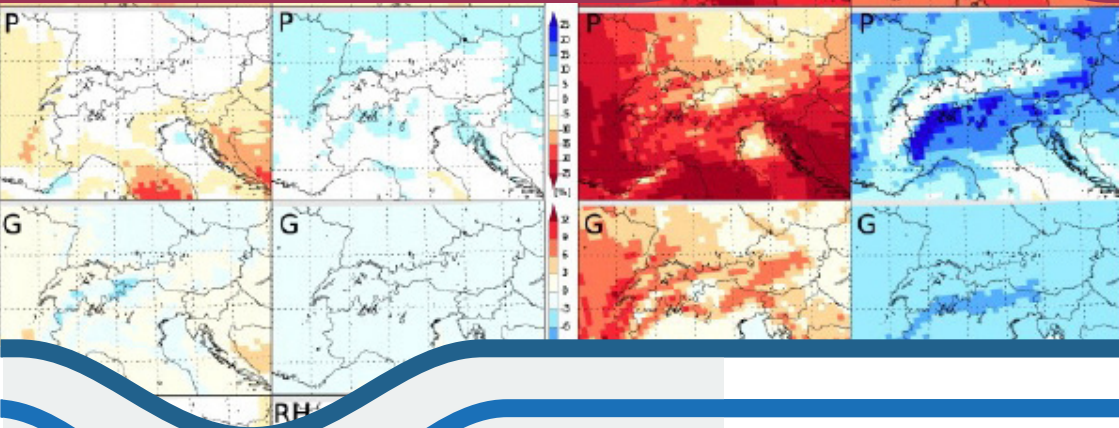


Changement climatique sur les Alpes et ses impacts sur les zones d'étude du projet ARTACLIM



ARTACLIM, Adaptation et résilience des territoires alpins face au changement climatique, est un projet de recherche-action transfrontalier dont l'objectif principal est d'encourager la mise en place de mesures d'adaptation au changement climatique dans le cadre de l'aménagement du territoire et de la planification des administrations locales. Période de mise en œuvre du projet: mai 2017 - décembre 2020.

Booklet 1

Contenu édité par: AGATE avec la contribution de Polito.

Montage et mise en page graphique: iiSBE Italia R&D - ESDesigner

Publié: septembre 2020

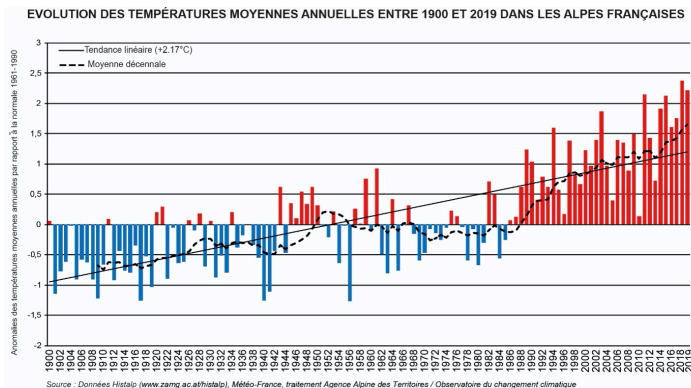
© 2017 partenariat ARTACLIM. Tous droits réservés. Le projet ARTACLIM (n ° 1316) a reçu un cofinancement FEDER dans le cadre du programme INTERREG ALCOTRA 2014-2020. Le document reflète le point de vue des auteurs. Le programme ALCOTRA n'est pas responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qu'il contient.


Evolution passé du climat

Les températures

Le changement climatique dans les Alpes du Nord françaises se traduit avant tout par réchauffement des températures, qui a atteint +2.3°C entre 1959 et 2019 sur les moyennes annuelles. Cette valeur de tendance a fortement augmenté depuis 2014 et le passage à un nouveau plateau de température : ces 6 dernières années figurent toutes dans le top 10 des années les plus chaudes, la période 2014-2019 est donc unique dans les relevés, et très probablement la période la plus chaude depuis au moins 1000 ans.

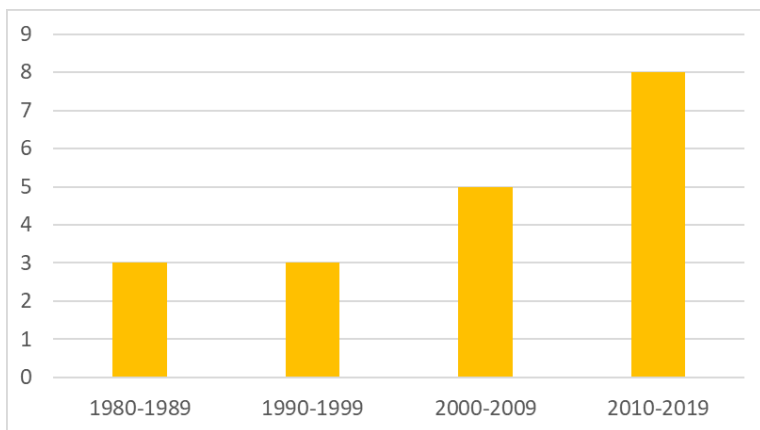
Cette période intervient après un début de décennie alternant années « normales », c'est-à-dire proches des moyennes (2010, 2013) et années chaudes (2011, 2012), à l'instar de la fin de la décennie 2000, qui avait été toutefois marquée par 2003 et ses 4 canicules. C'est d'ailleurs depuis cette année-là que le réchauffement s'est montré plus « agressif » avec des records sans cesse battus, et un doublement dans l'occurrence des canicules (voir graphique). Auparavant encore, ce réchauffement s'était surtout manifesté significativement par le passage d'un plateau « froid » à un « plus chaud » à la fin des années 1980, et l'apparition d'hivers doux « sans neige » qui ont marqués les esprits.





Le réchauffement des températures est inégal suivant les saisons et les mois. C'est avant tout le printemps et l'été qui se sont le plus réchauffés, avec des tendances atteignant respectivement en 2019 +2.6°C et +3°C depuis 1959. L'automne et l'hiver atteignent maintenant les +2°C. Mensuellement, c'est en premier lieu juin, avril, octobre, mai, juillet et août qui forment le peloton de tête... Les mois hivernaux plus froids habitués aux inversions de températures en plaine se sont beaucoup moins réchauffés, contrairement à la montagne, mais la multiplication des périodes de douceur et l'absence de vague de grand froid ont aussi été ressenties par rapport aux années 1970 ou 1980 par exemple.

Source : AGATE, Observatoire du changement climatique



Nombre d'année à canicule (année avec au moins une période caniculaire) en région Auvergne-Rhône-Alpes par décennie. Source : Météo-France, AGATE.

Ces statistiques nous montrent que les périodes estivales et printanières sont les plus exposées aux effets du réchauffement et que, nous allons le voir, l'analyse des tendances de la pluviométrie ne fait que renforcer ce constat de vulnérabilité.



Les précipitations

En effet, côté cumuls de précipitation, bien qu'on ne puisse observer de tendance d'évolution annuelle statistiquement significative depuis 1959, on peut qualifier des alternances de périodes plus sèches ou plus humides. Citons la sécheresse atmosphérique entre 1971 et 1976, celle de 2003-2011, ou encore celle commencée en 2015 et qui perdure encore aujourd'hui. La période 1977-2002 a été quant à elle assez arrosée, si bien qu'on calcule une diminution de 40% des cumuls totaux entre les périodes 1977-2002 et 2003-2019. C'est tout-à-fait considérable. Cette baisse concerne surtout l'automne et l'hiver, moins le printemps, mais pas l'été, contrairement à ce que l'on pourrait penser. Cela s'explique par le fait que les sécheresses estivales connectées aux vagues de chaleur récentes s'expriment surtout dans l'augmentation de l'évapotranspiration, alors qu'il reste toujours des chutes de pluie, sous forme d'orage notamment. Ainsi, depuis 2015, c'est moins une sécheresse atmosphérique que nous vivons, qu'un changement de régime hydrique provoqué par un ensemble d'effets du réchauffement à des périodes données.

La variabilité climatique

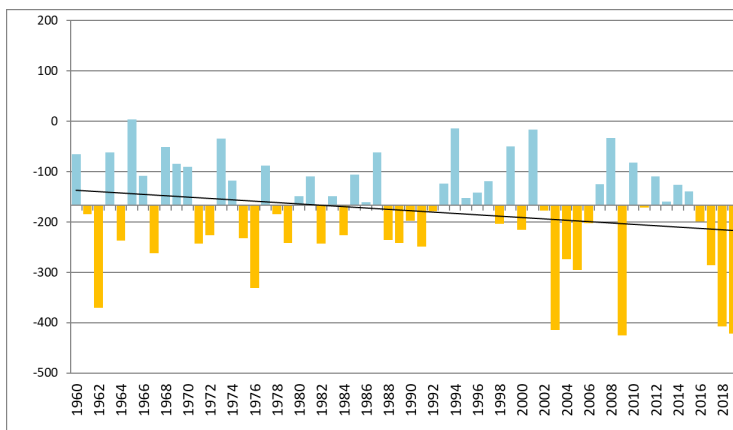
Cette nouvelle donne s'inscrit aussi dans un contexte d'augmentation de la variabilité météorologiques et climatiques :

- Des étés chauds et secs, qui perdurent parfois jusqu'à la fin de l'automne en octobre, et qui peuvent commencer dès avril.
- Des hivers pluvieux, et des printemps où des mois sans pluie alternent avec d'autres très humides.

Les impacts sur les ressources hydriques

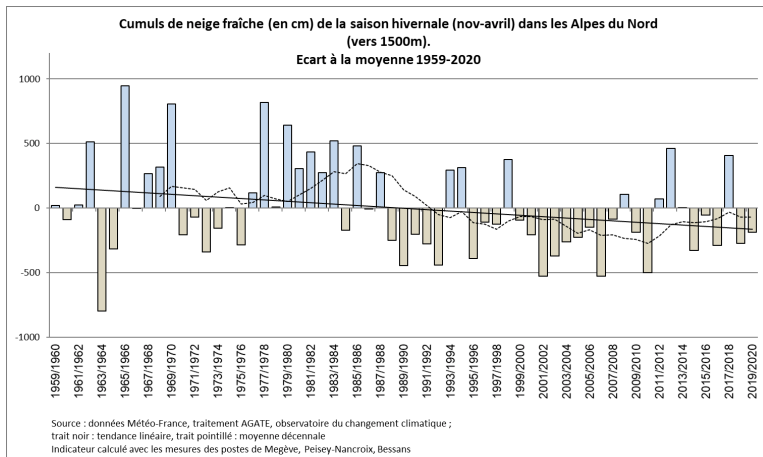
La conjonction actuelle de la tendance pluviométrique, de l'augmentation des températures et des extrêmes, et de la variabilité météorologiques ont des conséquences importantes.

En effets, ces facteurs conjugués sont à l'origine des sécheresses hydrologiques des deux dernières décennies, qui se manifeste par exemple par une diminution de 30% environ des débits printaniers des rivières préalpines depuis 2003, ainsi que des étiages assez importants en automne, comme en 2018. Notons que l'évapotranspiration a augmenté de 12% depuis 30 ans et que les records de 2003 sont battus en 2018 et 2019, et que le bilan hydrique (P-ETP) a diminué en conséquence de moitié entre avant et après 2003. Lors d'hivers doux ou printemps chauds, le stock nival est devenu très inférieur à la normale en mai, il a aussi chuté de 12% au total sur les Alpes, et encore plus sur les Préalpes.



Evolution du bilan hydrique (précipitation moins évapotranspiration) de la saison végétative (avril-septembre) mesuré à Bourg-Saint-Maurice entre 1960 et 2019.
Source : Météo-France, AGATE.

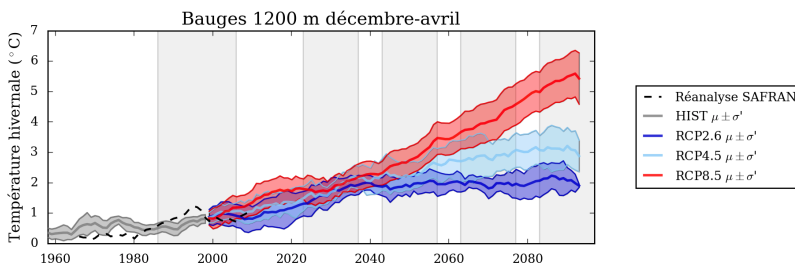
L'enneigement a diminué de 25% vers 1500m et presque 50% à 1000m entre avant et après 1987. Ce phénomène est directement lié aux réchauffements des températures et à la remontée de la limite pluie-neige. L'effet est mécanique. Cela n'empêche pas les chutes de neige en cas de fronts froids mais les masses d'air étant plus chaudes, la probabilité d'un « rinçage » par de la pluie suivi d'une fonte accélérée en cas de redoux augmente fortement avec le réchauffement.

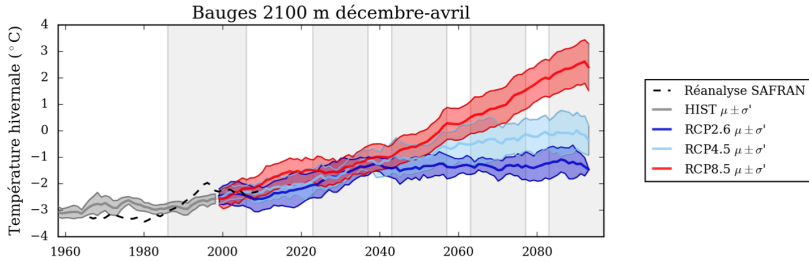


Projection climatique

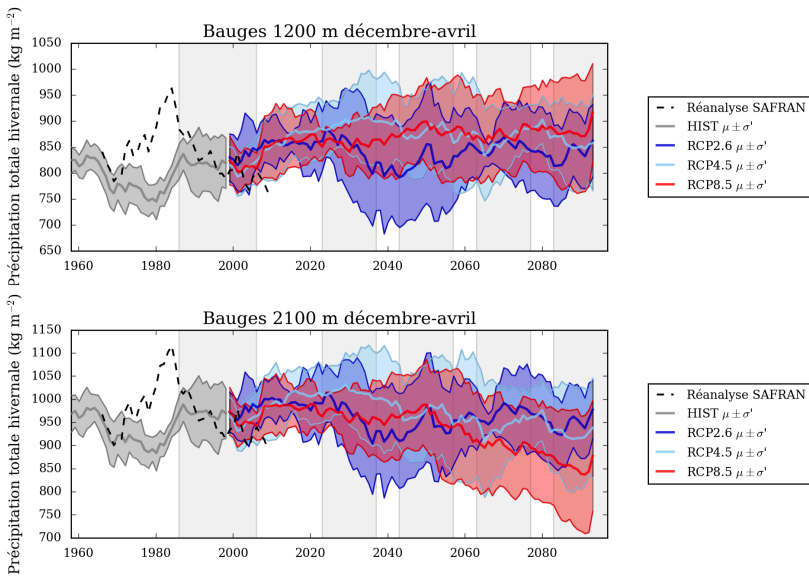
Le projet ARTACLIM a pu bénéficier du travail des chercheurs du Centre d'étude de la Neige et d'IRSTEA effectué lors du projet ADAMONT et dont les modélisations font aujourd'hui référence. Les chercheurs nous ont offert en exclusivité des représentations graphiques de leur simulation sur le territoire des Bauges et du Haut-Chablais. En voici un extrait sur le massif des Bauges. Retrouvez l'ensemble de ces productions dans le livrable Etat de l'art n° 3.1.1 sur le site internet du projet.

Projections des températures hivernales moyennes dans les Bauges à 1200 et 2100m (Verfaillie et al., 2017).

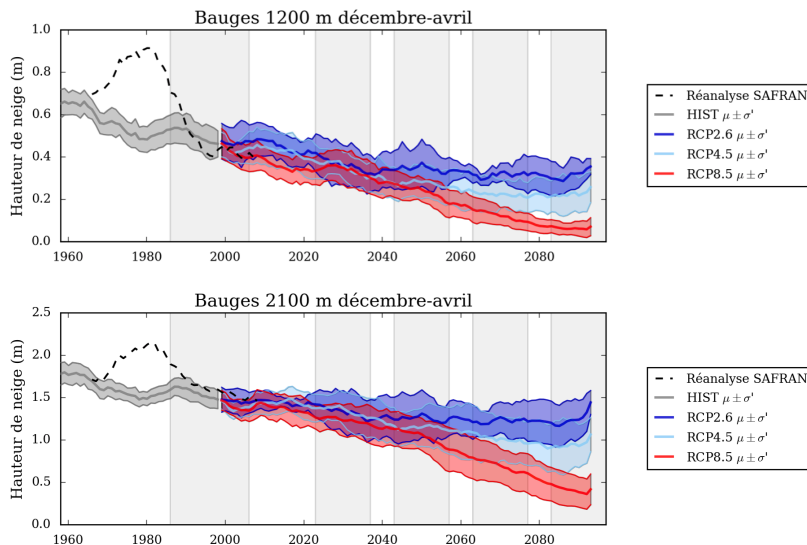




Projections des précipitations totales hivernales dans les Bauges à 1200 et 2100m (Verfaillie et al., 2017)



Projection de la hauteur de neige dans les Bauges à 1200 et 2100 m (Verfaillie et al., 2017)




Les impacts potentiels à l'échelle de la région alpine

Sont repris ci-dessous des résultats clés des analyses sectorielles menées, pour un éclairage sur les besoins spécifiques de renforcement des connaissances des acteurs du territoire. Ce travail de synthèse a été mené par le bureau d'étude ACTERRA. Il s'inspire des travaux menés par les partenaires d'ARTACLIM dans le cadre de l'activité Etat de l'art.

Risques Naturels

- Spécificités territoriales : les risques en montagne résultent de la présence conjuguée :

o D'aléas hydro-géologiques nombreux, complexes, intenses et rapides (avalanches, crues et laves torrentielles, glissements de terrain, éboulements et chutes de blocs, séismes) pour partie aggravés par le changement



climatique, qui se traduit également par une extension, voire l'apparition de risques nouveaux, tels que les risques d'origine glaciaire et périglaciaire ou les incendies de forêts,

o De formes spécifiques de vulnérabilité, à la fois directe (matérielle) et indirecte (fonctionnelle), liées à une forte exposition des enjeux, en particulier de structures et fonctions essentielles au fonctionnement du territoire telles que les réseaux de transport, d'énergie et de télécommunication.

- Impacts potentiels : tendances clés

o Avalanches de neige : évolution de la saisonnalité des types de départs, augmentation de l'activité avalancheuse humide – conditionnée par les caractéristiques de relief, de couvert forestier et de sensibilité de la zone à l'érosion

o Crues et inondations : augmentation des crues hivernales et très bas débits en été, évolution de la saisonnalité des pics de crues, apports en eau important lors des pics de fonte des territoires de haute montagne³ (fonte des glaciers et du permafrost)

o Coulées de débris et laves torrentielles : augmentation de l'altitude de départ des coulées de débris, augmentation du transport solide torrentiel dans les bassins – conditionnée par les caractéristiques du couvert forestier, accroissement des aléas torrentiels au printemps et en automne

o Mouvements de terrain : augmentation des chutes de blocs et des glissements de terrain à des altitudes de plus en plus élevées, recrudescence des glissements de terrains – conditionnée par les caractéristiques d'infiltration des sites, stabilisation des zones héritées du retrait de la cryosphère (revégétalisation des zones d'altitude), augmentation des phénomènes de type érosif – impactant les talus routiers, risque d'enclavement des vallées alpines du fait de l'augmentation de l'activité des mouvements de terrain, processus de cascade sédimentaire en provenance des territoires de haute montagne⁴ (fonte des glaciers et du permafrost)

o Feux de forêts : expansion des incendies de forêts, plus particulièrement dans les Alpes du Sud, avec des conséquences en termes d'érosion et de chute de blocs



Agriculture

- Spécificités territoriales

o Environ 31,4 % des Alpes, couvrant une superficie de 190 600 km², sont encore utilisées pour la production agricole (Flury et al., 2013)

o Grande hétérogénéité des pratiques (systèmes de culture, techniques de culture et degré d'intensité)

o Fragilité structurelle (faible productivité et coûts de production élevés), tendance de marginalisation socio-économique et d'abandon des terres mais facteur clé de maintien des économies de montagne et des paysages culturels alpins

- Impacts potentiels : tendances clés

o Allongement de la période végétative pour un grand nombre de cultures

o Introduction de cultures sensibles aux basses températures (par exemple la vigne) à des altitudes plus élevées que celles traditionnellement pratiquées

o Modification de la composition spécifique des prairies du fait de la migration vers des altitudes plus élevées de certaines espèces impactant les conditions de culture (il semble probable que la culture des graminées diminuera au bénéfice des cultures légumineuses), avec des effets en termes de productivité et de qualité du fourrage (Sérès, 2010).

o Accélération de la décomposition naturelle de la matière organique des sols

o Impacts sur la disponibilité de la ressource en eau très variable, en fonction de la topographie

o Modification de la propagation de certaines maladies et ravageurs

o Conséquences liées aux événements extrêmes : impact du stress thermique sur les rendements végétaux et sur la performance de l'élevage, dégradation des sols due aux phénomènes d'érosion, de saturation en eau, d'érosion éolienne, détérioration des pâturages

Biodiversité

- Spécificités territoriales

o La région alpine, l'une des régions les plus riches d'Europe en termes de ressources environnementales et de biodiversité (Angelini & Weldeyesus, 2017) - 870 sites d'importance communautaire et 19 aires protégées.

o Faible capacité de dispersion de nombreuses espèces alpines, associée à



des situations fréquentes de fragmentation de l'habitat

- Impacts potentiels : tendances clés

o Ecosystèmes aquatiques les plus menacés du fait des altérations des caractéristiques hydrologiques des milieux

o Espèces animales : sensibilité particulièrement forte des animaux ectothermes (amphibiens, reptiles, poissons) aux variations de température, espèces en hibernation menacées par des hivers trop chauds, modification des aires de répartition ainsi que de l'abondance relative des espèces - en fonction des capacités de migration des espèces, concurrence modifiée entre espèces

o Végétation : migration des espèces vers des altitudes plus élevées – favorisée également du fait de l'abandon des pratiques pastorales

Forêt

- Impacts potentiels : tendances clés

o Elévation en altitude d'espèces normalement situées à des altitudes plus basses et limitées par le climat rude, rentrant en compétition avec les espèces qui y sont présentes – élévation également favorisée du fait de l'abandon des pratiques pastorales

o Vulnérabilité particulière au risque de sécheresse, notamment le hêtre et les chataîgniers ; réaction différente des espèces face au stress hydrique entraînant une variation de la composition des forêts.

Exposition aux risques accrus d'incendies, de tempêtes de vents et de crues – ces dernières étant susceptibles de fragiliser la capacité de régulation des ruissellements jouée par les formations forestières


o Modification de la propagation des agents pathogènes

o Capacité d'adaptation génétique susceptible d'être critique d'ici la fin du siècle pour le hêtre et l'épicéa – meilleure résistance du sapin

o Degré d'exploitation lié aux conditions climatiques tant en termes de conditions de travail pour l'exploitation qu'en termes de demande de bois

Activités socio-économiques

- Spécificités du territoire

- 
- o Le tourisme comme l'une des activités les plus importantes pour les communautés alpines - 60 à 80 millions de touristes chaque année, une valeur égale à 4 à 6 fois la population locale, chiffre d'affaires d'environ 50 milliards d'euros par an, 10 à 12% de l'emploi, même s'il ne touche que 10% des communautés locales (Agrawala, 2007).
 - o Fréquentation touristique liée aux conditions climatiques et aux ressources naturelles, tant en hiver qu'en été.
 - o Attractivité résidentielle qui s'est récemment accrue (habitat secondaire notamment) - habitants des zones urbaines de la plaine notamment
 - Impacts potentiels : tendances clés
 - o Accentuation du risque hydrogéologique et des pressions conséquentes sur les structures de logement, les infrastructures touristiques et de transport ; risque d'isolement de certaines zones et de coupure d'accès aux services essentiels suite à des événements extrêmes
 - o Pression sur le foncier et sur les ressources dans les zones où allongement des séjours des touristes ou arrivée de nouveaux habitants saisonniers fuyant les îlots de chaleur des zones urbaines
 - o Tourisme hivernal
 - Réduction du nombre de stations de ski qui peuvent être considérées comme « fiables » en termes de conditions d'enneigement (région alpine en général) qui ne devraient représenter plus que 75% des 666 stations actuelles pour une augmentation de la température de 1°C, 61% pour une augmentation de 2°C, 30% pour une augmentation de 4°C.
 - Dynamique de “ gagnants et perdants “, avec une concentration de touristes d'hiver sur les stations de ski situées aux altitudes les plus élevées et les mieux équipées et des stations de basse altitude ou de moyenne-haute altitude plus exposées et qui ne sont pas en mesure de faire face aux investissements nécessaires
 - Impacts négatifs des pratiques d'enneigement artificiels notamment en termes de consommation d'eau et d'énergie
 - o Tourisme estival
 - Attractivité accrue, plus particulièrement pour les zones de moyenne montagne, en synergie avec les dynamiques agricoles
 - Pression accrue sur les ressources naturelles



Les impacts par territoire

Communauté de communes du Haut Chablais

Si l'ensemble du territoire est impacté par l'évolution de l'ensemble des paramètres climatiques, le diagnostic a mis en évidence des tendances plus spécifiques à prendre en compte selon l'altitude, en différenciant trois niveaux de territoire :

- Fond de vallée (< 500m d'altitude):

o Particulièrement concerné par les conséquences d'évènements extrêmes en raison du niveau d'urbanisation et de la présence dense d'infrastructures (routière, réseaux d'électricité / gaz et eau potable / eaux usées, etc.)

o Accentuation des sécheresses - déjà constatée - impactant la productivité des pâtures et la disponibilité de fourrages pour les agriculteurs.

- Balcons (500-1000m d'altitude) :

o Risques combinés sur l'industrie forestière : sécheresse fragilisant les arbres, augmentation des températures l'hiver et au printemps favorisant la pullulation de parasites, évènements extrêmes...

o Conflits d'usage pour la ressource en eau pour les zones touristiques ou les retenues hydroélectriques.

- Stations et alpages (1000-2500m d'altitude) :

o Fortement impactés par l'augmentation des températures hivernales et ses incidences sur l'activité touristique liée à l'enneigement.

o Espèces (faune et flore), déjà menacées par la présence de l'homme en montagne, en compétition entre elles voire même avec des espèces exogènes, voire invasives (le réchauffement pouvant favoriser le déplacement de certaines espèces), en raison du stress hydrique et de température, et de la réduction de l'aire de répartition de certaines espèces.

o Évolution des risques naturels à cette altitude encore peu connus mais évolutions déjà observées (avalanches de neige humide).

o Diminution de la disponibilité de la ressource en eau pour les différents usages

Dans ce contexte, un certain nombre d'enjeux ont été identifiés, identifiés avec les acteurs du territoire, conduisant à prioriser les risques suivants :

- La ressource en eau face aux sécheresses et conséquences multiples sur le territoire (disponibilité pour les usages de l'eau : eau potable, agriculture,



tourisme..., fonctionnalités des milieux aquatiques) ;

- La forêt et ses diverses fonctions (fixation des sols, réservoir de biodiversité et de carbone, exploitation de bois...) menacée par les sécheresses et la pullulation de parasites ;

- Le renforcement des risques naturels gravitaires (crues, inondations, glissements de terrain, retrait-gonflement des argiles, avalanches humides, éboulements...)

- Le tourisme hivernal sous 2000 m, remis en question par la réduction de la durée moyenne d'enneigement, l'augmentation des températures moyennes hivernales et les précipitations irrégulières.

Massif des Bauges

Les réflexions ont été menées dans le cadre d'un atelier de travail participatif, à partir de travaux précédemment menés notamment lors de l'élaboration du PCET (PNR du Massif des Bauges, 2014b)) qui avait conduit à identifier quatre enjeux/secteurs clés en termes de risques : Agriculture, Forêt, Tourisme, Biodiversité / ressources naturelles / risques.

Les principales conclusions sont présentées ci-après, en termes de constats et préoccupations clés – exprimés par les acteurs (et non à dire d'experts). Vous retrouverez les résultats de l'étude de vulnérabilité élaborée dans le massif des Bauges par le bureau d'étude ARTELIA dans le booklet n°3.

- Biodiversité ressources naturelles / risques : constats et préoccupations clés
 - o Avalanches plus fréquentes, qui descendent de plus en plus bas dans la vallée

- o Augmentation des feux de forêt


- o Baisse du débit du Chéran, période d'étiage de plus en plus longue (125 jours dans l'année en dessous du niveau d'étiage).

- o Modification des pathogènes (augmentation des tiques...)

- Agriculture : constats et préoccupations clés

- o Effets positifs : précocité de la végétation (permet plus de coupes), bonne adaptabilité de l'élevage extensif, effet limité des changements de rythme, augmentation de la quantité de raisin et de la qualité du vin ; meilleure accessibilité des zones humides

- o Effets négatifs : augmentation du coût de production, gel tardif, grêle,



parasites, cycle végétatif plus court (bascule rapide en termes de qualité), pression sur l'activité, demande de technicité accrue, concurrence ligneuse avec autres usages, remontée de la forêt avec impact sur la qualité paysagère, accès à l'eau et conflits d'usage, concurrence avec le développement de l'habitat, nécessité d'adaptation des pratiques, notamment fourragères

- Forêt

o Remontée des essences : l'épicéa remonte au-dessus de 900 m et est progressivement remplacé par des feuillus

o Choix de plantation faits il y a quelques années non adaptés aux nouvelles conditions, entraînant notamment une déstabilisation des sols et une augmentation de zones ouvertes qui favorisent l'augmentation des phénomènes érosifs.

o Accroissement de la vulnérabilité de la forêt du fait du développement de maladies et de pathogènes : bostryche (un des scolytes les plus répandus) du fait notamment des sécheresses à répétition (2003, 2004, 2005), chalarose du frêne, processionnaire du pin, gui sur les sapins plus haut en altitude.

o Saison d'exploitation plus longue et donc augmentation de la production.

o Modification des services écosystémiques de la forêt du fait de ces effets : production de bois, espace de loisirs, puits de carbone, protection des sols...

- Tourisme

o Tourisme hivernal : baisse du chiffre d'affaire des remontées mécaniques et du chiffre d'affaires des séjours ski à la semaine (station d'Aillon le Jeune en procédure de sauvegarde)

o Tourisme d'été : augmentation de la demande touristique cherchant la fraîcheur (altitude et lacs)

Zone homogène de Pinerolo

Le travail d'analyse approfondie à partir des études et recherches existantes fait ressortir les résultats suivants.

- Biodiversité et santé des écosystèmes

o Pressions sur différentes espèces, notamment celles qui occupent les territoires les plus élevés, avec concurrence du fait de la migration générale des espèces en altitude

o Changements majeurs dans la composition et la variété des communautés



vivantes, végétales et animales (SMS, Région Piémont, 2008), exacerbés par l'arrivée d'espèces végétales exotiques

- Agriculture

o Actuellement difficile de déterminer si le climat futur pourrait représenter un bénéfice global ou un dommage à la production agricole dans les Alpes piémontaises (SMS, Région Piémont, 2008).

o Facteurs à prendre en compte : allongement de la saison de croissance, augmentation de la disponibilité du CO₂ - augmentation de la production et impossibilité de cultiver à des altitudes plus basses, évolution des dommages causés par le gel printanier, diminution de l'apparition d'attaques par des organismes fongiques du fait de la réduction de l'humidité du sol, arrivée d'espèces phytopathologiques liées à des températures plus élevées et à la rareté de l'eau

- Tourisme

o Allongement de la saison touristique estivale

Tourisme d'hiver menacé par le manque fréquent et prolongé de neige dans les stations, dû à des chutes de neige plus rares et à la fonte plus rapide du manteau (SMS, Région Piémont, 2008).

o Problèmes de stabilité pour les infrastructures touristiques en haute altitude du fait de l'altération et disparition du pergélisol

o Dangerosité des activités alpines en raison de chutes de pierres ou d'avalanches potentielles.


- Production d'énergie

o Secteur de l'hydroélectricité potentiellement affecté par le changement climatique (trois centrales hydroélectriques situées dans les municipalités de montagne) du fait des changements dans les régimes d'écoulement venant des hautes altitudes, principalement en raison de sécheresses estivales plus fréquentes – potentiellement compensée à court terme par une plus grande fonte des glaciers pendant les étés chauds (SMS, Région Piémont, 2008).

- Santé et risques naturels

o Vagues de chaleur, affectant en particulier les personnes fragiles – plutôt en zone de plaine

o Propagation de nouveaux ravageurs et maladies, allongement de la saison de production de pollen avec une influence sur l'apparition des allergies



o Risques naturels : difficile prédiction de la tendance en termes d'inondations, l'intensité des pics de crue n'étant pas toujours directement liée à la quantité de précipitations - autres facteurs : fonte des neiges, saturation des sols à l'arrivée des pluies, ... (SMS, Région Piémont, 2008).



AGATE, AGENCE ALPINE DES TERRITOIRES:
Capofila del progetto



POLITO-DIST:
Politecnico di Torino / Dipartimento di Scienze, Progetto e Politiche del Territorio



UGA / envirohonalp / PARN:
Università di Grenoble Alpes / Polo Rhône-Alpes ricerca ambiente per lo sviluppo sostenibile/ Polo alpino dei rischi naturali



iiSBE Italia R&D:
International Initiative for a Sustainable Built Environment Italia - Research and Development



SEAcOOP:
Società Cooperativa Servizi e Attività Agro Forestali e Ambientali



CMTo:
Città metropolitana di Torino - Dipartimento Territorio, edilizia, viabilità - Unità di progetto PTGM



PNRMB:
Parco Naturale Regionale dei Bauges



CCHC:
Comunità dei Comuni di Haut-Chablais



Le projet ARTACLIM (n ° 1316) a reçu un cofinancement FEDER dans le cadre du programme INTERREG ALCOTRA 2014-2020 - Axe prioritaire 2: Environnement sûr - Objectif spécifique 2.1: Améliorer l'aménagement du territoire par les institutions publiques d'adaptation au changement climatique



 www.artaclim.eu

 www.facebook.com/Artaclim-1815831035205163/

 @artaclim

 www.linkedin.com/company/18367053