

LA NATURE DÉBOUSSOLÉE MONTAGNE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

Montagne  
et changement  
climatique

# LA NATURE DÉBOUSSOLÉE

Exemple  
du massif  
du Mont-Blanc



8 €



Montagne  
et changement  
climatique

## **LA NATURE DÉBOUSSOLÉE**

**Exemple  
du massif  
du Mont-Blanc**



Montagne  
et changement  
climatique

# **LA NATURE DÉBOUSSOLÉE**

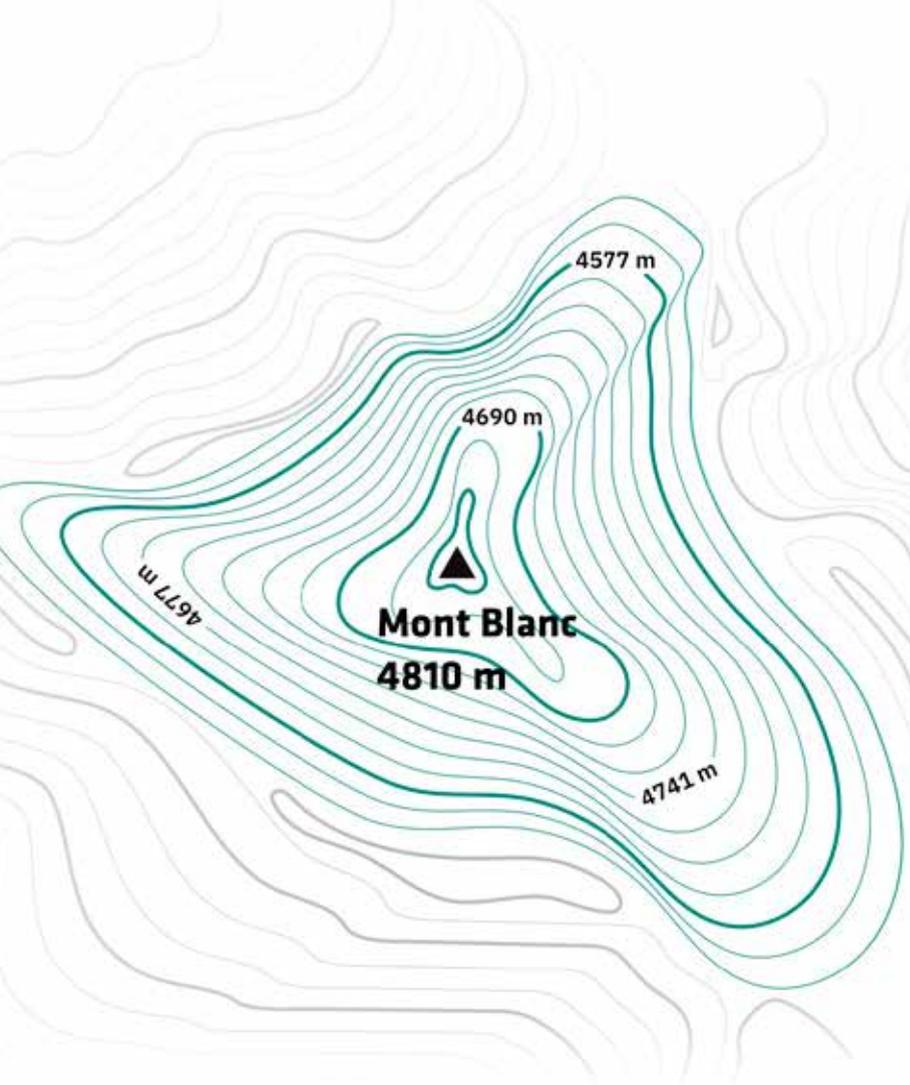
**Exemple  
du massif  
du Mont-Blanc**

Achévé d'imprimer 4<sup>ème</sup> trimestre 2021  
à Chamonix

Rédaction : Eliane Patriarca avec l'équipe du CREA Mont-Blanc  
Direction artistique : Pascal Tournaire  
Réalisation : Atelier Esope Chamonix  
Illustrations : Marie Doucedame, Charlotte Guillot, Iris de Véricourt  
Photos : Pascal Tournaire, CREA Mont-Blanc  
ISBN 978-2-902628-12-4

[creamontblanc.org](http://creamontblanc.org)





Le changement climatique touche deux à trois fois plus rapidement les grands massifs montagneux que le reste de la planète. Même pour le profane, même à l'œil nu, dans le massif du Mont-Blanc l'impact est désormais visible : des glaciers à l'agonie comme la Mer de Glace ou le glacier d'Argentière ; des éboulements de parois rocheuses de plus en plus fréquents qui modifient la silhouette des montagnes ; un enneigement réduit en quantité et en durée. Il y a des bouleversements moins visibles mais tout aussi profonds. Les espèces végétales et animales elles aussi subissent la hausse des températures, la fonte précoce de la neige, les canicules et sécheresses de plus en plus fréquentes. Comment réagissent-elles ? Comment la faune et la flore s'adaptent-elles à ce dérèglement, comment les paysages emblématiques du massif du Mont-Blanc évoluent-ils ? Depuis plus de 25 ans, le CREA Mont-Blanc - Centre de Recherches sur les Ecosystèmes d'Altitude - arpente la montagne pour observer et étudier les effets du changement climatique sur la faune et la flore.



## La montagne, un milieu naturel singulier

Les conditions climatiques varient avec l'altitude : la température de l'air diminue en moyenne de 0,6 °C pour une augmentation de 100 mètres, en raison de la diminution de la pression atmosphérique et de la moindre absorption des rayonnements solaires par l'atmosphère. Au fur et à mesure que l'on s'élève en altitude, le rayonnement solaire devient plus intense. Cela génère de fortes variations de températures entre le jour et la nuit mais aussi entre les saisons.

Les précipitations elles aussi sont plus importantes en altitude, car l'air qui arrive à proximité des montagnes monte et se refroidit ce qui, associé à l'humidité, provoque des précipitations.

Lorsque la température descend en dessous de zéro, les précipitations tombent sous forme de neige couvrant le sol d'une couche de plus en plus épaisse avec l'altitude.

◀ *Chamois (Rupicapra rupicapra) à 2400 mètres d'altitude.  
Les précipitations souvent neigeuses, modèlent la vie des espèces.*

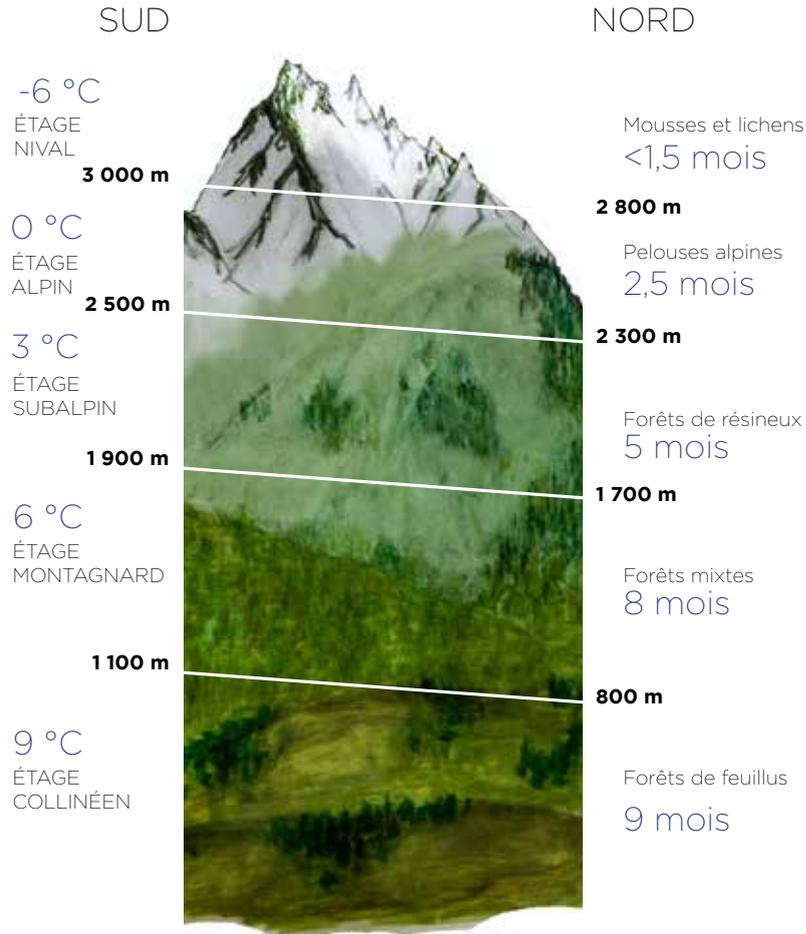


L'altitude n'est pas seule à influencer les conditions climatiques : la forme du terrain - c'est-à-dire la topographie -, joue elle aussi fortement. Ainsi, une combe et une crête situées à la même altitude présentent des conditions très différentes d'enneigement : accumulation dans la combe, déneigement permanent de la crête. L'exposition induit elle aussi un ensoleillement très variable : on trouve des conditions quasi tropicales à hauteur des plantes sur un versant sud en pente forte alors qu'elles sont quasi arctiques sur un versant nord, à l'ombre la plupart du temps. Ce phénomène est observable, non seulement à l'échelle des versants mais également à micro-échelle, d'un côté ou de l'autre d'une bosse ou d'un rocher par exemple. En résumé, la montagne se caractérise par une forte diversité des conditions environnementales sur une petite échelle (en fonction de l'altitude et de la topographie). Il en résulte sur une petite surface une grande diversité d'espèces qui se sont

◀ *A quelques mètres de distance, des conditions très différentes : accumulation de neige dans les combes, déneigement permanent sur les crêtes.*

## Température moyenne annuelle

## Période de croissance



adaptées à la vie dans ces conditions singulières, une mosaïque d'habitats différents juxtaposés sur quelques mètres carrés.

C'est la température qui limite vers le haut et vers le bas la présence d'une espèce. Par exemple, la limite supérieure de la forêt, structuration la plus visible à l'œil nu, reflète la température à laquelle les conifères n'ont pas assez de chaleur pour croître.

Le gradient de température structure en grande partie le paysage, et cela se traduit par un étagement des formes de végétation : forêt, lande, pelouse...

La montagne est aussi caractérisée par une forte saisonnalité. Signe le plus flagrant : la présence de neige en hiver qui disparaît en été, sauf aux plus hautes altitudes ou dans les combes à neige.

◀ Le gradient de température structure le paysage et génère un étagement de la végétation : forêt, lande, pelouse... La période de croissance des plantes se réduit avec l'altitude car elles ont besoin d'une température supérieure à 5 °C pour se développer.

## Une biodiversité spécifique

Pour survivre dans ces conditions particulières, la biodiversité s'est adaptée, spécialisée : on trouve dans le massif du Mont-Blanc des espèces aux spécificités bien marquées que l'on ne rencontre que dans ce milieu.

En général, elles sont dotées de capacités de développement très rapides, mais aussi d'aptitudes à la réduction des dépenses énergétiques (hibernation ou dormance), de facultés de résistance au stress (gel ou sécheresse), et elles se caractérisent par une productivité limitée (faible taux de reproductions par an).

Les morphologies aussi sont spécifiques : plantes et animaux de plus petite taille que leurs homologues de plaine ; plantes en forme de coussin pour limiter les déperditions de chaleur ; animaux aux membres plus petits (comme chez le lièvre variable qui a de plus petites oreilles et un corps plus rondouillard).



*Ranunculus glacialis*

◀ *La renoncule des glaciers (Ranunculus glacialis), une des plantes à fleurs poussant à la plus haute altitude, prépare ses boutons floraux deux ans à l'avance. Un mécanisme d'adaptation à une saison de développement très courte du fait du climat.*





4 810 m -8 °C

4 000 m -3 °C

3 000 m 3 °C

2 000 m 9 °C

1 000 m 15 °C

## Le massif du Mont-Blanc, un laboratoire à ciel ouvert

Pour un écologue, le massif du Mont-Blanc, avec son fort dénivelé - le plus important dans les Alpes - constitue un laboratoire grandeur nature. D'une altitude dans la vallée de 500 mètres, on parvient à 4810 mètres au sommet du Mont-Blanc, soit 4300 mètres pour une vingtaine de kilomètres de distance horizontale. Cela se traduit par un très fort gradient de température - la quantité de variation de température avec l'altitude en °C/100m -, et un éventail de microclimats sur une échelle géographique extrêmement concentrée, selon l'altitude ou l'exposition. Car partir de certaines vallées suisses ou italiennes et monter en haute altitude jusqu'au sommet du mont Blanc, c'est comme effectuer un grand voyage climatique, qui nous ferait passer de la Méditerranée au Groenland.

◀ *Gradient des températures moyennes en été, entre Chamonix et le sommet du mont Blanc. On perd 0,6 °C tous les 100 mètres.*

## Gradient de température



Il suffit au chercheur de monter progressivement en altitude pour pouvoir observer les réactions d'une même espèce, végétale ou animale, lorsqu'elle est soumise à des températures différentes. Cela permet d'étudier une grande variété de conditions sur un petit territoire représentant les climats qui règnent entre le sud de l'Europe et l'Arctique.

Le massif du Mont-Blanc constitue donc un incomparable champ d'investigation pour les scientifiques qui étudient les réactions de la faune et de la flore au changement climatique global et tentent d'anticiper l'évolution des paysages. Comme le changement climatique est environ deux fois plus rapide dans le massif qu'en plaine, les études qui y sont menées offrent également un fort potentiel d'extrapolation à d'autres géographies dans le monde.

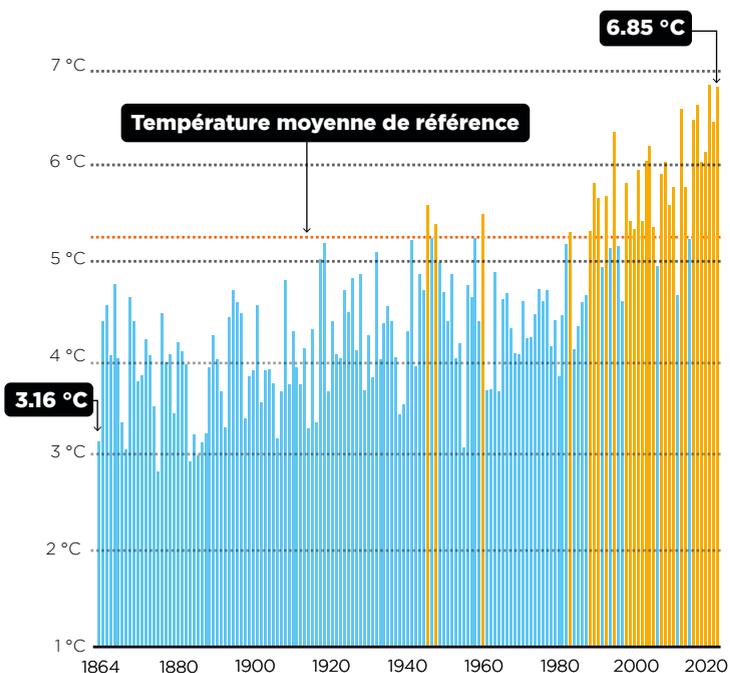
◀ Sur 1000 mètres de dénivelé, la variation climatique est équivalente à celle observée sur 1000 kilomètres de distance en latitude.

## Évolution des températures

en Suisse

Par rapport à la température moyenne de référence  
(1981-2010) :

■ Température supérieure ■ Température inférieure



Sources : MTO Suisse

## Le climat change plus vite en montagne

La hausse des températures observée depuis le début de l'ère industrielle s'accroît partout depuis les années 1980 et sera encore amplifiée à l'avenir. Mais dans le massif du Mont-Blanc comme dans toutes les Alpes, on constate une nette accélération de ce réchauffement.

La hausse des températures annuelles moyennes y est d'environ 2 °C depuis 1864, ce qui est deux fois plus important que le réchauffement mesuré à l'échelle globale de la planète (+ 1,1 °C) ou à celle de la France (+ 1,4 °C). Depuis les années 1980, on note dans les Alpes une augmentation des températures de 0,2 °C à 0,5 °C par décennie. Cela équivaut à la différence de température que l'on observe entre deux altitudes séparées par 100 mètres de dénivelé. A ce rythme-là, pour garder les

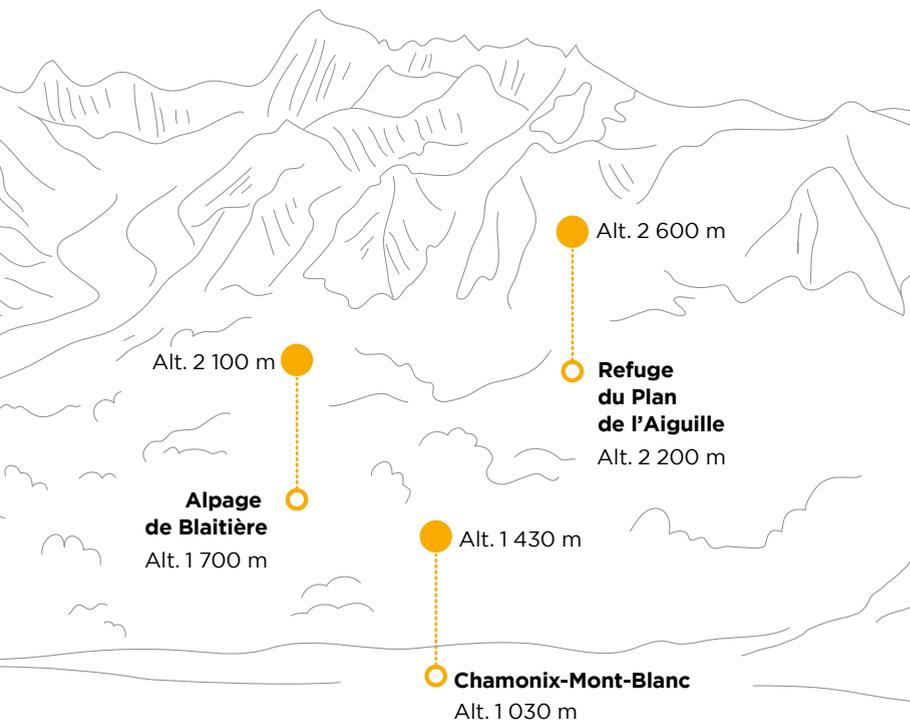
◀ Par rapport à la moyenne des températures sur la période de référence (1981-2010), on observe que depuis les années 80, l'augmentation des températures est particulièrement prononcée.



## Projection des conditions climatiques

### Températures estivales à l'horizon 2050

- Lieux emblématiques
- Où retrouver en 2050 les mêmes températures



mêmes conditions de température, il faudrait donc grimper 100 mètres plus haut tous les dix ans ! Pourquoi cette amplification du réchauffement ? L'albédo - la fraction du rayonnement solaire qui est réfléchi ou diffusée par une surface - joue probablement un rôle. La hausse des températures provoque en effet une diminution des zones couvertes de glace ou de neige - ces zones blanches qui réfléchissent les rayons du soleil -, au profit de zones de roches, sombres, qui, au contraire, accumulent la chaleur. Conjugué à l'augmentation de la concentration en vapeur d'eau dans l'atmosphère autour des massifs montagneux, l'effet de l'albédo augmente localement l'effet de serre. Mais cela ne suffit pas à expliquer une telle amplification du taux de réchauffement avec l'altitude. Climatologues et glaciologues tentent d'identifier les autres facteurs de cette spécificité.

◀ L'été, l'augmentation des températures est encore plus prononcée. Pour retrouver les mêmes conditions climatiques, c'est de 130 mètres tous les 10 ans qu'il faudrait grimper

## Réduction de l'enneigement à l'horizon 2050



Quoi qu'il en soit, cette hausse accélérée des températures influence fortement l'enneigement dans sa durée (il y a une plus longue saison sans neige) et dans sa couverture spatiale (l'enneigement est réduit à basse et moyenne altitude). Depuis les années 1970 dans les Alpes du Nord, la durée du manteau neigeux entre 1100 mètres et 2500 mètres s'est réduite de cinq semaines. En 2050, l'enneigement dans les fonds de vallée et sur les versants sud jusqu'à 2000 mètres d'altitude risque d'être diminué de 4 à 5 semaines par rapport à la période actuelle et de 4 semaines à 2500 mètres. Au-delà de 4000 mètres d'altitude, l'enneigement ne devrait pas être modifié.

◀ La diminution de l'enneigement va se poursuivre et sera plus prononcée en versant sud.

## A l'horizon 2050

**+ 3 °C**

**Hausse des températures  
estivales en haute montagne**

Au-dessus de 2000 mètres

**+ 15 à + 20 jours**

**Hausse du nombre de jours tropicaux en fond de vallée  
jours tropicaux = température maximale supérieure à 32 °C**

Aujourd'hui : 2 jours tropicaux

**+ 30 jours**

**Hausse du nombre de jours d'été en moyenne montagne  
jour d'été = température supérieure à 25 °C**

Aujourd'hui : 5 jours d'été

**+ 400 m**

**Hausse de l'isotherme  
zéro degré en été**

Aujourd'hui : 3800 mètres

**- 150 mm**

**Baisse du bilan hydrique  
en été en moyenne montagne**

Humidité en eau du sol

Le changement climatique affecte différemment chaque saison. Dans le massif du Mont-Blanc, c'est en été que l'on observe la plus forte hausse des températures, avec l'apparition d'épisodes de sécheresse et de canicule, plus fréquents et plus longs. Ce phénomène s'accroît particulièrement depuis les années 2000. Les vagues de chaleur devraient devenir encore plus fréquentes, plus intenses et durer plus longtemps à partir de 2050. Mais la saison la plus bouleversée par le changement climatique est le printemps : la hausse des températures influence en effet directement le régime de fonte du manteau neigeux. Or le printemps est une saison cruciale pour la faune et la flore : les animaux reprennent leur activité puisqu'ils peuvent de nouveau accéder aux ressources recouvertes en hiver, la végétation redémarre...





## La faune et la flore en quête d'adaptation

Toutes les espèces ne réagissent pas de la même façon ni ne répondent avec la même ampleur ou au même rythme au changement climatique ; en outre, on observe parfois, que pour une même espèce, les différents paramètres du dérèglement (hausse des températures, réduction de l'enneigement, vagues de chaleur, etc.) produisent des effets contradictoires.

◀ *Le silène acaule (Silene acaulis) est une plante qui vit dans les zones rocailleuses en altitude, et se développe au ras du sol en forme de coussin. Grâce à cette forme en coussin, elle résiste mieux au froid et à la sécheresse.*





## Des cycles saisonniers modifiés

La réponse la plus observée, pour la faune comme pour la flore, est le décalage significatif des dates des événements saisonniers.

Une revue des études menées dans les Alpes montre que ce sont les insectes, les papillons et les reptiles - soit des animaux qui ne régulent pas la température de leur corps et sont donc très dépendants de la température extérieure -, qui répondent le plus à l'évolution des températures des dernières décennies : leur cycle saisonnier avance de six jours en moyenne tous les dix ans.

Le scolyte en fournit un bon exemple. Ce petit insecte de l'ordre des coléoptères qui s'immisce sous l'écorce des épicéas se nourrit du bois tendre, ce qui provoque rapidement la mort de l'arbre. Or, comme de nombreux parasites, il se développe beaucoup

◀ *Phases de développement d'un bourgeon de frêne commun (Fraxinus excelsior) et d'un poussin de mésange noire (Periparus ater).*





plus vite à la faveur de la hausse des températures. L'espèce donnait auparavant naissance à une, voire deux générations de plusieurs dizaines de milliers d'insectes en une année. Avec le réchauffement, et la répétition d'hivers moins rigoureux, de printemps doux et d'étés chauds, les scolytes prolifèrent et ce sont désormais trois, et même parfois quatre générations, qui s'enchaînent en une année. Leurs attaques provoquent le dépérissement des épicéas. Parmi les espèces animales, les oiseaux et les mammifères sont ceux qui répondent le moins, avec une avancée moyenne de leur cycle d'une journée par décennie, peut-être grâce à leur mobilité qui leur permet de retrouver assez facilement leurs conditions optimales en se déplaçant. Plus que de la température, ils sont dépendants pour leur cycle saisonnier de la photopériode, c'est-à-dire de la durée du jour.

◀ *Attaqués par le scolyte (Ips typographus), un insecte parasite qui prolifère à la faveur de la hausse des températures, les épicéas (Picea abies) meurent.*





*Pyrrhocorax graculus*

Dans le massif du Mont-Blanc, on observe malgré tout que le chocard à bec jaune se reproduit de plus en plus tôt : entre 1988 et 2018, l'envol du nid pour les jeunes a été avancé de 3 jours par décennie, ce qui leur procure, avant l'hiver, une saison favorable plus longue. Cette réponse est bien en lien avec la hausse des températures du printemps.

Les plantes décalent elles aussi leur cycle, en moyenne de 2 à 3 jours plus tôt par décennie. C'est chez les arbres ou arbustes qu'on observe le décalage le plus prononcé. D'après Phénoclim, le programme de suivi des arbres en montagne, parmi six espèces étudiées, seul l'épicéa n'a pas avancé sa date d'éclosion des bourgeons au cours des dix dernières années, tandis que le bouleau et le frêne répondent de façon significative : 4 à 6 jours d'avance par décennie.

◀ *Le chocard à bec jaune (Pyrrhocorax graculus) réside toute l'année en altitude. Très habile voilier, il sait profiter du moindre courant ascendant pour se déplacer sans effort et effectuer de grands dénivelés.*





Les limites de cette réponse

**Un effet bénéfique...** Jusqu'à maintenant, la brièveté traditionnelle des saisons en montagne constituait une forte contrainte pour les organismes vivants. L'allongement de saison provoqué par le réchauffement pourrait donc procurer un avantage à toutes les espèces, en facilitant leur développement et leur reproduction.

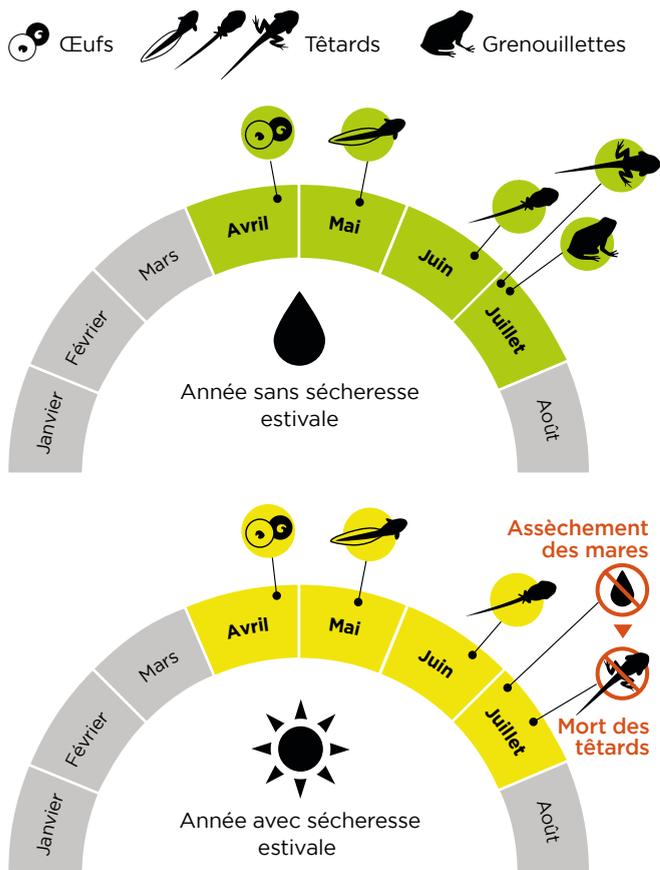
**Mais...** Le changement climatique n'entraîne pas seulement une hausse des températures : il a d'autres effets comme, par exemple, une sécheresse estivale importante. L'addition de ces deux paramètres aboutit à des effets contradictoires.

◀ *La grenouille rousse (Rana temporaria) est capable de vivre en haute altitude, jusqu'à 2800 mètres. La ponte se fait dans les mares, une fois que celles-ci sont déneigées. L'espèce est donc très dépendante de la date de fonte de la neige.*



## Sécheresse estivale et grenouille rousse

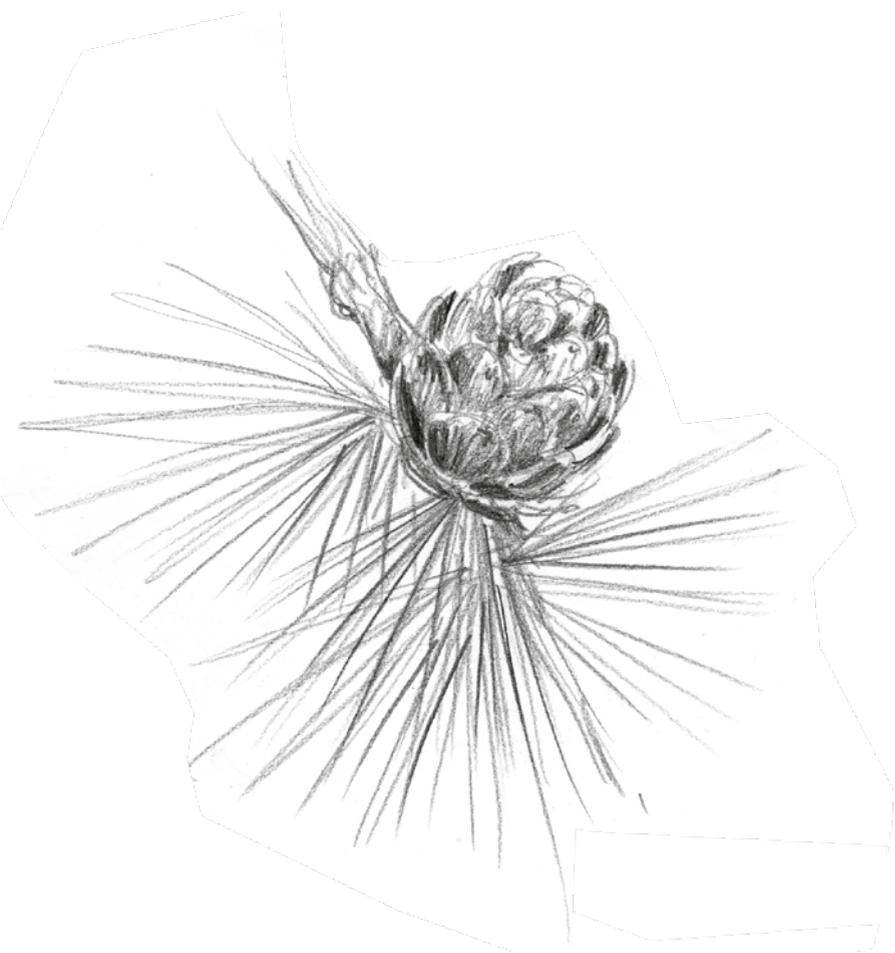
### Risque associé à l'assèchement des mares



Ainsi, dans le massif du Mont-Blanc, la vie de la grenouille rousse dépend très directement de la date de fonte de la neige, qui lui permet d'accéder aux mares de reproduction. La saison allongée sous l'effet de la hausse des températures pourrait être bénéfique pour cette espèce puisqu'elle lui offre plus de temps de développement et donc potentiellement une meilleure survie. Mais les sécheresses estivales, de plus en plus fréquentes, aboutissent à un assèchement trop précoce des mares : les têtards ne peuvent achever leur développement. Que va devenir la grenouille rousse ?

Pour une même espèce, végétale ou animale, les réponses varient selon la localisation, c'est-à-dire en fonction de l'altitude et de l'exposition. Dans le massif du Mont-Blanc, le mélèze en offre un exemple frappant.

On constate en effet qu'en altitude, le débourrement (éclosion des bourgeons) des mélèzes intervient désormais plus précocement dans l'année en raison de la hausse des températures au printemps.



*Larix decidua*

Mais plus bas, dans la vallée, il ne se produit pas beaucoup plus en avance qu'auparavant. Cela s'explique par la conjugaison avec un autre paramètre du changement climatique : des hivers moins froids. Or l'ouverture des bourgeons dépend également de l'intensité du froid reçu pendant la saison de dormance des plantes. Même si les mécanismes physiologiques en jeu ne sont pas encore bien compris des chercheurs, ce manque de froid durant l'hiver agit clairement comme un retardateur du démarrage de la végétation.

Les mélèzes situés en altitude - ceux qui reçoivent toujours suffisamment de froid en hiver - ont donc plus avancé leur date de débournement que ceux situés à basse altitude, là où les températures de certains hivers ne sont plus assez fraîches pour permettre la levée de la dormance au printemps.

◀ Aiguilles et cônes de mélèze (*Larix decidua*).  
L'éclosion des bourgeons dépend de la somme de chaleur accumulée au printemps mais aussi de la quantité de froid reçue durant l'hiver.



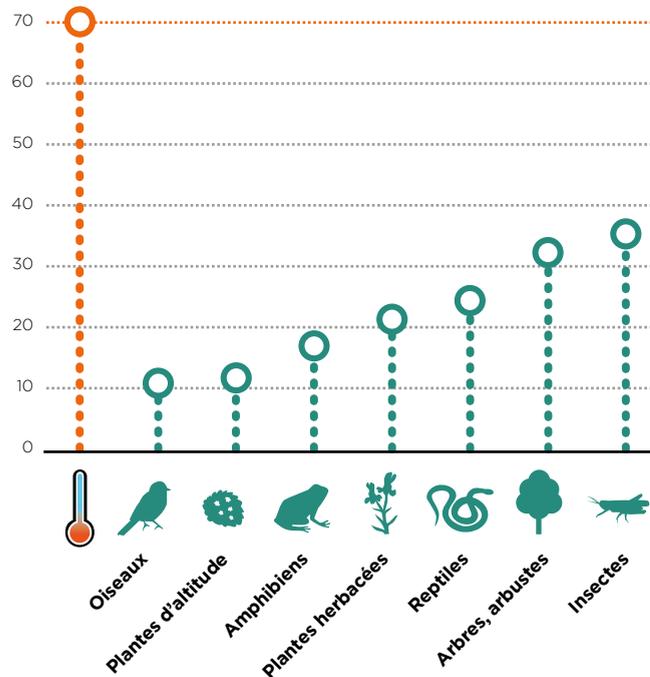
## Migration verticale des espèces

En 10 ans

○ déplacement altitudinal pour trouver la même température

○ déplacement altitudinal des espèces

Gain d'altitude en mètres



## Migrer vers le haut pour fuir la chaleur

Dans les Alpes, au cours de ces dernières décennies, on a observé une tendance générale des organismes vivants à se déplacer vers le haut pour retrouver des conditions optimales de vie. En moyenne, cette migration de l'altitude optimale est d'une vingtaine de mètres par décennie pour les plantes, les champignons et les animaux.

Les déplacements les plus importants constatés jusqu'à maintenant sont une remontée de 36 mètres par décennie chez les insectes. Là encore, la réponse est donc plus forte pour les espèces qui ne régulent pas leur température et dépendent directement des conditions extérieures.

Parmi les plantes, ce sont les arbres et arbustes qui « grimpent » le plus rapidement en altitude. La migration altitudinale la plus visible est la remontée de la limite supérieure de la forêt. Dans

◀ Pour retrouver les températures qui leur conviennent, les espèces doivent grimper de 70 mètres tous les 10 ans.



© Les Amis du Vieux Chamonix



le massif du Mont-Blanc, l'altitude médiane de la forêt s'est élevée de 60 mètres entre 1952 et 2006. Les simulations prévoient que la montée va se poursuivre et pourrait atteindre 100 mètres en 2050 selon la configuration des milieux. La superficie occupée par la forêt augmente : 85% de progression entre 1952 et 2006. Mais cet accroissement ne résulte pas que du changement climatique : il est aussi dû au changement d'utilisation des terres par l'homme, du fait de la déprise agricole et de l'abandon de l'activité pastorale principalement. On peut donc envisager une nette augmentation de la surface occupée par la forêt, qui passerait de 90 km<sup>2</sup> dans les années 1950 à 230 km<sup>2</sup> en 2050, et ceci principalement sur les versants suisse et français du massif.

◀ *Le village et le glacier d'Argentière. Évolution du paysage entre 1890 et 2010. La forêt a colonisé la majeure partie du territoire.*





## Les limites de cette réponse

Il est probable que certaines espèces n'arriveront pas à suivre le rythme, ne parviendront pas à grimper aussi vite que le mercure dans le thermomètre !

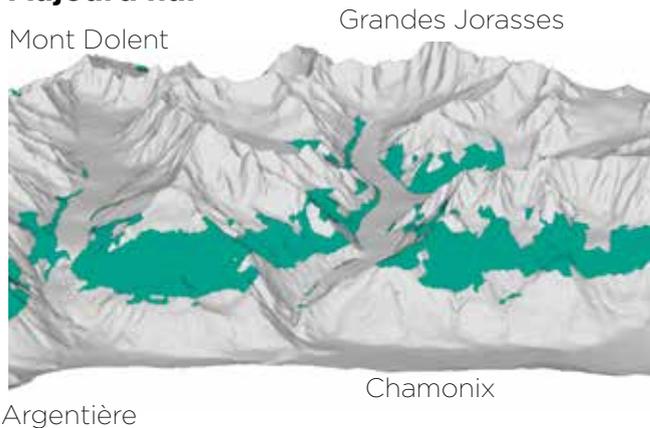
En outre, compte tenu de la forme « en pointe » des montagnes, plus on monte en altitude, plus la surface disponible se réduit. Le fort dénivelé du massif du Mont-Blanc, avec ses pentes très abruptes, entraîne une forte réduction de la surface vers le haut. Par rapport à la surface disponible entre 2000 mètres et 3000 mètres d'altitude, celle disponible de 3000 mètres à 4000 mètres d'altitude est diminuée de moitié.



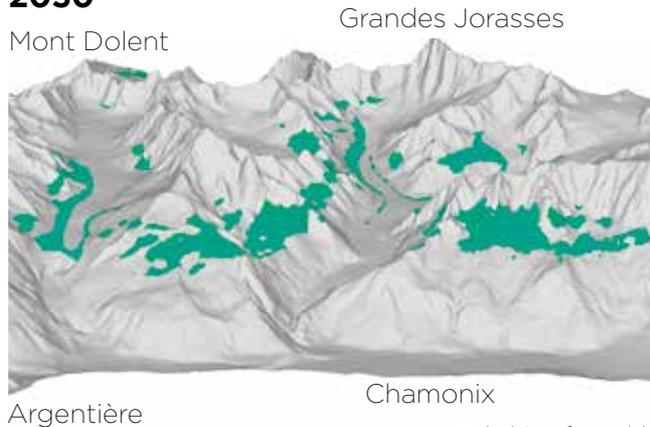
## Evolution de l'habitat du lagopède alpin



### Aujourd'hui



### 2050



■ habitat favorable  
Sources : LECA / CNRS

La course vers les hauteurs s'accompagne donc pour les espèces alpines d'une perte de surface d'habitat favorable à coloniser.

Le lagopède alpin, relique des périodes glaciaires, est un oiseau de montagne qui a besoin de froid pour se développer et se reproduire. Dans le massif du Mont-Blanc, l'espèce risque de perdre 60% de son habitat d'ici 2050, du fait de la hausse des températures et de la réduction de l'enneigement. Et 100% de son habitat d'ici la fin du siècle.

## Des interactions entre espèces bouleversées

Toutes les espèces ne bougent pas dans le temps ni dans l'espace au même rythme, or chaque espèce se développe et vit en interaction avec d'autres. Certaines espèces vont donc mieux tirer leur épingle du jeu tandis que d'autres seront très fragilisées par les effets du réchauffement.

On constate notamment que la compétition avec les espèces de plaine s'intensifie. Par exemple, le lièvre variable se retrouve de plus en plus en concurrence avec le lièvre d'Europe de plaine qui migre en altitude et grignote la partie basse du terrain du lièvre variable.

La même situation devrait advenir pour les plantes. Une étude menée en Suisse de 1989 à 2009

◀ *Le lièvre variable (Lepus timidus) est une espèce arctico-alpine. Ses pattes larges et poilues lui permettent, comme des raquettes, de rester à la surface de la neige, même poudreuse. Il mise sur le camouflage pour échapper aux prédateurs. Brun l'été, il se fond dans la rocaille. Blanc l'hiver, il devient invisible sur la neige.*



*Lepus timidus*





et concernant 1334 plantes montre que celles qui ne sont pas originaires des Alpes migrent en altitude deux fois plus rapidement (72 mètres par décennie) que les plantes alpines (32 mètres par décennie). Pour l'heure, cela se traduit par un effet positif : l'accroissement de la diversité biologique sur les sommets. Mais jusqu'à quand ?

Ces différences dans l'adaptation et la réponse au dérèglement climatique aboutissent à des désynchronisations périlleuses. C'est le cas chez certaines espèces très spécialisées, comme le lièvre variable, le lagopède alpin, l'hermine. L'hiver, pour mieux se fondre dans le paysage et échapper ainsi à leurs prédateurs, ces animaux changent de couleur, blanchissent grâce à la mue de leur plumage ou de leur pelage. Cette mue dépend de la photopériode, c'est-à-dire de la durée du jour, plus que de la température. Leur date de mue change peu. Or la fonte du manteau neigeux elle se produit de plus

◀ *Deux lagopèdes alpins (Lagopus muta) en octobre, à un stade différent de leur mue.*





*Capra ibex*

en plus tôt dans l'année. Les animaux restent donc blancs dans un paysage qui ne l'est plus ! Leur « camouflage » devient contre-productif, les rend vulnérables car plus visibles de leurs prédateurs.

Autre exemple : pour le bouquetin, la date de mise bas dépend de la date de l'accouplement qui a lieu à l'automne. Les années à hiver et/ou printemps chaud, il en résulte un décalage entre le pic de production de la végétation, qui est plus précoce, et les besoins en herbe des bouquetins. Une mortalité plus importante des jeunes bouquetins a d'ailleurs été observée dans le Parc national italien du Grand Paradis les années suivant des printemps précoces.

◀ *Un printemps chaud provoque un démarrage précoce de la végétation. La phase de bonne qualité nutritive est raccourcie. Au détriment des grands herbivores, comme le bouquetin des Alpes (Capra ibex).*





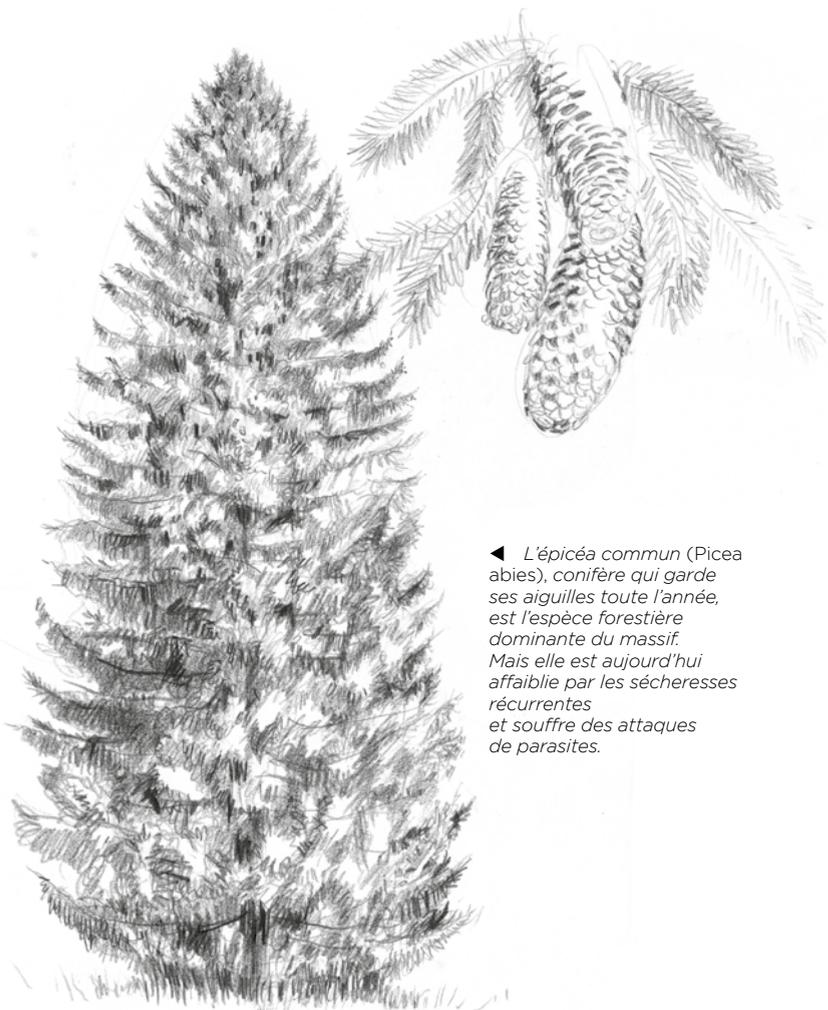
## Des paysages modifiés : les Alpes de plus en plus vertes

Depuis trente ans, on assiste à une transformation du massif, avec une ceinture végétalisée qui gagne du terrain par rapport à l'étage nival : les Alpes verdissent. Les images satellitaires montrent que c'est en haute montagne (autour des glaciers, névés et parois) que le verdissement est le plus significatif. La forêt change : elle ne sera plus composée des mêmes espèces. Il y aura de plus en plus de feuillus, de moins en moins de conifères. C'est une vraie mutation qui est en train de s'opérer.



◀ *Paysage de la Mer de Glace.  
En haut : en 2015 ; en bas : en 2050.  
Aquarelles Claire Giordano.*





◀ *L'épicéa commun (Picea abies), conifère qui garde ses aiguilles toute l'année, est l'espèce forestière dominante du massif. Mais elle est aujourd'hui affaiblie par les sécheresses récurrentes et souffre des attaques de parasites.*

*Picea abies*

## L'ÉPICÉA

Une espèce emblématique du massif du Mont-Blanc en péril

Aujourd'hui, l'épicéa est l'espèce forestière dominante du massif. Mais son avenir est compromis. Sous l'effet de la hausse globale des températures, l'épicéa devient pourtant plus fréquent en altitude : la limite supérieure de sa distribution - comme celle de toute la surface forestière en général dans le massif - monte. Un effet bénéfique.

Mais cette expansion est freinée, contrebalancée par la récurrence des canicules et sécheresses estivales qui le privent d'eau. D'autant qu'affaibli par le stress hydrique, l'épicéa s'avère encore plus vulnérable à l'attaque d'un parasite, le scolyte. Celui-ci au contraire prolifère sous l'effet des fortes chaleurs qui sont un terreau fertile pour la prolifération d'insectes parasites. En s'attaquant aux troncs, ces bioagresseurs engendrent le dépérissement, puis la mort des épicéas déjà fragilisés.

L'épicéa va perdre sa suprématie dans le paysage du massif du Mont-Blanc, tandis que d'autres espèces d'arbres, les feuillus, seront plus fréquentes et plus visibles.



# ÉVOLUTION CLIMATIQUE

PRÉCIPITATIONS

TEMPÉRATURES

ÉVÉNEMENTS  
EXTRÊMES

## MODIFICATION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE

Assèchement  
des sols

Réduction de  
l'enneigement  
à moyenne  
altitude

Sécheresses  
plus  
fréquentes

Retrait  
glaciaire

## BIODIVERSITÉ ET ÉCOSYSTÈMES

### DISTRIBUTION DES ESPÈCES

Changement d'altitude,  
réorganisation  
des communautés

### CYCLES SAISONNIERS

Démarrage plus précoce  
du printemps,  
saisons plus longues

### ABONDANCE DES ESPÈCES

Variation du nombre  
de générations,  
variation  
du taux de survie

En conclusion...

Les paysages de montagne sont en mutation profonde. Les capacités d'adaptation des êtres vivants, pourtant très développées en montagne, sont mises à l'épreuve. L'accélération prononcée du changement climatique dans les Alpes laisse peu de temps, alors que les mécanismes d'évolution habituels requièrent plusieurs générations pour trouver les solutions à de nouvelles conditions environnementales.

De plus, la conjugaison du changement climatique avec d'autres pressions sur les milieux naturels - l'artificialisation des sols, la dégradation des habitats naturels, la surfréquentation humaine, etc. - empêche les déplacements des espèces en quête de nouveaux territoires répondant à leurs exigences climatiques.

Cependant, la montagne dispose d'atouts spécifiques, comme, par exemple, la diversité des milieux naturels sur une petite échelle. Là où une espèce de plaine va devoir parcourir jusqu'à des centaines de kilomètres pour récupérer les conditions





qui lui conviennent, il suffira parfois de quelques mètres en montagne pour retrouver la température optimale. En outre, bien plus qu'en plaine, on trouve dans le massif du Mont-Blanc de nombreuses zones non ou peu perturbées par les hommes.

Avec le recul des glaciers et la réduction de l'enneigement, de nouveaux territoires seront donc accessibles aux plantes et aux animaux. Ils pourraient devenir des zones-refuges pour la biodiversité. A condition qu'elles restent préservées de l'empreinte humaine. Laisser le temps et l'espace aux espèces pour s'adapter (ce qu'elles ont su faire dans le passé), c'est préserver un potentiel évolutif en sauvegardant une forte diversité biologique.

Nos activités, nos pratiques peuvent accompagner ou au contraire contrarier les adaptations. Mais dans tous les cas, nous devons nous adapter à ces changements beaucoup plus que nous ne l'imaginons : si la forêt remonte en altitude, si l'épicéa se raréfie, si les milieux alpins sont soumis à des sécheresses récurrentes, que deviendront, par exemple, le tourisme estival, l'agriculture et plus globalement, notre représentation de la montagne ?



## Références bibliographiques

- Asse D., Chuine I., Vitasse Y., Yoccoz N.G., Delpierre N., Badeau V., Delestrade A., Randin C.F. (2018). **Warmer winters reduce the advance of tree spring phenology induced by warmer springs in the Alps.** *AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY* 252: 220-230.
- Beniston, M., Farinotti, D., Stoffel, M., Andreassen, L. M., Coppola, E., Eckert, N., Fantini, A., Giacona, F., Hauck, C., Huss, M., Huwald, H., Lehning, M., López-Moreno, J.-I., Magnusson, J., Marty, C., Morán-Tejeda, E., Morin, S., Naaim, M., Provenzale, A., Rabatel, A., Six, D., Stötter, J., Strasser, U., Terzago, S., and Vincent, C. (2018). **The European mountain cryosphere: a review of its current state, trends, and future challenges.** *THE CRYOSPHERE* 12: 759-794.
- Bison M., Yoccoz N., Carlson B.Z., Delestrade A. (2018). **Comparison of budburst phenology trends and precision among participants in a citizen science program** *INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOMETEOROLOGY* 63 : 61-72.
- Cremonese E., Carlson B., Filippa G., Pogliotti P., Alvarez I., Fosson JP., Ravanel L. & Delestrade A. **AdaPT Mont-Blanc : Rapport Climat: Changements climatiques dans le massif du Mont-Blanc et impacts sur les activités humaines.** *RÉDIGÉ DANS LE CADRE DU PROJET AdaPT Mont-Blanc FINANÇÉ PAR LE PROGRAMME EUROPÉEN DE COOPÉRATION TERRITORIALE ALCOTRA ITALIE-FRANCE 2014-2020.* Novembre, 2019, 101 p
- Filippa, G., Cremonese, E., Galvagno, M., Isabellon, M., Bayle, A., Choler, P., Carlson, B.Z., Gabellani, S., Morra di Cella, U & Migliavacca, M. (2019). **Climatic Drivers of Greening Trends in the Alps.** *REMOTE SENSING*, 11(21), 2527. [https://doi: 10.3390/rs11212527](https://doi.org/10.3390/rs11212527)
- NCCS (éd.) 2018 : CH2018 - **Scénarios climatiques pour la Suisse.** *NATIONAL CENTRE FOR CLIMATE SERVICES*, Zurich. 24 pages. Numéro ISBN 978-3-9525031-1-9
- Pettorelli N., Pelletier F., Von Hardenberg A., Festa-Bianchet M., Côté S.D. (2007). **Early onset of vegetation growth vs. rapid green-up: impacts on juvenile mountain ungulates.** *ECOLOGY* 88(2): 381-90.
- Vitasse Y., Ursenbacher S. Klein G, Bohnenstengel T, Chittaro Y, Delestrade A, Monnerat C, Rebetez M., Rixen C., Strebel N., Schmidt B. R., Wipf S., Wohlgemuth T., Yoccoz N.G., Lenoir J. (submitted 2021). **Phenological and elevational shifts of plants, animals and fungi under climate change in the European Alps.** *BIOLOGICAL REVIEW* 96(5): 1816-1835.
- Yoccoz N.G., Delestrade A. & Loison A. (2010). **Impact des changements climatiques sur les écosystèmes alpins : comment les mettre en évidence et les prévoir ?** *REVUE DE GÉOGRAPHIE ALPINE* 98-4.



### **Scruter les effets du changement climatique en ligne**

Les chercheurs du CREA Mont-Blanc ont élaboré un outil numérique à destination des étudiants, formateurs, journalistes, décideurs et professionnels de la montagne autour du fonctionnement des écosystèmes de montagne et de leur évolution avec le changement climatique.

L'Atlas du Mont-Blanc, fondé sur la visualisation de données scientifiques et de résultats de recherches menées sur le terrain, permet de se projeter au cœur du massif du Mont-Blanc, actuel et futur. Il invite ainsi à une réflexion sur la mutation des écosystèmes de montagne.

[atlasmontblanc.org](http://atlasmontblanc.org)

