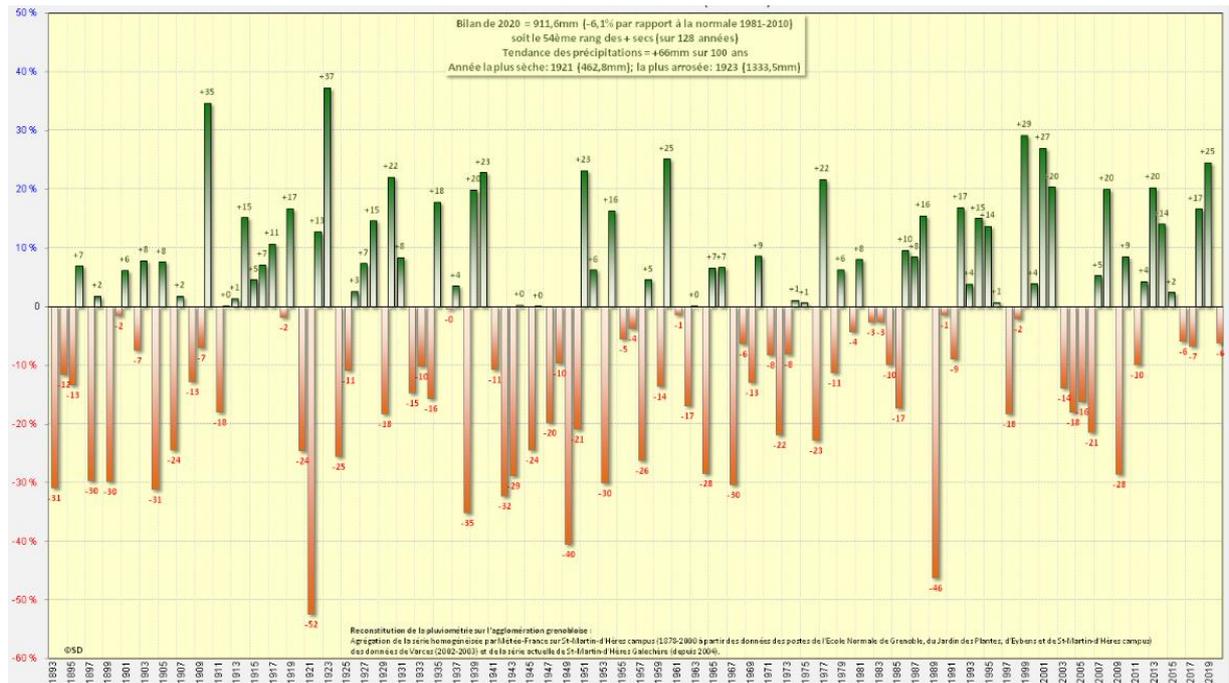
Le territoire du Grésivaudan présente un climat continental en vallée avec une pluviométrie moyenne annuelle d'environ 1 000 mm et un climat montagnard sur les zones de montagnes sur les communes de Chartreuse et Belledonne, avec une pluviométrie d'environ 1 000 mm et 1 100 mm.

Sur les territoires de vallée, l'analyse de l'évolution de la pluviométrie annuelle à la station

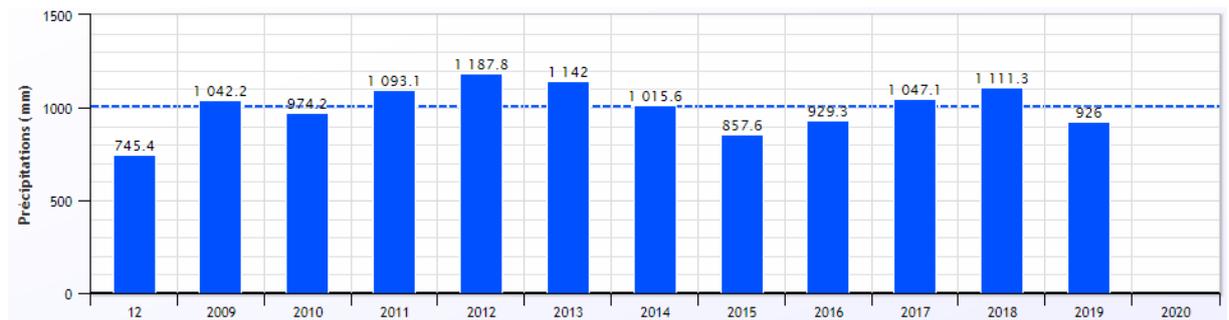
de Saint-Martin d'Hères ne fait pas apparaître de tendances claires sur la période 1883-2019. Sur 100 ans, on note une très légère augmentation des cumuls annuels (+66 mm) ce qui montre une certaine stabilité du volume. Cette stabilité est également observée sur la station du Versoud, mais sur un pas de temps plus court.

L'année la plus sèche remonte à 1921 et la plus humide à 1923 ce qui ne montre pas d'impact à court terme. Toutefois, des variations pourraient être constatées en inter-saisons (période printanière et estivale).

Evolution de la pluviométrie annuelle : écart à la normale 1981-2010 (971 mm) – Station St-Martin-d'Hères



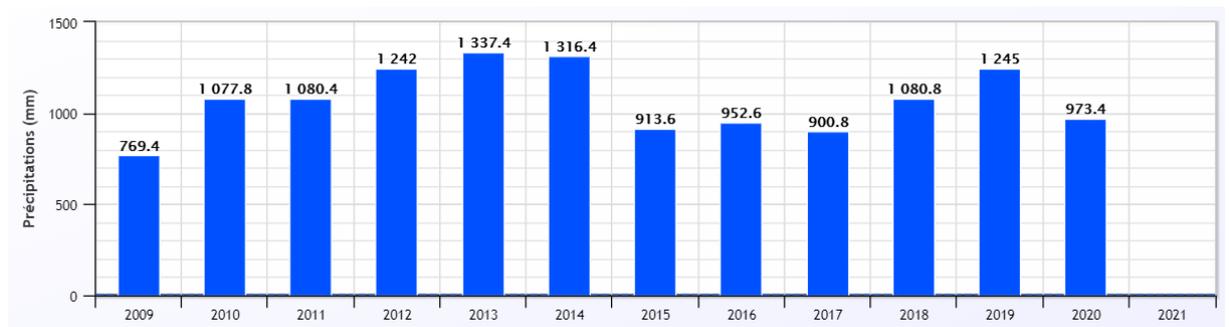
Précipitations annuelles sur la période 2009-2020 – Station Le Versoud



Sur les territoires de Montagne, l'analyse de l'évolution du volume de précipitations annuelles sur la station de Chamrousse montre également une certaine stabilité sur la période 2009-2020

avec des années importantes. Toutefois, l'augmentation moyenne des températures peut impacter la limite pluie/neige de ce territoire et l'épaisseur du manteau neigeux.

Précipitations annuelles sur la période 2009-2020 – Station de Chamrousse



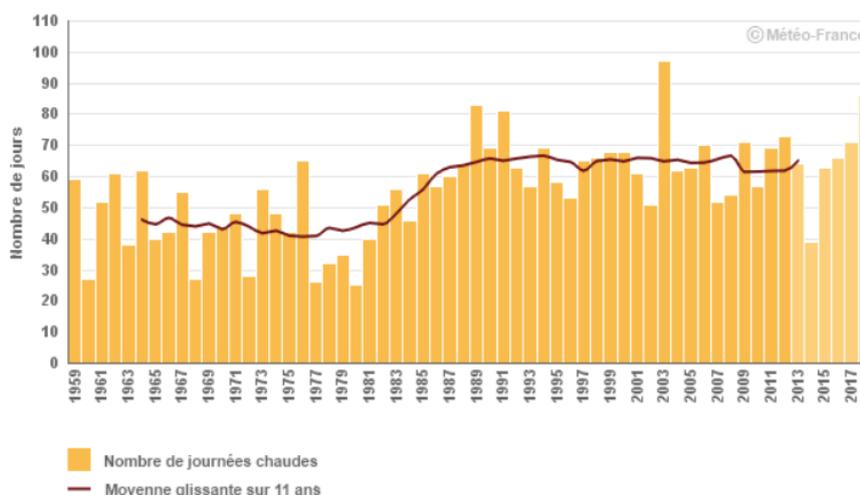
1.3. Evolution des indicateurs des phénomènes climatiques

Le suivi des indicateurs des phénomènes climatiques (vagues de chaleur, journées

chaudes, vagues de froid...) sont étudiées aux échelles régionales ou locales, mais hors territoire du Grésivaudan. Toutefois, cela permet de donner des tendances d'évolution constatées en Rhône-Alpes.

L'ensemble des indicateurs présentés ci-dessous est issu du service de MétéoFrance, ClimatHD.

Nombre de journées chaudes sur la période 1959-2017 - Thônes

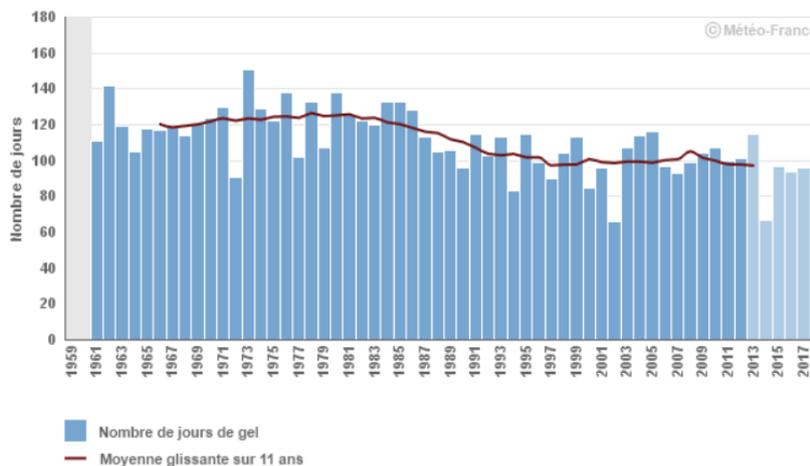


En Rhône-Alpes, le nombre annuel de journées chaudes (températures maximales supérieures à 25°C) est très variable d'une année sur l'autre mais aussi selon les endroits. Les journées chaudes sont en effet moins nombreuses en altitude. Sur la période 1959-2009, on observe une augmentation forte du nombre de journées chaudes. La tendance observée est de l'ordre de

2 jours par décennie en altitude, et atteint 4 à 6 jours par décennie dans le reste de la région.

2003 et 2018 apparaissent aux premières places des années ayant connu le plus grand nombre de journées chaudes avec plus de 100 journées chaudes observées.

Nombre de jours de gel sur la période 1959-2017 – Bourg-Saint-Maurice

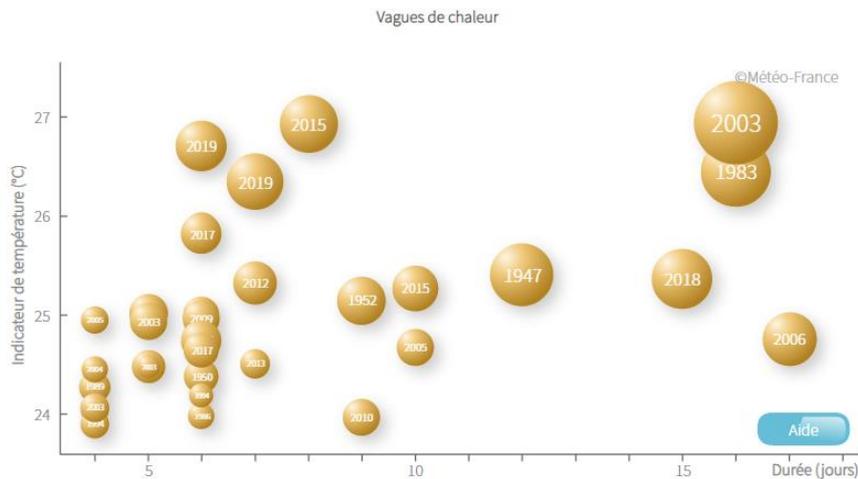


Rhône-Alpes est une région de forts contrastes en température, principalement à cause des différences d'altitude au sein de la région. Il en résulte d'importantes variations du nombre de jours de gel selon les endroits. En cohérence avec l'augmentation des températures, le nombre annuel de jours de gel diminue. Sur la période

1961-2010 la tendance observée en Rhône-Alpes est de l'ordre de -3 à -7 jours par décennie selon les endroits.

2014 et 2002 ont été les années les moins gélives observées sur la région depuis 1959.

Evolution des vagues de chaleur, période 1947-2019, AURA



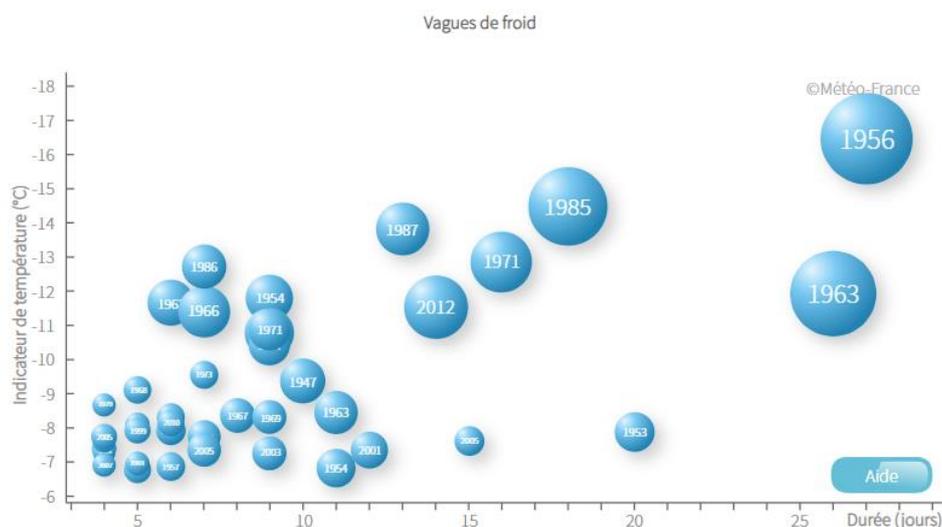
Les vagues de chaleur recensées depuis 1947 en Rhône-Alpes ont été sensiblement plus nombreuses au cours des dernières décennies.

Cette évolution se matérialise aussi par l'occurrence d'événements plus longs et plus sévères (taille des bulles) ces dernières années. Ainsi, les quatre vagues de chaleur les plus

longues et quatre des cinq épisodes les plus sévères se sont produits après 1983.

La canicule observée du 2 au 17 août 2003 est la plus sévère survenue sur la région. C'est aussi durant cet épisode et lors de la canicule du 30 juin au 7 juillet 2015 qu'ont été observées les journées les plus chaudes depuis 1947.

Evolution des vagues de froid, période 1947-2019, AURA



Les vagues de froid recensées depuis 1947 en Rhône-Alpes ont été moins nombreuses au cours des dernières décennies.

Cette évolution est encore plus marquée depuis le début du XXI^e siècle, les épisodes devenant progressivement moins intenses (indicateur de température) et moins sévères (taille des bulles). Ainsi, les quatre vagues de froid les plus longues, les cinq les plus intenses et les trois les plus sévères se sont produites avant 2000.

La vague de froid observée du 1er au 27 février 1956 est la plus sévère survenue sur la région. C'est aussi durant cet épisode qu'a été observée la journée la plus froide depuis 1947.

2. LES INDICATEURS CLIMATIQUES FUTURS

Les résultats s'appuient sur des indicateurs climatiques DRIAS calculés selon 2 scénarios d'émission de gaz à effet de serre (RCP2.6, RCP8.5) pour trois horizons temporels (H1 : 2021-2050 ; H2 : 2041-2070 ; H3 : 2071-2100), pour trois centiles particuliers de la distribution de l'ensemble des modèles régionaux et potentiellement, plusieurs périodes (année, saisons).

l'ordre de +1,4 °C en RCP2.6, et de l'ordre de +4,1 °C en RCP8.5.

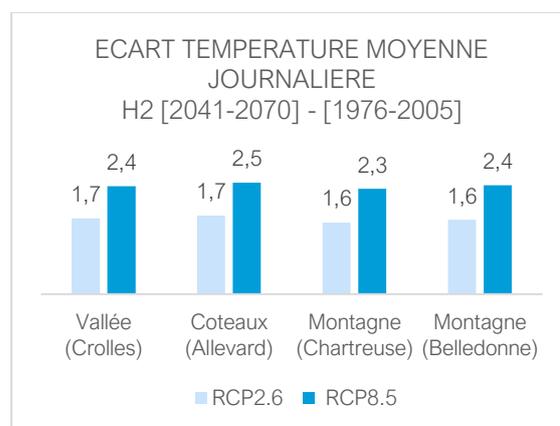
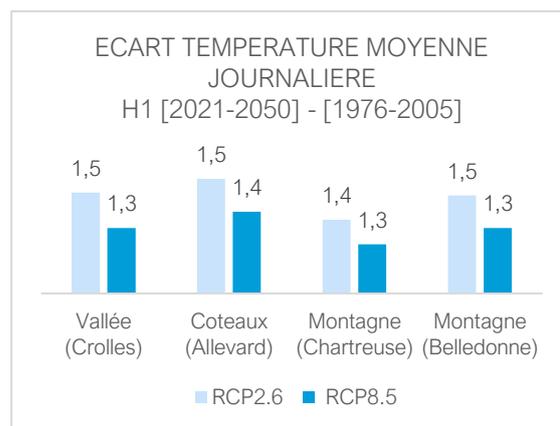
Quel que soit le scénario, on constate que le réchauffement attendu est relativement uniforme d'un point de vue spatial et s'accroît de manière considérable entre le début de la période (H1) et la fin de la période (H3).

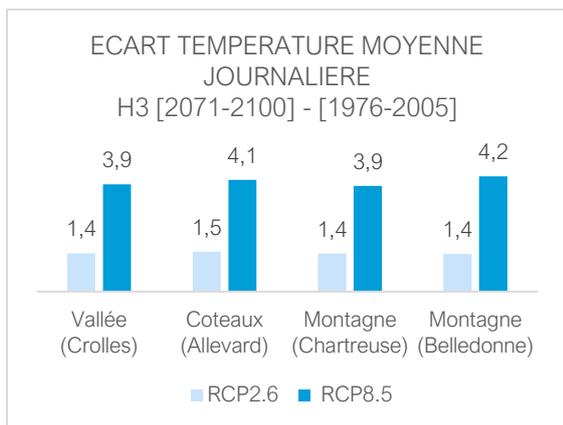
2.1. Evolution des températures

Pour étudier l'évolution des températures sur le Grésivaudan, nous utilisons l'indicateur « température moyenne quotidienne ». Les écarts de cet indicateur, par rapport à la période 1976-2005, sont examinés via l'écart de moyennes annuelles sur 30 ans (par horizon) pour différents points du territoire :

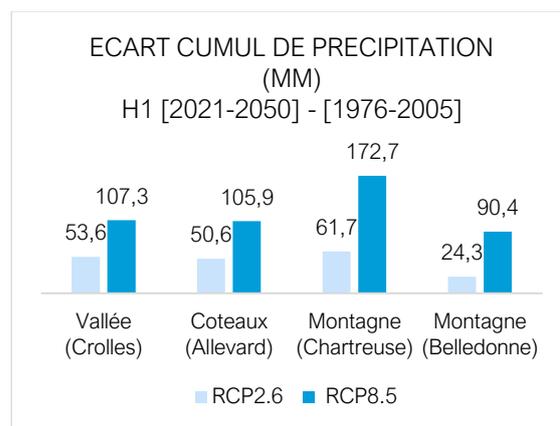
- point 7682 : Territoire de vallée (Crolles)
- point 7826 : Territoire de coteaux (Alleverd)
- point 7824 : Territoire de montagne (Belledonne)
- point 7253 : Territoire de montagne (Chartreuse)

Les graphiques ci-dessous montrent le réchauffement attendu sur les 4 territoires à l'échelle annuelle au cours du XXI^e siècle et pour les 2 scénarios RCP. Le réchauffement est assez semblable pour les différents scénarios sur l'horizon proche (jusqu'en 2040) puis il varie nettement selon le RCP considéré. Sur l'horizon fin de siècle, on attend un réchauffement de





précipitation est assez marquée à tous les horizons.



2.2. Evolution des précipitations

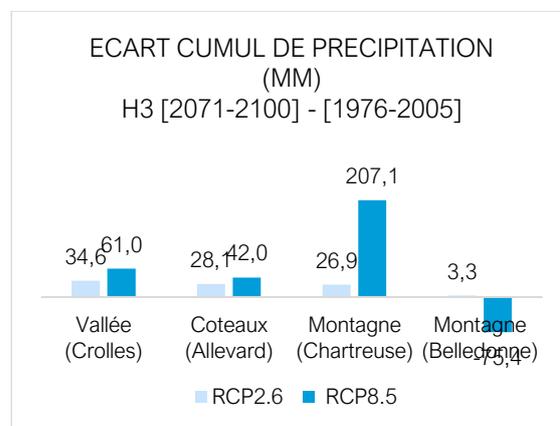
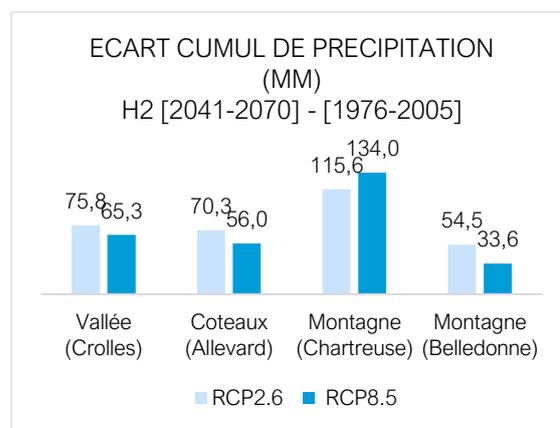
Pour étudier l'évolution des précipitations sur le Grésivaudan, nous utilisons l'indicateur « cumul des précipitations ». Les écarts de cet indicateur, par rapport à la période 1976- 2005, sont examinés via l'écart de moyennes annuelles sur 30 ans (par horizon) pour différents points du territoire :

- point 7682 : Territoire de plaine (Crolles)
- point 7826 : Territoire de vallée (Allevard)
- point 7824 : Territoire de montagne (Belledonne)
- point 7253 : Territoire de montagne (Chartreuse)

La figure ci-dessous montre l'évolution de l'écart relatif du cumul annuel de précipitation (par rapport à la référence 1976-2005) pour les 2 scénarios RCP au cours du XXIe siècle, marquée par d'importantes variations au cours du siècle. On note une hausse des cumuls sur les deux scénarios et deux premiers horizons. Toutefois, DRIAS insiste sur la grande incertitude des modèles.

En scénario RCP2.6, on constate une forte variabilité du cumul annuel, plus marquée sur les zones de montagnes. A horizon lointain, on note une évolution à la baisse du cumul, avec un impact plus fort une nouvelle fois sur les zones de montagnes.

En scénario RCP8.5, on constate que la variabilité spatiale de l'évolution du cumul de



2.3. Evolution des événements extrêmes

2.3.1. Evolution des vagues de chaleur et canicules

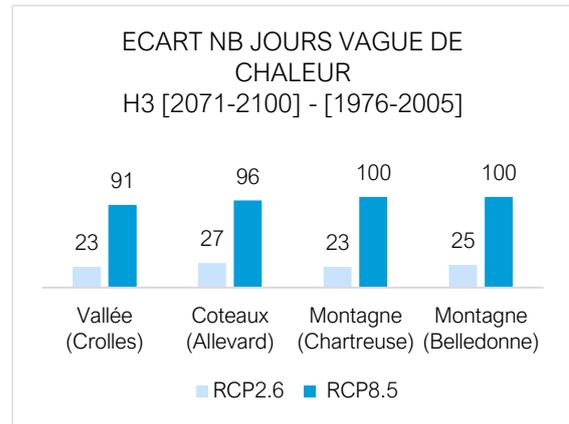
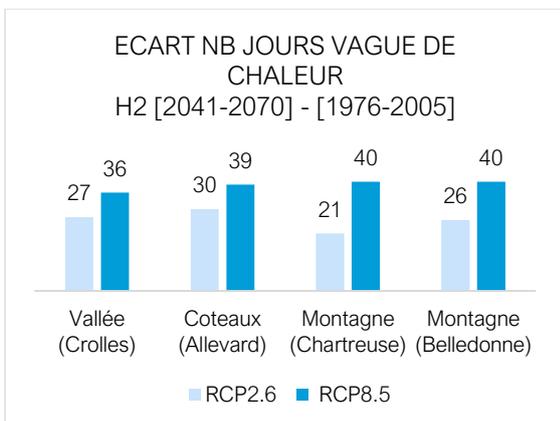
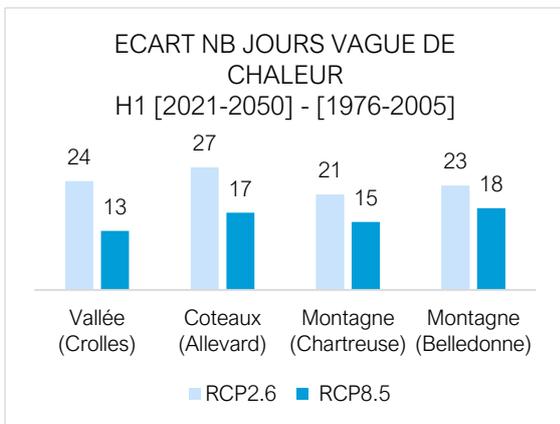
L'analyse de l'évolution des vagues de chaleur et canicules est basée sur deux indicateurs :

- un indicateur représentant l'écart à la référence du nombre de jours des événements anormalement chauds (anomalie de +5 °C) durant plusieurs jours (au moins 5 jours). Pour l'analyse des vagues de chaleur, seule la période estivale est considérée.
- un indicateur représentant l'écart à la référence du nombre de jours de températures nocturnes exceptionnellement chaudes (supérieures à 20 °C), rencontrées lors des épisodes caniculaires.

Vagues de chaleur

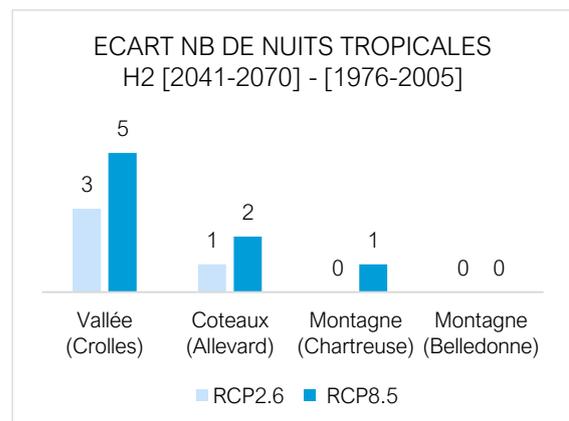
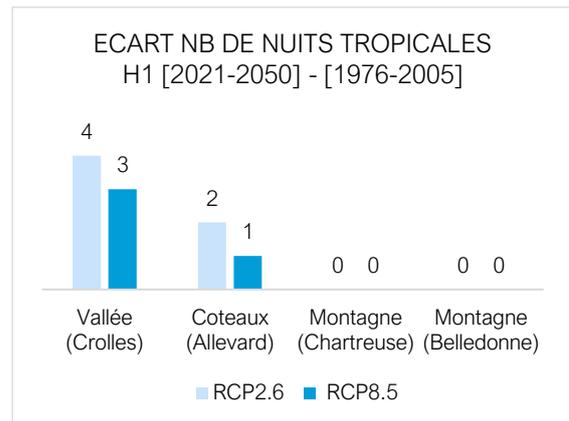
En scénario RCP2.6, l'évolution projetée correspond à une relative stabilisation du nombre de jours de vagues de chaleur estivales tandis qu'en RCP8.5, on constate une augmentation d'un facteur 3 à 8 d'ici la fin du siècle.

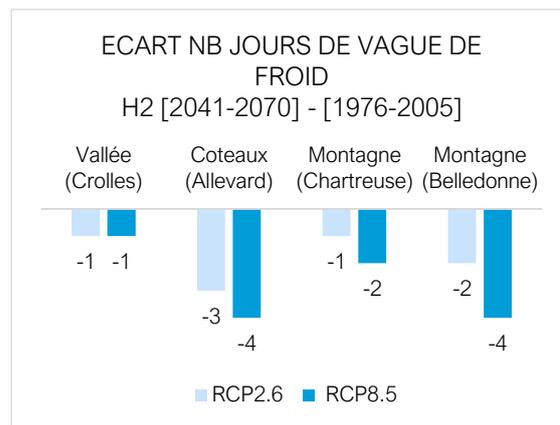
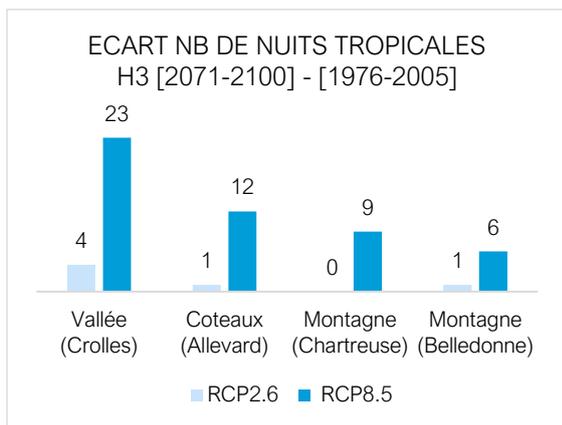
La dynamique d'évolution est quasi similaire entre les 4 zones géographiques étudiées.



Nuits tropicales

En RCP2.6, l'augmentation du nombre de nuits tropicales ne concerne pratiquement que les zones de plaine et de vallée (de l'ordre de 20 jours par an) tandis qu'en scénario RCP8.5, toutes les zones sont touchées.



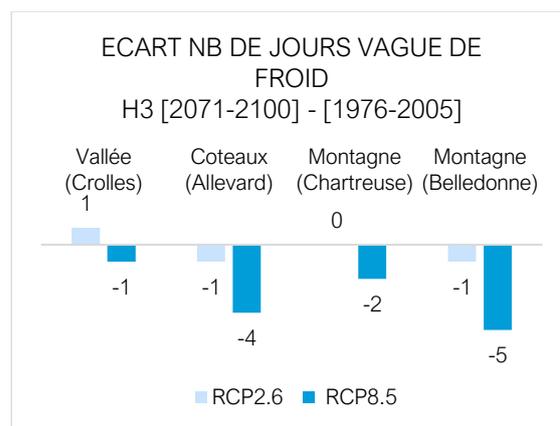


2.3.2. Evolution des vagues de froid et des journées de gel

L'analyse de l'évolution des vagues de froid et des journées de gel est basée sur deux indicateurs :

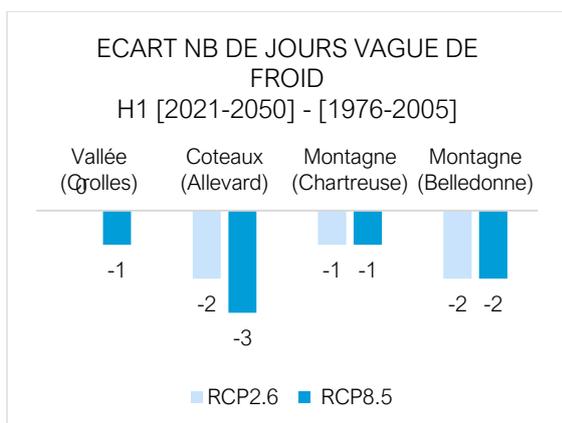
- un indicateur représentant l'écart à la référence du nombre de jours des événements anormalement froids (anomalie de +5 °C) en hiver durant plusieurs jours (au moins 5 jours) ;
- un indicateur représentant l'écart à la référence du nombre de jours de gelées (températures minimales inférieures à 0 °C).

Evolution des vagues de froid

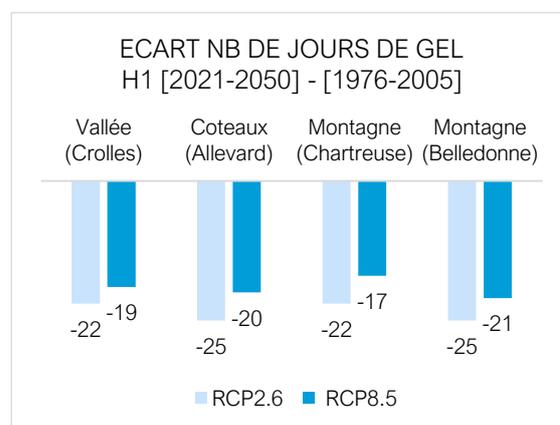


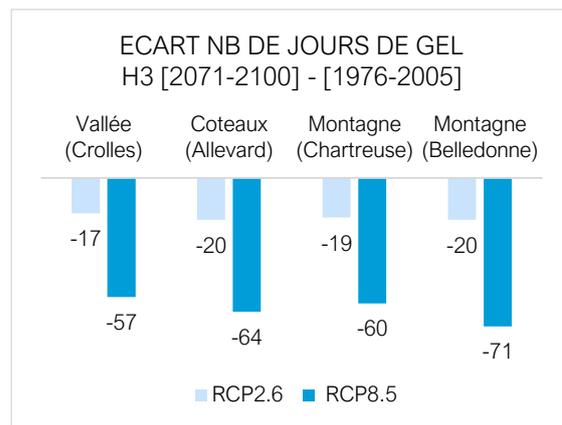
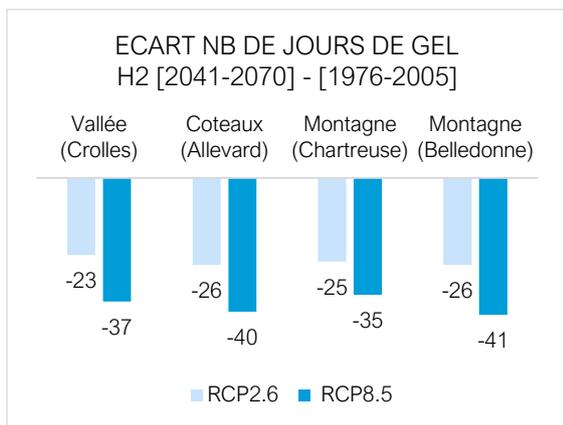
En RCP2.6, le nombre de jours de vague de froid évolue peu dans le temps et ne montre pas de grandes différences selon les zones géographiques.

En RCP8.5, on constate une perte d'environ 4 à 5 jours de vague de froid sur les zones de vallée et de montagne (plus marquée sur Belledonne) à partir du milieu du XXIe siècle.



Evolution des journées de gel





En RCP2.6, la baisse du nombre de jours de gel ralentit en fin de siècle et reste similaire en fonction des zones géographiques.

En RCP8.5, on constate une multiplication par 3 de baisse du nombre de jours de gel sur la période. Les zones de montagne sont globalement plus marquées.

PARTIE 4 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE - *MONTAGNE*

1. ÉVOLUTION DU MANTEAU NEIGEUX

L'analyse des évolutions des températures moyennes annuelles montre que le réchauffement climatique touche deux fois plus rapidement les territoires de montagne que le reste de la métropole. Ce constat s'applique sans exception sur le territoire du Grésivaudan : la température moyenne annuelle a ainsi augmenté en moyenne de 1,7°C depuis 1959 sur le Massif de Chartreuse, contre 1,1°C sur le reste de la France (voir détail [chapitre](#)).

Cette augmentation observée de l'air a notamment engendré un net recul des glaciers, mais aussi du manteau neigeux à toutes les altitudes, à la fois en épaisseur et surtout en durée, avec une perte de près de 40 jours de couverture neigeuse au sol en près de 50 ans.

Dans les Alpes, la limite pluie-neige, qui détermine l'enneigement d'une station, est

passée de 1 200 mètres d'altitude dans les années 1960 à environ 1 500 mètres aujourd'hui.

1.1. Les observations actuelles



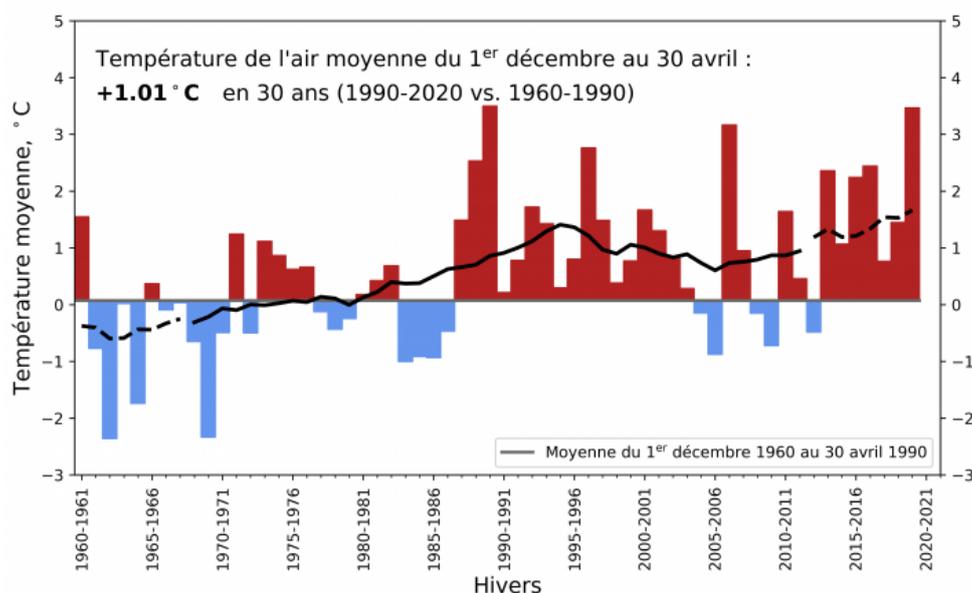
MONTAGNE

- 38 cm

d'enneigement en 30 ans
au Col de Porte

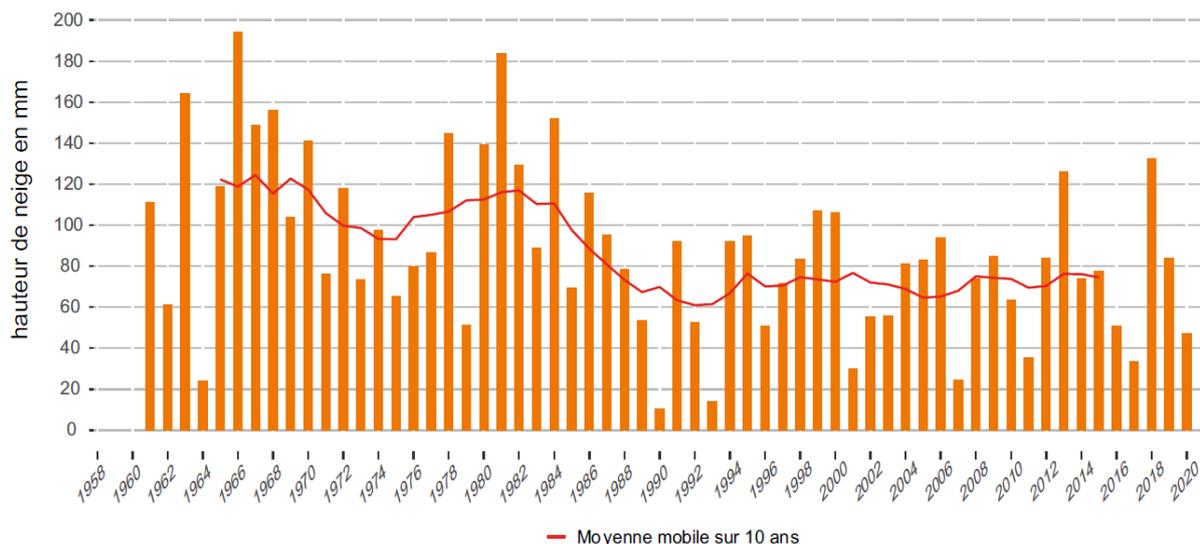
(Source : Météo France – GRAPC)

Évolution de la température de l'air moyenne au Col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1 325m d'altitude, sur la période de 1960 à 2020

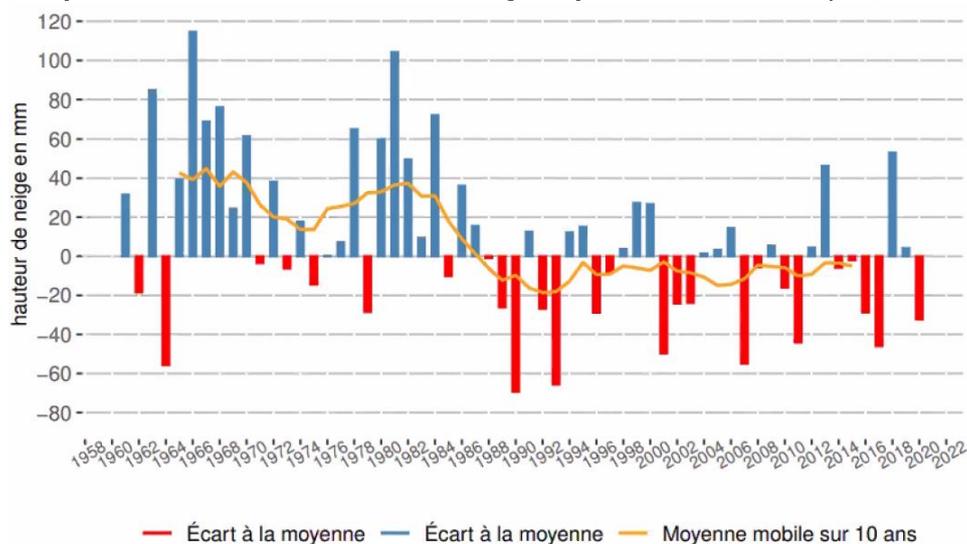


Source : MétéoFrance - Pour les températures, les valeurs annuelles sont indiquées en rouges (respectivement bleues) si elles sont supérieures (respectivement inférieures) à la température moyenne sur la période 1960-1990.

Évolution des hauteurs de neige moyennes au Col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1 325m d'altitude, sur la période de 1960 à 2020



Écart à la moyenne 1981-2010 de la hauteur de neige moyenne à Col de Porte (mm, altitude 1 325 m)



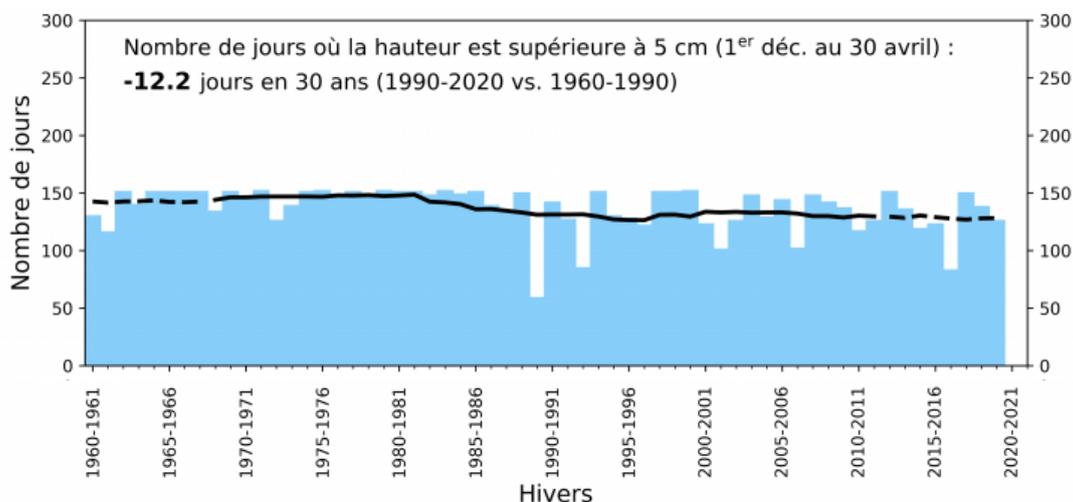
Source : Agate

On observe une hausse de la température de +1,1°C entre la période 1990-2020 et la période 1960-1990 conjointement à une diminution de 37,7 cm du manteau neigeux moyen. Aucune tendance ne peut être mise en évidence en ce qui concerne le cumul de précipitation au cours de la période 1960-2020 ; ceci semble indiquer un lien direct entre la hausse de la température moyenne induisant une remontée de la limite pluie-neige et la diminution de l'enneigement constatée sur la même période.

Les graphiques ci-dessous montrent l'évolution de la durée d'enneigement au-dessus des seuils de 5, 30 et de 100 cm, au Col de Porte, dans le massif de la Chartreuse à 1325 mètres d'altitude.

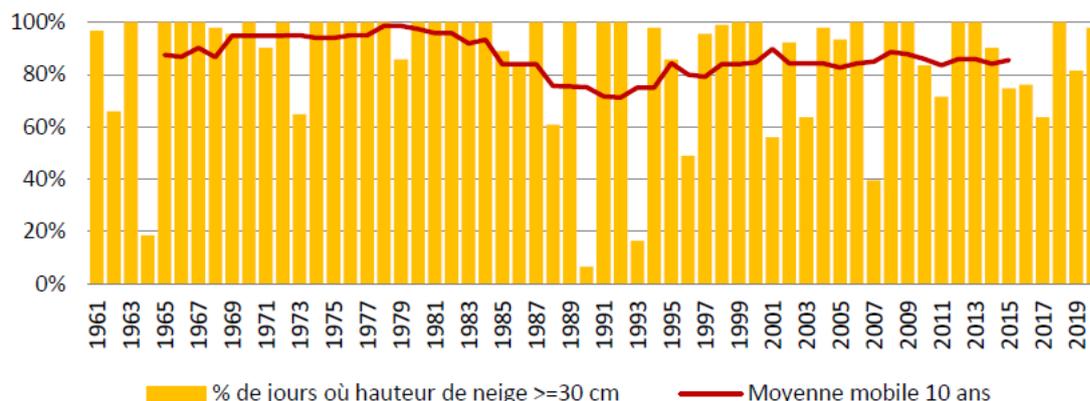
La durée d'enneigement correspond au nombre de jour du 1^{er} décembre au 30 avril avec une hauteur de neige supérieure à un seuil (5, 30 ou 100 cm).

Évolution de l'enneigement, au Col de Porte, sur la période de 1960 à 2020. *Valeurs annuelles et valeurs glissantes sur 15 ans.*



Sur la période 1990/2020, le nombre de jours où la hauteur est supérieure à 5 cm a baissé de 12,2 par rapport à 1960-1990 soit de 4 jours tous les 10 ans.

Pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la saison hivernale (20 dec – 20 mars), au Col de Porte. *Valeurs annuelles et valeurs glissantes sur 10 ans.*

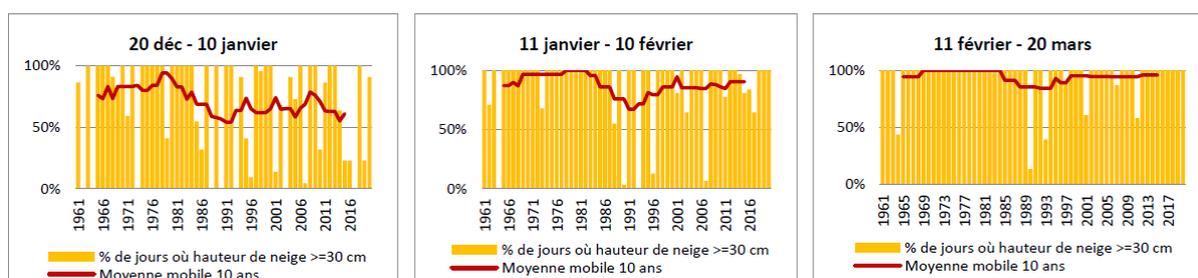


Source : ORCAE

Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm diminue en moyenne de 4 % entre 1961/1990 et 1991/2020, ce qui n'est pas significatif. Au-dessus de 30 cm, le niveau d'enneigement est considéré comme viable pour de la pratique d'activités hivernales (ski).

Sur cette station de mesure, l'enneigement est abondant, en durée et en quantité : 97 % des hivers peuvent être considérés comme très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période). La comparaison avec les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période) n'est donc pas pertinente.

Evolution des conditions d'enneigement naturel par sous-saison



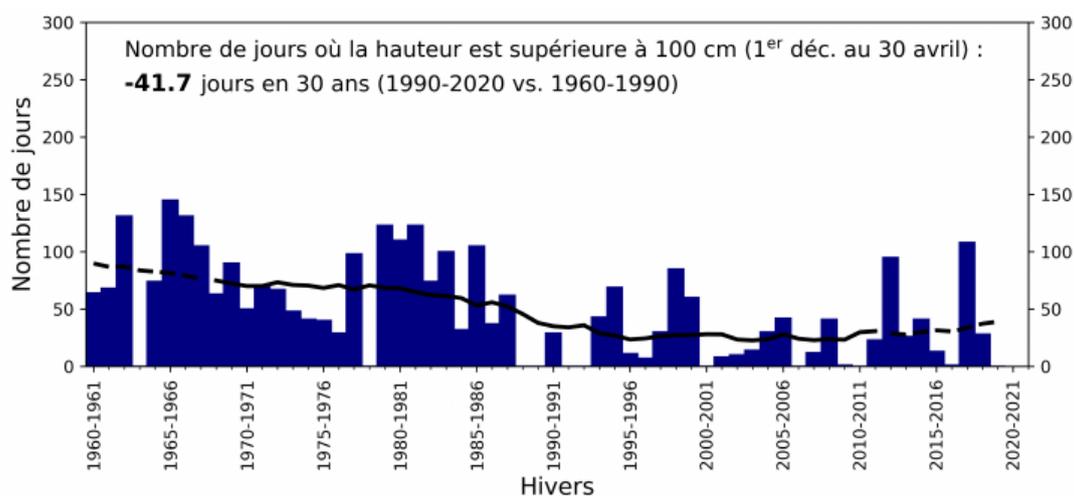
Source : ORCAE

Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.

C'est en début de saison, soit sur la période du 20 décembre au 10 janvier que la baisse de

l'enneigement se fait le plus sentir : la baisse du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1961/1990 et 1991/2020 est en moyenne de 14 % sur cette période.

Évolution de l'enneigement, au Col de Porte. Valeurs annuelles et valeurs glissantes sur 15 ans.



La hauteur de neige n'a ainsi dépassé qu'une fois les 1 mètres depuis le milieu des années 1980, alors que cette valeur était atteinte trois ou quatre fois par décennie auparavant. La durée d'enneigement a également diminué de manière continue depuis les années 1960.

1.2. Les observations futures

Alors que le cumul moyen annuel des précipitations ne devrait pas beaucoup évoluer au cours du XXI^e siècle, notamment en hiver, les modèles climatiques de DRIAS prévoient une augmentation significative des températures de

l'air de 1,4 à 2,5°C en moyenne sur le territoire du Grésivaudan d'ici les 30 prochaines années.

Ce réchauffement devrait engendrer une réduction des précipitations neigeuses sur l'ensemble des Alpes, plus limitée à haute altitude mais pouvant atteindre plus de 80 % dans certaines zones de basse altitude ainsi qu'une augmentation de la quantité de neige humide par rapport à la neige sèche, surtout au printemps.

En effet, les experts considèrent une remontée de l'ordre de 150 m à 200 m de la limite pluie/neige pour chaque degré supplémentaire.

Cette tendance d'évolution risque d'amoinrir la fiabilité d'enneigement des stations du territoire

du Grésivaudan et de modifier de près ou de loin la pratique de certaines activités skiabiles.

2. IMPACTS SUR LES ACTIVITES DU TERRITOIRE

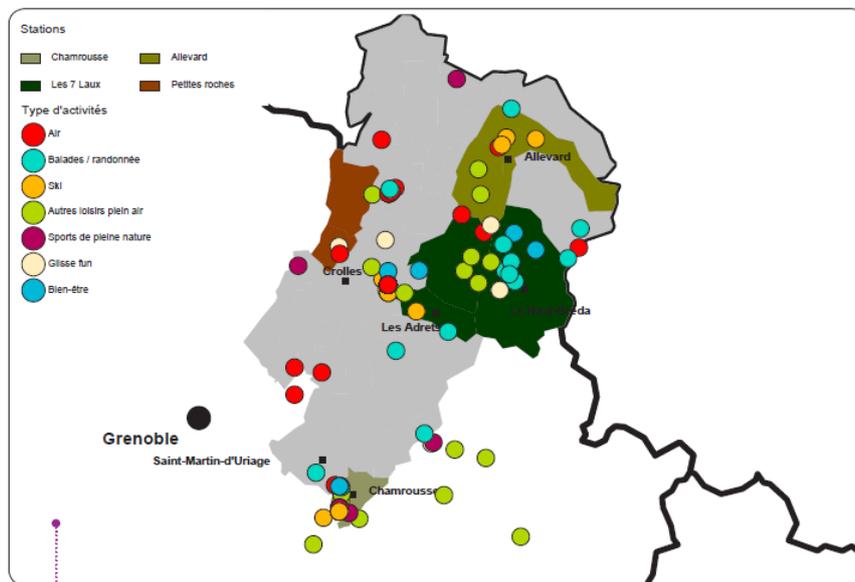
La Communauté de Communes Le Grésivaudan est un territoire situé à la jonction du massif de la Chartreuse et de la chaîne de Belledonne, réunis par la vallée du Grésivaudan.

De par sa situation géographique et son relief, le territoire du Grésivaudan fait état d'un tourisme très tourné vers le plein air et le plein nature.

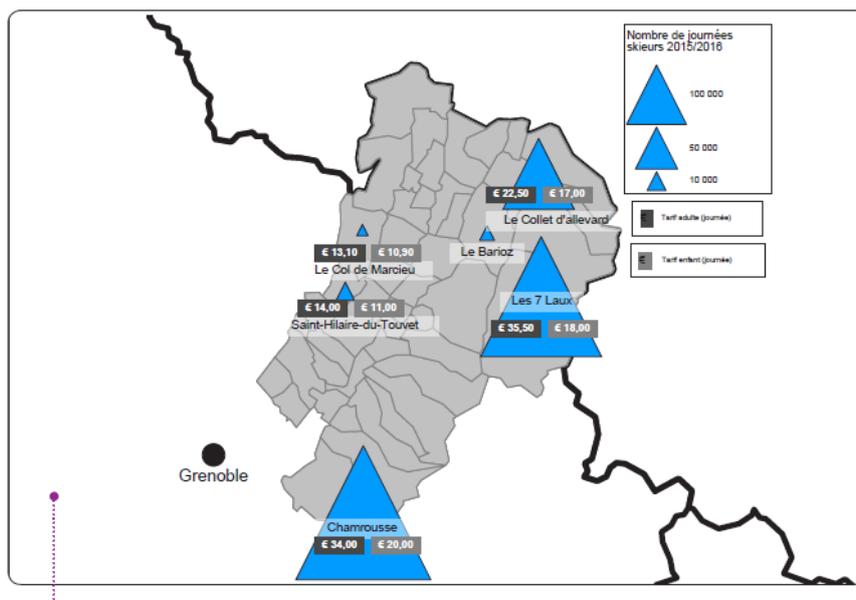
La Communauté de communes du Grésivaudan compte 4 stations de sports d'hiver et 3 domaines nordiques sur son territoire avec une

prédominance de Chamrousse et Les 7 Laux. Elles génèrent chacune plus de 9 millions de CA remontées mécaniques/an.

L'activité économique touristique représente 1800 ETP (400 000 millions d'euros générés par les emplois directs, indirects et induits). L'économie touristique montagnarde du territoire est basée sur un système principalement hivernal : les saisons d'hiver représentent 56 % de l'économie touristique du territoire.



RÉPARTITION DE L'OFFRE EN ACTIVITÉS DE LOISIRS ET SPORTIVES



FRÉQUENTATION ET TARIFICATION DES STATIONS DE SPORTS D'HIVER

Source : CC Le Grésivaudan

Une spécificité des stations du Grésivaudan est leur proximité directe de grandes agglomérations (Grenoble, Chambéry, Lyon). Cette proximité génère une situation particulière :

- la part de journée skieur est beaucoup plus importante que dans les stations plus éloignées où le séjour type reste à la semaine (60 à 65 % de leur CA contre 30 % pour les séjours) ;
- la pratique et la fréquentation des sites de Belledonne et de Chartreuse sont très météo-dépendantes.

Par ailleurs, la fluctuation de l'enneigement rend ces stations également fortement dépendantes de la neige de culture pour le retour en bas de station.

Ces tendances ont des répercussions beaucoup plus marquées sur les zones de montagne, que ce soit d'un point de vue économique, ou sur la biodiversité, et montre le caractère systémique des enjeux :

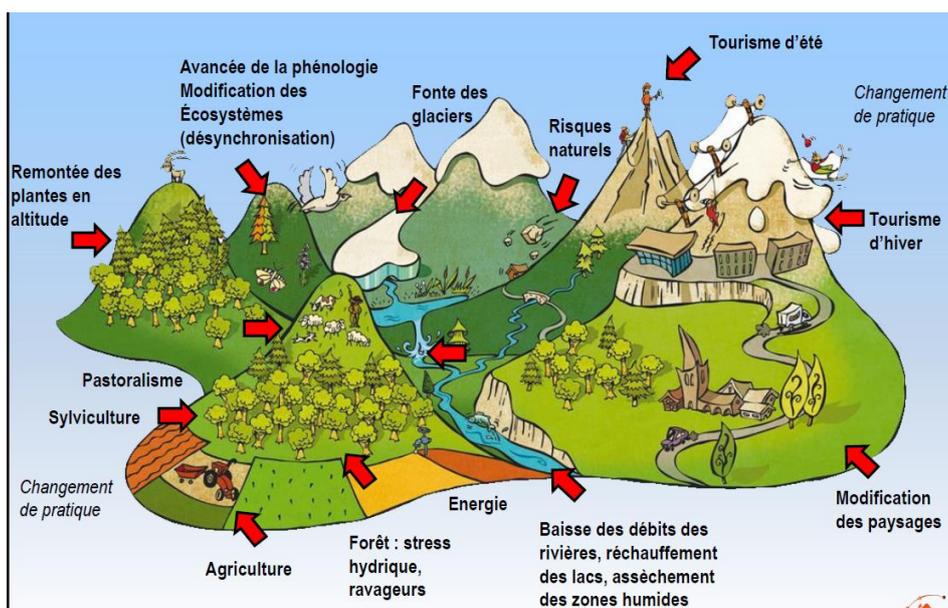
- Modifications des régimes des cours d'eau avec plus d'assèchement en été ;
- Modification des pratiques agricoles, de la biodiversité et donc des paysages ;
- Augmentation des risques naturels : éboulements, chutes de séracs, crues ;
- Impacts sur les activités de loisirs et de tourisme hivernales et estivales ;
- ...

2.1. Une vision systémique des impacts

Pour rappel, l'analyse des évolutions climatiques du territoire du Grésivaudan a rendu possible les constats suivants :

- Augmentation de la température ;
- Modifications des régimes des pluies, avec des sécheresses plus affirmées en été ;
- Diminution de la couverture neigeuse.

Schéma des impacts montagne et risques croisés



Source : Christophe Chaix

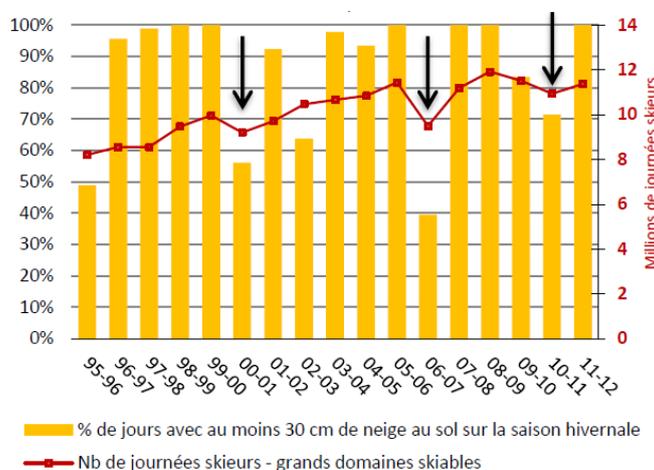
2.1.1. Les impacts sur le tourisme hivernal

L'influence du changement climatique et notamment de la fonte rapide du manteau neigeux sur les activités économiques humaines telles que le tourisme hivernal est un phénomène complexe et encore assez mal connu de nos jours. Selon les données de l'ORCAE, une relation

significative existe entre la variation de l'épaisseur du manteau neigeux et celle de la durée des séjours des touristes pour les stations de basse et moyenne altitude : **plus l'enneigement naturel moyen est faible et plus la durée des séjours est courte**. Ce constat prévaut déjà pour les stations du Grésivaudan mais la baisse progressive du manteau neigeux et donc de la fiabilité de l'enneigement, risque d'augmenter ce phénomène.

Enneigement dans la tranche d'altitude des moyennes et grandes stations de ski et journées-skieurs des grandes stations

(station de référence = Chartreuse – 1 325 m, exposition nord)



Source : ORCAE

Il a été calculé qu'une **diminution de 10 % de l'épaisseur de la couverture neigeuse ne réduit que d'environ 1 % le nombre de nuitées**, essentiellement grâce à la compensation permise par l'enneigement artificiel.

Afin d'établir la viabilité actuelle et future d'une station de ski par rapport à son enneigement, un principe appelé « règle des 100 jours » a été internationalement admis et stipule qu'une station est viable si au cours d'un hiver, un enneigement damé minimal de 20 cm (avec ou sans neige de culture) est observé pendant au moins 100 jours aux altitudes intermédiaires de la station, et si cela se retrouve au minimum 7 hivers sur 10.

Cette viabilité risque d'être mise à rude épreuve avec le réchauffement climatique annoncé et la réduction progressive de l'épaisseur tout comme de la durée moyenne du manteau neigeux lors des prochaines décennies. L'évolution des conditions d'enneigement naturel sera à l'échéance de quelques années surtout gouvernée par la forte variabilité des conditions météorologiques d'une saison à l'autre.

Ainsi, une augmentation de la température de l'air de 2°C pourrait ainsi diminuer d'environ 25 % le nombre de stations de ski possédant un enneigement naturel moyen satisfaisant en hiver afin d'assurer l'ouverture de leur domaine, voire près de 50 % des stations en cas d'augmentation de 4°C de la température de l'air. Les stations de Chamrousse et des 7 Laux font partie de ces stations particulièrement vulnérables².

La neige artificielle supplémentaire ne pourra pas totalement compenser les effets du réchauffement climatique, dans le sens où l'augmentation des températures de l'air au-delà de 2°C ne permettra probablement plus de fabriquer cette neige en quantité suffisante et donc assurer une durée d'enneigement satisfaisante pour l'activité des stations de sports d'hiver de basse et moyenne altitude, surtout pour celles se situant en-dessous de 1600 m.

En effet, on note une baisse moyenne d'environ 22 % du nombre de jours de froid (température inférieure à 2°C) sur la période du 20 décembre

au 10 janvier entre 1961/1990 et 1991/2020. Or, c'est justement à cette période que les besoins en neige de culture ont été les plus importants jusqu'à présent.

Toutefois, en 2018, le Centre d'études de la Neige (qui regroupe Météo-France et CNRS) et l'IRSTEA Grenoble ont réalisé une étude scientifique pour quantifier précisément l'efficacité de la production de neige de culture actuelle sur les 23 stations iséroises. L'étude fait ressortir les conclusions suivantes :

- La part des surfaces des domaines skiables équipés pour la production de neige de culture dans l'Isère va passer de 27 % en 2017 à 42 % en 2025 ;
- Sans neige de culture, l'indice de viabilité de l'enneigement pour les 10 % des pires saisons diminuera fortement : 49 % entre 2001 et 2016 contre 29 % en 2050 ;
- La production de neige de culture avec les équipements envisagés d'ici 2025 stabilisera, à l'échéance 2050, les 10 % des pires saisons d'enneigement sur des valeurs comparables à celles d'aujourd'hui (58 %) ;
- L'utilisation de la neige de culture permettra de conserver en 2050 un indice médian de 75 % équivalent à celui actuel sans neige de culture ;
- Globalement, à l'échelle de l'Isère, les équipements en neige de culture envisagés d'ici 2025 permettraient de maintenir un niveau d'enneigement des domaines skiables en 2050 similaire à celui d'aujourd'hui.

² Source : ClimAlpTour

Evolution de l'indice de viabilité de l'enneigement pour 2050, sur les stations iséroises

Période : 2001 - 2016						Période future (autour de 2050)					
Sans neige de culture			Avec production de neige de culture			Sans neige de culture			Avec production de neige de culture		
Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)		
Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison
49	75	93	57	79	94	29	60	86	58	75	90

Source : IRSTEA – Météo France CNRS, Centre d'Etude de la Neige

L'étude insiste néanmoins sur le fait que les impacts demeurent très variables en fonction des stations (évolution du niveau d'enneigement naturel et capacité de compensation par la neige de culture).

Les besoins en production de neige de culture pourront avoir un **impact sur la demande en eau**. Celle-ci a en effet été multipliée par 3 entre les débuts des années 2000 et aujourd'hui à l'échelle départementale et augmenter de 50 % d'ici 2025. La demande se concentre en amont de la saison (environ 70 % en novembre), quel que soit l'enneigement à venir, en prévention/préparation de la saison plus qu'en compensation d'un manque de neige en cours de saison.

Avec les projets en cours, la capacité de stockage d'altitude serait multipliée (extension ou création) par 2 entre 2017 et 2025.

Ainsi, à surface constante de pistes équipées d'enneigeurs, l'évolution moyenne de la demande en eau induite par le changement climatique est de l'ordre de 15 % sur les stations iséroises. Actuellement, et sur les années à venir, il y a peu de réels conflits d'usage sur la ressource en eau sur le département de l'Isère.

Les stations du Grésivaudan sont susceptibles de particulièrement souffrir de la réduction de l'enneigement, avec toutes les répercussions que cela peut entraîner sur l'économie locale. C'est pour cela que celles-ci prévoient de mobiliser une partie de leurs investissements à venir sur de la neige de culture.

Par ailleurs, au-delà des activités hivernales, les évolutions des indices climatiques peuvent impacter d'autres activités de montagne :

- Les activités nautiques comme le canyoning, des régimes des cours d'eau.
- La randonnée ou la pratique du VTT seront plus vulnérables face aux risques naturels.

2.1.2. Les impacts sur la végétation

La disparition progressive observée et envisagée de la couverture neigeuse en hiver et au printemps ne porte pas atteinte qu'au tourisme hivernal dans les stations de sports d'hiver, mais aussi à l'approvisionnement général et la distribution des ressources en eau, ou encore à l'ensemble des écosystèmes d'altitude adaptés à cette présence de neige régulière.

En effet, les relations entre le manteau neigeux et la végétation sont très étroites. Le démarrage de la croissance de la végétation alpine au printemps est intimement lié aux paramètres climatiques. Il existe une relation directe entre le réveil de la végétation et la fonte de la neige, les températures de l'air et les températures du sol.

Lorsque le manteau neigeux disparaît, après un délai d'environ 15 jours calculé grâce à des algorithmes dédiés (accumulation de 100 degrés jours), la végétation démarre. Quand la fonte des neiges est plus précoce, donc à une période plus froide de l'année, ce délai tend à augmenter. Les plantes ont alors besoin de plus de temps pour

accumuler des 100 degrés jours nécessaires à leur développement.

Autre challenge pour les plantes : plus la neige fond tôt, plus le risque d'exposition des plantes alpines au gel tardif lors de leur période de vulnérabilité (au moment de leur démarrage) est important et peut mettre en danger la plante. Néanmoins, le risque reste inchangé depuis

1970, cette fois grâce au réchauffement climatique : l'augmentation des températures pendant la même période a compensé en partie l'exposition au gel tardif.

Sur les zones de montagne du Grésivaudan, des impacts ont d'ores et déjà pu être observés sur les essences forestières locales (voir chapitre [suivant](#)).

2.1.3. Niveau de vulnérabilité climatique

Thématiques	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Activités montagnes	Augmentation des températures de l'air	3	3	6
	Evolution du régime de précipitations	0	2	2
	Erosion, diminution de l'enneigement	3	3	6
	Température extrême : chaleur	1	3	4
	Température extrême : froid	3	3	6
	Indice de vulnérabilité climatique			24

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Baisse de la couverture neigeuse notamment en début de saison - Baisse de la fiabilité d'enneigement naturel des stations Chamrousse et 7 Laux - Baisse du nombre de journées-skieurs sur les périodes à faible enneigement - Augmentation de la demande en eau x3 pour de la production de neige de culture 	<ul style="list-style-type: none"> - projets de développement durable des stations communautaires du Grésivaudan - investissement les capacités de production de neige de culture - extension ou création d'équipements de stockage d'eau d'altitude 	<ul style="list-style-type: none"> - baisse du nombre de journées de froid consécutives (<2°C) permettant la production de neige de culture - indice de viabilité de l'enneigement stabilisé grâce à la production de neige de culture - hausse des besoins en eau pour la neige de culture mais générant peu de conflit d'usage

PARTIE 5 :
IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE – *EAU ET*
BIODIVERSITE

1. LA RESSOURCE EN EAU

1.1. Etat de la ressource en eau

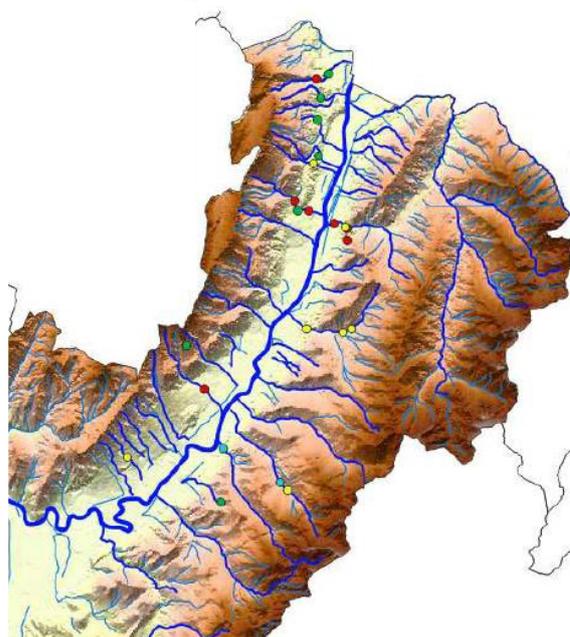
1.1.1. Le réseau hydrique du Grésivaudan

Le Grésivaudan se caractérise par un environnement hydrologique composé :

- D'un environnement de plaine alluviale (nappe des alluvions de l'Isère) ;
- D'un massif karstique de Chartreuse ;
- De la nappe du Bréda au niveau de Pontcharra ;
- D'un massif métamorphique de Belledonne.

Le territoire est sous l'influence de deux régimes hydrologiques, principalement caractérisés par un régime pluvial sur la majeure partie du territoire et par un régime nival sur le versant de Belledonne, du fait qu'une partie des précipitations en altitude se fait sous forme de neige.

Le territoire se compose de plus de 45 torrents principaux, affluents de l'Isère qui constituent sa richesse mais caractérisent aussi sa vulnérabilité du fait des régimes d'écoulement de l'eau (régime torrentiel).



Source : SYMBHI

Le territoire dispose d'une importante ressource en eau, notamment souterraine (nappe alluviale, aquifère de Belledonne, nappe du Bréda), même si 40 % de l'alimentation en eau potable (AEP) provient de la région grenobloise (dépendance de l'AEP avec le SIERG). Le reste de la ressource en eau provient directement du territoire (45 % du massif de Belledonne et 15 % du massif de Chartreuse).

Les régimes hydrologiques des sources et des cours d'eau sont directement liés aux régimes des précipitations auxquels il faut soustraire l'évaporation et l'évapotranspiration (variant selon la température). La pluviométrie moyenne dans le Grésivaudan est de l'ordre de 1100 mm/an. Celle-ci augmente rapidement sur les reliefs, et atteint des maxima dépassant 2 000 mm/an au sein des massifs de Chartreuse et Belledonne.

La période de hautes eaux correspond aux mois de mai et juin, celle de basses eaux aux mois d'hiver bien que des étiages persistent parfois jusqu'au printemps (suivant les années). Des crues marquées mais brèves apparaissent parfois en novembre et décembre. Suivant un profil en long, la pente de l'Isère présente une

moyenne légèrement supérieure à 1‰ en Grenoble et Aiton.

La nappe des alluvions de l'Isère est une nappe de type « superficielle » car elle est interceptée à moins de 10 m de profondeur, et constitue le plus souvent le 1^{er} aquifère rencontré depuis la surface lors d'un forage.

1.1.2. Le bilan des besoins-ressources actuels

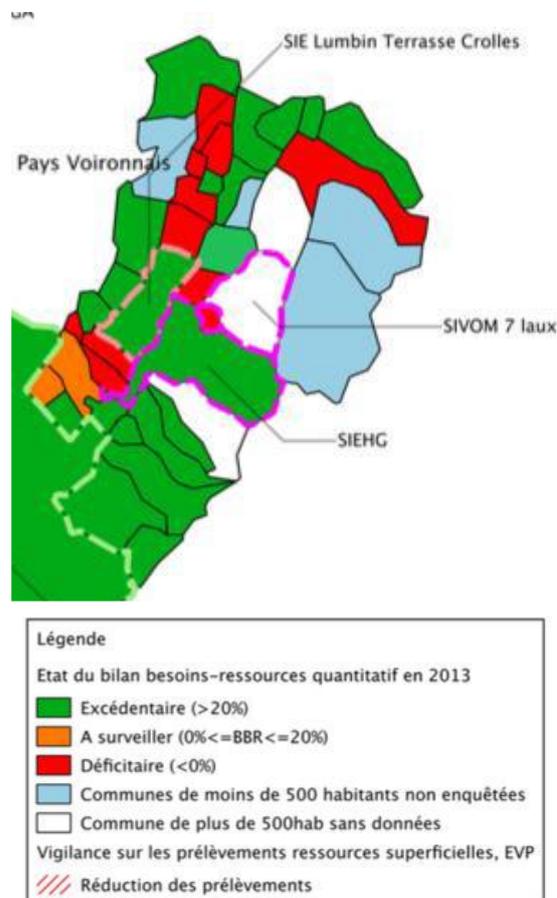
Les besoins en approvisionnement en eau est localement variable sur le territoire du Grésivaudan.

La consommation moyenne dans le Grésivaudan est de 44 m³/hab/an. La part agricole est jugée « peu importante » et « ne concerne que l'abreuvement du bétail ». Par contre, certaines collectivités ont des consommations industrielles « significatives » (>50 000 m³ en 2014) : Bernin, où se trouve Soitec (800 000 à 1 million de m³/an) et Crolles, où se situent ST Microelectronics (2,7 millions de m³/an) et Teissiere (138 642 m³/an). Ainsi, sur les 10 000 000 m³ d'eau consommés chaque année par le territoire, 4 500 000 de m³ sont consommés par les industriels.

Afin de mieux comprendre les enjeux sur la gestion globale de la ressource en eau croisés avec les enjeux des territoires sur le périmètre du SCoT, la Communauté de l'Eau³ a lancé en 2015 une actualisation du plan de sécurisation d'alimentation en eau potable et les conclusions du bilan besoins-ressources sur l'année de référence 2013.

Le bilan besoins-ressources est obtenu en confrontant le débit en période d'étiage des ressources et la consommation de pointe des abonnés.

Etat du bilan besoins-ressources quantitatif en 2013 – Capacité de production des captages et besoins en eau potable



Source : Communauté de l'Eau potable, 2017

Selon les résultats de l'étude, en 2013, 11 communes du Grésivaudan avaient une marge inférieure à 20 % ou un bilan plutôt déficitaire. 4 communes (Venon, Ste-Marie-du-Mont, La Flachère et La Buisnière) ont connu des « manques d'eau par le passé ». Toutefois, ces bilans déficitaires ne sont pas dus à un manque d'eau en termes de volume, mais à un problème technique qui est la capacité à distribuer l'eau dans un territoire montagnard où l'habitat est très dispersé.

L'absence d'études sur les volumes prélevables sur le territoire du Grésivaudan ne permet pas de valider ces résultats. Les études volumes prélevables ont vocation à alerter sur une vision globale de la gestion de la ressource en prenant

³ La communauté de l'eau potable a été créée en 2007 pour mettre en place une nouvelle forme de gouvernance dans le

cadre de l'établissement public du SCoT, avec deux objectifs principaux : la sécurisation AEP et une réflexion sur le prix de l'eau.

en compte l'ensemble des prélèvements effectués sur une même ressource et les besoins du milieu.

Sur le territoire du Grésivaudan, il faut donc garder en mémoire que même si le bilan besoins-ressources est excédentaire vis-à-vis des capacités de production actuelle, il convient de prendre en compte la disponibilité de la ressource.

1.2. Les impacts sur la ressource en eau

L'évolution d'une ressource en eau est la résultante de nombreux facteurs : pluviométrie, température, typologie de pluie, type de ressource en eau, localisation de la ressource, occupation du sol, ...

Par ailleurs, la nature de la ressource (souterraine ou superficielle), le type de ressource souterraine (type de nappe, nature de l'écoulement dans la nappe, profondeur ...) sont également des facteurs à considérer pour évaluer le lien entre évolution climatique de surface et ressources souterraines.

La multitude de facteurs climatique, hydraulique, géographique impactant la disponibilité d'une ressource en eau rend le lien entre hausse des températures et évolution de la ressource en eau très complexe à identifier et quantifier.

Cependant, le constat partagé par les acteurs et gestionnaires de terrain est que les périodes de sécheresse des ressources en eau sont plus tôt dans l'année et durent plus longtemps.

1.2.1. Evolution du Besoin-Ressource à 2030 et 2050

L'analyse des évolutions des indices climatiques depuis ces 60 dernières années (hausse des températures et stabilisation du volume de précipitations) n'ont à ce jour pas eu d'incidence directe et visible sur la ressource en eau du territoire du Grésivaudan, que ce soit en termes de quantité ou de qualité.

Selon le schéma départemental d'irrigation de la ressource en eau, compte tenu de la présence de la nappe alluviale de l'Isère, le territoire du

Grésivaudan est peu sensible aux problèmes de sécheresse. Il est néanmoins concerné ponctuellement par l'irrigation pour le maraîchage, et très rarement pour le maïs. Cette irrigation est principalement faite à partir du pompage dans la nappe alluviale.

Malgré une abondante présence de l'eau sur le territoire, ce dernier a connu plusieurs situations d'étiages assez sévères notamment en 2003, ayant des conséquences directement sur l'approvisionnement en eau de communes (en captage direct).

L'évolution future des besoins en eau dépend de plusieurs facteurs d'origine démographique, économique, technique ou encore climatique. Ce dernier peut surtout influencer sur le niveau de la disponibilité de la ressource eau potable. Il peut avoir un effet sur les capacités de production des ressources notamment en période d'étiage.

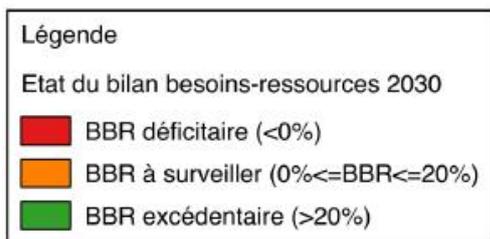
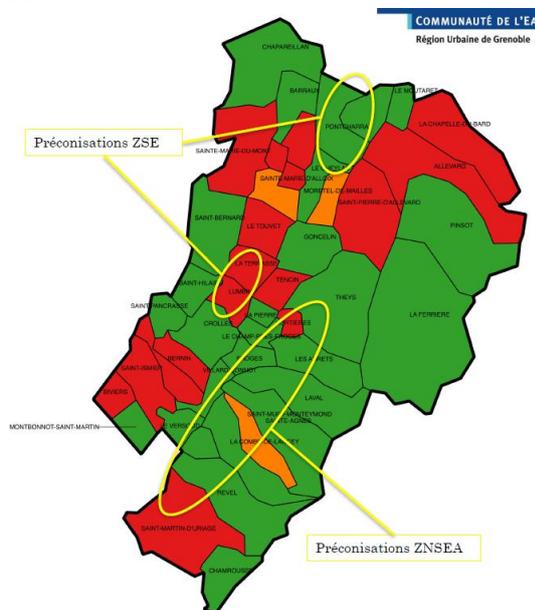
Dans les années à venir, les tendances d'évolution des cumuls de précipitations ne sont pas significatives et les incertitudes très grandes pour le Grésivaudan (voir chapitre [suivant](#)). Toutefois, couplée à une poursuite de la hausse des températures, le territoire risque de rencontrer des conditions asséchantes plus régulières qui pourront à terme générer une pression accrue sur la ressource en eau. Cette situation serait la plus fréquente en période printanière et estivale.

Dans le cadre du plan de sécurisation de l'alimentation en eau potable de la région urbaine grenobloise, une étude prospective quantitative a été réalisée à horizon 2030 (en lien avec les travaux du SCoT) afin de disposer d'une analyse de l'évolution de la disponibilité de la ressource en eau au regard des projets d'aménagements à venir.

Concernant l'évolution des besoins, l'étude fait ressortir un doublement des besoins journaliers domestiques à l'horizon 2030 sur le territoire du Grésivaudan, et ce, quel que soit les hypothèses retenues.

Concernant l'évolution de la ressource, il est à noter que l'impact du changement climatique n'a pas été retenu comme un critère prépondérant et supposait un maintien des capacités de production des ressources en période d'étiage.

Etat du bilan besoins ressources – Prospectives 2030



Source : Communauté de l'Eau Potable du SCoT de la RUG

Les résultats de l'étude montrent une stabilisation du rapport besoins-ressources à 2030 sur le territoire du Grésivaudan.

Aussi, afin d'affiner les éléments de diagnostics, le Groupe de Travail Adaptation et Eau, du SCoT de la RUG, a proposé l'intégration de 3 scénarios d'évolution des capacités de production en période d'étiage, pour une première approche de l'impact du changement climatique sur la ressource en eau :

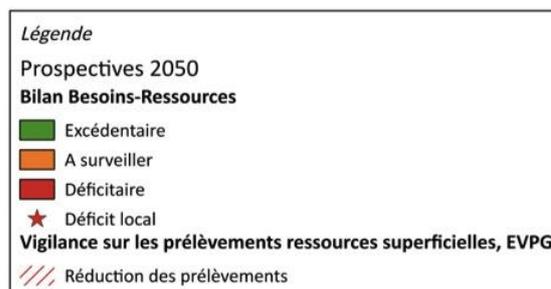
- Baisse de 5 % de capacité de production dans le scénario optimiste ;
- Baisse de 15 % de capacité dans le scénario intermédiaire ;
- Baisse de 25 % pour le scénario pessimiste.

L'objectif de ce travail est avant tout de porter une alerte mais qui doit être confirmée par des retours

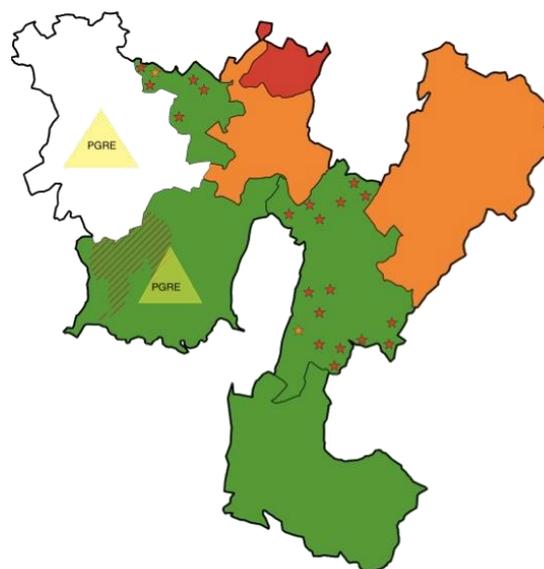
de terrain et une analyse plus fine pour chaque territoire.

Sur le territoire de la CC du Grésivaudan, l'application de ces scénarios à horizon 2050 donnent les résultats suivants :

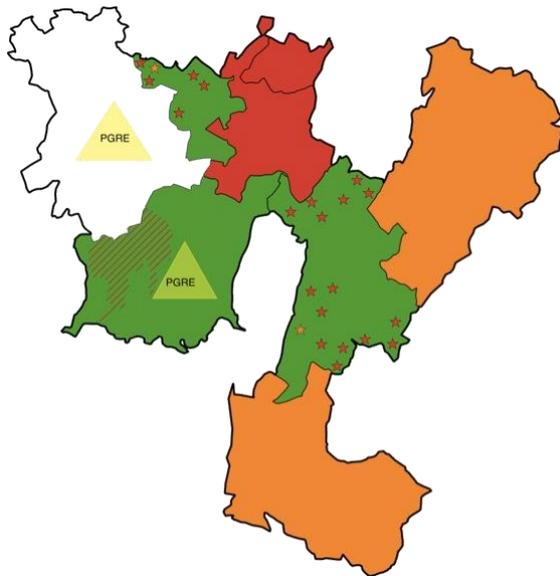
- Un bilan besoins-ressources « à surveiller » dans les scénarios optimiste et intermédiaire
- Un bilan besoins-ressources « déficitaire » dans le scénario pessimiste



Scénario optimiste :



Scénario intermédiaire :

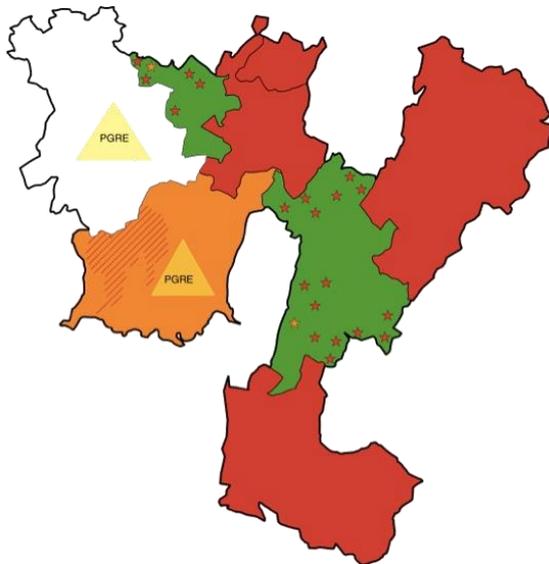


Le Plan de Sécurisation d’Alimentation en Eau Potable prévoit des actions de sécurisation de la ressource entre le Grésivaudan, le SIERG et le SIED.

1.2.2. L’impact de la production de neige de culture sur la ressource en eau

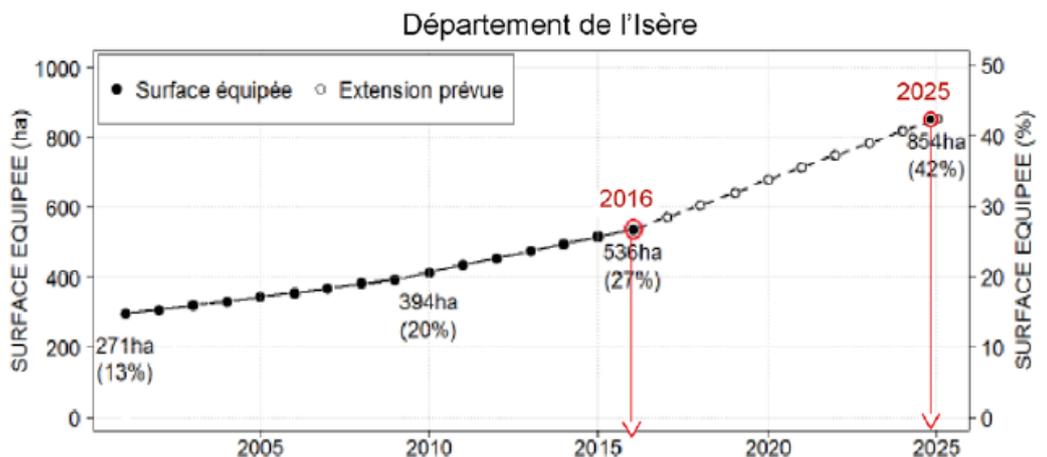
Sur les massifs de Belledonne et Chartreuse, l’élévation des températures moyennes annuelles auront également des impacts sur **les besoins en matière de production de neige de culture** afin de garantir la viabilité des stations de moyennes et hautes montagnes. Dans ce cadre-là, le département de l’Isère a réalisé **une étude sur les perspectives d’enneigement et des impacts sur les stations iséroises à horizon 2025 et 2050**. Cette étude a notamment permis d’évaluer **l’impact de la production de neige de culture sur la ressource en eau à horizon 2025 et 2050** (étude réalisée par Natura Scop).

Scénario pessimiste :



La production de 2 m³ de neige nécessite la consommation de 1 m³ d’eau. De nombreux ouvrages de retenue d’altitudes ont été construits ces dernières années afin de s’approvisionner en eau (65 % des besoins couverts sur le département de l’Isère).

A 2050, l’étude évalue à environ 42 % de la surface des domaines skiables isérois équipés en production de neige de culture.



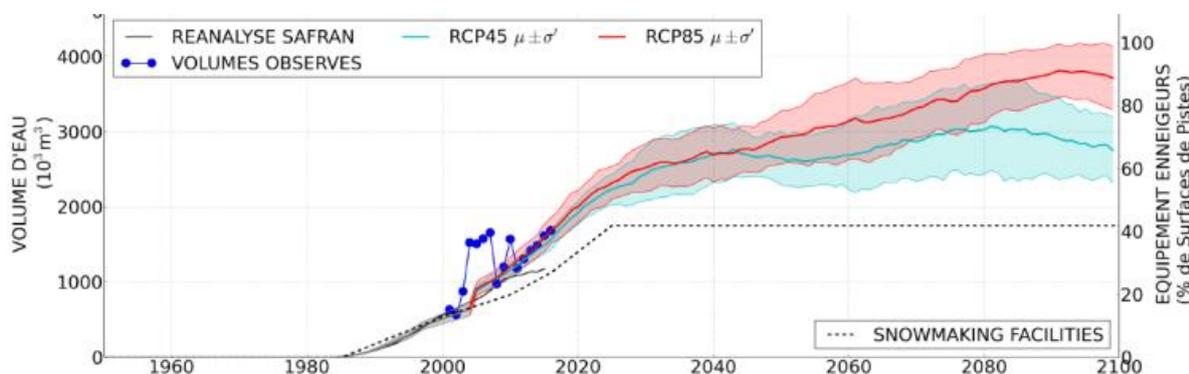
Source : IRSTEA – Météo France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

On constate également une mutation dans la logique d'équipement. Si hier, les principaux investissements visaient à sécuriser le front de neige sur les secteurs en basse altitude, aujourd'hui et demain, on constate qu'ils visent davantage à fiabiliser les « axes structurants » de haut en bas et des liaisons entre ces axes.

Ainsi, on s'attend à un facteur multiplicateur compris entre 2,5 et 3 pour le besoin de la ressource en eau entre 2001 et 2025 avec des besoins variant d'un massif à l'autre :

- +/- 15 % sur Belledonne
- +/- 20 % sur la Chartreuse

Simulation du volume d'eau pour la production de neige de culture pour l'ensemble des stations de l'Isère



2017		2025		2050 (Climat RCP 4.5/équipement 2025)	
Besoin sur la saison (m³)	Capacité stockage (m³)	Besoin sur la saison (m³)	Capacité stockage (m³)	Besoin sur la saison (m³)	Capacité stockage (m³)
2 112 300	718 480	3 001 000	1 403 680	3 411 940	1 403 680

Source : IRSTEA – Météo France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Cette augmentation des besoins pourra être supportée par l'évolution des régimes hydrologiques provoqués par le réchauffement climatique :

- Pic de fonte nivale au printemps moins marqué et plus précoce ;
- Plus de pluie à la place de la neige ;

- Fonte plus importante du manteau neigeux.

La ressource en eau en période hivernale pourrait augmenter de 30 à 100 % selon les bassins.

Globalement, à échéance 2050, et sur la base des surfaces équipées à horizon 2025, l'adéquation ressource-besoin ne devrait pas être dégradée.

- Pour l'alimentation des installations de neige de culture, la fonte printanière et les écoulements estivaux seront **toujours largement suffisants dans le futur pour remplir les retenues collinaires.**
- **L'augmentation de la demande impliquera plus de remplissages hivernaux que sous le climat actuel.** La ressource supplémentaire hivernale (30

à 100 % d'écoulements en plus dans les cours d'eau) sera supérieure à l'augmentation de la demande induite par le changement climatique (10 à 20 % selon les massifs).

- Sur le département de l'Isère, **il n'y a pas ou peu de conflits d'usages pressentis**
- Les remplissages complémentaires devraient ainsi être généralement possibles, **mais, pour quelques stations, cette ressource additionnelle ne serait pas forcément toujours prélevable** :
 - dans quelques cas de haute altitude, les débits réservés ne sont pas satisfaits
 - sur certaines stations, les arrêtés de prélèvements limitent ou interdisent les prélèvements sur la période hivernale.

1.3. Niveau de vulnérabilité climatique

	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Ressource en eau	Augmentation des températures de l'air	3	1	4
	Evolution du régime de précipitations	0	1	1
	Température extrême : chaleur	1	1	2
		Indice de vulnérabilité climatique		7

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
- Rapport besoin-ressource en eau reste excédentaire sur le territoire	- élaboration du plan de sécurisation de l'alimentation en eau potable de la région urbaine grenobloise qui prévoit des actions de sécurisation de la ressource en eau entre le Grésivaudan, le SIERG et le SIED	- un rapport besoin-ressource "à surveiller" si baisse de 5 à 15 % des capacités de production - un rapport besoin-ressource "déficientaire" si baisse de 25 % des capacités de production - augmentation de conditions asséchantes notamment en période printanière et estivale - hausse des besoins en eau pour de la production de neige de culture : + 15 % sur Belledonne ; + 20 % sur Chartreuse - hausse de la ressource en eau en période hivernale de 30 à 100 % selon les bassins : pic de fonte nivale au printemps, fonte plus importante du

manteau neigeux et plus de pluie à la place de la neige.

2. LA BIODIVERSITE

2.1. Etat de l'environnement

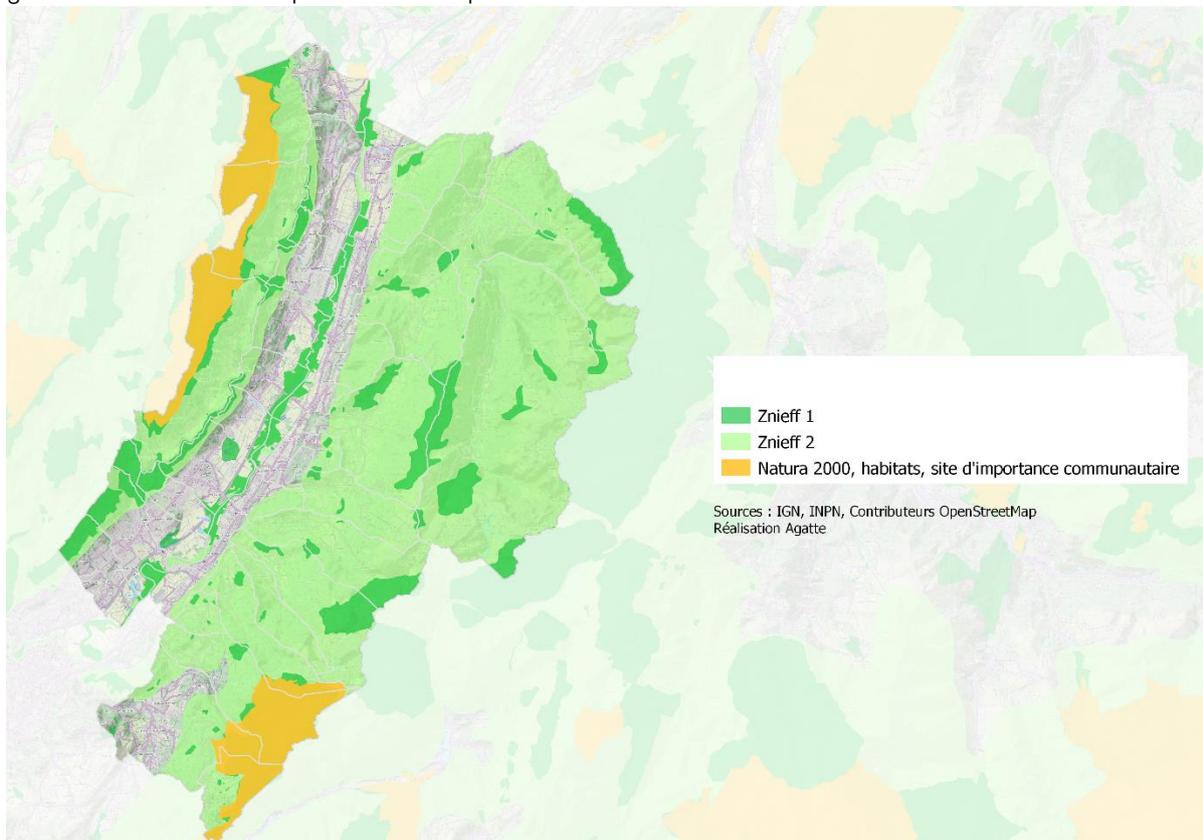
Le Grésivaudan est un territoire riche en patrimoine naturel à préserver autant par son caractère alluvial dans la plaine que montagnard sur les versants qui offrent des potentialités naturelles diversifiées. Le bassin du Grésivaudan, présente donc une richesse de milieux naturels importante et répartie sur tout le territoire.

L'altitude, la diversité de la nature des sols et la variété des expositions sont favorables à la présence de milieux très variés sur le territoire (secs, humides, falaises...), accueillant une grande diversité d'espèces floristiques et

faunistiques et d'espèces protégés en raison de leur rareté.

De nombreux espaces sont d'ailleurs déjà reconnus par statut de protection réglementaire :

- cinq arrêtés de protection de biotope,
- deux zones Natura 2000,
- six sites inscrits et quatre sites classés en rapport avec les milieux aquatiques,
- la réserve naturelle de Chartreuse qui fait partie à 67 % du territoire du Grésivaudan,
- deux Espaces Naturels Sensibles (ENS), le marais de Montfort et les bois de la bâtie.



Source : IGN, INPN, Contribution OpenStreetMap ; Réalisation : Agatte2021

Le territoire est aussi très riche en ZNIEFF de type 1 (64 recensés), dont 34 concernent directement les milieux aquatiques et possède un recouvrement de 76 % de sa superficie par cinq ZNIEFF de type 2 (53 300 hectares).

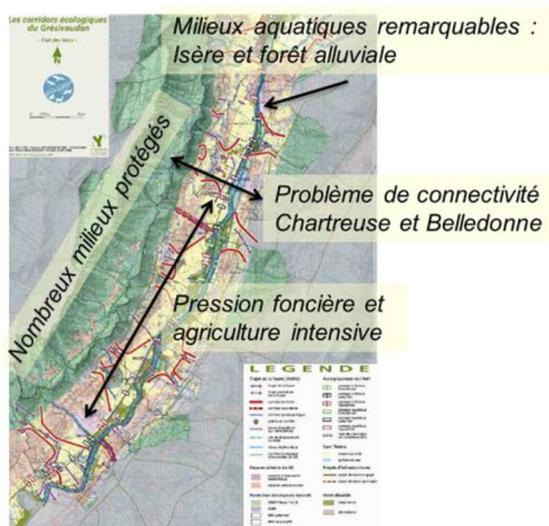
Du point de vue de la **biodiversité aquatique**, le Grésivaudan est très riche, comme le souligne le nombre important d'espèces protégées, ce qui témoigne de la grande qualité et de la diversité des milieux présents. Il est aussi important de souligner la **présence d'un nombre conséquent de zones humides (plus de 4 725 hectares)** sur le territoire et d'une forêt alluviale tout le long de l'Isère.

Malgré cette diversité et cette richesse, plusieurs facteurs dégradent cet environnement.

A l'échelle de la région urbaine grenobloise, entre 1975 et 2000, **l'espace urbanisé a augmenté de 88 % alors que la population n'a augmenté que de 18 %**. A ce rythme, les impacts sur la biodiversité peuvent être irréversibles et sont déjà conséquents à l'échelle du Grésivaudan

Un des principaux problèmes pour les milieux naturels est sans doute **le manque d'espace**. Du fait de la présence importante de l'agriculture et du développement de l'urbanisation, les milieux naturels se retrouvent très fragmentés avec des espaces très contraints.

La connectivité entre le massif de Chartreuse et de Belledonne est mise à mal en raison de l'importante artificialisation des sols en vallée qui bloque la continuité écologique entre ces deux massifs.



Source : PCAET Grésivaudan 2012

2.2. Les impacts sur la biodiversité

La question de l'adaptation pour la biodiversité et les milieux naturels ne se réduit pas qu'à l'indicateur climatique. Beaucoup d'autres variables influent sur l'évolution des milieux et en premier lieu l'action de l'homme. Le changement climatique représente donc une pression supplémentaire à celles déjà existantes sur les écosystèmes naturels

De manière générale, **un bouleversement brutal à l'échelle du vivant du régime des pluies et des températures aurait un impact inévitablement néfaste pour la biodiversité végétale et animale.**

Le rapport du GIEC souligne qu'il est nécessaire d'avoir « une meilleure compréhension de la réponse de la biodiversité aux changements des facteurs climatiques et autres pressions ». C'est en effet un sujet peu connu et complexe à appréhender.

2.2.1. Migration des espèces

Les aires de distribution des espèces et des essences sont largement conditionnées par les variantes de températures. Ainsi, il est estimé une remontée des espèces d'environ 30 à 100 mètres par décennie en France.

En montagne, l'étagement des espèces dépend étroitement de la température. Aussi, l'on observe déjà une remontée en altitude pour des nombreuses espèces à tous les étages : plantes, oiseaux, papillons... Les chamois par exemple, prennent leurs quartiers d'automne plus haut en altitude depuis 20 ans. L'étage nival vertit, sommets et pelouses alpines voient leur biodiversité augmenter... mais parfois au détriment d'espèces adaptées au froid ou à la neige.

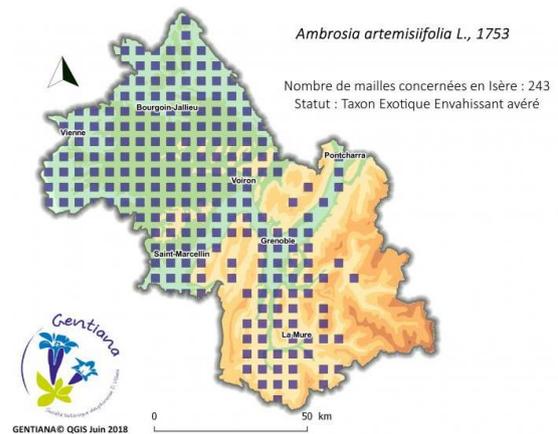
Concernant le couvert forestier, il est ainsi envisagé une progression générale des aires de distribution méditerranéenne ainsi qu'une diminution des aires bioclimatiques de montagne (cf. illustration ci-après). Une augmentation moyenne de 3°C entraînerait une élévation généralisée de l'étagement d'environ 500 m.

La biodiversité risque ainsi d'être affectée par l'augmentation des températures, les sécheresses et le stress hydrique qui ont des conséquences sur les espèces faunistiques et floristiques. La remontée en altitude pour trouver des conditions de vies plus adaptées, si elle est envisageable quoique incertaine pour les espèces de plaine ne l'est pas pour les espèces de Chartreuse où on a un fort taux d'endémisme et par conséquent une marge d'adaptation limitée. Ainsi, dans les massifs de moyenne montagne, une élévation des températures moyennes marque la disparition des pelouses d'altitude et une généralisation de la forêt.

Ce déplacement des espèces (en altitude / vers le nord) à l'échelle du Grésivaudan risque d'être moindre au vu de l'étagement d'altitude qu'offre le territoire (de la vallée à la moyenne montagne). Néanmoins, on peut émettre l'hypothèse que les événements extrêmes risquent de jouer un rôle très important également dans la modification de la répartition des espèces.

Concernant des espèces invasives telles que **l'ambrosie**, dont l'évolution de l'aire de répartition est considérée comme en partie due à l'évolution du climat, elle est désormais répandue sur le territoire isérois alors qu'absente jusque dans les années 1990.

L'association Nature Isère a réalisé une cartographie de la présence de l'ambrosie sur le territoire départemental et permet de constater que cette espèce est encore peu développée sur le territoire du Grésivaudan.

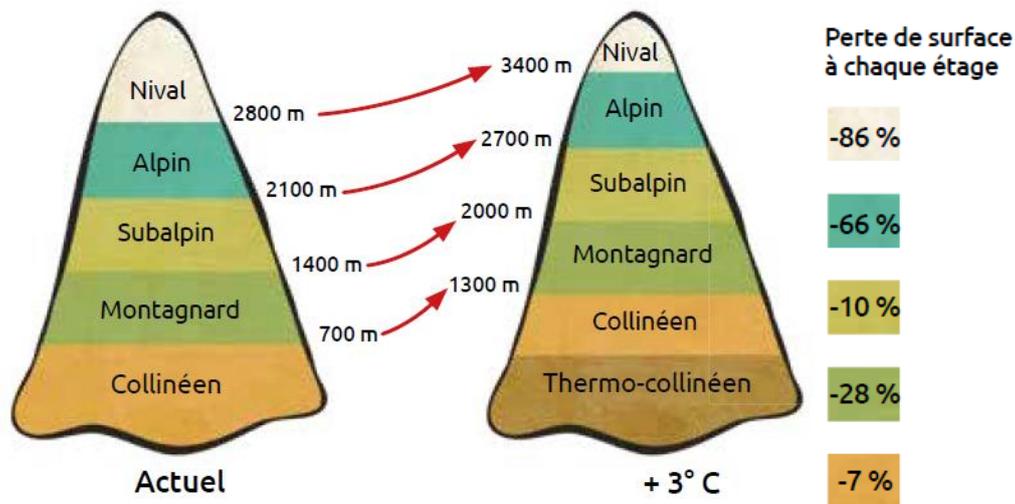


Un arrêté préfectoral (7 mars 2000), responsabilise l'ensemble des habitants de l'Isère qui sont encouragés à prévenir la pousse de l'Ambrosie, ainsi qu'à nettoyer l'ensemble des espaces où elle présente.



Photo de l'ambrosie, crédit : observatoire des ambrosies

Déplacement en altitude des étages de végétation



Source : Educalpes

2.2.2. Evolution de la phénologie

La phénologie est l'étude des variations des phénomènes périodiques de la vie végétale et animale en fonction du climat. La phénologie est un marqueur du climat, mais surtout un élément clé de l'adaptation des êtres vivants aux variations climatiques : avance du débourrement et de la floraison des plantes, arrivée plus précoce d'oiseaux migrateurs, avance des dates de reproduction d'amphibiens (cf. données Agricultures). **La rapidité du changement climatique attendu pose la question de la capacité d'adaptation des espèces.**

Ainsi, conséquence de l'augmentation des sécheresses et des températures, on observe une avancée générale de la phénologie pour les prairies, la vigne et les arbres. La nature se réveille 1 à 2 semaines plus tôt qu'il y a 30 ans.

Concernant l'évolution de la phénologie des prairies, représentative plus largement de l'évolution phénologique des végétaux, on observe une avancée de l'apparition de tous les stades de développement.

Évolution de la date d'apparition des différents stades phénologiques des prairies de type B2 entre les deux dernières périodes climatiques en Isère (station Monestier-de-Clermont)

Ecart en nombre de jours entre la date moyenne d'atteinte du stade phénologique considéré sur la période 1990-2019 et la même date sur la période 1960-1989			
Epi 5cm	Epi 10 cm	Epiaison	Floraison
-9	-8	-7	-7

Source : ORCAE

2.2.3. Réchauffement des milieux aquatiques

La fédération de Pêche de l'Isère rappelle que la question du changement climatique est aujourd'hui très éloignée des préoccupations actuelles face à tous les autres problèmes plus immédiats qui perturbent le fonctionnement de l'hydro système. La hiérarchisation des causes de la modification de l'hydro système et de ses effets sur les milieux aquatiques est, de ce fait, très compliquée. Aussi, un suivi thermique des milieux aquatiques est réalisé notamment sur l'Isère. Il est observé une augmentation de la température de l'eau des rivières de 1 à 2° C pouvant expliquer en partie l'évolution et la modification des espèces aquatiques (modification de la reproduction par exemple).

Parallèlement, la moindre régulation des écoulements, le démarrage plus précoce de la végétation (consommatrice d'eau), la plus forte évapotranspiration liée aux chaleurs estivales,

etc., vont directement intervenir dans le cycle hydrologique de l'eau. Au niveau des zones humides (tourbières, marais ...), cela se traduira par une baisse du niveau de l'eau, voire un assèchement, qui rendront vulnérables les espèces associées à ces biotopes.

2.3. Niveau de vulnérabilité de la biodiversité

	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Biodiversité	Augmentation des températures de l'air	3	3	6
	Evolution du régime de précipitations	0	1	1
	Température extrême : chaleur	1	3	4
	Température extrême : froid	3	3	6
	Indice de vulnérabilité climatique			17

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Evolution de la répartition des espèces faunistiques - Disparition de pelouses d'altitudes et généralisation de la forêt - Dépérissement de certaines espèces forestières - Evolution de la phénologie pour les arbres et les prairies - Réchauffement des milieux aquatiques et assèchement de zones humides 		<ul style="list-style-type: none"> - Evolution de la répartition des espèces faunistiques - Disparition de pelouses d'altitudes et généralisation de la forêt - Dépérissement de certaines espèces forestières - Evolution de la phénologie pour les arbres et les prairies - Réchauffement des milieux aquatiques et assèchement de zones humides

PARTIE 6 :
IMPACTS DU CHANGEMENT
CLIMATIQUE - *AGRICULTURE ET*
FORET

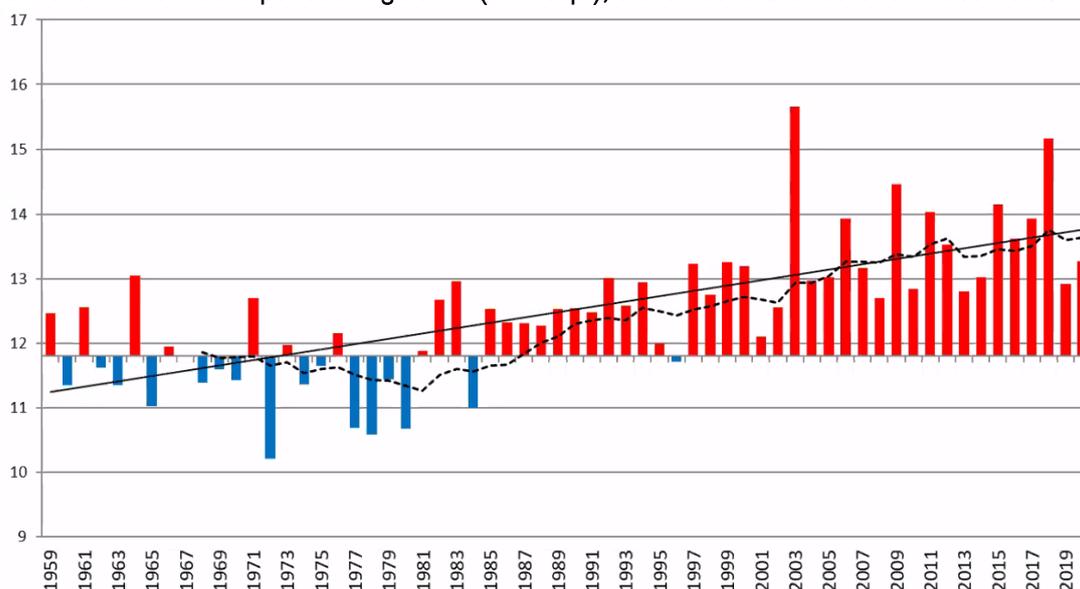
1. LES INDICATEURS AGRO CLIMATIQUES

Accentuation du nombre de sécheresse, décalage des périodes végétatives, déplacement des étages de végétations... autant de conséquences liées au réchauffement climatique et qui impacteront de manière certaine les activités agricoles et les espaces forestiers des Massifs de Chartreuse et de Belledonne.

1.1. Réchauffement de la période végétative

Sur le massif de Grande Chartreuse, l'évolution des températures moyennes durant la période végétative, c'est-à-dire d'avril à septembre, a été évaluée à +2,6 °C sur la période 1959/2020.

Le réchauffement de la période végétative (avril-sept), station de la Grande Chartreuse 1959/2020



Source : Météo France, traitement Agate

L'évolution des précipitations sur la période est par contre plus complexe à appréhender. Il n'y a pas de tendance claire au niveau des cumuls annuels mais on constate quelques évolutions au niveau saisonnier, notamment à la période printanière.

1.2. Evolution du bilan hydrique

Le changement climatique se traduit par un accroissement des températures, entraînant une augmentation de l'évapotranspiration.

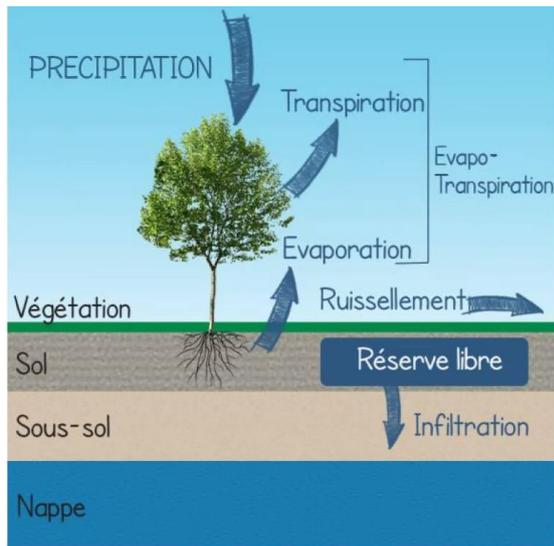
Au niveau agronomique, cela peut générer une situation de déficit hydrique accrue. Les plantes trouvant plus difficilement une réponse suffisante à leurs besoins en eau, il se produit une fermeture

plus importante des stomates, ce qui réduit la photosynthèse, et donc la croissance de la plante. Selon le type de cultures, cela peut se traduire par une diminution du rendement.

Le **bilan hydrique climatique** est un indicateur de sécheresse, calculé par différence entre les précipitations et une estimation de l'évapotranspiration d'un couvert végétal de référence issue de paramètres météorologiques (température, rayonnement, humidité, vent). Il permet d'observer l'état des ressources en eau de pluie du sol d'une année sur l'autre, même s'il ne tient pas compte de la réserve en eau du sol.

Le schéma ci-dessous représente les différents flux, en entrée et en sortie, intervenant dans le bilan.

Bilan Hydrique – Précipitations – Evapotranspiration



Le bilan hydrique est calculé sur plusieurs périodes, choisies à partir des recommandations

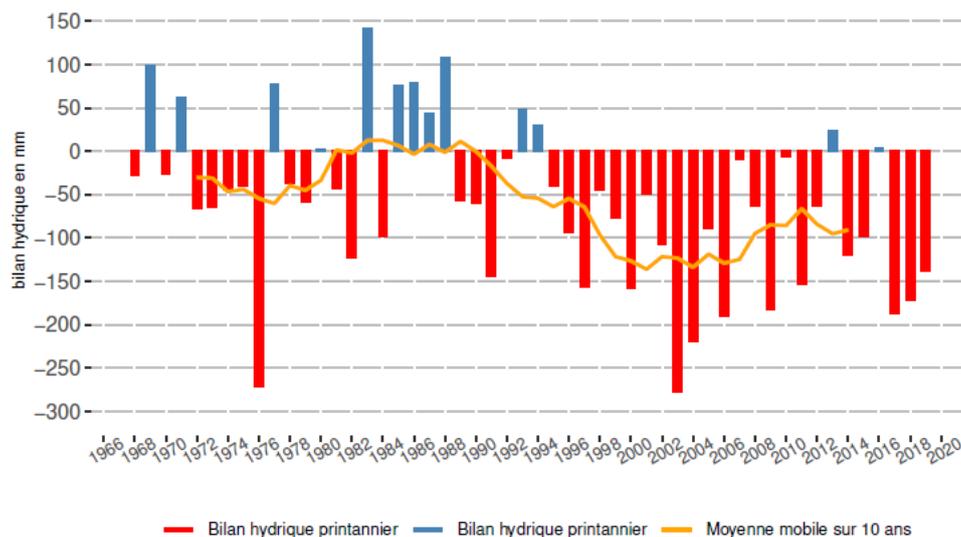
d'un groupe de travail sur l'agriculture-sylviculture :

- bilan hydrique printanier, calculé en cumulant les bilans hydriques des mois d'avril, mai, juin ;
- bilan hydrique estival, correspondant aux bilans hydriques cumulés sur les mois de juillet, août, septembre ;
- bilan hydrique correspondant à la période de végétation pour les mois d'avril à octobre.

Sur le département de l'Isère, le suivi des indicateurs a été établi à partir des données de la station de Saint-Etienne de Saint-Geoirs située à 384 m d'altitude, à l'ouest de Grenoble.

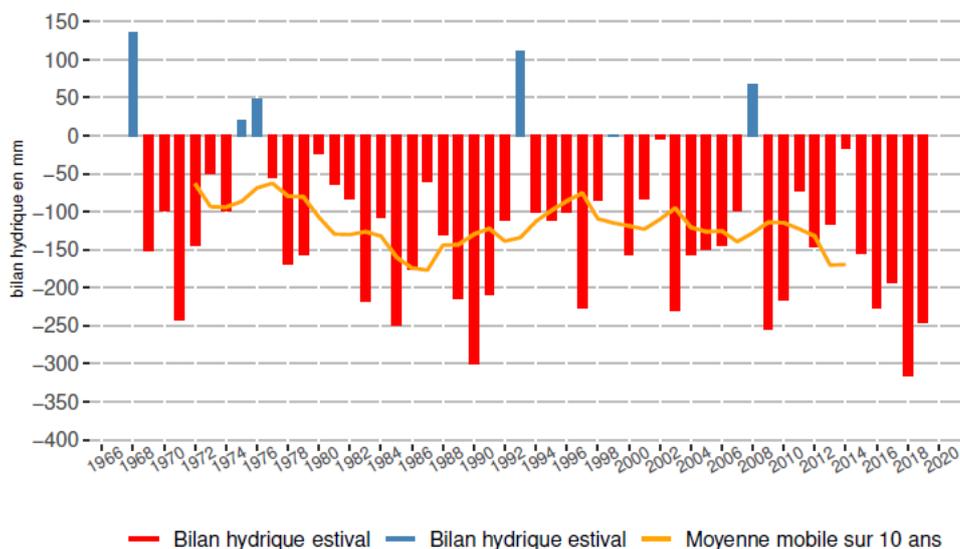
1.2.1. Le bilan hydrique printanier et estival

Évolution du bilan hydrique printanier à Saint-Etienne-de-Saint-Geoirs (1968-2019, avril - juin, mm, altitude 384 m)



Source : ORCAE

Évolution du bilan hydrique estival à Saint-Etienne-de-Saint-Geors (1968-2019, juillet - sept, mm, altitude 384 m)



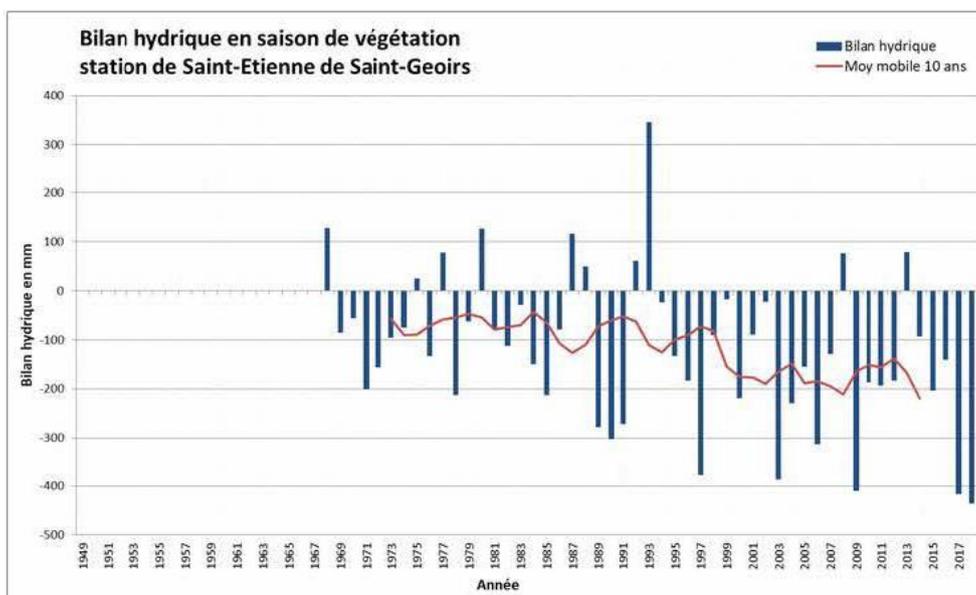
Source : ORCAE

Le **bilan hydrique printanier** a évolué vers des valeurs négatives de plus en plus importantes sur les 40 dernières années, avec un accroissement visible de cette évolution à partir des années 90.

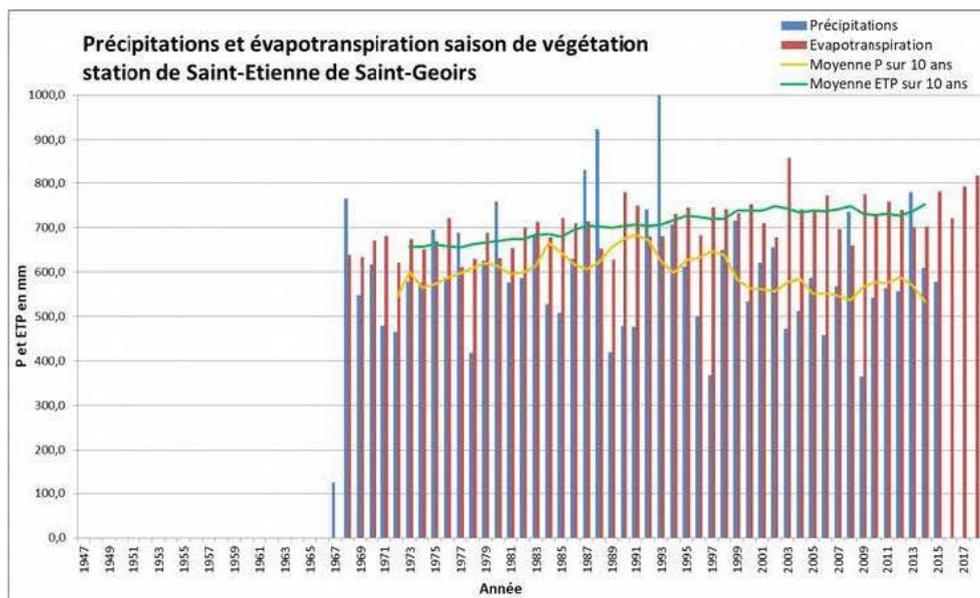
L'évolution des **déficits hydriques estivaux** est irrégulière depuis la période d'observation. Ils ont fortement augmenté vers les années 80, puis on constate une diminution de ces déficits durant la période 90, et de nouveau un accroissement vers le début des années 2000.

1.2.2. Le bilan hydrique en période de végétation

Les graphiques suivants représentent les courbes d'évolution du bilan hydrique entre les mois d'avril et octobre, correspondant à la saison de présence de la végétation.



Source : ORCAE



Source : ORCAE

On observe que les valeurs du bilan hydrique sur la période de végétation d'avril à octobre sont généralement négatives.

Les courbes des moyennes mobiles sur 10 ans, présentent une décroissance plus marquée pour la station de Saint-Etienne-Saint-Geoirs, à partir des années 90, correspondant à une augmentation en moyenne annuelle du déficit hydrique sur la période de végétation.

L'évapotranspiration en saison de végétation a augmenté de +7,1% entre la période 1968-1997 et 1989-2018 (soit +48,9 mm).

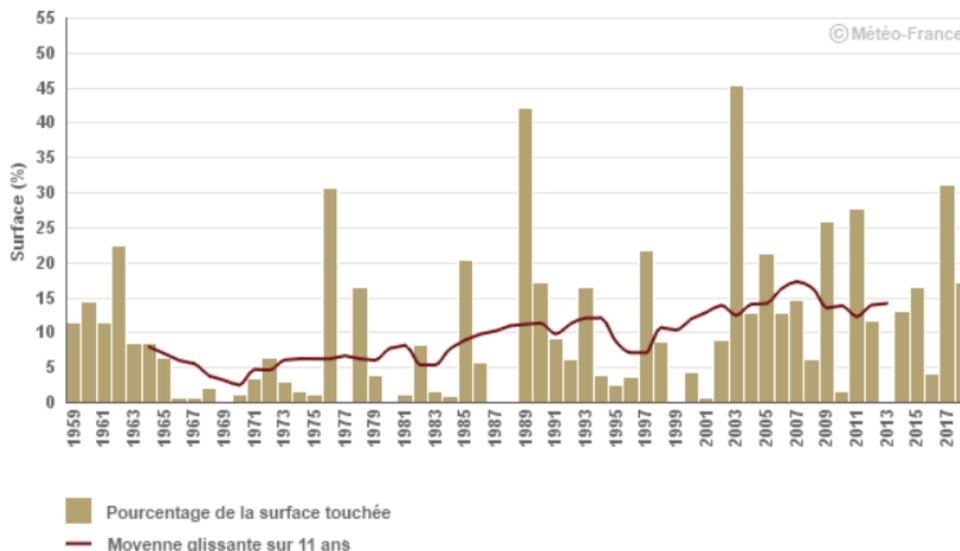
1.2.3. Evolution de la sécheresse annuelle

L'augmentation des températures entraîne une hausse de l'évapotranspiration des plantes et de la terre. Cette tendance a et aura donc des conséquences importantes sur la disponibilité en eau même avec une stabilisation des cumuls de pluie dans les normales.

Cette situation engendre une augmentation des situations de sécheresses. On constate 3 types de sécheresse :

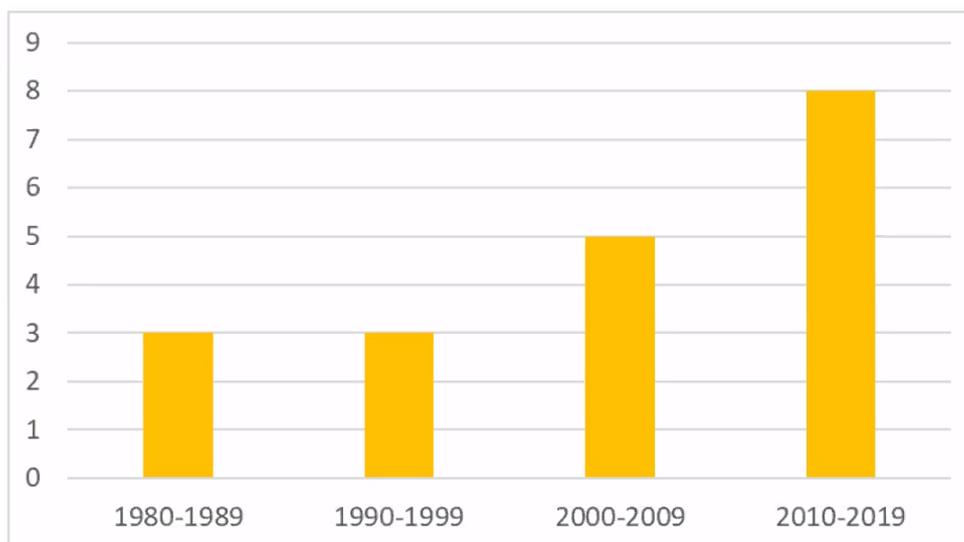
- Sécheresse de l'air (période sans pluie)
- Sécheresse hydrologique (en cours)
- Sécheresse des sols (ou sécheresse agricole)

Pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse, période 1959-2017, AURA



Source : ClimatHD

Nombre d'année à canicule (année avec au moins une période caniculaire) en région AURA



Source : Météo-France, AGATE

L'analyse du pourcentage annuel de la surface touchée par la sécheresse des sols depuis 1959 permet d'identifier les années ayant connu les événements les plus sévères comme 1989, 2003 ou 2017. On constate 4 fois plus de canicules sur la dernière décennie qu'avant 1980.

L'évolution de la moyenne décennale montre l'augmentation de la surface des sécheresses passant de valeurs de l'ordre de 5 % dans les années 1960 à plus de 10 % de nos jours. Cet indice permet d'appréhender le niveau atteint par une sécheresse à l'échelle de la Région. Son évolution sur la période 1959-2017 permet

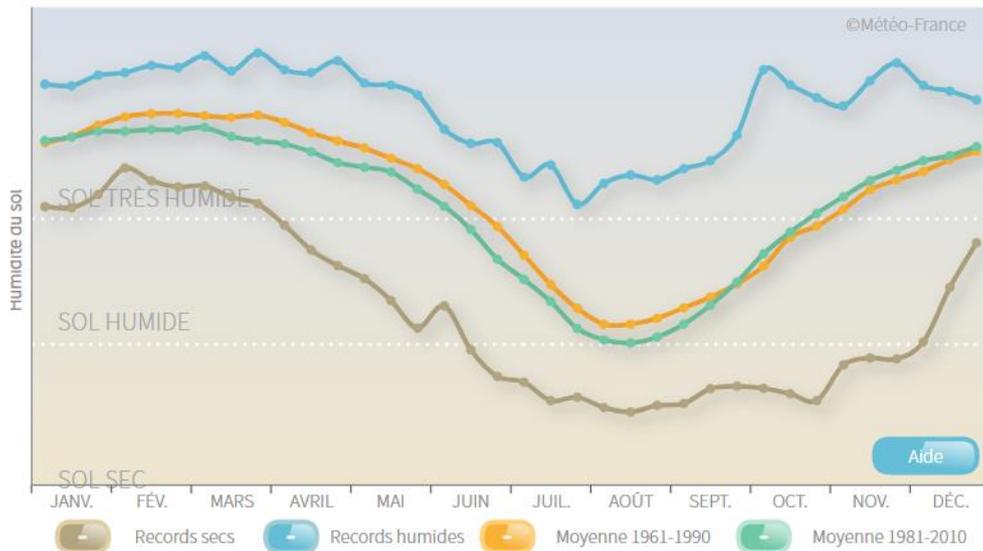
d'identifier les années où la sécheresse affectait une part conséquente du territoire, par exemple 1976, ou encore les années 1989, 2003, 2011 et enfin 2017. On notera également que la sécheresse 2003 a été l'événement le plus fort sur le territoire depuis au moins 1959 pour les déficits d'humidité des sols suivi par les années 1989, 1976 et 2017.

En regard, la moyenne sur 11 ans tracée permet de matérialiser l'accroissement de l'extension spatiale des sécheresses des sols depuis les années 1990. Depuis le début du XXI^e siècle, 11 années sur 16 ont dépassé la moyenne des

surfaces touchées sur la période 1961-1990. Ce constat est à mettre en rapport avec la tendance climatique observée de l'assèchement des sols en Région sur quasiment tout le territoire et en toute saison.

1.2.4. Evolution de l'humidité des sols

Cycle annuel d'humidité du sol (moyenne et record), moyenne 1981-2010



Source : Climat HD

La comparaison du cycle annuel d'humidité du sol entre les périodes de référence climatique 1961-1990 et 1981-2010 en région Rhône-Alpes montre un assèchement de l'ordre de 3 % sur l'année, sensible en toutes les saisons à l'exception de l'automne.

En termes d'impact potentiel pour la végétation et les cultures non irriguées, cette évolution se traduit par un léger allongement moyen de la période de sol sec (SWI inférieur à 0,5) en été et d'une diminution faible de la période de sol très humide (SWI supérieur à 0,9) au printemps. Pour

les cultures irriguées, cette évolution se traduit potentiellement par un accroissement du besoin en irrigation.

On note que les événements récents de sécheresse du XXI^e siècle (2003, 2011) correspondent aux records mensuels de sol sec du printemps et de l'été depuis 1959. Inversement, les records de sol humide ont plus souvent été observés avant 1980.

2. L'AGRICULTURE

2.1. L'importance de l'agriculture sur le Grésivaudan

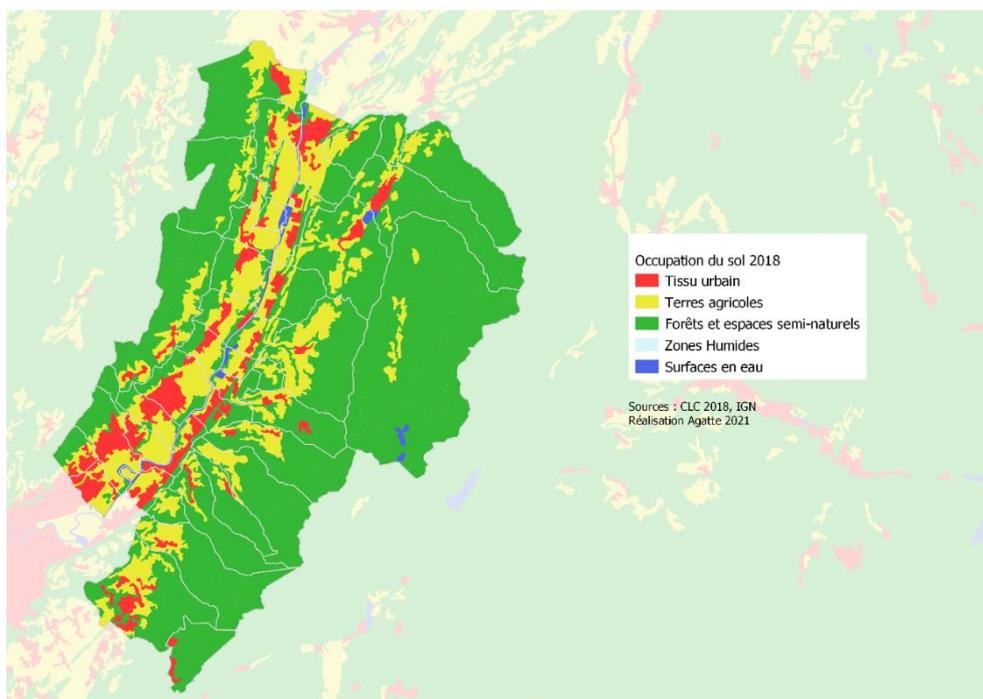
A l'heure actuelle, la Surface Agricole Utile (SAU) représente 18 % de la superficie du territoire (soit 12 000 ha environ). Les terres agricoles sont destinées pour :

- 5 % du territoire aux cultures (terres labourables) dont 4 % voués aux céréales ;
- 12 % du territoire à la production de fourrage dont 11 % de SAU toujours en herbe (il existe une forte proportion d'alpages dans les zones de montagne) ;
- Seuls 3 % du territoire sont destinés à l'élevage bovin.

L'activité agricole sur le territoire du Grésivaudan est très distincte entre la plaine et la montagne :

- La plaine exploite un potentiel agricole important (pratiques intensives). Elle est également caractérisée par des secteurs de productions spécialisés : la vigne à Chapareillan, le verger au Cheylas...
- Les zones de plus fortes pentes et les versants (pratiques extensives) disposent d'une activité agricole limitée aux zones de pâturage, à l'exploitation forestière...

Répartition de l'occupation des sols en 2018, CC Le Grésivaudan



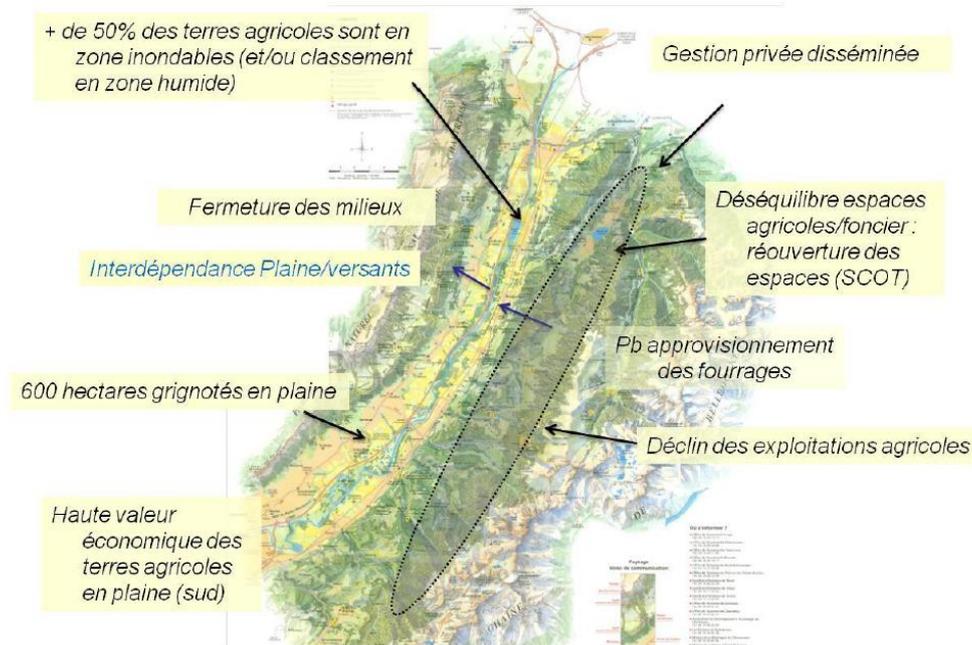
Source : CLC 2018, IGN, Réalisation Agatte 2021

L'activité agricole est soumise à de nombreuses pressions (voir carte ci-dessous) : pression foncière, pression des risques d'inondations en plaine et sur les versants. En parallèle de cette forte pression exercée sur les terres agricoles, le nombre d'exploitants agricoles est en déclin sur le territoire contribuant en partie à la fermeture des paysages (abandon progressif de l'entretien des terres et du paysage). Cette dynamique de fermeture des terres agricoles se fait au profit de l'expansion de la forêt qui aujourd'hui couvre près de 52 % de la superficie du Grésivaudan.

Dans le cadre de la réflexion du SCOT et plus largement sur la disponibilité du foncier agricole, il est à noter que 500 hectares ont été rendus aux

espaces agricoles et naturels sur les Balcons de Belledonne (afin de réduire la pression foncière sur ces activités). Il s'agit d'un acte politique fort en matière de préservation des activités agricoles locales.

Synthèse des pressions agricoles sur la CC Le Grésivaudan



Source : Groupe de travail adaptation du PCAET 2012

2.2. Les impacts sur l'activité agricole

2.2.1. Prairies et production fourragère

La phénologie est l'étude d'événements se produisant de manière périodique durant le cycle de croissance de la plante. Ces événements sont fortement influencés par les variations saisonnières du climat. La croissance d'une plante est ainsi jalonnée par des stades phénologiques, qui correspondent pour chacun d'entre eux à des modifications bien particulières de la forme de la plante.

Pour les prairies, l'apparition des différents stades phénologiques est corrélée à certaines valeurs des cumuls de températures. Il est donc intéressant de suivre l'évolution des dates d'atteinte et de dépassement de ces seuils. Sur le département de l'Isère, le suivi de cet indicateur a été réalisé à partir des données obtenues sur la station de Monestier-de-Clermont, à 800 m d'altitude.

Les stades phénologiques retenus concernant le développement des prairies sont les suivants :

- l'épi 5 cm : stade où le futur épi est dans la gaine en cours de montaison, non sorti encore et à 5 cm du sol ;
- l'épi 10 cm : stade où le futur épi est dans la gaine en cours de montaison, non sorti encore et à 10 cm du sol ;
- l'épiaison ;
- la floraison.

L'analyse porte sur l'étude de 5 types de fourrages.

Type de prairie	Caractéristiques et exemples d'espèces fourragères
A	Espèces aptes à être pâturées précocement et fréquemment (Ray Grass, Houlque laineuse)
B	Espèces avec une phénologie moyenne précoce (Dactyle, Paturin des près)
b	Espèces avec une phénologie tardive (Agrotis commun, Paturin commun)
C	Espèces avec une phénologie moyennement précoce, une productivité faible et fournissant un fourrage doté d'une bonne valeur alimentaire (Fétuque rouge)

D	Espèce avec une phénologie tardive, typique de milieux peu fertiles (Brachypode penné)
---	--

Évolution de la date d'apparition des différents stades phénologiques des prairies pour les 4 stades phénologiques retenus et pour les 5 types de prairies disponibles en Isère (station Monestier-de-Clermont – 800 m d'altitude)

Ecart en nombre de jours entre la date moyenne d'atteinte du seuil du cumul des températures du stade phénologique considéré sur la période 1951-1980 et la même date sur la période 1981-2010				
Type de prairies	Epi 5cm	Epi 10 cm	Epiaison	Floraison
A	7	6	6	7
B	6	6	8	8
C	7	8	8	8
D	7	7	8	8

Source : ORCAE

Ecart en nombre de jours entre la date moyenne d'atteinte du seuil du cumul des températures du stade phénologique considéré sur la période 1957-1986 et la même date sur la période 1987-2016				
Type de prairies	Epi 5cm	Epi 10 cm	Epiaison	Floraison
A	9	9	8	9
B	9	8	9	9
C	9	9	10	9
D	9	9	10	9

Source : ORCAE

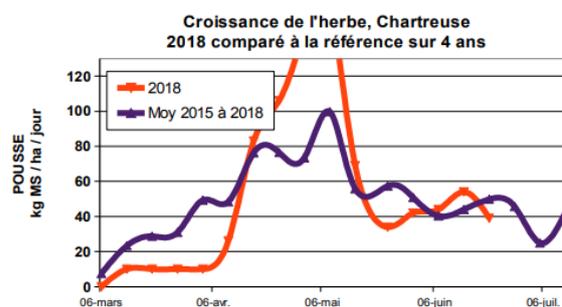
Ecart en nombre de jours entre la date moyenne d'atteinte du seuil de cumul de température du stade phénologique considéré sur la période 1960-1989 et la même date sur la période 1990-2019				
Type de prairies	Epi 5cm	Epi 10 cm	Epiaison	Floraison
A	10	10	10	10
B	10	9	10	10
C	9	10	10	10
D	9	9	10	10

Source : ORCAE

En matière de phénologie des prairies, on observe une avancée en précocité des stades phénologiques de 6 à 10 jours. Les avancées en précocité de la phénologie des prairies semblent légèrement plus marquées pour des espèces à la phénologie tardive.

On observe aussi une augmentation de cette avancée, avec une précocité plus importante de 3 à 4 jours sur la période récente que sur la décennie précédente.

Ces variations ont un impact sur la croissance de l'herbe. Le suivi de l'évolution de la pousse de l'herbe montre une augmentation de la production en début de printemps.



Source : Chambre d'agriculture de l'Isère

Aussi, les impacts du changement climatique pour les prairies sont :

- une herbe plus précoce et un pic de production entre la sortie d'hiver et le début du printemps

- une pousse de l'herbe contrainte en fin de printemps et en été
- une pousse de l'herbe plus longue (valorisation de l'automne possible mais très variable rendant toute prévision complexe)
- des rendements possiblement à la baisse sur l'ensemble de la période (déficit estival compensé en partie seulement par une meilleure production de printemps).

- Ensuite, l'emploi d'autres cultures fourragères, et plus particulièrement celui du maïs, peut devenir plus favorable dans certaines zones, mais peut être mis à mal dans d'autres. Les rations alimentaires du bétail s'en trouveraient modifiées.
- Enfin, la possibilité de réaliser de nouvelles cultures pourrait amener à modifier la structure des différentes productions.

2.2.2. L'élevage

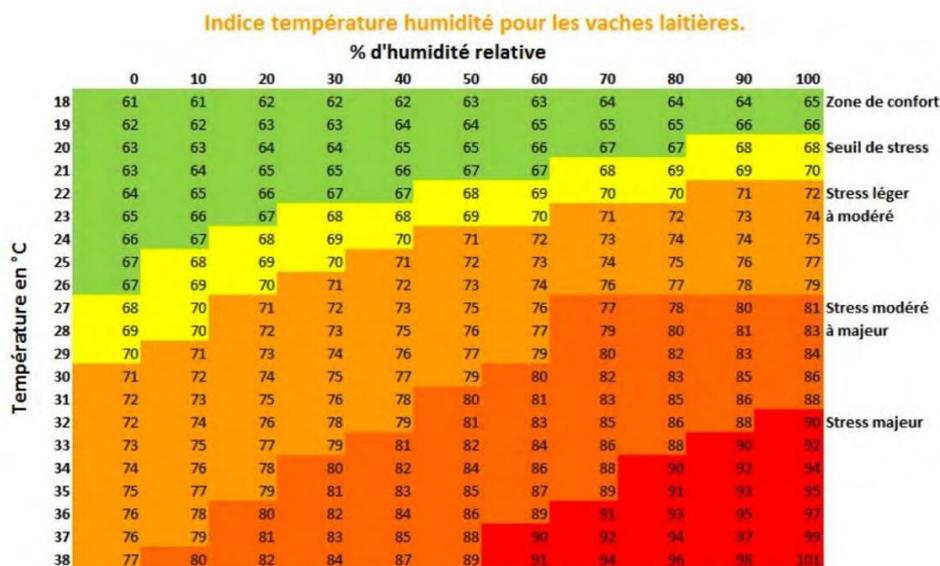
Concernant l'élevage, l'analyse des vulnérabilités climatiques régionales font ressortir trois effets majeurs attendus en lien avec le changement climatique :

- D'abord le régime de pousse de l'herbe serait modifié, avec une production plus abondante en automne et au printemps, mais déficitaire en été. Cette modification impacterait d'autant plus fortement les systèmes qui dépendent du pâturage.

Par ailleurs, l'augmentation des températures moyennes annuelles et la hausse des épisodes de sécheresse, pourraient augmenter le stress thermique chez les bovins à partir du mois de juin et avoir des impacts sur :

- Les niveaux de production (lait et viande)
- La fertilité
- Les conséquences sanitaires

Le stress thermique peut être évalué à partir de l'indice thermique-humidité qui permet d'apprécier des situations climatiques ou de logement à risque. Il ne tient pas compte des effets d'aération (vent, courants d'air...) ou de radiation de l'environnement (nature des surfaces exposées au soleil).



2.2.3. Les céréales

Une des particularités des cultures du Grésivaudan est la richesse de la production de maïs à l'échelle du territoire du fait de la présence de la plaine alluviale.

L'évolution des rendements de production de maïs en fonction du changement climatique dépend de plusieurs facteurs (l'accroissement de la concentration de CO₂, l'augmentation des températures, la variation des précipitations).

Les effets du changement climatique sur le rendement des cultures sont donc complexes, parfois même antagonistes. Quelques résultats semblent se dégager notamment à partir des projets de recherche Climator ou Clifourel **pour le maïs** : le positionnement estival de cette plante, le fait qu'elle ne soit pas impactée par une

augmentation de la concentration en CO2 provoquerait une diminution du rendement de l'ordre de 1,5 tonnes/hectare, soit une variation de l'ordre de 10 à 30 % selon le rendement de la parcelle, entre le passé récent (1970 à 1999) et le futur proche (2020 à 2049).

2.3. Niveau de vulnérabilité climatique de l'agriculture

Thématique	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Agriculture	Augmentation des températures de l'air	3	3	6
	Evolution du régime de précipitations	0	3	3
	Température extrême : chaleur	1	3	4
	Température extrême : froid	2	3	5
	Changement dans le cycle de gelés	2	3	5
	Indice de vulnérabilité climatique			23

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Baisse du bilan hydrique printanier, déficits hydriques estivaux et baisse de l'humidité des sols : hausse des besoins en irrigation pour les cultures irriguées - Avancée de la précocité des stades phénologiques des prairies de 6 à 10 jours : hausse de la production fourragère au printemps mais plus contrainte en fin printemps et en été qui génère une baisse globale de la production - Pousse de l'herbe plus longue avec possibilité de valoriser la production automnale (variable) - Impacts sur la production de lait et de viande liés au stress thermique sur les élevages - Baisse du rendement de la production céréalière (maïs) 	<ul style="list-style-type: none"> - PAIT : action sur l'impact du changement climatique sur l'agriculture Démarche Climat XXI portée par la chambre d'agriculture 38 	<ul style="list-style-type: none"> - Poursuite des impacts constatés en 2019

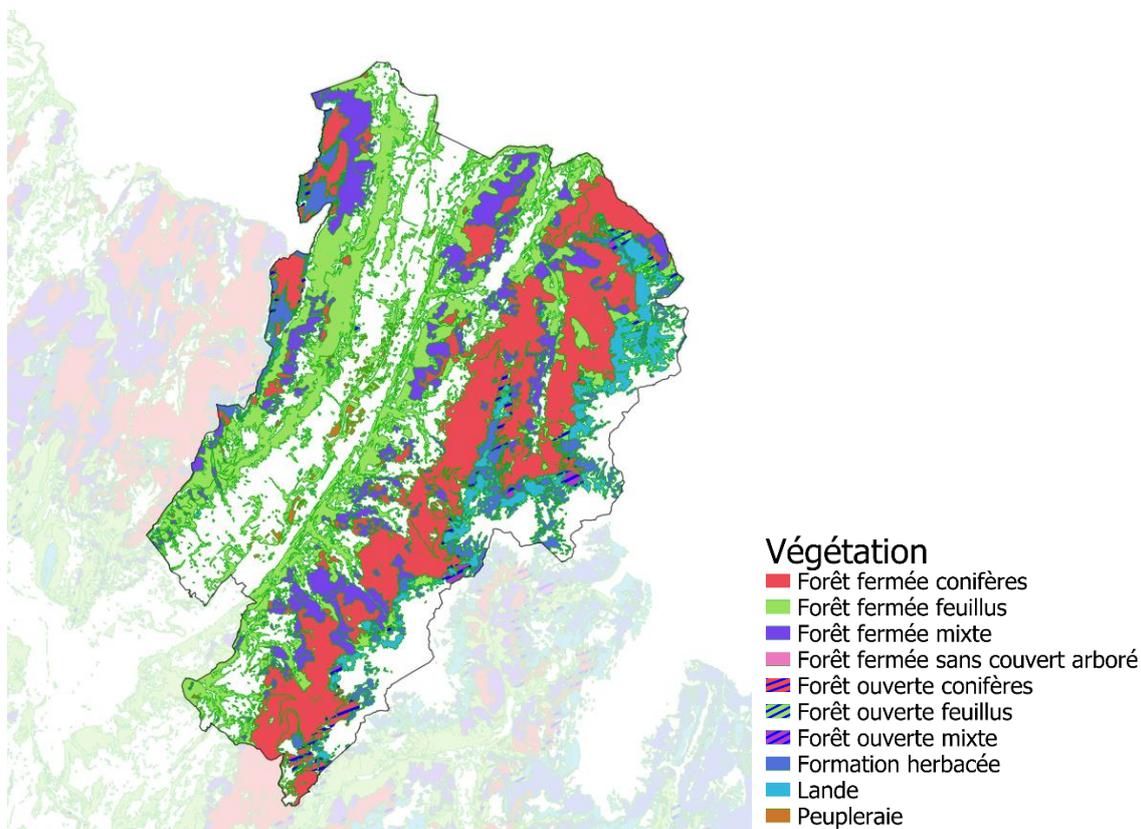
3. LA FORET

3.1. Le Grésivaudan, un territoire de forêt

Avec près de 42 000 hectares de surfaces boisées, la forêt du territoire couvre plus de la moitié de la superficie du Grésivaudan (58 %)⁴. Elle marque une empreinte forte sur le territoire, tant en termes paysagers que sociaux, environnementaux, économiques. La forêt est à 70 % privée et de ce fait, très morcelée.

Sur le territoire du Grésivaudan, 63 % des surfaces forestières sont gérées dans un objectif de production, 30 % pour de la protection et 10 % sont laissées en libre évolution.

La Communauté de communes est composée de deux massifs forestiers : à l'est, la forêt de Belledonne et à l'ouest, la forêt de Chartreuse.



Source : IGN 2018 ; Réalisation : Agatte 2021

La forêt de Belledonne représente 72 000 ha de végétation forestière (IGN 2018) et s'étend sur les territoires limitrophes du Grésivaudan (Cœur de Savoie, Métropole de Grenoble). Elle est surtout présente à partir de 800-900 mètres. Au-dessus

de 1 400 m, le paysage évolue pour laisser la place aux alpages. La forêt de Belledonne est à 65 % privée et est composée pour un tiers de forêts fermées de conifères (épicéa commun et

⁴ Source : Stratégie locale de développement forestier Espace Belledonne – Cœur de Savoie – Le Grésivaudan

sapin pectiné) et 38 % de forêts fermées de feuillus (hêtres, chênes et châtaigniers).

Le massif de la Chartreuse est composé à 60 % par la forêt. Des contreforts aux premiers alpages, on rencontre successivement les forêts de chêne, les mélanges de hêtre et de sapin et enfin, les milieux forestiers d'altitude, les forêts d'épicéa et les pins à crochets adaptés aux vents des plus hautes crêtes.

Ainsi, sur le territoire du Grésivaudan, il n'y a pas une mais de multiples forêts avec des fonctions et des ressources distinctes :

- Une forêt de plaine et de coteaux mal valorisée et présentant pourtant un potentiel économique et écologique de premier ordre ;
- Une forêt de montagne à fort potentiel, aussi bien pour le bois d'œuvre que pour le bois énergie mais qui doit s'adapter à une mutation rapide de la demande.

3.1.1. De aménités forestières primordiales

La multifonctionnalité des espaces forestiers de Belledonne et de Chartreuse sont des composantes très importantes dans la structuration du territoire du Grésivaudan. Ces espaces naturels assurent plusieurs fonctions entre stockage carbone, conservation des espèces sauvages, animales et végétales, filtration de l'eau, amélioration des sols, protection des chutes de blocs, production de bois ou encore, lieu d'accueil pour une diversité de loisirs.

3.2. Les impacts sur la forêt

L'approche sylvicole questionne le vieillissement des forêts gérées pour la plupart par des propriétaires privés et qui peut potentiellement créer des situations de développement du risque incendie (abandon de gestion des espaces).

L'évolution des paramètres climatiques (hausse des températures, baisse des précipitations, hausse de la force du vent) augmente les risques

naturels (tempêtes, incendie, sécheresse) et impactent directement les conditions de croissance, la productivité des forêts, la santé des peuplements et leur sensibilité à ces risques.

On constate plusieurs impacts sur la forêt :

- Le dépérissement de certaines essences lié à un effet cumulé de conditions climatiques extrêmes (sécheresse) et d'attaques parasitaires sur certaines espèces (épicéas, hêtres) ;
- Le déplacement de certaines espèces forestières mal adaptées aux nouvelles conditions climatiques ;
- L'augmentation du risque incendie en période de sécheresse.

Face à ces impacts, la forêt doit s'adapter en travaillant notamment sur la densité de peuplement et sur sa composition.

3.2.1. Le dépérissement d'espèces

« Le changement climatique marque déjà son empreinte où l'on peut observer du dessèchement, des arbres renversés et des problèmes sanitaires avec notamment les attaques du scolyte sur les résineux, la chalarose sur nos frênes ainsi que le chancre sur châtaigniers. » Jean Louis Rebuffet, VP du Groupement des Sylviculteurs de Belledonne

Le dépérissement constaté de certaines espèces forestières sur les massifs de Belledonne et de Chartreuse est le résultat cumulé d'une augmentation progressive des températures, d'une occurrence plus rapprochée des vagues de chaleur et des périodes de sécheresse, mais aussi, d'une prolifération d'insectes cambioptères au sein des peuplements.

Selon l'ONF, l'année 2019 accumule ainsi les mortalités d'arbres adultes, en particulier chez les épicéas, les hêtres, les sapins et les pins sylvestres.

Cet affaiblissement massif des arbres couplé à des conditions environnementales favorables à la reproduction du scolyte, peuvent entraîner un accroissement de la population de l'insecte

ravageur. Le scolyte entre alors dans une phase épidémique, et peut même attaquer des arbres sains, encore sur pied.

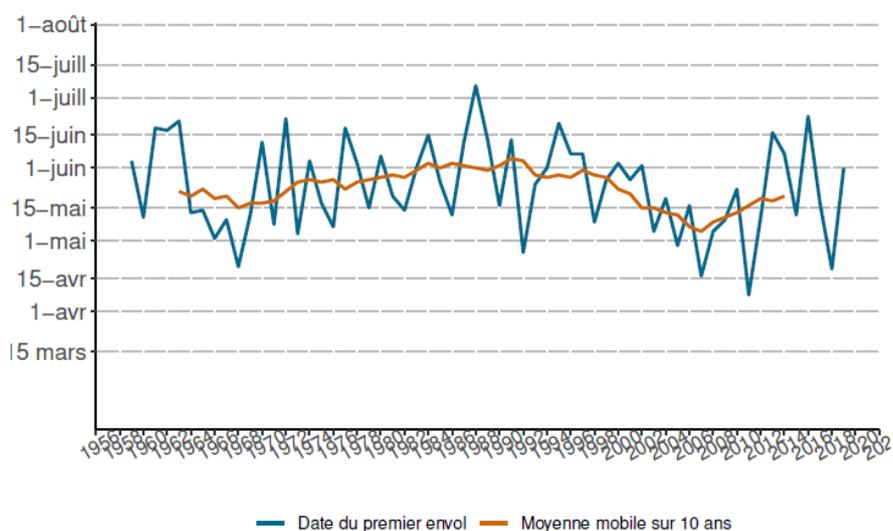
Après la période d'hibernation, le scolyte de l'épicéa s'envole pour se reproduire. **Il existe en général deux envols**, avec la possibilité d'un troisième vol en fin d'été ou début d'automne pour les zones les plus chaudes et un seul envol pour les zones les plus froides ou les plus en altitude. Or, **plus les vols interviennent tôt dans l'année, plus le risque de pullulation est important** via une

potentielle hausse du nombre de génération chaque année.

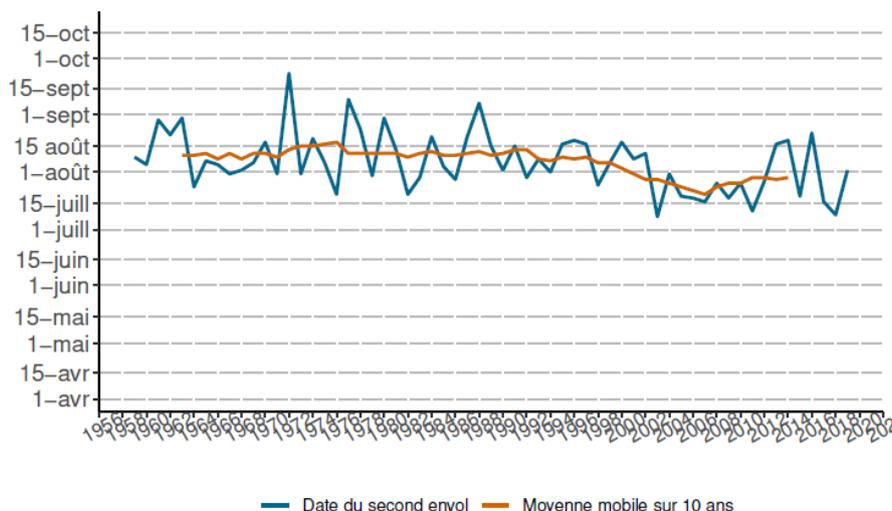
L'observation des conditions de températures favorables aux envols des scolytes nous montre, en Auvergne-Rhône-Alpes, une **avancée des dates de premier et de deuxième envol** depuis le début des années 90.

A Saint-Pierre-de-Chartreuse, cette avancée est égale à 7 jours pour le premier envol et à 12 jours pour le deuxième envol.

Date de premier envol du scolyte à la station Saint-Pierre de Chartreuse



Date de second envol du scolyte à la station Saint-Pierre de Chartreuse



Source : ORCAE

Les forêts de Belledonne et de Chartreuse doivent faire un enjeu fort d'adaptation face à des

attaques du scolyte de l'épicéa (50 % du volume d'épicéas scolytés (France))⁵.

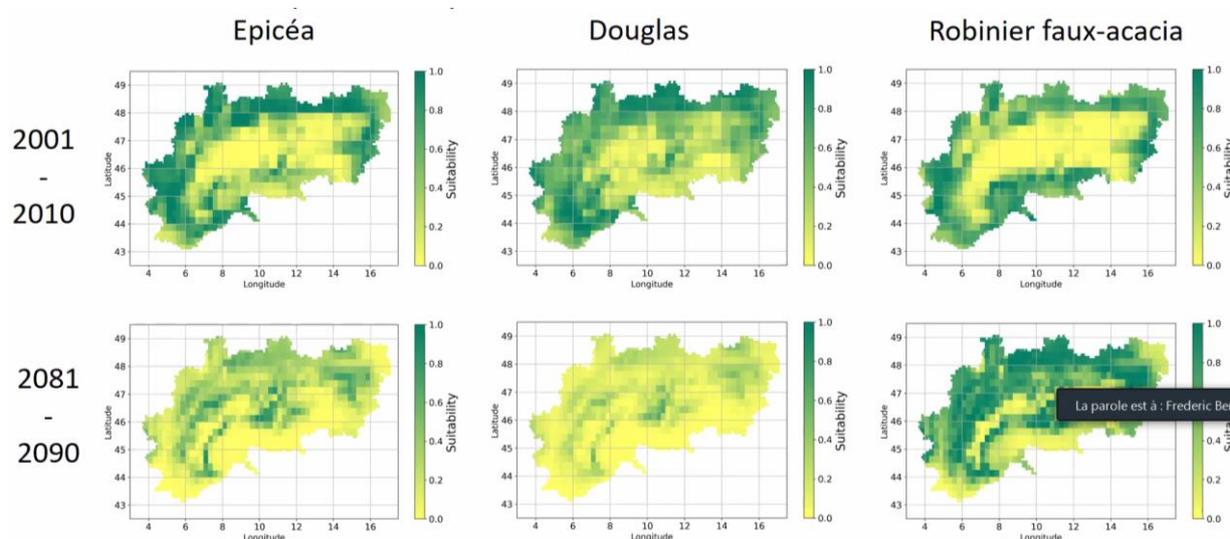
3.2.2. La modification des répartitions forestières

Autre conséquence de l'augmentation moyenne des températures sur les espaces forestiers est l'évolution progressive des répartitions des essences au niveau local, en fonction des capacités des espèces forestières à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques.

Le projet européen ALPTREES étudie actuellement l'impact de ce réchauffement sur plusieurs espèces d'arbres non indigènes implantés dans les Alpes, dont l'épicéa, le douglas, le châtaignier, le robinier...

Cette étude en cours fait ressortir à échelle de temps de 70 ans et dans le scénario RCP 8.5, les très grandes difficultés d'adaptation de l'épicéa et du douglas. A l'inverse, le robinier, espèce non native, va récupérer des conditions de croissance optimales pour lui et pourra se développer de manière importante sur le territoire.

Conséquences probables des changements climatiques pour les espaces d'arbres (RCP8.5) dans les Alpes



Source : ALPTREES, Frédéric BERGER, INRAE

Ces constats viennent directement questionner le modèle économique de certaines régions qui ont fortement développé l'implantation de ces essences à des fins de commercialisation (bois d'œuvre, bois énergie...) : la CC du Grésivaudan compte en 2019 près de 260 entreprises issues de la filière Forêt-bois qui commercialisent du Douglas et de l'épicéa (source : SLDF).

3.2.3. Le risque incendie

Les paramètres climatiques (températures, précipitations, vents) impactent également directement la sensibilité des peuplements au risque d'incendie.

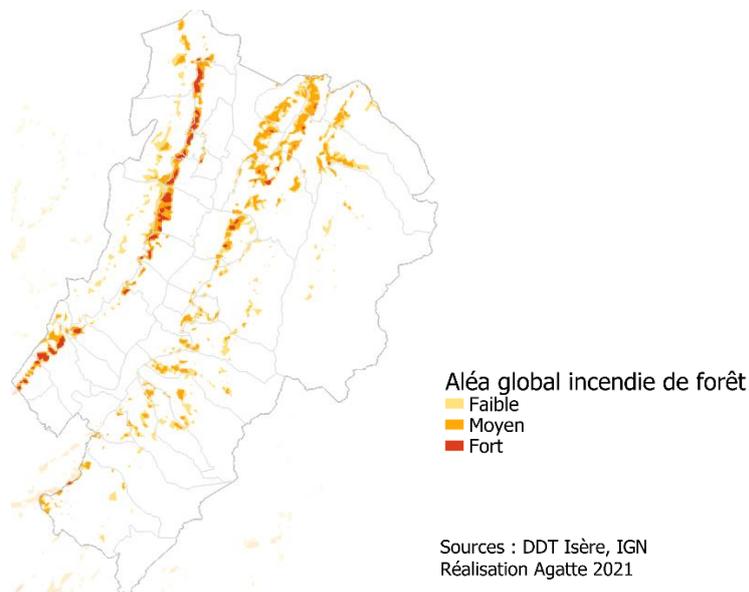
Sur le territoire du Grésivaudan, le risque incendie est globalement de faible intensité exception faite

⁵ Les scolytes de l'épicéa sont des insectes ravageurs appartenant à l'ordre des coléoptères. Au printemps, lorsque

les températures sont favorables, le scolyte se disperse dans la forêt jusqu'à trouver un lieu propice à sa reproduction, s'attaquant aux seuls arbres en mauvaise santé.

de certaines zones très localisées sur les forêts de montagne sur le massif de la Chartreuse (voir carte ci-dessous).

Carte du risque incendie sur la CC Le Grésivaudan



Source : DDT Isère, IGN, Réalisation : Agatte 2021

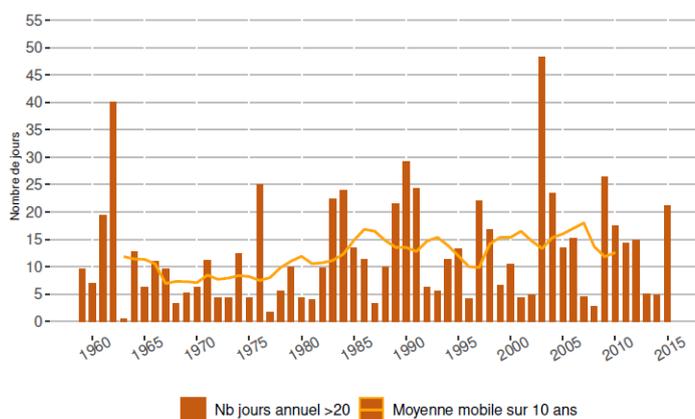
Les conditions favorables aux feux de forêt sont appréciées à partir de l'**Indice Feu Météo (IFM)**, qui permet de caractériser les risques météorologiques de dépôts et de propagation de feux de forêt (intensité) à partir de données climatiques (température, humidité de l'air, vitesse du vent et précipitations) et de caractéristiques du milieu (sol et végétation).

Sur le département de l'Isère, l'indice de feu météorologique est inférieur à 8 sur l'ensemble du département, ce qui signifie un **risque très faible** (le seuil critique étant situé à 20).

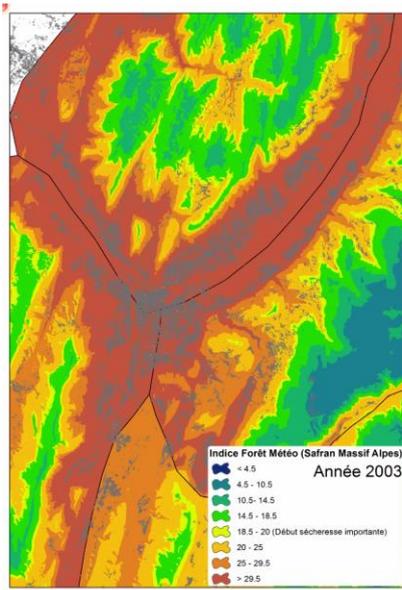
Toutefois, le graphique ci-dessous montre que le nombre de jours où le risque météorologique de feux de forêt est élevé est passé de 10,3 jours entre 1959 et 1988 (période de 30 ans) à 1,8 jours entre 1986 et 2015 (période de 30 ans).

La superficie départementale où le risque est élevé a également augmenté de 52, 4% entre la période trentenaire 1959 et 1988 et la suivante 1986 et 2015.

Isère – Evolution du nombre annuel de jours où l'IFM est > à 20 (seuil considéré comme critique)



Source : ORCAE



Source: DDT 38, SDIS 38

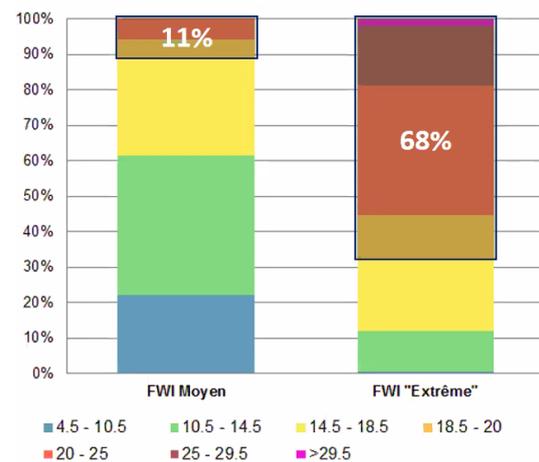


Source : Frédéric BERGER, INRAE

Par exemple, au cours de l'été 2003, des feux de forêt sont survenus dans des massifs montagneux qui n'étaient pas habituellement affectés, en particulier dans le massif de la Chartreuse où les incendies sur le sommet du Néron en juillet 2003 ont duré 33 jours et ont parcouru plus de 380 hectares de végétation.

Par ailleurs, la Base de Données sur les Incendies de Forêts en France (BDIFF) centralise l'ensemble des données sur les incendies de forêt sur le territoire français depuis 2006. Sur les 49 incendies centralisés (d'origine climatique ou criminelle), 82 % des surfaces brûlées depuis 2006 sont localisés sur le Massif de La Chartreuse (communes de Chapareillan, Barraux et Crolles) ce qui montre en sensibilité plus accrue de ce massif.

Répartition de l'IFI sur la surface forestière de le l'Isère



Source : Frederic BERGER, INRAE

A l'horizon 2030-2050, sur le département de l'Isère, l'analyse de l'évolution des facteurs climatiques et de la sensibilité de la végétation au feu, permet de conclure à la possible augmentation de 11 % des surfaces sensibles dans le cadre d'un scénario moyen à 68 % en scénario extrême (situation de 2003). C'est donc un enjeu qui va rentrer peu à peu en ligne de compte dans les années à venir.

3.2.4. Le risque rocheux

Ainsi, on constate de manière globale une fragilisation des peuplements forestiers face aux aléas climatiques (sécheresse, risque incendie...). Cette sensibilité limite la fonction de protection aux aléas naturels que ces peuplements forestiers peuvent jouer jusqu'alors. Or, bien souvent et malheureusement ce rôle de protection des forêts de montagne n'est mis en évidence que lors de l'altération voire de la disparition de la couverture forestière et l'activation ou réactivation de phénomènes

naturels générateurs de risques, dont le risque rocheux mais aussi incendie.

Chartreuse joueraient ce rôle de forêt de protection (protection contre les feux de départ et de propagation).

Selon les travaux de recherche européens Rock The Alps, toutes les forêts du contre fort de la



Source : Rock the Alps

Une meilleure connaissance de ces zones permettrait de mettre en place des politiques prioritaires de gestion durable de ces éco

systèmes forestiers, au service de protection contre les risques d'éboulements.

3.3. Niveau de vulnérabilité climatique de la forêt

Thématique	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Forêt	Augmentation des températures de l'air	3	3	6
	Evolution du régime de précipitations	0	2	2
	Température extrême : chaleur	2	2	4
	Indice de vulnérabilité climatique			12

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Dépérissement d'espèces forestières (épicéas, sapins...) lié à leur difficulté d'adaptation aux nouvelles conditions climatiques - Prolifération d'insectes ravageurs : scolyte de l'épicéa - Un risque incendie faible mais en augmentation en période extrême (2003) 	<p>Schéma Local de Développement Forestier</p> <p>Groupe de travail Forêt Inter Tepos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Augmentation du risque incendie de forêt et de broussailles - Augmentation du risque rocheux - Vulnérabilités des activités économiques liées au bois et à la production d'épicéas notamment - Evolution des aires de répartition des espèces

Selon l'ORCAE, parmi les actions d'adaptation possibles, les travaux scientifiques et techniques indiquent de multiples pistes complémentaires pour accroître la résilience des forêts au changement climatique, parmi lesquelles :

- Promouvoir les diagnostics sylvo-climatiques localisés de vulnérabilité (climat, vitalité des arbres, diagnostic de la station, bilan hydrique)
- Passer d'un renouvellement naturel à un renouvellement plus maîtrisé ;
- Travailler sur l'entretien par rapport à l'eau ;
- Mettre en place des actions de gestion du stress hydrique et des dépérissements ;
- Préserver le sol : tassement, fertilité, biodiversité
- Dans le plan de gestion adapter le choix des essences (mélange d'essences), la longueur des cycles et les programmes de coupe, en tenant de la temporalité longue de renouvellement de la forêt.

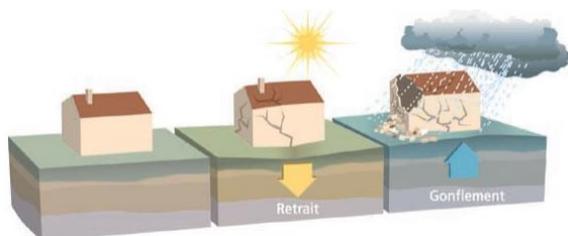
PARTIE 7 : IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE – *SOCIETE ET RISQUES NATURELS*

1. LES RISQUES NATURELS

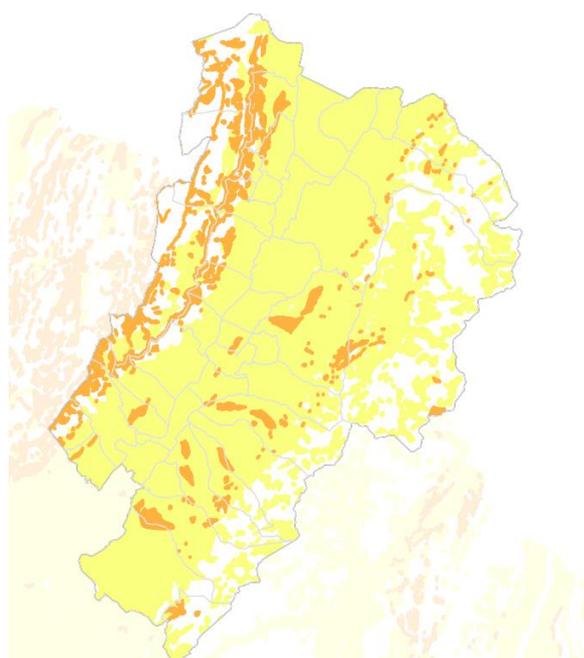
1.1. Retrait Gonflement des Argiles

L'argile présente la particularité de voir sa consistance se modifier en fonction de sa teneur en eau. Dur et cassant lorsqu'il est sec, l'humidité le fait se transformer en un matériau malléable. Ces modifications de consistance peuvent s'accompagner de variations de volume : augmentation du volume pour de fortes teneurs en eaux et diminution du volume pour des faibles teneurs en eaux. Ces variations de volume des sols argileux peuvent entraîner un retrait-gonflement des sols pouvant avoir des effets importants sur les habitations individuelles.

Illustration du retrait-Gonflement des Argiles



Aujourd'hui, le RGA constitue le 2nd poste d'indemnisation aux catastrophes naturelles en France.



Retrait Gonflement des Argiles

- Risque faible
- Risque moyen

Sources : IGN, Georisques
Réalisation Agatte 2021

Le niveau d'aléa (probabilité de la réalisation) de ces phénomènes dépend de facteurs de prédisposition (par exemple nature du sol) et des facteurs de déclenchement. Or, ces facteurs de déclenchement peuvent être climatiques, principalement des phénomènes météorologiques exceptionnels (sécheresse ou inondation par exemple). Les deux paramètres importants sont l'évapotranspiration (qui dépend, entre autres, de la température) et les précipitations.

Selon les données de l'IGN et du portail Géorisques, le territoire du Grésivaudan présente une faible sensibilité au risque Retrait Gonflement des Argiles (voir la carte ci-dessous).

Les zones les plus exposées (aléa moyen) se situent sur le massif de la Chartreuse et présentent une faible densité et donc une faible sensibilité au risque. Selon la base Gaspar, entre 1983 et 2015, seul un arrêté catastrophe naturel RGA a été déposé en 2012 sur la commune de Montbonnot.

1.2. Inondations

La compétence GEMAPI sur les affluents de l'Isère dans le Grésivaudan a été transférée au SYMBHI le 1er janvier 2019 par la Communauté de communes Le Grésivaudan, qui détenait la compétence depuis 2014.

Le territoire du Grésivaudan est partie intégrante du Territoire à Risque inondations Important (TRI) de Grenoble-Voirion. Dans ce cadre, une Stratégie Locale de gestion des risques inondation propre à l'Unité Territoriale du Grésivaudan (Isère amont) portée par le SYMBHI a été arrêtée par le préfet en 2018.

Afin de mettre en place une stratégie globale de gestion du risque de crue et de définir une programmation pluriannuelle d'études et de travaux, le SYMBHI a engagé en juin 2019 une démarche de PAPI (Programme d'Action et de Prévention des Inondations) qui devrait être finalisé pour juin 2022.

L'ensemble des éléments techniques présentés ci-après est issu du SLGRI Isère Amont.

Le territoire de l'Unité Territoriale du Grésivaudan regroupe l'Isère s'écoulant dans sa plaine alluviale (32 km) et ses torrents affluents, descendant de bassins versants montagnards aux formes contrastées, représentant un linéaire de cours d'eau principaux d'environ 700 km.

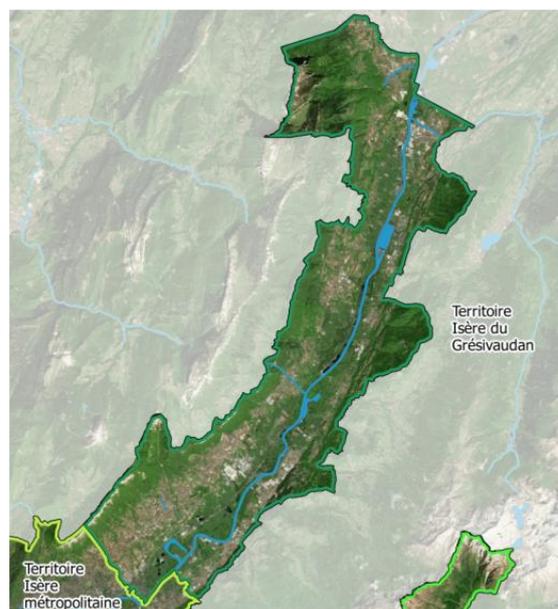
Les contextes topographiques et géologiques propres à chaque bassin versant de la vallée donnent naissance à un chevelu hydrographique original, asymétrique, composées de cours d'eau permanents alimentés par de larges bassins versant côté Belledonne et de nombreux axes intermittents réagissant lors d'épisodes pluvieux d'envergure au pied de la Chartreuse.

Ces nombreux affluents de l'Isère présentent un régime torrentiel propice à des crues estivales, caractérisé par un fort transport solide et une dynamique rapide, contrairement aux crues de l'Isère.

Aujourd'hui l'occupation urbaine des fonds de vallée et des cônes de déjection des torrents tisse un maillage de plus en plus dense où les périphéries des agglomérations rejoignent les contreforts montagneux. Cette occupation anthropique induit **un risque de crues estivales** important lors d'évènements climatiques intenses

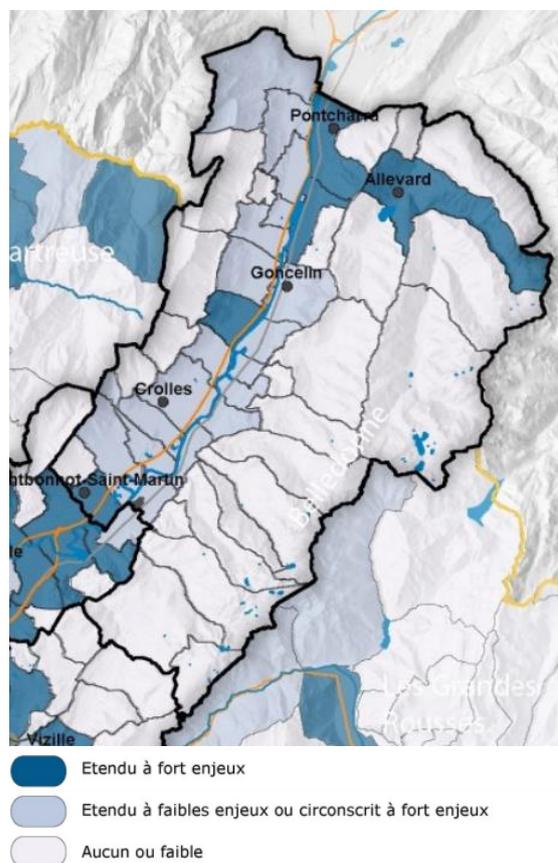
notamment en période estivale, comme en août 2005 ou plus récemment en janvier 2018.

Etat du lit de l'Isère



Source : SLGRI Isère Amont

Niveau de sensibilité des communes au risque d'inondations



Source : SCoT Sud Gard

1.2.1. Plaine alluviale de l'Isère : risque de rupture de barrage

Source : SLGRI Isère Amont

Le lit mineur de l'Isère est entièrement endigué sur ce tronçon, ce qui induit une déconnexion progressive de la rivière et du fonctionnement hydrologique de la vallée.

Le raccordement de ses affluents est assuré par divers aménagements hydrauliques qui permettent le franchissement des digues par une connexion soit directe à l'Isère, soit détournée via un réseau de canaux et de chantournes qui participent également au drainage des terres agricoles de la plaine.

La plaine alluviale, traversée en rive gauche par la voie ferrée Grenoble-Chambéry, et en rive droite par l'A41, est essentiellement agricole et s'urbanise progressivement au droit des piémonts de Chartreuse et de Belledonne ce qui en font une zone particulièrement exposée à l'aléa inondation.

Toutefois, les zones d'habitats sont la plupart du temps situées en limite ou en dehors de la zone à risque. L'estimation de la population située en zone à risque le long de l'Isère (emprise TRI et bande de précaution le long des digues) traduit **la faible exposition humaine sur ce territoire**, pour les phénomènes d'inondation par l'Isère, puisque 4 900 personnes sur 75 000 sont situées dans la zone à risque, **soit 6 % de la population**⁶.

L'Isère amont dans la vallée du Grésivaudan

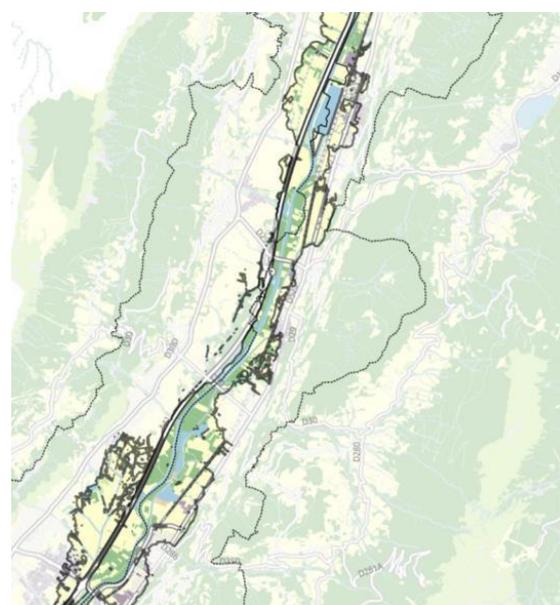


En revanche, plusieurs zones d'activités économiques sont situées dans le lit majeur de l'Isère et sont donc exposées à un risque de rupture de ses digues :

la zone industrielle et commerciale de Pré-Brun de Pontcharra;

la zone industrielle de Champ-Près-Forge et la Pierre;

- la zone industrielle des Vorses avec notamment ST Micro electronics à proximité;
- la zone industrielle du Cheylas.



LÉGENDE

Zones bâties à prédominance d'habitat	Boisements linéaires
Zones d'activité économique	Landes et fourrés
Equipements sportifs et de loisirs	Cours et voies d'eau
Espaces verts (parcs, jardins)	Extraction de matériaux, décharges, chantiers
Espaces à dominante agricole	Roches nues

L'aléa inondation de l'Isère sur ce territoire est donc un **aléa de rupture de digue** dans la mesure où le lit est entièrement endigué et assure un niveau de protection au niveau des zones habitées pour la crue bi-centennale de l'Isère.

⁶ En revanche, la population de ce secteur est exposée de manière plus importante aux risques de crues torrentielles et aux autres risques gravitaires

1.2.2. Sur les versants : un risque de crues torrentielles

En dehors de l'Isère, le territoire du Grésivaudan est également exposé à **un risque torrentiel** depuis les versants, le long des affluents issus des reliefs.

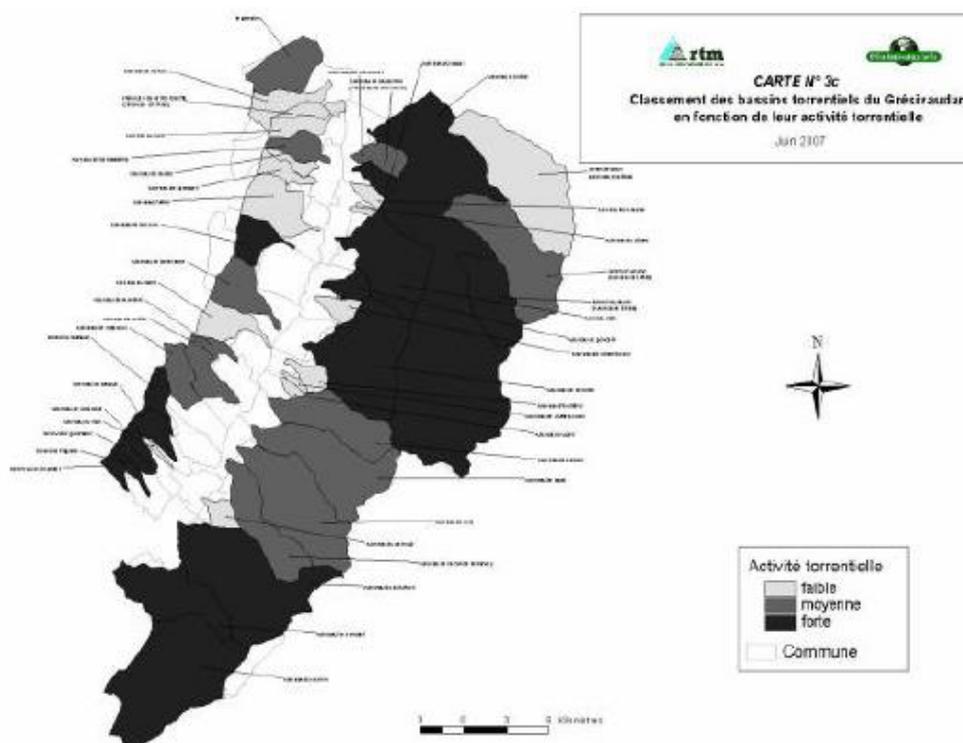
Les origines de ces crues torrentielles sont de deux types :

- averses courtes et intenses intervenant plutôt en été ;

- dans une moindre mesure des pluies continues et/ou durables, éventuellement sur un sol enneigé, intervenant en toute saison.

3,4 % de la superficie du territoire du Grésivaudan sont directement exposés à un risque torrentiel. Cette exposition est amplifiée via l'urbanisation des cônes de déjection fortement présente sur la partie Sud du territoire. Les crues torrentielles de 2005 ont provoqué des dégâts importants engendrant des coûts économiques considérables (environ 25 M€). Pourtant la période de retour de ces crues (10 à 50 ans) n'apparaît pas si exceptionnelle par rapport aux conséquences catastrophiques qui ont été induites par celles-ci.

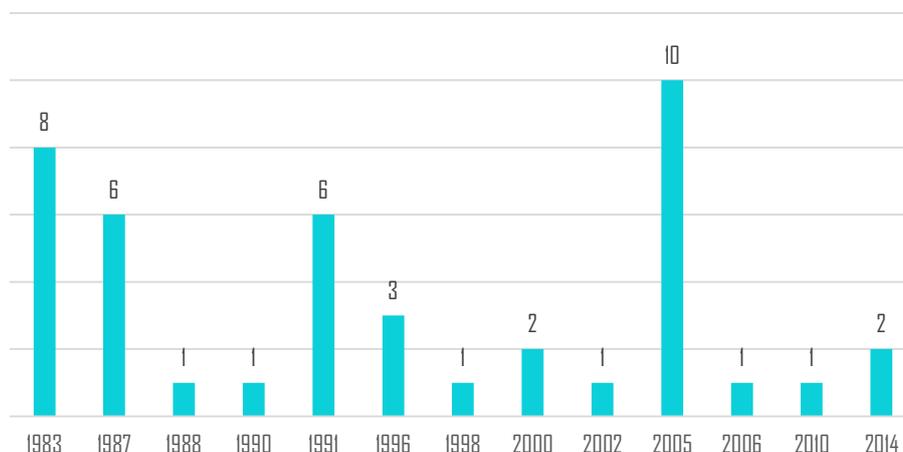
Classement des bassins torrentiels du Grésivaudan en fonction de leur activité torrentielle



Source : RTM, ONF ; juin

2007

Nb d'arrêtés catastrophes naturelles "Inondations et coulées de boue" par an CC Le Grésivaudan - Période 1982-2015



Source : base Gaspar ; traitement Agatte 2021

1.2.3. De manière localisée, un risque d'inondations par ruissellement

Le territoire est également confronté à un **risque de ruissellement** identifié principalement :

- à Pontcharra, où toute la zone urbanisée est exposée à la fois au ruissellement depuis les versants de Belledonne ainsi qu'à des débordements du Breda;
- localement à Barraux, où le centre-bourg est traversé par les ruisseaux du Chichident et du Furet et au lieu-dit la Gâche où les eaux de ruissellement peuvent s'accumuler dans des points bas de la plaine de l'Isère;
- au Cheylas, exposé aux phénomènes de ruissellement à l'est de l'Avenue de Savoie, au niveau du débouché du ruisseau du Trouillet mais également au droit de la confluence entre l'Isère et le Salin où le remblai ferroviaire crée une zone d'accumulation des eaux;
- sur une grande partie du centre-bourg du Touvet exposé aux inondations par

débordement du torrent de Bresson via sa rive droite;

- sur plusieurs cônes de déjection des ruisseaux de Goncelin et de Villard-Bozon à Goncelin, du ruisseau de la Terrasse à la Terrasse et du ruisseau du Merdaret à Tecin;
- à Montbonnot, où la commune a entrepris des travaux récents sur le système chantournes-torrents du St-Eynard-Isère.

La liste complète des cours d'eau exposés au risque de crue torrentielle est disponible dans l'étude d'*Etat des lieux relatifs aux risques liés aux crues des torrents du pays de Grésivaudan* réalisée par RTM en 2007 et qui inventorie notamment l'ensemble des crues torrentielles du XIVème siècle à 2007.

A noter que la CCLG est actuellement en train de recenser l'ensemble des études hydrauliques existantes sur les affluents de l'Isère côté Chartreuse et Belledonne.

1.3. Niveau des vulnérabilités climatiques

	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Retrait gonflement des argiles	Evolution du régime de précipitations	0	2	2
	Température extrême : chaleur	2	0	2
	Indice de vulnérabilité climatique			4

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Faible sensibilité au risque RGA : seules quelques zones exposées sur le massif de la Chartreuse - Un seul arrêté CATNAT RGA a été déposé entre 1982 et 2015 		<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'augmentation de l'intensité observée

	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Inondations	Inondations par rupture de digues	2	1	3
	Inondations par crues torrentielles	2	1	3
	Inondations par ruissellement	1	1	2
	Indice de vulnérabilité climatique			6

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Un risque inondation qui connaît une origine principalement anthropique - Un risque inondation de l'Isère par rupture de digue (crue bi centennale) : seuls 6 % de la population y est exposé - Un risque inondation par crues torrentielles sur les versants : 3,4 % du territoire est concerné ; la fonte nivale peut accélérer ce risque - Un risque inondation par ruissellement très localisé sur quelques communes 	<ul style="list-style-type: none"> - SLGRI Isère Amont arrêté depuis 2018 - Elaboration d'un PAPI en cours 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas d'augmentation de l'intensité observée

2. LES RISQUES SANITAIRES

Face à une population de plus en plus sensible (population âgée), le changement climatique fait peser **d'importants risques sur la santé des habitants**. En effet, les événements extrêmes qui pourront se produire et l'augmentation des températures prévues, affecteront sans aucun doute la santé humaine. **Les risques sanitaires liés à ces changements seront accentués** et des phénomènes sanitaires nouveaux pourront apparaître.

Des travaux de l'ONERC⁷ ont cherché à évaluer les coûts du changement climatique sur la santé à partir d'événements survenus en France dont la fréquence et l'intensité pourraient s'accroître dans les années à venir. Il en résulte que **le coût pour la société de la canicule de 2003 a dépassé les 500 millions d'euros** (valeurs des vies perdues).

Dans son rapport intitulé « Pollution de l'air : le coût de l'inaction » rendu public en 2015, la commission d'enquête du Sénat évalue entre **68 et 97 milliards d'euros par an le coût sanitaire globale lié à la pollution de l'air** (traitements des maladies, mortalité prématurée, absentéisme, etc.). Selon l'Organisation mondiale de la santé (OMS), la pollution serait responsable de la **mort prématurée de 42 000 individus par an**.

2.1. Risques sanitaires liés aux vagues de chaleur

Le principal impact direct du changement climatique sur la santé concerne l'exposition de la population aux fortes chaleurs dont la vulnérabilité diffère selon les individus :

- l'âge, les personnes âgées sont les plus touchées, 82 % des décès attribués à la

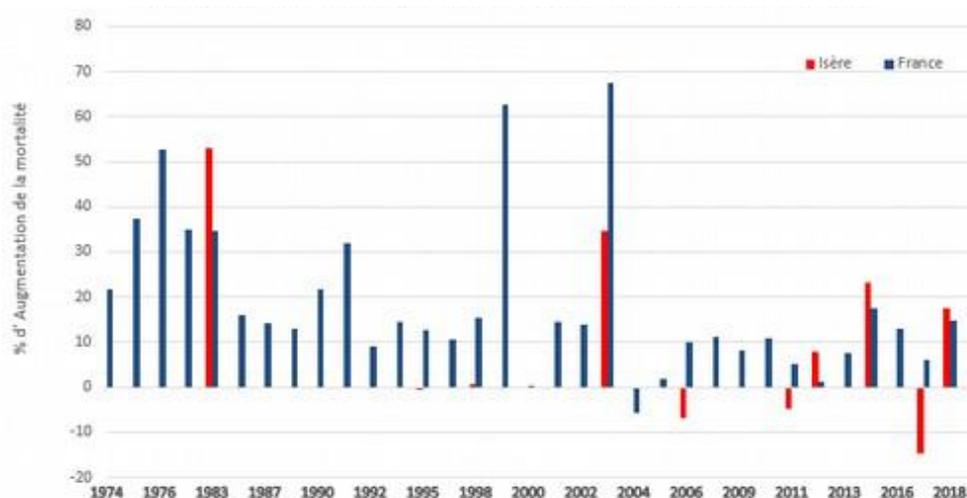
- canicule de 2003 en France ont touché les personnes âgées de plus de 75 ans ;
- les conditions de santé des individus ;
- le niveau socioéconomique : les personnes habitants des logements précaires seraient les plus exposées aux températures extrêmes ;
- l'isolement social ;
- la localisation : les chaleurs extrêmes ont un impact plus marqué dans les centres urbains à cause des phénomènes d'îlot de chaleur et/ou l'exposition à des fortes concentrations de polluants atmosphériques (ozone).

La **canicule d'août 2003**, exceptionnelle en termes d'élévation des températures et de durée, a entraîné une **surmortalité moyenne de 50 % dans la région Rhône-Alpes**, et jusqu'à 80 % pour la ville de Lyon, liée d'une part au phénomène d'îlots de chaleur urbains et d'autre part à la forte concentration de personnes âgées en zone urbaine.

Sur le département de l'Isère, la surmortalité de la population durant l'épisode caniculaire de 2003 a été de moindre ampleur avec un taux d'environ 35 %. Toutefois, dans un contexte d'urbanisation et de vieillissement de la population, cet enjeu risque de se renforcer dans les années à venir

⁷ ONERC, « changement climatique, coûts des impacts et pistes d'adaptation » paru en 2009

Augmentation de la mortalité en Isère pendant les périodes de canicule



Source : ORCAE

2.2. Risques sanitaires liés à la qualité de l'air

À court terme, les effets observés lors d'une exposition à des concentrations importantes de polluants sont principalement l'aggravation de pathologies cardio-vasculaires et respiratoires préexistantes et des crises d'asthme.

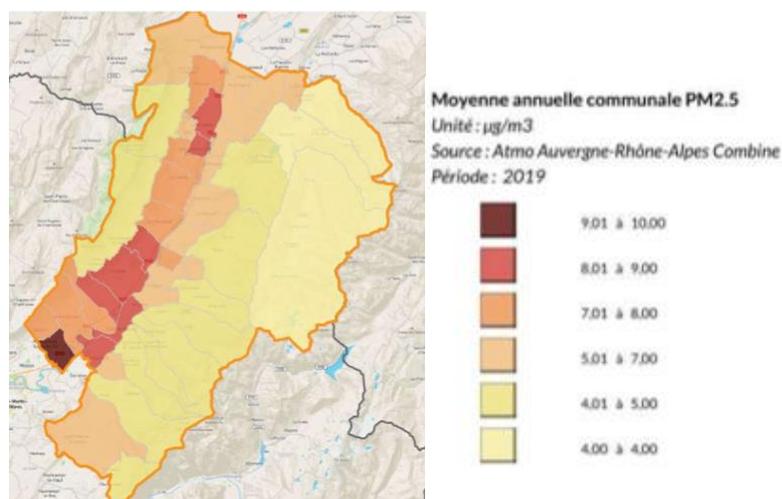
La présence de particules fines et de dioxyde d'azote à proximité des axes routiers, mais aussi l'ozone dans le sud du territoire, contribuent à l'aggravation de pathologies cardio-vasculaires et respiratoires pré-existantes. Les communes limitrophes de l'agglomération grenobloise ainsi que celles situées le long de l'autoroute sont les plus exposées.

Le programme Aphékom sur la pollution urbaine en Europe, coordonné par l'InVS et mené dans 25 grandes villes, montre que l'espérance de vie pourrait augmenter jusqu'à 22 mois si les niveaux moyens de particules fines (PM_{2,5}) ne dépassaient pas 10 µg/m³.

Sur le territoire du Grésivaudan, les niveaux annuels des PM₁₀ et PM_{2,5} issus de la modélisation du territoire de l'ATMO AURA en 2019 sont bien en deçà des valeurs limites pour l'année 2019. Néanmoins, ce respect des valeurs limites est très variable selon les années (voir carte ci-dessous).

Ces aspects représentent un enjeu majeur de santé publique et sont pris en compte dans le PPA de la RU de Grenoble.

Moyenne communale des émissions de PM_{2,5} sur l'année 2019



Source : ATMO AURA, 2019

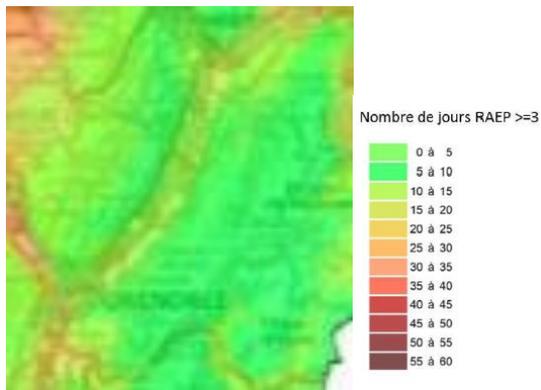
2.3. Risques sanitaires liés à la biodiversité

Le changement climatique est susceptible d'induire une modification des espèces végétales présentes sur le territoire, avec un allongement de la période d'exposition aux allergènes et une augmentation des quantités de pollens.

Rhône-Alpes est la région française la plus touchée par l'**ambroisie**, plante annuelle invasive qui colonise les sols nus et dont le pollen est particulièrement allergisant.

Sur le territoire du Grésivaudan, ce risque est encore relativement limité du fait de la typologie du territoire (zones montagneuses) qui n'est pas propice à la prolifération de l'espèce qui ne se développe pas au-dessus de 1 400 mètres (voir chapitre [suivant](#)).

Risque Allergique d'Exposition à l'Ambroisie 2019



Source : ATMO AURA, 2020

2.4. Niveau de vulnérabilité climatique

	Aléas climatiques	Exposition	Sensibilité	Vulnérabilité 2019
Risques sanitaires	Température extrême : chaleur	2	2	4
	Evolution d'éléments pathogènes	2	2	4
Indice de vulnérabilité climatique				8

Impacts observés sur le territoire	Actions d'adaptation en cours	Vulnérabilité 2050
<ul style="list-style-type: none"> - Surmortalité durant des épisodes caniculaires - Pollution de l'air sur les communes sud du territoire et le long de l'autoroute - Faible exposition de la population aux allergènes de type ambroisie 		<ul style="list-style-type: none"> - Risque d'une augmentation d'épisodes caniculaires et d'une sensibilité plus accrue de la population liée à son vieillissement et à son urbanisation

RESSOURCES BIBLIOGRAPHIQUES

Indicateurs climatiques passés

- Météo France, Climat HD : <http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climathd>
- Site internet e-metsy : e-metsys.fr
- Chiffres Clés 2021 - ORCAE

Indicateurs climatiques futurs

- Météo France, Drias les futurs du climat : <http://www.drias-climat.fr/>

Impact montagne

- Evolution des indices climatiques propres à la montagne (températures, manteau neigeux...) : Météo France, Association Agate, ORCAE 2021
- Changement climatique et évolution de l'enneigement sur les Alpes françaises, G. Giraud, M. Rousselot, Y. Durand, I. Etchevers, L. Mérindol, Météo-France/Centre d'Etudes de la Neige GAME/CNRM
- Le changement climatique dans les Alpes et les stratégies de la société pour s'adapter à cette transformation du territoire, Christophe CHAIX
- Changement climatique et tourisme en Auvergne-Rhône-Alpes, Fiche thématique, ORCAE 2017
- Fiche indicateur – Evolution des conditions d'enneigement des domaines skiables, données 2020, ORCAE 2020
- Perspectives d'enneigement et impacts sur les ressources des stations iséroises (2025 / 2050), Conseil départemental de l'Isère, 2018
- Projets de développement durable des stations communautaires du Grésivaudan, CC Le Grésivaudan, 2020
- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017
- Comité de pilotage Intertepos, 2021

Impact ressource en eau

- Actualisation Bilan Besoins Ressources – Etude de la gestion globale de la ressource en eau – Plan de sécurisation de la ressource en eau, Communauté de l'eau, RU de Grenoble, 2015, 2016 et 2018
- Etude de l'aquifère alluvial de la vallée de l'Isère en aval d'Aiton à Grenoble – Identification et délimitation de zones de sauvegarde à préserver pour l'eau potable, Masse d'eau souterraine : Alluvions de l'Isère Combe de Savoie et Grésivaudan + Bréda (FRDG314), Rapport final, BRGM, janvier 2019
- Eau et adaptation au changement climatique dans le bassin Rhône-Méditerranée, Conférence changement climatique et ressource en eau – 29 novembre 2018 Thomas PELTE, SCoT 2030
- Changement Climatique et Ressource en Eau, Quelle adaptation pour le SCoT ? Cécile Benech et Marie Ardiet, novembre 2018

- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017

Impact agriculture

- Activités économiques agriculture et changement climatique en Auvergne – Rhône-Alpes, ORCAE, 2017
- Fiche indicateur – Phénologie des prairies données 2019 – ORCAE 2020
- Fiche indicateur – Bilan hydrique et sécheresse 2018 – ORCAE 2020
- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017

Impact sur la forêt

- Élaboration de la Stratégie Locale de Développement Forestier Belledonne – Coeur de Savoie – Grésivaudan, 2019
- Activités économiques sylviculture et changement climatique en Auvergne – Rhône-Alpes, ORCAE, 2017
- Fiche indicateur – risque feux de forêt, ORCAE 2020
- Fiche indicateur – conditions favorables au développement du scolyte, données 2019, ORCAE 2020
- La forêt et la filière bois de la chaîne de Belledonne, Espace Belledonne, 2019
- Comité de pilotage Intertepos, présentation des résultats du projet Alptree par Frédéric BERGER de l'INRAE, 2021
- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017
- Dépérissements, ventes de bois, changements climatiques... Quels arbres pour demain sur le territoire Sud Isère ? ONF, CD de l'Isère, CDA38, CRPF

Impact sur les risques naturels

- Base Gaspar – géorisques
- Stratégie Locale de Gestion du risque Inondation de l'Isère, SYMBHI, 2019
- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017

Impact sur la santé

- PPA région urbaine de Grenoble
- Les enjeux économiques, sanitaires et environnementaux du changement climatique en Isère, CEREMA, 2017
- Bilan de l'exposition de la population aux pollens d'ambrosie, ATMO AURA, 2019
- Fiche indicateur - Evolution des indicateurs d'exposition aux canicules et de la mortalité associée, ORCAE 2020