



# Comprendre le changement climatique en alpage



*Une production du réseau  
Alpes Sentinelles*

*« Un espace de dialogue pour anticiper  
l'impact du changement climatique »*



# Alpages Sentinelles : un espace de dialogue pour anticiper l'impact du changement climatique

« Photothèque du Parc national des Écrins, croquis de Denis Clavreul pour l'opération Art et Nature »

## Une production du réseau Alpages Sentinelles

### Auteurs

Christophe CHAIX



Hermann DODIER / Baptiste NETTIER



### Asdac MDP

8 avenue Jean Jaurès  
73000 Chambéry

### Irstea Grenoble

2 rue de la Papeterie  
Domaine universitaire - BP 76  
38402 St-Martin-d'Hères cedex

### Conception et réalisation graphique

Nicole SARDAT, Irstea


2017

## Les auteurs remercient pour leur relecture :

Laurent GARDE (CERPAM)  
Simon VIEUX (CERPAM)  
Gwladys MATHIEU (Educ'alpes)  
Laurent DOBREMEZ (Irstea)  
Vincent AUGÉ (Parc national de la Vanoise)  
Guy-Noël GROSSET (Parc national de la Vanoise)

Photos de couverture : © Irstea, Grégory Loucougaray





## **Comprendre le changement climatique dans les Alpes pour en analyser les conséquences sur la gestion pastorale en alpage**

*Ce document est une production issue du réseau Alpes Sentinelles. Il s'adresse en priorité aux personnes concernées directement ou indirectement par la gestion des alpages (éleveurs, bergers, techniciens agricoles ou pastoraux, gestionnaires d'espaces protégés, formateurs, étudiants...).*

*Dans une première partie il vise à faire le point sur ce que l'on peut dire du changement climatique en cours et à venir à l'échelle des Alpes françaises.*

*La seconde partie explique de manière détaillée les conséquences de ce changement pour les activités pastorales en alpage. L'accent est mis principalement sur les impacts. Le document n'a pas pour objectif de fournir des solutions directes pour l'adaptation, néanmoins il donne des bases pour raisonner cette adaptation, sur les alpages et à l'échelle des systèmes pastoraux.*

*Le document a été rédigé de manière à être compréhensible pour un non-spécialiste ; il nécessite toutefois un minimum de connaissances techniques sur la gestion d'un alpage.*



# Partie 1

## Le changement climatique dans les Alpes

Le climat montagnard et ses particularités locales

Le climat change, mais comment cela se matérialise-t-il en montagne, dans les Alpes ?

- Le changement climatique est avant tout un réchauffement des températures
- Les précipitations restent pour l'instant stables
- L'enneigement se fragilise en moyenne altitude
- Un bilan hydrique en baisse et des effets en cascade
- Des types de temps plus chauds
- Une sensibilité des milieux différenciée du Nord au Sud
- Des conséquences à la pelle

Et pour le futur proche, et moins proche ?



*Il arrive que le climat varie, change, et ce pour différentes raisons. Par le passé, ces raisons étaient exclusivement d'ordre « naturel » : volcanisme, mouvements astronomiques, variations de l'activité solaire... Mais aujourd'hui, les activités humaines perturbent le fonctionnement de cette machine complexe, et participent ainsi à la création d'un « changement » de climat. Cela ne peut être sans conséquence. Car bien que la vie sur notre planète soit capable de s'adapter aux lentes et habituelles fluctuations climatiques, l'intervention humaine trace une nouvelle trajectoire vers un climat plus chaud, plus extrême, plus variable. Les premiers impacts se font déjà sentir, ici et maintenant. Et demain, les effets en cascade et autres franchissements de seuil affecteront de manière durable le fonctionnement des écosystèmes et des sociétés humaines. Face à ce défi, il est nécessaire de calmer l'emballement climatique par la réduction des émissions de gaz à effet de serre, et aussi de se préparer à vivre dans des territoires au climat différent, en s'adaptant nous aussi.*



© Jistea - Baptiste Netter



© Jistea - Baptiste Netter



© Jistea - Grégory Loucaugary



© Jistea - Grégory Loucaugary

## Le climat, c'est quoi ?

Le climat est une notion complexe, multiple, parfois abstraite, parfois perceptible. Il peut se définir comme l'ensemble de tous les types de temps qu'il fait au-dessus d'un lieu, un état moyen de la météo, une tendance stable de l'atmosphère sur plusieurs décennies. On le caractérise avec des calculs statistiques effectués sur les mesures des paramètres atmosphériques comme la température, la pluviométrie, l'humidité, la direction et la vitesse du vent, la pression barométrique, etc.



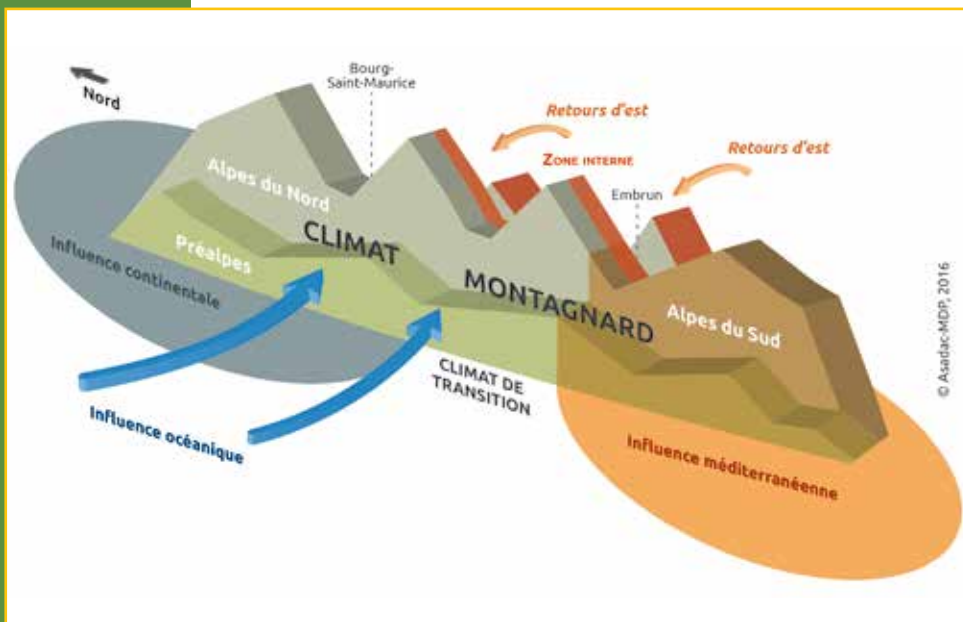
## Le climat montagnard et ses particularités locales

On distingue différents types de climats, allant du polaire au désertique, en passant par l'océanique ou le tropical. Leur dénomination est le reflet de la géographie et des échanges entre le sol, les océans et l'atmosphère. Dans la plupart des cas, il n'existe pas qu'une seule caractéristique climatique au-dessus d'un lieu, mais plusieurs qui interagissent tout au long de l'année.

Prenons l'exemple du climat alpin : **c'est avant tout un climat « montagnard », de relief**. L'altitude explique en grande partie l'évolution des températures et des précipitations : froid et précipitations souvent neigeuses règnent sur les sommets. **Les formes de relief** jouent toutefois un rôle important (vallées, versants, etc.), de même que l'exposition (au soleil ou aux fronts pluvieux), qui démultiplie **les climats « locaux »**. Il peut ainsi faire très chaud sur un versant bien exposé au sud et en plein été, tout comme en hiver en altitude lors des fameuses inversions de température et mers de nuages.

Ce climat montagnard est souvent modifié par des influences climatiques de diverses natures. Ainsi, au nord des Alpes (Haute-Savoie, Savoie, Isère), on retrouve des influences continentales, avec des hivers froids et des étés chauds, et océaniques, avec des massifs préalpins très exposés aux fronts pluvieux. Mais plus on s'enfonce dans les Alpes internes vers le sud-est (Haute-Maurienne, Queyras), plus les précipitations diminuent et sont dépendantes des retours d'est\*. L'ensoleillement y est aussi très bon. Les Hautes-Alpes marquent ensuite la transition vers le climat méditerranéen qui s'affirme au fur et à mesure que l'on descend vers le Sud. Les étés deviennent secs, les précipitations se concentrent sur l'automne et le printemps. Mais en montagne et même au Sud, l'altitude sera toujours le facteur le plus important pour apporter fraîcheur et précipitations, orages et chutes de neige.

*\* Le retour d'est survient lorsqu'une dépression se creuse sur le Golfe de Gênes. Les masses d'air, chargées d'humidité marine, remontent vers le continent. Elles viennent buter sur les reliefs abrupts du Piémont italien et déversent d'importantes précipitations sur les massifs proches.*



Les influences climatiques sur le climat montagnard des Alpes françaises

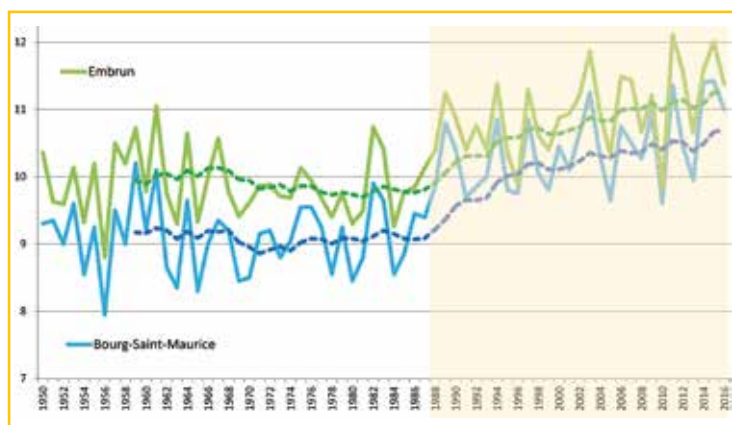
Avec tant de particularités, il est assez difficile de percevoir les changements qui s'opèrent depuis trois décennies dans le climat des Alpes. À l'heure actuelle, les instruments de mesure et les outils statistiques **sont d'une aide précieuse pour prendre conscience de ces évolutions**, en appui des éléments plus indirects que nous offrent la nature et les observations de ceux qui la pratiquent.

Le climat change, mais comment cela se matérialise-t-il en montagne, dans les Alpes ?

## Le changement climatique est avant tout un réchauffement des températures

Ce réchauffement atteint +2°C environ depuis 1950 dans les Alpes. C'est deux fois plus que la moyenne mondiale et la région des Alpes est celle qui se réchauffe le plus en France. Il s'est d'abord matérialisé par le passage d'un plateau de température à un autre à la fin des années 1980, puis par une progressive ascension avec record sur record **notamment depuis 2003**. On peut noter que sur les 20 années les plus chaudes depuis 1900, seules 2 sont situées avant 1989 et 13 ensuite (les plus chaudes étant 2011, 2014, 2015, 2003, 2016, 1994, 2009, 2012...). La plus longue période de chaleur en continu s'est déroulée de 2014 à 2016. Il existe par ailleurs des différences saisonnières et mensuelles climatiquement marquées. **Le réchauffement affecte en priorité le printemps et l'été** (de mars à août) avec +2.6°C. Tous les mois sont concernés sur cette période, avec une mention spéciale pour juin (+2.8°C). Le réchauffement de l'hiver et de l'automne est un peu moins marqué, mais reste tout de même important, situé autour de +1.6°C. À noter, l'hiver s'est deux fois moins réchauffé dans les Alpes du Sud que du Nord.

Les mesures de températures effectuées depuis 1950 sur l'ensemble des territoires alpins montrent qu'aucun lieu alpin n'est moins - ou plus - exposé qu'un autre face à ce phénomène d'origine globale. Les particularités locales de relief (exposition, pente, massif...) ou la présence d'un lac ou d'une forêt, n'atténuent ou ne renforcent aucunement cette montée générale des températures...



Évolution des températures moyennes annuelles (en °C) entre 1950 et 2016 à Bourg-Saint-Maurice (865 m, Savoie) et Embrun (871 m, Hautes-Alpes)

Tendance linéaire entre 1950 et 2016 : B-S-M = +2.1°C ; Embrun = +1.9°C

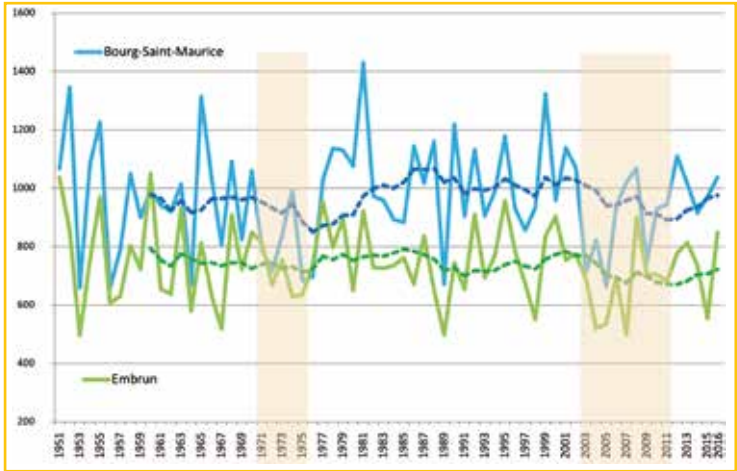
Courbes en pointillé : moyenne décennale

Sources : données Météo-France, traitement ASADAC-MDP OBSCAN



## Les précipitations restent pour l'instant stables

Contrairement aux températures, on ne retrouve **aucun signal dans l'évolution annuelle des quantités de précipitations sur les Alpes. C'est un facteur soumis à une forte variabilité spatiale et temporelle**, notamment en montagne avec ses effets de relief (orages, exposition, abri). Localement, la seule tendance visible d'une évolution provient de la Haute-Maurienne et des versants transfrontaliers des Alpes du Sud avec une baisse des précipitations hivernales des années 80 et jusqu'en 2008 environ. Les Alpes ont toutefois connu deux grandes périodes de faibles précipitations : de 1971 à 1976 et de 2003 à 2011, avec des records de sécheresse comme en 1976, en 2003 ou en 2009. Depuis 2012, la situation est revenue proche des normales, mais sans excédent. On n'observe par ailleurs aucune tendance sur les pluies extrêmes dans les Alpes.



Évolution des cumuls annuels de précipitation (en mm) entre 1951 et 2016 à Bourg-Saint-Maurice (865 m, Savoie) et Embrun (871 m, Hautes-Alpes)

Courbes en pointillé : moyenne décennale

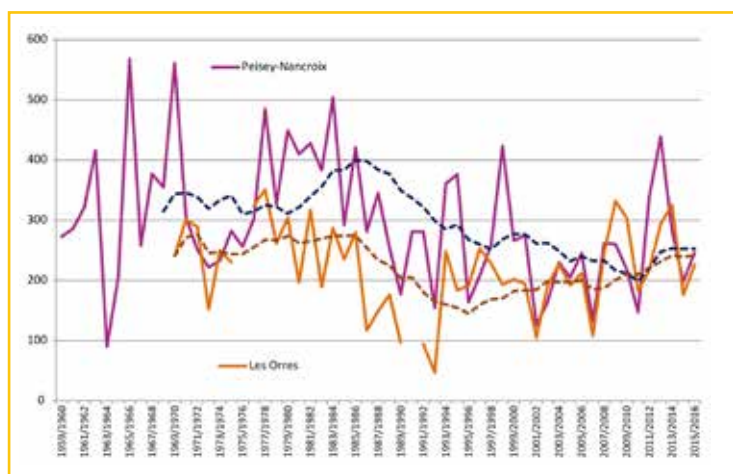
Sources : données Météo-France, traitement ASADAC-MDP OBSCAN



## L'enneigement se fragilise en moyenne altitude

Avec la remontée de la limite pluie-neige provoquée par l'augmentation des températures (+150/200 m pour +1°C, entraînant une modification du ratio pluie/neige aux dépens de la neige), **les quantités de neige ont diminué depuis le réchauffement de la fin des années 80**. Au-dessous de 1500 m, la baisse des cumuls est comprise entre 20% et 25%, elle est plus importante à très basse altitude, et logiquement moins importante au fur et mesure que l'on remonte en altitude. Et le nombre d'hivers peu enneigés augmente avec le temps. Quelques exemples : la hauteur du manteau neigeux au Col de Porte dans le massif de la Chartreuse a diminué de 40%, passant d'une moyenne de 105 cm à 60 cm... Dans les Écrins, le nombre de jours de neige au sol avec une hauteur supérieure à 30 cm a été divisé par deux en mars et avril vers 1500 m. Dans les Préalpes, la fonte est désormais plus sévère avec une récurrence d'épisodes de redoux persistants notamment aux mois de décembre, mars et avril.

Autre constat, la baisse des cumuls a été plus importante dans les Alpes du Nord que du Sud, notamment parce que l'hiver s'est moins réchauffé dans le sud.



*Évolution des cumuls de neige (en cm) sur la saison hivernale (de novembre à avril) entre 1959/1960 et 2015/2016 à Peisey-Nancroix (1350 m, Savoie) et Les Orres (1445 m, Hautes-Alpes)*

*Courbes en pointillé : moyenne décennale*

*Sources : données Météo-France, traitement ASADAC-MDP OBSCAN*

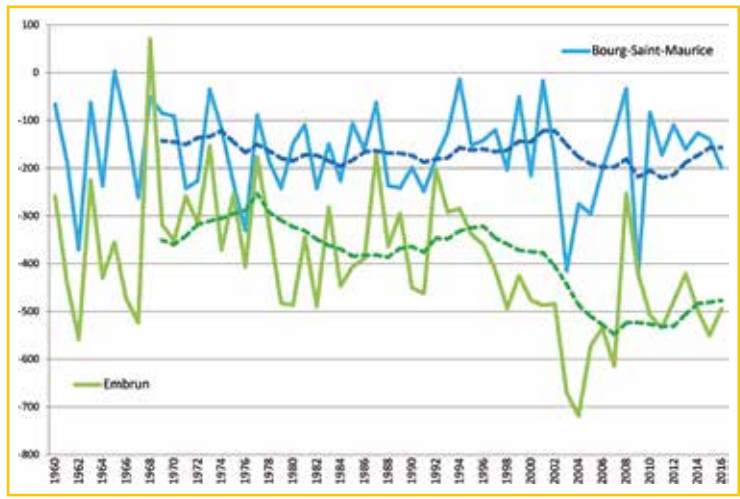




## Un bilan hydrique en baisse et des effets en cascade

Le bilan hydrique est un autre paramètre directement influencé par le réchauffement climatique. Ce bilan fait la différence entre les précipitations et l'évapotranspiration (ETP, quantité d'eau transférée vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes), et sert à estimer l'eau disponible pour les plantes et à déterminer les pluies « efficaces » qui alimentent les cours d'eau et les nappes. Or l'ETP, fortement influencée par les températures, **a augmenté de 8% à 13% sur ces trente dernières années dans les Alpes**, faisant ainsi **chuter le bilan hydrique annuel de 15% environ**. Sur la période végétative (avril-septembre), c'est surtout dans les Alpes du Sud et notamment au printemps que la situation s'avère déjà préoccupante. Les sécheresses sont donc à redouter dans ce contexte : entre 2003 et 2011, c'est 70% de pluies efficaces en moins que la normale !

Face à ces évolutions, la crainte actuelle pour la ressource en eau est de voir se conjuguer dès aujourd'hui plusieurs phénomènes au printemps, à la fois conséquences du changement climatique et des aléas météorologiques : faible manteau neigeux et fonte précoce, ETP importante, végétation en avance, prélèvements, le tout concomitant avec plusieurs semaines sans véritable apport hydrique. L'assèchement très rapide des sols peut engendrer dès le mois de juin des situations critiques pour les écosystèmes et en plein été pour les productions agricoles.



Évolution du bilan hydrique (précipitation – évapotranspiration, en mm) d'avril à septembre et entre 1960 et 2016 à Bourg-Saint-Maurice (865m, Savoie) et Embrun (871m, Hautes-Alpes)

Courbes en pointillé : moyenne décennale  
Sources : données Météo-France, traitement ASADAC-MDP OBSCAN & Irstea



## Des types de temps plus chauds

Le réchauffement climatique se traduit par une **augmentation de la fréquence d'apparition des types de temps chauds** (secs ou humides), ainsi qu'une **multiplication des périodes de chaleur estivales et printanières** - dont les fameuses canicules et les sécheresses associées - et des périodes de douceur hivernales et automnales. Ainsi, depuis 35 ans, on ne bat des records que dans le chaud, mais jamais dans le froid. On observe par ailleurs un renforcement de la variabilité météorologique (enchaînement peu « habituel » des types de temps) et une désaisonnalité par rapport au climat précédant le réchauffement de la fin des années 1980.

Ces informations illustrent un renforcement des caractéristiques climatiques de type plutôt méditerranéen sur le climat montagnard des Alpes.



## Une sensibilité des milieux différenciée du Nord au Sud

Les territoires et les milieux naturels n'ont pas la même sensibilité face aux effets du changement climatique entre le nord et le sud des Alpes. **Au nord**, les quantités de pluie sont et seront probablement toujours suffisantes, mais **la vulnérabilité et la fragilité des milieux s'accroît fortement en cas d'extrêmes climatiques** (sécheresse et chaleur), surtout si leur fréquence augmente. **Au sud**, avec une situation au contraire de déficit hydrique en été, c'est surtout le décalage des régimes de précipitations qui peut engendrer un risque, notamment en cas, encore très rares actuellement, d'enchaînements de printemps et d'été secs. Enfin, **entre ces deux parties des Alpes se trouve sans doute l'espace le plus sensible, car en transition**. Cette partie « centrale », plutôt de piémonts (Trièves, Champsaur...), est même déjà impactée par cette « méditerranéisation » du climat, cumulant sur des milieux peu habitués des effets de sécheresse, de canicule et de forte baisse du manteau neigeux. Seule l'altitude joue encore un rôle tampon en montagne et haute montagne en diminuant l'intensité de ces impacts par la baisse des températures qu'elle induit et la présence de précipitations orographiques (liées au relief) ou orageuses.

## Des conséquences à la pelle

**Elles sont dès aujourd'hui observables et mesurables** : fonte des glaciers, baisse du nombre de jours de gel et avancée de la date du dernier jour de gel, augmentation des écroulements en haute montagne, augmentation de la température de l'eau de surface des grands lacs alpins et des rivières (+1.1°C), avancée des dates de floraison de la végétation, remontée d'espèces vers le nord et en altitude, bouleversement des écosystèmes... **Ces phénomènes sont nombreux, mais leurs effets s'étirent parfois dans le temps au risque d'être peu perceptibles**, ce qui rend d'autant plus difficile leur appropriation par les populations locales.

Et pour le futur proche, et moins proche ?

Les projections climatiques des scientifiques et notamment du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) **indiquent que le climat continuera de se réchauffer** : de manière plutôt saccadée durant les trois prochaines décennies, puis à partir de 2050, avec un envol inédit des températures si rien n'est fait pour réduire fortement les émissions de gaz à effet de serre (GES).

Pour être plus précis, **à court et moyen terme, les caractéristiques du changement climatique actuel continueront de s'affirmer, voire de s'exacerber, tout comme la variabilité météorologique interannuelle**. Avec 1°C de plus en moyenne dans 20 à 30 ans, c'est encore plus de printemps chauds et secs, de canicules estivales, d'hivers doux (parfois peu ou parfois bien enneigés), de saisons décalées, de tension sur la ressource en eau et d'écosystèmes en évolution. On estime que ces mutations resteront **soutenables** pour les sociétés alpines si **des actions d'adaptation** sont mises en place dès aujourd'hui, en parallèle de la nécessaire atténuation des émissions de GES. Et face à un réchauffement encore plus fort sur la fin du siècle, ces actions seront d'autant plus **de leviers qui assureront la résilience des territoires, contrairement à une attitude passive qui coûtera alors très cher**.







# Partie 2

## Et les alpages dans tout ça ?

*Comment raisonner l'impact du changement climatique sur les alpages ?*

**Les ressources pastorales sont les premières impactées**

- Différents effets attendus sur la pousse de l'herbe
- Des conséquences bien particulières en alpage
- Deux problématiques majeures pour l'adaptation des pratiques pastorales

**Première priorité : s'adapter à l'évolution de la variabilité climatique**

- Des aléas climatiques plus forts et plus fréquents
- Trois contraintes climatiques principales
- Adapter les systèmes pastoraux à un climat plus variable

**De nombreuses incertitudes concernant l'évolution des végétations sur le long terme**

**L'eau risque de manquer sur les alpages**

**D'autres conséquences à prendre en compte**



*Les 3000 alpages recensés dans le massif alpin sont une ressource fourragère essentielle pour les exploitations d'élevage. Ils assurent, en période estivale, l'alimentation de 92 000 bovins et 770 000 ovins, représentant respectivement 1/3 et 3/4 des effectifs animaux recensés dans les Alpes et la Provence (départements de provenance de troupeaux transhumants). Les alpages sont aussi des espaces à enjeux environnementaux et patrimoniaux forts. La richesse de ces écosystèmes résulte de l'effet combiné sur le long terme des caractéristiques physiques du milieu, du climat et des pratiques pastorales. Les alpages sont enfin des espaces de multiusage, où les activités pastorales côtoient des activités de randonnée, de chasse, d'exploitation forestière...*

*Le phénomène d'évolution climatique, présenté dans la première partie de ce document, impacte et impactera les alpages et les activités pastorales qui y sont liées : comment raisonner ces impacts et les marges d'adaptation mobilisables par les systèmes pastoraux valorisant ces espaces ?*

Les  
ressources  
pastorales  
sont les  
premières  
impactées

## Différents effets attendus sur la pousse de l'herbe

Il n'existe pas aujourd'hui de modèle agronomique permettant de quantifier précisément l'effet du changement climatique sur les ressources fourragères en alpage. Toutefois, en prenant en compte les spécificités du climat et des ressources en haute montagne, il est possible d'extrapoler les résultats issus de l'application des scénarios du GIEC sur des modèles agronomiques prairiaux de plaine :

- Du fait de températures plus élevées et de la réduction de la période d'enneigement, la végétation est amenée à démarrer en moyenne de plus en plus tôt dans la saison, et à continuer de pousser de plus en plus tard à l'automne. **Un allongement de la période de végétation est donc prévisible.**
- Du fait de la hausse de l'évapotranspiration (eau transférée vers l'atmosphère par l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes), **un accroissement de l'intensité des sécheresses estivales et des creux de production associés est à craindre** (c'est-à-dire, selon les contextes géographiques, soit l'apparition de sécheresses sur les alpages, soit une augmentation de la fréquence d'épisodes de sécheresses et un allongement de la durée de ces sécheresses).
- On peut aussi s'attendre à **une augmentation des épisodes de gel après le démarrage de la végétation au printemps et à l'automne** (diminution de l'effet protecteur de la neige lié à la diminution de la durée de l'enneigement). Ces phénomènes sont aujourd'hui rares en alpage et pourraient devenir de plus en plus fréquents. Les conséquences du gel sur les végétations demeurent encore mal connues. **À court terme, on sait qu'elles diminuent la quantité et la qualité de la ressource fourragère ; à long terme, elles peuvent conduire à des évolutions et / ou des dégradations des milieux pastoraux.**

## Des conséquences bien particulières en alpage

→ En plaine, jusqu'à un certain seuil de réchauffement climatique, les modèles agronomiques montrent que l'allongement de la période de végétation compense le déficit provoqué par l'accroissement des sécheresses estivales et permet globalement un maintien, voire une hausse de la productivité sur l'année. Mais cela obligera les éleveurs à récolter plus de fourrage durant les périodes productives (printemps, automne) pour le redistribuer au cœur de l'été.

En alpage, il est possible que la production totale de biomasse sur l'année augmente aussi avec le réchauffement climatique. **Toutefois, les conditions spécifiques de ces territoires** (altitude, pente, difficulté d'accès, conditions climatiques...) **ne permettent pas de raisonner la mobilisation des ressources de la même manière que sur des surfaces fourragères facilement mécanisables** (il y est impossible de récolter le surplus de début et de fin de saison pour le redistribuer à un autre moment, et il n'est que très rarement possible de distribuer du fourrage en alpage pour compenser les sécheresses).

→ **La valorisation de ces espaces pastoraux repose donc uniquement sur le pâturage, c'est-à-dire sur un équilibre permanent entre besoins des troupeaux et état des différentes végétations mobilisables. Cela oblige à raisonner de façon spécifique les voies d'adaptation.**

- Ainsi, un démarrage plus précoce des végétations en alpage peut nécessiter une montée plus tôt des troupeaux pour les prélever à leur optimum de qualité. Cela peut se traduire aussi par la mise en place de pratiques spécifiques selon les caractéristiques des différents types de végétation [« report de pâturage » sur des végétations plus « grossières » par exemple]. Pour autant, cela ne sera pas toujours possible sans modification importante du fonctionnement des exploitations et/ou des pratiques de conduite des troupeaux en alpages (par exemple, si la montée en alpage est avancée, il faudra peut-être décaler les périodes d'agnelage sur les exploitations pour éviter de monter des agneaux trop jeunes).
- Par ailleurs, le coup de froid de début de saison étant toujours possible, il est risqué de monter les troupeaux plus tôt en alpage même si la ressource est présente. Le prolongement d'une période de pousse de la végétation à l'automne n'est pas toujours profitable aux troupeaux qui peuvent être tenus de quitter l'alpage pour des impératifs zootechniques d'agnelage par exemple.



*Les savoir-faire empiriques des éleveurs et bergers des régions méditerranéennes confrontées aux sécheresses récurrentes pourraient être mobilisés pour imaginer des axes d'adaptation de systèmes pastoraux jusqu'alors peu concernés par ce contexte climatique. Par exemple, la mobilisation de milieux à graminées grossières, de landes et sous-bois avec des animaux ayant bénéficié de l'apprentissage nécessaire à leur valorisation, constitue un levier fréquent en contexte méditerranéen.*

*Pâturage sur pelouse à Queyrel : un exemple de valorisation de graminées grossières*

↳ D'autre part, plus les conditions écologiques sont extrêmes (altitude élevée, sol superficiel, pente forte...), plus les atteintes au tapis herbacé sont irréversibles : les conditions climatiques et édaphiques limitent la capacité des milieux à se régénérer.

Les pratiques pastorales devront donc d'autant plus veiller à **éviter de dégrader des végétations qui risquent d'être par ailleurs fragilisées** par les perturbations du climat (éviter un pâturage trop intense, limiter la circulation des animaux). Cela est d'autant plus important que ces milieux présentent des enjeux environnementaux floristiques et faunistiques importants.

## Deux problématiques majeures pour l'adaptation des pratiques pastorales

Ces spécificités obligent à porter un regard particulier sur le contexte de changement climatique en alpage, en considérant deux problématiques pour l'adaptation des pratiques pastorales :

- **La question de la variabilité climatique interannuelle et la capacité des systèmes à trouver des marges de manœuvre** pour parvenir à assurer la continuité de l'alimentation des troupeaux malgré les variations quantitatives et qualitatives des ressources disponibles.
- **La question de la co-évolution du climat et des milieux** : les variations progressives des conditions climatiques peuvent entraîner des évolutions des milieux pastoraux, en matière de composition spécifique et d'abondance relative des différentes espèces présentes. À noter que dans le même temps, les systèmes et les pratiques d'élevage vont évoluer, ce qui est susceptible d'engendrer également des évolutions de milieux.

Les tendances moyennes actuelles du changement climatique, décrites dans la première partie de ce document, ne constituent pas en elles-mêmes la principale difficulté pour la gestion des alpages. Le problème principal résulte d'une conséquence indirecte de ce phénomène : la hausse en fréquence et en intensité d'aléas considérés comme extrêmes.

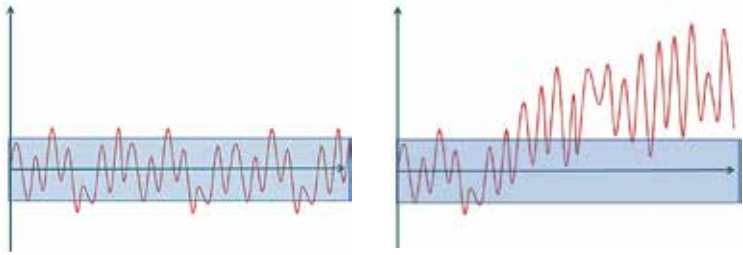
## Des aléas climatiques plus forts et plus fréquents

Le climat est caractérisé par un certain niveau de variabilité interannuelle, quels que soient les paramètres que l'on considère (température, pluviométrie...). Avec le réchauffement climatique, on observe un décalage de la gamme de variabilité interannuelle de certains paramètres climatiques. Ainsi, des événements dont le niveau d'intensité était considéré comme rare auparavant, deviennent progressivement de plus en plus fréquents, avec en plus un niveau d'intensité croissant. Cela corrobore la perception de « dérèglement climatique » qu'ont déjà aujourd'hui éleveurs, bergers et techniciens, lié à une augmentation à la fois en fréquence et en intensité de certains aléas : sécheresses hors normes, saisons très en avance ou très en retard...

Première  
priorité :  
s'adapter à  
l'évolution  
de la  
variabilité  
climatique



Ce décalage va se poursuivre à l'avenir, et probablement se doubler d'un élargissement de la gamme de variabilité climatique interannuelle.



*Sans changement climatique, le climat comporte un certain niveau de variabilité interannuelle (courbe rouge). Les alpages, comme les systèmes pastoraux en général, sont adaptés pour faire face à une certaine gamme de variabilité climatique (plage bleue du schéma). Tant que les événements extrêmes, c'est-à-dire ceux qui dépassent la gamme de variabilité acceptable pour les systèmes, restent rares, les systèmes parviennent à récupérer.*

*Avec le changement climatique, la gamme de variabilité interannuelle du climat évolue. Les événements considérés comme extrêmes pour les systèmes en place deviennent progressivement de plus en plus fréquents. Sans évolution des pratiques et des systèmes, la capacité d'adaptation au changement climatique n'est plus suffisante.*

*Évolution de la variabilité climatique induite par le changement climatique*

## Trois contraintes climatiques principales

Compte tenu des spécificités que nous avons décrites concernant les impacts du changement climatique sur les alpages, cette variabilité interannuelle du climat doit être considérée principalement au regard des trois facteurs climatiques suivants :

- 1 ▶ **La disponibilité en eau dans les sols** (bilan entre le niveau des précipitations et celui de l'évapotranspiration), qui va jouer sur la productivité des végétations.
- 2 ▶ **Les cumuls de températures au cours de la pousse de l'herbe**, qui vont jouer sur la vitesse de développement des plantes (donc le stade et la qualité fourragère de la végétation à une date donnée).
- 3 ▶ **Les épisodes de gel après le déneigement**, qui vont pénaliser quantitativement et qualitativement la ressource.

L'articulation de ces trois facteurs à l'échelle d'une année ou d'une saison est également un élément clef à prendre en considération : en effet, leur conjonction peut renforcer l'impact sur les végétations. Ainsi, en milieu méditerranéen, un printemps tardif couplé à une sécheresse estivale précoce aura un double impact sur le raccourcissement du cycle végétatif des végétations, pouvant provoquer des dégradations fortes sur certains milieux fragiles (pelouses de crêtes par exemple).



## Adapter les systèmes pastoraux à un climat plus variable

Les systèmes pastoraux en alpages sont configurés et sont conduits de manière à faire face à une certaine gamme de variabilité climatique. Tant que les événements extrêmes au-delà de cette gamme ne surviennent pas trop fréquemment, les systèmes parviennent à trouver des marges d'ajustement conjoncturelles. Ainsi, l'expérience de territoires déjà confrontés à de larges gammes de variabilités climatiques (Alpes méditerranéennes par exemple) témoigne de cette capacité des systèmes à s'adapter en mettant en œuvre des pratiques spécifiques : valoriser des végétations plus grossières en report sur pied (pâturage tardif par rapport à la période de pleine végétation), valoriser et maintenir des milieux arbustifs et arborés offrant une alimentation au troupeau et maintenant une fraîcheur au sol, ajuster le niveau de prélèvement de certaines végétations en jouant sur leur souplesse...

Dès lors que ces événements deviennent trop fréquents et/ou de plus en plus forts, il devient nécessaire de modifier le système pour qu'il soit adapté à une variabilité climatique différente.

**Avec le changement climatique, les écosystèmes sont amenés à évoluer sur le long terme. La nature de cette évolution aura un impact sur les ressources mobilisables en alpage.**

➤ Différents travaux de modélisation en écologie annoncent une remontée progressive des différents étages de végétation en montagne avec le réchauffement climatique. Pour le moment, ce phénomène s'observe peu, mais on peut toutefois noter par exemple l'apparition, dans les milieux de combes à neige (dits de mode « nival »), de graminées typiques de milieux déneigeant plus tôt (dits de mode « intermédiaire »).

➤ En parallèle de cette tendance de fond assez lente, les milieux d'alpage pourraient toutefois évoluer de manière beaucoup plus rapide et très différente sous l'effet « d'accidents », c'est-à-dire d'événements climatiques extrêmes comme les sécheresses ou le gel, et de la répétition de ces événements.

Ainsi, sur un alpage des Hauts Plateaux du Vercors, des dégradations de la végétation ont été observées après la sécheresse de 2003. Ces dégradations ne semblent pas se résorber au cours des années suivantes : zones de sol nu colonisées par des plantes pionnières non pastorales. Ces dégradations résultent vraisemblablement d'un effet combiné de sécheresses répétées et d'exposition au gel de la végétation, liées à un enneigement moindre. Le même phénomène a été constaté sur les pelouses sommitales du Ventoux, massif très méridional, suite aux températures estivales élevées constatées au début des années 2010.

*La répétition d'événements climatiques extrêmes peut conduire à des évolutions rapides des végétations.*

*Hauts Plateaux du Vercors*



De nombreuses incertitudes concernant l'évolution des végétations sur le long terme

→ Les deux moteurs climatiques de l'évolution des écosystèmes, que sont d'une part le réchauffement progressif du climat et d'autre part l'augmentation de l'intensité des événements extrêmes, peuvent conduire à des évolutions assez différentes des milieux. La remontée attendue des étages de végétations devrait par exemple conduire à une accélération des dynamiques de boisement, déjà fortes sur certains alpages. Or, dans certains secteurs, les acteurs de terrain rapportent plutôt une hausse de la mortalité des arbres ces dernières années dans certaines conditions de milieu, qu'ils attribuent à la succession de fortes sécheresses du début des années 2000.

De plus, les questions de l'évolution des végétations sur le long terme et de la variabilité climatique interannuelle sont directement liées. C'est en effet lors des événements climatiques extrêmes que les végétations sont le plus susceptibles de connaître des évolutions rapides.

Au final, la façon dont les végétations vont évoluer reste donc très incertaine, ce qui renforce ce besoin de conforter les marges de souplesse et les capacités d'adaptation des systèmes pastoraux d'alpage.

→ Par ailleurs, **les végétations peuvent évoluer de manière beaucoup plus rapide qu'avec le changement climatique sous l'effet des pratiques pastorales** (pâturage, circulation des animaux, fumure apportée par les déjections...). Les modalités de conduite des troupeaux peuvent ainsi privilégier l'évolution des milieux vers plus de diversité et de souplesse d'exploitation, améliorant les marges de manœuvre pour s'adapter aux aléas.



© CERPAM

*De façon générale, une gestion pastorale privilégiant une consommation complète de l'herbe favorise un tapis herbacé attractif et productif, mais peu souple. À l'inverse, une gestion pastorale jouant sur des variations d'intensités de prélèvement interannuelles et pouvant s'appuyer sur des surfaces dites « tampons » apporte plus de souplesse face aux aléas climatiques. En effet, une telle gestion maintient ou encourage un équilibre entre des fractions herbacées plus fines ou grossières aux fonctions différentes. De même, une gestion pastorale autorisant de « lever le pied » selon les années permet de porter une attention particulière aux végétations susceptibles d'être fragilisées par des événements climatiques extrêmes, en termes de prélèvements et encore plus de circulation des animaux.*

*Favoriser une diversité de milieux pour plus de souplesse d'exploitation...*

L'eau  
risque de  
manquer  
sur les  
alpages

Le changement climatique a aussi un impact sur les ressources en eau sur l'alpage : eau pour l'abreuvement des troupeaux, eau potable pour les bergers, eau pour le nettoyage des installations de traite et de transformation fromagère sur les alpages laitiers.

Les besoins en eau pour l'abreuvement des troupeaux ont tendance à augmenter, pour différentes raisons : températures atmosphériques globalement plus chaudes, consommation d'herbes plus sèches (sécheresses, phénologie des végétations avancée)...

La diminution de l'enneigement, l'augmentation de l'évapotranspiration, constituent une pression sur la ressource en eau. Sur les alpages, la situation peut être très différente selon la configuration :

► Les alpages karstiques, ou parcourus par des torrents qui ont des bassins d'alimentation réduits, sont très sensibles.

## D'autres conséquences à prendre en compte

▸ À l'inverse, les alpages alimentés par des névés importants ou présentant des zones humides qui stockent et restituent l'eau progressivement sont moins sensibles. À noter que certains alpages alimentés par des glaciers voient même actuellement les ressources en eau augmenter durant l'été.

Cette sensibilité est également très différente selon les équipements préexistants de collecte et de stockage de l'eau.

Face à la raréfaction de l'eau, les marges de manœuvre sont très limitées en dehors des **équipements de collecte, de stockage et de distribution de l'eau sur l'alpage**. D'autres marges de manœuvre, liées aux besoins en eau des animaux et aux modalités de conduite des troupeaux sont-elles envisageables ?

Ce document de synthèse se concentre sur la description des effets du changement climatique sur les ressources de l'alpage. Même si nous ne les décrivons pas de manière détaillée ici, il faut également retenir que le changement climatique a aussi d'autres effets, que nous ne connaissons que partiellement aujourd'hui.

On peut notamment citer :

→ **Une évolution du comportement alimentaire des animaux** : lors d'épisodes de chaleur, les animaux ont tendance à vouloir explorer plus rapidement les secteurs plus frais ou plus hauts en altitude, et à privilégier des périodes de pâturage plus fraîches également. Ainsi, ils augmentent leur période de chôme dans la journée, pour décaler leurs périodes de pâturage tôt le matin, tard le soir et la nuit.

Si les pratiques de gardiennage ne s'ajustent pas à ces impératifs physiologiques de l'animal, des pertes d'état corporel et des baisses de production sont à craindre.

→ **Le développement potentiel de nouvelles maladies et de nouveaux vecteurs** : l'utilisation d'alpages entraînant des déplacements et des mélanges importants de troupeaux, cette problématique pourrait s'avérer fondamentale dans les années à venir.

→ **Une dégradation des conditions de travail des bergers / vachers et des éleveurs en alpage**, directement par les conditions climatiques subies, et indirectement par le travail supplémentaire, plus difficile, voire plus dangereux que ces conditions induisent (exploration de secteurs escarpés par exemple).

→ **Une évolution probable de la démographie et de l'aire de répartition de certains animaux** qui consomment ou détériorent la ressource pastorale : pullulations d'orthoptères, remontée en altitude des campagnols et des sangliers par exemple.





# Pour aller plus loin

## ... sur le changement climatique dans les Alpes

► Chaix, C. « Bilans climatiques, impacts, adaptation et gaz à effet de serre : les notes de l'Observatoire », ASADAC-MDP, notes techniques, 2010/2017, [www.mdp73.net](http://www.mdp73.net)

## ... sur l'impact sur les alpages

► Dobremez, L., Bray, F., Borg, D. 2016. « Principaux résultats de l'Enquête Pastorale 2012-2014 dans le massif des Alpes ». Irstea, Cerpam, Réseau Pastoral Rhône-Alpes. 86 pages.

► Dobremez, L., B. Nettier, J.-P. Legeard, B. Caraguel, L. Garde, S. Vieux, S. Lavorel, M. Della-Vedova. 2014. « Les alpages sentinelles. Un dispositif original pour une nouvelle forme de gouvernance partagée face aux enjeux climatiques ». *Revue de géographie alpine | Journal of Alpine Research* 102(2).

► Nettier, B. 2016. « Adaptation au changement climatique sur les alpages. Modéliser le système alpage-exploitations pour renouveler les cadres d'analyse de la gestion des alpages par les systèmes pastoraux ». Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand. 358 pages.

► Nettier, B., L. Dobremez, J.-L. Coussy, T. Romagny. 2010. « Attitudes des éleveurs et sensibilité des systèmes d'élevage face aux sécheresses dans les Alpes françaises ». *Revue de géographie alpine / Journal of Alpine Research* 98(4).



© Irstea - Gregory Loucougaray

# Alpages Sentinelles : un espace de dialogue pour anticiper l'impact du changement climatique

Pour mieux comprendre et anticiper les conséquences du changement climatique sur les alpages, le réseau « Alpages sentinelles » mène des travaux à l'interface entre recherche scientifique et actions de développement, en privilégiant la concertation et les échanges d'expériences. Il associe des organismes professionnels du pastoralisme et de l'élevage, des territoires naturels protégés (Parcs Nationaux, Parcs Naturels Régionaux), des organismes de recherche, ainsi que l'ensemble des éleveurs et bergers utilisateurs des alpages étudiés. Ce réseau s'appuie sur le suivi d'un échantillon d'alpages répartis dans le massif alpin. Les travaux conduits permettent de mieux connaître les leviers d'adaptation possible pour les différents systèmes pastoraux. Des outils de diagnostic et de conseil sont produits pour accompagner l'adaptation au changement climatique sur les alpages, afin de préserver durablement les végétations d'alpage et les systèmes pastoraux qui les mobilisent et les entretiennent.

## Partenaires du programme Alpages sentinelles



## Opération soutenue par



Le projet Alpages Sentinelles est financé avec le concours de l'Union européenne : l'Europe s'engage sur le Massif Alpin avec le Fonds Européen de Développement Régional. Il bénéficie aussi du concours du Fonds National d'Aménagement et de Développement du Territoire au titre de la Convention Interrégionale du Massif des Alpes.



