

# Mise en place d'un dispositif d'étude et d'outils en lien avec la Biodiversité dans le cadre du programme Refuges Sentinelles, au cœur du Parc National des Écrins

MAHIEU Chloé

Master 1 Ingénierie en Ecologie et Gestion de la Biodiversité à l'Université de Montpellier



*Refuge de l'Aigle, © Sylvain Mahieu*

**Institut de Géographie Alpine (IUGA),  
14 bis Avenue Marie Reynoard,  
38100 GRENOBLE**

**Du 23 Mars au 31 Août 2020**

**Directeur de stage : Philippe BOURDEAU  
Tutrice pédagogique : Valérie BORRELL ESTUPINA**





## PARTIE I : MISSION ET CONTEXTE

### **I/1- Mission de stage**

Ce stage se divise en deux phases : une phase de travail préparatoire et une seconde de terrain.

Durant la première phase (de mars à mi-juin), la mission principale est de développer l'axe Biodiversité du programme Refuges Sentinelles qui n'a été que très peu développé par le passé, faute de temps et de moyens. Pour cela, il faut proposer des protocoles scientifiques à mettre en place au sein des refuges pour étudier l'évolution de la biodiversité (faune/flore) au cours du temps en lien avec les questions de fréquentation de haute montagne et le réchauffement climatique. Dans ce but, il faut entrer en contact avec tous les acteurs du programme ainsi que ceux qui pourraient être potentiellement intéressés pour y participer (gestionnaire du Parc, chercheurs, chargé de mission,...). Un autre objectif est de développer la mise en place d'activités pour le public qui fréquente les refuges de montagne dans une logique d'éducation à l'environnement, de vulgarisation scientifique et de sensibilisation. S'ajoutent à cela des missions annexes : la mise à jour de la base de données bibliographique et documentaire sur les refuges afin de faire une synthèse de l'avancée du programme ; l'analyse des données collectées de 2017 à 2019 qui traitent des profils des pratiquants qui fréquentaient les refuges et celles d'une étude sur la divagation des randonneurs de l'été 2019 ; l'animation des outils web du programme, à savoir remettre à jour la page web et communiquer sur le programme au travers des réseaux sociaux dédiés au projet.

La seconde partie du stage (de juin à Août) consiste en la mise en place des protocoles et activités préalablement établis et aura lieu dans les refuges partenaires du programme sentinelles (voir *fig 1*), dans le Parc National des Écrins. Le but est d'accompagner les gardien.ne.s de refuges dans la saisie des données de relevés de destinations des pratiquants ainsi que dans la mise en œuvre des protocoles et activités préalablement choisis. Aussi, des relevés et des observations quantitatives et qualitatives sur le terrain devront être effectués: entretiens, photo-constats et captures vidéos sur les parkings, sentiers, dans et autour des refuges, observations des comportements et discours in situ des usagers et professionnels de la montagne (gardiens, accompagnateurs, guides,..). De plus, la mission prévoit un appui aux travaux de recherches qui sont déjà engagés dans les refuges sur les axes « Climato-météo », « Géomorphologie » et « Biodiversités » du programme Refuges Sentinelles. Ce travail se fera en lien avec les chercheur.e.s impliqué.e.s et qui font partie des laboratoires tel que le Laboratoire d'Ecologie Alpine (LECA, CNRS) de Grenoble ou encore le Centre de Recherches sur les Ecosystèmes d'Altitude (CREA) de Chamonix.



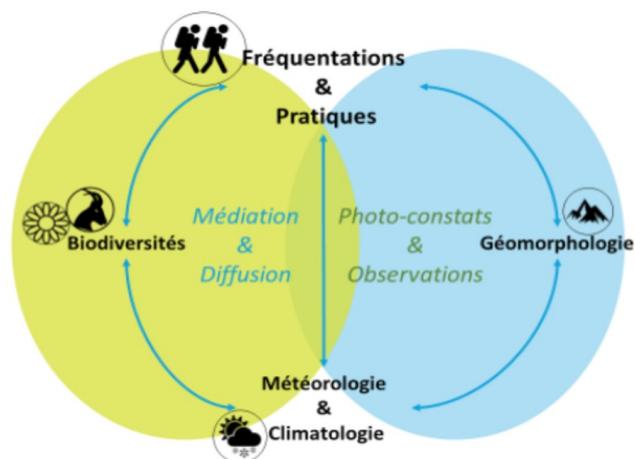
## **I/2- Contexte professionnel**

Le programme Refuges Sentinelles est un dispositif d'observation et d'animation pluridisciplinaire, partenarial et participatif de la haute montagne. Il a été initié en 2016 par le Parc National des Ecrins et le Laboratoire d'excellence Innovation et Territoire de Montagne (LabEx ITEM) en partenariat avec l'Université Grenoble Alpes et l'Agence Française de la Biodiversité (AFB, nouvellement OFB) dans le cadre du programme Sentinelles des Alpes.

Les objectifs sont d'interroger les relations Humains-Climat-Biodiversités en développant des questions croisées entre sciences de la nature et de la société, et de réaliser dans la durée des campagnes d'observation à partir d'un panel diversifié de refuges. Ces derniers, qui constituent des « capteurs/radars » environnementaux et sociétaux, sont utilisés comme lieu d'étude, d'observation et d'échange. Cette démarche repose sur 4 axes qui constituent le cœur et qui illustrent parfaitement la dimension participative et pluridisciplinaire du dispositif (*Fig 1*).

Étant issue d'une formation en lien avec l'étude de la biodiversité, ma mission consiste à être en charge du développement de l'axe concernant la biodiversité. Dans un contexte où les enjeux environnementaux et les effets du changement climatique sont des problématiques capitales, l'objectif est de développer des outils et de les mettre à disposition des acteurs de la montagne (gardien.es, clients, guides, AMM,..) et de créer une dynamique d'observation participative durable qui servirait à alimenter la connaissance du milieu montagnard en termes de biodiversité. Ainsi, le but est aussi de sensibiliser le grand public aux questions environnementales dans le massif des Écrins et dans les Alpes en général puisque ce dispositif pourrait être développé dans le massif du Mont Blanc ou encore dans celui de la Vanoise. Cela nécessite une collaboration étroite entre différents laboratoires de recherche tel que le LECA ou EDYTEM, le Parc National des Ecrins et d'autres structures comme la FFCAM. Le développement de cet axe serait aussi un moyen d'intégrer le programme Refuges Sentinelles dans le dispositif de suivi de biodiversité terrestre au niveau national que l'OFB planifie de mettre en place d'ici 3 ans. Cette opportunité permettrait d'accroître la visibilité du programme et les moyens financiers qui sont mis à disposition pour sa réalisation.

Les moyens financiers mis à disposition pour la mission sont : la gratification selon la législation en vigueur, la prise en charge de la demi-pension au sein des refuges et des frais de déplacements. Les moyens techniques sont moindres mais comprennent la mise à disposition de Go Pro, appareils photos, enregistreurs et GPS et autres qui restent à déterminer. La répartition du temps de travail selon les missions est indiqué dans le *tableau 1*.



Le programme Refuges Sentinelles repose sur 4 axes et 2 approches qui constituent le coeur du dispositif et intègrent pleinement une dimension participative

Figure 1: Axes de recherche du programme Refuges Sentinelles, source: Refuges Sentinelles

Mission	Temps alloué (en jours)
Synthèse, étude bibliographique préliminaire	10
Analyse de données (études des années antérieures)	10
Organisation de la concertation entre acteurs, élaboration du dispositif	40
Rédaction du pré rapport de stage	10
Etude de terrain et mise en place du dispositif au sein des refuges partenaires	45
<b>Total</b>	<b>115</b>

Tableau 1: Tableau de répartition du temps de travail en fonction des missions

## **PARTIE II: ÉTUDE**

### **II/1- Introduction**

#### **a- État de l'art**

##### ***Changement Climatique global***

Dans un contexte de changement climatique global, nous connaissons aujourd'hui une forte hausse de la température. En effet, selon le scénario d'émission A1B, il est prévu que la température augmente en moyenne de 1.5°C d'ici 2030 et 2052 (IPCC, 2018) et que, d'ici la fin du siècle, ce réchauffement atteindra 3.3°C (*Fig 2*). Ces événements sont à l'origine de grands changements tel que la montée des océans ou encore la multiplication des événements météorologiques extrêmes (grandes sécheresses ou précipitations). Les effets varient en fonction de l'ampleur du réchauffement et de sa rapidité, de la localisation géographique, du degré de développement et de vulnérabilité et enfin, des choix et de la mise en place de solutions d'adaptation et d'atténuation. Ce réchauffement a également un fort impact sur les écosystèmes et la biodiversité. Toujours selon le rapport de l'IPCC de 2018, un réchauffement de 1,5°C entraînerait la perte de plus de la moitié des aires de répartition géographique qui sont déterminées par le climat de 6 % d'insectes, 8 % de plantes et de 4 % des vertébrés dans le monde. Les impacts reportés sur la santé publique, les modes de vie, les ressources (eau et nourriture), la sécurité humaine ainsi que le développement économique sont également à prendre en considération.

##### ***Changement climatique dans les Alpes et impacts sur biodiversité***

Les Alpes sont caractérisées par des plaines extensives, des vallées profondes et des sommets qui peuvent atteindre plus de 4 800 m. Cette région est donc soumise à une forte variabilité topographique ainsi que à des gradients climatiques. Elle est au cœur de ces changements globaux. En effet, de nombreuses études ont montré que la hausse de température y est deux fois plus grande que la moyenne globale (Crocchi-Maspoli et al, 2018; Gobiet et al 2014).

En effet, il a été estimé qu'une augmentation de 2 à 4°C pendant la période hivernale d'ici la fin du 21ème siècle causerait une hausse de la limite basse de la neige de 300 à 600m (CH2011, 2011) et une forte diminution du volume de neige (*Fig 3*). Déjà, on observe aujourd'hui un décalage dans les saisons neigeuses puisqu'on mesure une tendance de la fonte des neiges plus précoce dans l'ensemble des Alpes entre 2000 et 2018 (Asam et al, 2018) et une période d'enneigement raccourcie au-dessus de 2000m depuis les 50 dernières années (Durand et al, 2009, Cremonese et al, 2019). De plus, les précipitations vont fortement augmenter en hiver (+10.4%) d'ici la fin du 21ème

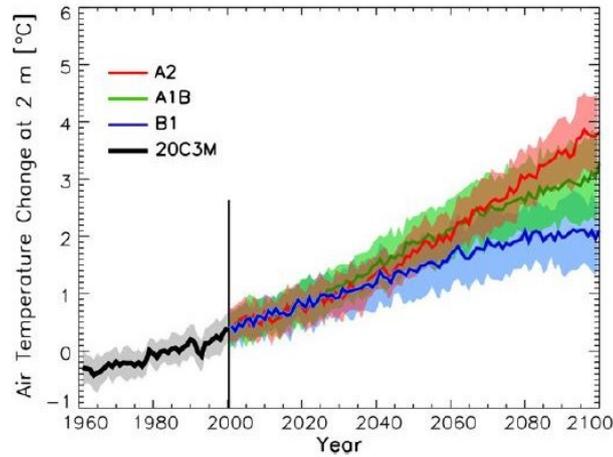


Figure 2: Evolution de la Température en Europe basée sur la simulation CMIP3 menée par les scénarios d'émissions A2 (rouge), A1B (vert) et B1 (bleu). Les courbes colorées en gras représentent la moyenne du model multiple pour chaque scénario. Sources : IPCC AR4 report

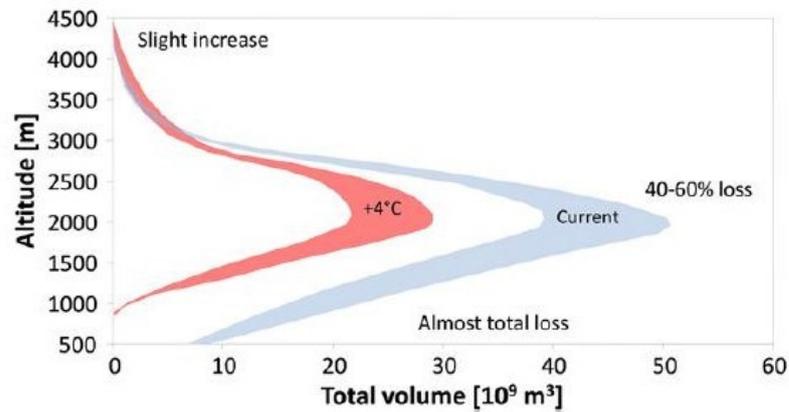


Figure 3: Volume de neige sous le climat actuel et sous un potentiel climat future avec des hivers plus chauds de 4°C par rapport à aujourd'hui. Le volume de neige à été calculé pour des altitudes comprises entre 200 et 4500m dans les Alpes Suisses.

siècle (Gobiet et al 2013, Durand et al, 2009). Cependant, il a été prouvé que cette augmentation ne compenserait pas la grande perte de volume de neige (Gobiet et al, 2013, Chappaz, 2014) ;

Une autre conséquence de la hausse de température dans les régions alpines est la fonte et le recul des glaciers. La surface totale des glaciers alpins a diminué de moitié entre 1900 et 2012 (Huss 2012, Vincent et al 2017, Gardent et al, 2014) et les glaciologues s'accordent sur le fait qu'une augmentation d'un degré de température entraîne une remontée moyenne de 100m de la ligne d'équilibre du glacier (Fig 4). Cela provoque l'apparition de lacs glaciaires, d'avalanches de glace, de chutes de pierres et d'importants déplacements de masse (Ravel et al, 2015). Les lacs se forment et s'étendent rapidement, ce qui favorise et accélère la fonte des glaciers. Avec la baisse de l'accumulation de la neige qui forme une couche sur les glaciers, ces derniers diminuent en surface et en épaisseur (Fig 2 et 3) (Mourey et al, 2019, Rogora et al, 2018). Ainsi, les crevasses apparaissent plus tôt au printemps et certaines zones n'ont plus du tout de glace en été. Les effets du changement climatique se font également ressentir au niveau de la stabilité du terrain avec notamment la fonte du permafrost (Alexander, 2011 ). Ces modifications sont aussi les causes des changements de fréquence et de magnitude des mouvements de masses ainsi que des chutes de pierres et de mouvements de terrain qui modifient les habitats et la structure de nombreux écosystèmes (Gobiet et al, 2013, Huss et al, 2012).

Toutes ces variations liées au climat ont de forts impacts, notamment sur la biodiversité. Comme l'a montré l'étude de Filippa et al (2019), le climat contrôle la phénologie des plantes qui dépend de l'espèce et de l'altitude à laquelle elles se trouvent. Aux étages alpins et sub-alpins (>1800m d'altitude), la neige empêche le développement de la végétation avant la fin du printemps malgré les températures favorables (Asam et al, 2018). Ainsi, il a été montré qu'une saison où la couverture neigeuse est faible entraîne une hausse de la température du sol et de la biomasse microbienne pendant la période de développement (Rogora et al, 2018). Par conséquent, cette phase de développement débute plus tôt dans le temps. Ainsi, l'avancée des événements saisonniers (floraison, reproduction, migration) chez les plantes mais aussi chez les animaux terrestres a changé de 2 à 5 jours par décennie au cours des 50 dernières années (Cremonese et al, 2019). De plus, la durée de la saison de végétation actuelle est de 2 à 4 semaines plus longue que celle des années 1960 (Vittoz et al, 2005). Par conséquent, il existe un risque important de désynchronisation entre les cycles des espèces au sein d'un même écosystème. Par exemple, dans l'étude de Mason et al (2014), il a été prouvé que la perte de poids chez le chamois Alpin (*Rupicapra rupicapra*), est corrélée au manque de ressources dû aux températures plus élevées au printemps et en été (Garel et al, 2011).

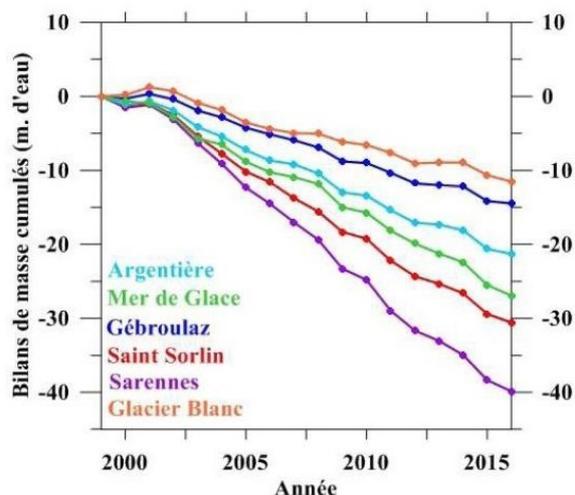


Figure 2: Bilans de masse cumulés des glaciers des Alpes françaises faisant l'objet d'un suivi de terrain (sources: GLACIOCLIM-IGE, Parc National des Ecrins, Irstea-ETNA)

Ce second graphique présente l'évolution du changement d'épaisseur du glacier Blanc, situé dans le massif des Écrins, depuis 2002. Les observations montrent que, sur la période 2002-2014, le glacier présente une perte de masse cumulée de -11,53m d'équivalent en eau, ce qui correspond à retrancher près de 13m de glace en moyenne sur l'ensemble de sa surface (4,8 km<sup>2</sup> en 2014). Logiquement, cette perte est plus importante à basse altitude comme l'indique la zone rouge, à droite de la carte.

Sur ce graphique, on voit que la masse cumulée des glaciers qui ont été suivis, pour chacun d'eux, fortement diminuée depuis 2003. En effet, sur 40 ans de mesures réalisées, 9 des 10 années les plus déficitaires se situent après 2003. Ce constat est principalement lié à une augmentation de la période de fonte estivale, avec une intensification de la fonte au coeur de l'été. Néanmoins, on observe des fortes variations entre les différents glaciers. Cela peut être expliqué par leur localisation ou leur altitude respective.

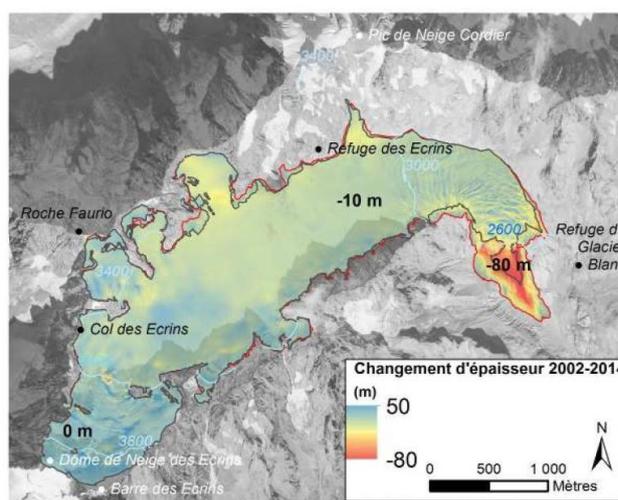


Figure 3: Variations d'épaisseur (dégradé de couleurs) et de surface (contours rouge et noir) du glacier Blanc entre 2002 et 2014 (source: Parc National des Ecrins, Irstea-ETNA)



Figure 4: Evolution du glacier d'Argentière (vallée de Chamonix) entre 1890 et 2015. © Amis du Vieux Chamonix (photo de gauche) et CREA Mont-Blanc (photo de droite).

De plus, l'augmentation du verdissement et de sa période entraînent une hausse de la captation du carbone par la végétation (Keenan et al, 2014 ; Galvagno et al, 2013), ce qui a d'importantes répercussions sur l'équilibre du CO<sub>2</sub> dans l'environnement (Beer et al, 2010).

Aussi, le recul des glaciers donne la place à de nouvelles aires qui peuvent accueillir une succession primaire (Fig 5 et 6), ce qui favorise la colonisation de zones qui n'étaient pas végétalisées et, enfin, augmente la richesse spécifique des sommets montagnards (Cazzolla Gatti et al, 2018 ; Rogora et al, 2018). Les espèces adaptées aux conditions plus chaudes et qui proviennent de plus basses altitudes gagnent du terrain sur les espèces alpines adaptées à des conditions extrêmes et qui sont de moins bonnes compétitrices (Vittoz et al, 2005 ; Cremonese et al, 2019).

Pour la faune alpine, les effets de la hausse de la température se font également ressentir. En effet, pour les organismes qui ne régulent pas leur température (parasites, insectes, amphibiens, reptiles), ces changements et ces changements liés au climat impactent directement leur physiologie et leur capacité de reproduction et même de survie (Cremonese et al, 2019 ; Mason et al, 2014 ). Aussi, les espèces faunistiques et floristiques remontent en altitude : de 30 à 100 m par décennie pour la plupart des espèces faunistiques et de 30m pour la plupart des plantes forestières (Vittoz et al, 2005). Ainsi, la prolifération de certaines espèces plus adaptées en fragilise d'autres et l'abondance de certaines espèces endémiques sera impactée négativement par le changement climatique, allant jusqu'à leur possible disparition. Par exemple, le lièvre d'Europe (*Lepus europaeus*) supplante désormais le lièvre variable (*Lepus timidus*) (Rosello et al, 2018). Par conséquent, le changement climatique nécessite des adaptations et une réorganisation des communautés.

### ***Activités récréatives dans les Alpes***

Les atouts touristiques sont nombreux dans les Alpes, en hiver comme en été: la neige, les traditions culturelles, les nombreux sommets emblématiques, la diversité géologique, floristique et faunistique unique (Debarbieux, 2014). Or, dans le contexte contemporain, le monde du tourisme connaît des changements socioculturels majeurs. Par analogie avec le domaine de l'écologie, le secteur du tourisme s'inscrit également dans une période de transition (Corneloup et Falaix, 2017). En effet, les nouvelles pratiques récréatives entrent dans la logique du développement territorial, ce qui favorise l'économie de la montagne. S'immerger dans la nature, se dépenser physiquement ou encore se déconnecter du quotidien sont des actions qui sont de plus en plus recherchées par les touristes (Bourdeau, 2009). De plus, le goût de l'aventure et de la découverte se font ressentir. Les nombreux raids, camps, randonnées pédestres et cyclistes qui triomphent devant l'univers statique des stations de ski et autres sont une preuve supplémentaire de cette tendance.

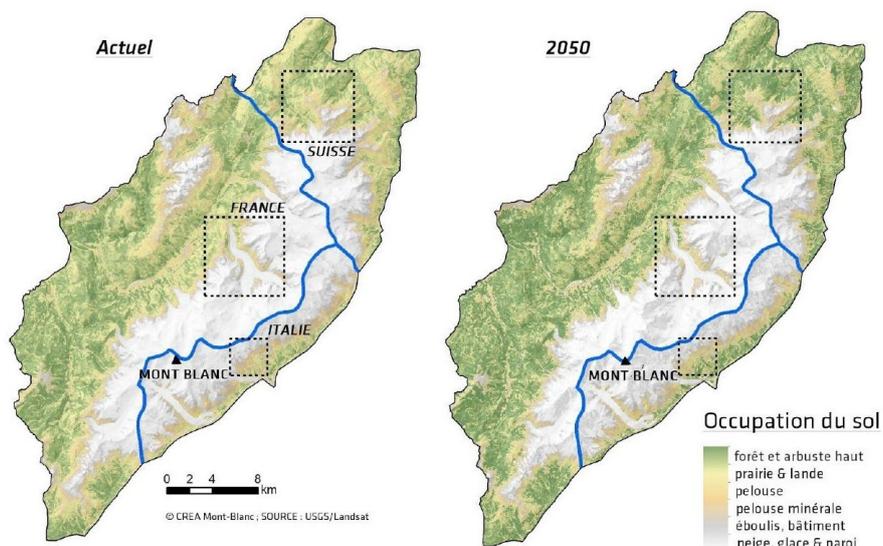


Figure 5: Carte des habitats du massif du Mont-Blanc entre 2017 et 2050.  
source : Cremonese et al, 2019

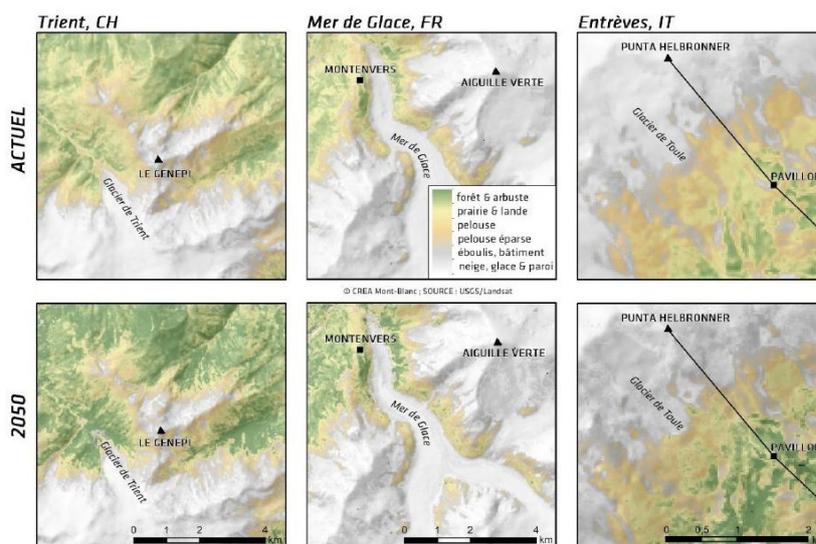


Figure 6: Zooms sur différents secteurs en Suisse (Trient),  
France (Chamonix) et Italie (Entrèves) indiquant les  
changements de végétation prévus entre 2017 et 2050 ; source :  
Cremonese et al, 2019

Ces cartes sont basées sur un indice de productivité végétale (le NDVI) détecté par satellite entre 1984 et 2017 et extrapolé pour le futur (avec un modèle linéaire calibré par pixel). Dans l'échelle du couleur, plus le vert est foncé plus la couverture et la productivité végétale sont importantes.

A Trient, on peut distinguer une forte densification et une remontée de la forêt et des arbustes, notamment dans les zones d'éboulis de haute montagne. Au niveau du site du Montenvers, on peut remarquer une expansion de la forêt à la fois en moyenne montagne et au niveau de la langue terminale de la Mer de Glace. Enfin sur le versant italien on voit que la forêt est susceptible de dépasser la gare intermédiaire du Skyway au Pavillon.

### ***Impact de ces activités sur la biodiversité***

Avec l'essor du tourisme de montagne et la diversification des pratiques sportives et récréatives, on observe aujourd'hui une augmentation de la fréquentation des espaces de montagne tout au long de l'année (Perrin-Malterre, 2017). Cependant, cette présence humaine peut avoir des effets négatifs sur le fonctionnement démographique des populations animales ainsi que sur leur répartition au sein des différents types d'habitats. Par exemple, une étude menée par Leblond et al (2013) a montré que la présence d'infrastructures humaine modifie la sélection de l'habitat par les individus à l'échelle spatio-temporelle. De plus, elle réduit la performance des prédateurs à cause de l'augmentation du risque de prédation anthropogénique. Ainsi, les animaux redoublent de vigilance, ce qui réduit le temps et l'énergie qu'ils utilisent pour se reproduire ou chercher de la nourriture.

### ***Impact du changement climatique sur ces activités***

Le changement climatique dont les effets sont déjà fortement ressentis dans la vie touristique alpine, ne fait que favoriser les mutations en cours des activités (Bourdeau, 2008).

Le recul des glaciers et le réchauffement du permafrost ont de grandes conséquences sur les itinéraires d'alpinisme et leur faisabilité (Bourdeau 2014. Chappaz, 2014. Mourey et al 2019, Bürki et al, 2003). En effet, les chutes de pierres récurrentes et le manque d'enneigement et de surface glaciaire font que les itinéraires sont de moins en moins praticables et provoquent un décalage croissant du calendrier d'ascension de l'été vers la fin du printemps (Mourey et al 2019). De plus, la neige ne regèle pas et, donc, ne se consolide plus pendant la nuit, ce qui accroît les risques d'avalanches, de chute de pierres, de sérac et donc d'accidents. Les courses de haute montagne sont donc de plus en plus difficiles techniquement et dangereuses (Mourey et al 2019). Ainsi, le changement climatique entraîne une décroissance de la popularité de l'alpinisme dont les conséquences socio-économiques (changements de techniques, matériel,..) restent à évaluer. Avec le manque de neige en hiver et l'augmentation des températures en été, on peut s'attendre à ce que le tourisme de montagne devienne plus important en été qu'en hiver, ce qui suppose une remise en cause et une adaptation des activités (Bourdeau, 2009 ; Chappaz, 2014). Aussi, on observe l'émergence de nouvelles pratiques en réponse à cette évolution du milieu. Ainsi, l'essor du ski d'alpinisme et du ski de randonnée peut être vu comme une réponse aux difficultés d'accès de certains sommets en été et le niveau moins élevé que requiert la pratique de la montagne en période estivale permet une certaine démocratisation et donc est ici autant sous-tendue par des évolutions sociales qu'environnementales.



## ***Les refuges***

Les refuges sont au cœur de ce changement dans les pratiques récréatives de montagne et se placent désormais comme plateformes privilégiées pour la découverte du milieu et la sensibilisation à la montagne (Lyon-Caen, 2012). Pour près de 50 000 enfants chaque année (site web FFCAM), les refuges offrent une opportunité unique d'accéder au milieu montagnard en tant qu'observateur privilégié et discret à la fois. Souvent situé en site isolé et sensible, le refuge place les pratiquants au cœur des enjeux contemporains en matière d'éducation à l'environnement. Ces changements du rôle des activités récréatives de montagne et des refuges poussent les gardiens, les accompagnateurs et les guides à coopérer afin de rassembler d'avantage de moyens de découverte, de pédagogie et d'apprentissage (Meignan et *al*, 2019).

### **b- Problématique**

La question qui sera étudiée dans ce rapport et qui traite des enjeux et des connaissances concernant la Biodiversité autour des refuges sera la suivante : Quel dispositif mettre en place afin de développer l'axe de recherche autour de la Biodiversité dans le cadre de Refuges Sentinelles?

Néanmoins, cela soulève d'autres questions:

- Comment utiliser les refuges comme laboratoires d'altitude afin d'étudier la biodiversité environnante? Quelle serait leur valeur ajoutée en tant que maillons clés d'un dispositif d'observation ?
- Comment intégrer les gardien.es dans ce dispositif selon leur degré de motivation et de compétences ?
- Comment sensibiliser les pratiquants aux enjeux de la biodiversité de montagne?

### **c- Hypothèses, objectifs et programme de l'étude**

Dans un premier temps, cette étude permettra d'établir la faisabilité de ce dispositif et dans quelles mesures il pourra être mis en place dans les refuges. Cela requiert un échange et une concertation avec les différents acteurs du programme (gardien.es, chercheurs, guides,...).

On s'attend aussi à ce que les gardiens soient réceptifs aux propositions de programmes à mettre en place car cela participera à la dynamique et à l'attrait de leur refuge.



## III-2 Matériels et Méthodes

### 1ère partie du stage : phase d'étude préliminaire

Cette première phase se déroule entre le 23 Mars et mi-Juin 2020 (période à définir). Dans le contexte du confinement en vigueur depuis le 17 mars 2020 lié au COVID19, une partie de ma mission s'effectue en télétravail à partir de mon lieu de résidence personnel. Lorsque le contexte sanitaire le permettra, la suite de la mission se déroulera au sein du laboratoire de sciences sociales PACTE (site de l'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine, IUGA) basé à Grenoble qui héberge le programme Refuges Sentinelles. Je travaille en lien avec Philippe BOURDEAU (coordinateur scientifique du programme et tuteur de stage), Mélanie MARCUZZI (animatrice principale du dispositif), Rafaella BALZARINI (Chercheuse PACTE, prochainement CREA) mais aussi Cédric DENTANT (PNE), Richard BONET (PNE) et d'autres. Tous sont des collaborateurs du programme et les résultats de la mission ainsi que les dispositifs mis en place peuvent potentiellement les intéresser. Le but de cette collaboration est de mettre les compétences scientifiques et les moyens techniques à contribution pour développer au mieux l'axe Biodiversité.

Dans cette première phase, le but est de concevoir et d'étudier la faisabilité d'un dispositif qui permettrait de développer cet axe. Pour cela, le recensement de la bibliographie et des études de terrain qui ont déjà été menées les années précédentes seront couplées à des entretiens et échanges avec les chercheurs et professionnels de la montagne. Cela permettra d'identifier les enjeux et les points qui seraient importants à développer. Ensuite, il faut rechercher des outils qui permettraient de répondre à ces problématiques. Une part importante de la mission consiste à entrer en contact avec les chercheurs des laboratoires partenaires du programme (LECA, EDYTEM, INRAE CREA, ...), à organiser et coordonner leur concertation et, enfin, à synthétiser ce qu'il en ressort afin d'élaborer des protocoles scientifiques à mettre en place en lien avec les refuges. Cette mission est d'un intérêt capital dans l'avancée du dispositif et elle requière une certaine adaptation et de la pluridisciplinarité

### 2ème partie du stage : phase de terrain

La deuxième phase se déroule entre mi-Juin et le 31 Août (période à définir). Cette étude de terrain se déroule au sein des refuges partenaires du programme Refuges Sentinelles qui se situent dans le massif des Écrins. Classé en tant que Parc National en 1973, il se situe entre les départements de l'Isère (38) et des Hautes-Alpes (05). Ce massif présente des sommets mythiques,



d'importants glaciers et des espaces naturels sauvages qui en font un berceau de l'alpinisme et un haut lieu de fréquentation touristique. Les refuges partenaires du programme Refuges Sentinelles sont répartis sur 4 secteurs : la Haute Romanche, le Haut Vénéon, la Vallouise et le Valgaudemar (*Fig 7*). La situation géographique de nos lieux d'études qui sont assez épars suppose une certaine organisation dans l'élaboration de la phase de terrain. Le planning n'est pas encore défini puisqu'il dépendra de la disponibilité et de la mobilité de chacun (chercheurs, gardiens, guides,...) ainsi que de la météorologie, critère crucial dans le choix des destinations en montagne. Il sera donc déterminé ultérieurement.

Lors de nos investigations au sein des refuges, une place en dortoir nous sera réservée dans chacun d'eux afin de pouvoir avoir un point de chute durant les semaines de terrain. L'objectif est de rester sur place quelques jours dans le but de réaliser notre investigation. Lorsqu'un accès à une connexion internet sera possible, un rapport sur les avancées de notre étude et notre observation sera établi. Aussi, il faudra animer la page web du programme ainsi que les réseaux sociaux qui y sont associés (Facebook, Instagram,..) avec notamment des photographies de la faune, flore et paysages ainsi que les expériences effectuées dans le but de valoriser l'étude.

Cette phase de terrain a pour but de poursuivre le protocole d'investigation qui concerne les profils et la fréquentation des pratiquants des refuges, ainsi que la mise en place du dispositif d'étude la biodiversité dans ces mêmes lieux. Pour cette première, le protocole reste le même que les années précédentes et présente une approche à la fois quantitative et qualitative. Il s'agit d'accompagner les gardiens dans la saisie des données relatives à la destinations des pratiquants et de distribuer puis recueillir des questionnaires auprès des usagers. Les questions portent sur le niveau le pratique de ces derniers, leur provenance, leur catégorie socio-professionnelles,... Enfin, pour la mise en place du dispositif d'étude, il s'agira d'accompagner, de soutenir et de conseiller les chercheurs et les chargés d'étude dans la réalisation des protocoles de suivi de la biodiversité. Il s'agira de tester des dispositifs tel que le suivi de végétation par ligne de lecture, suivi de la biodiversité par ADN, de la malacofaune, mise en place de transects, ... Les protocoles détaillés seront définis ultérieurement, avec les chercheurs et acteurs associés au programme.

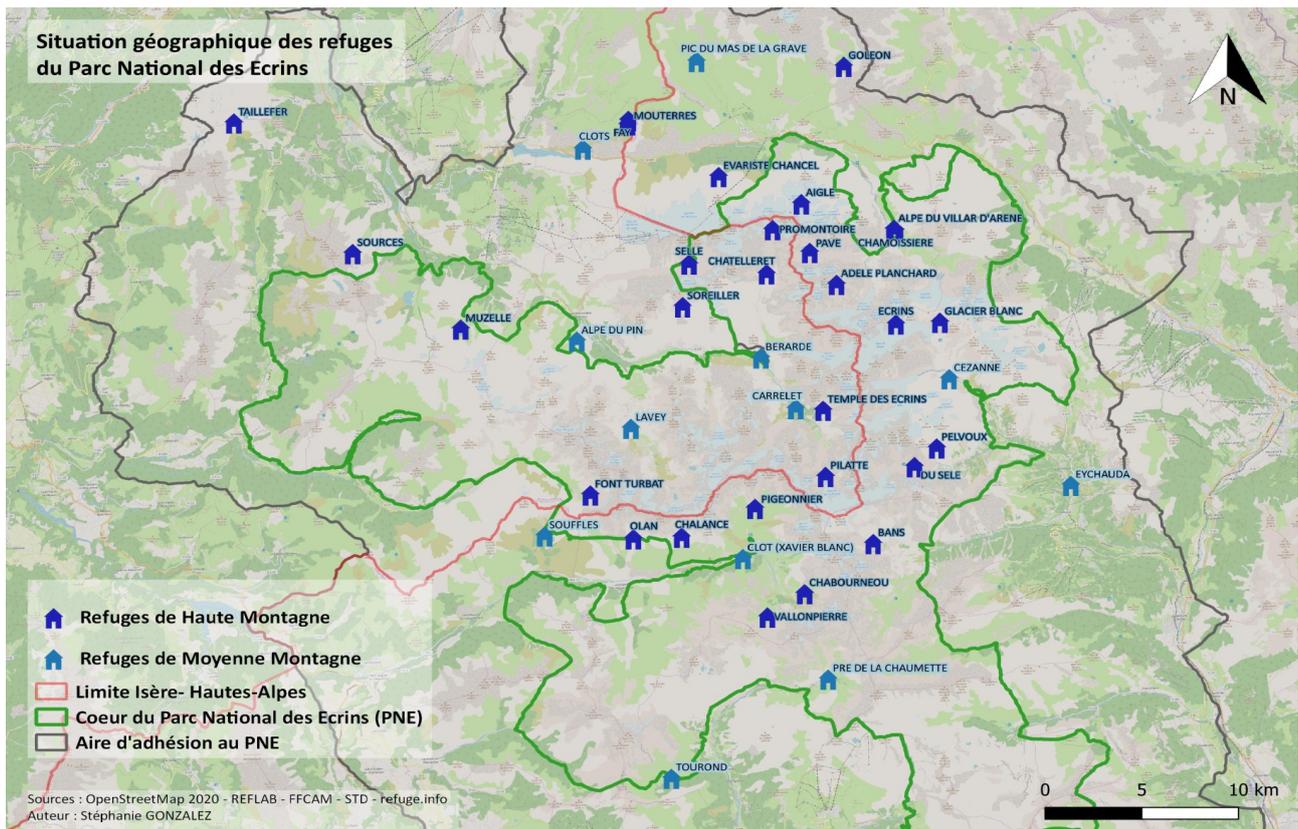


Figure 7: Figure 1: Situation géographique des refuges du Parc National des Ecrins, source: Rafaella Balzarini, PACTE

## Bibliographie et webliographie

- Abegg, B., 2011. Le tourisme face au changement climatique. CIPRA. URL : [www.cipra.org/fr/cc.alps/resultats/compacts/](http://www.cipra.org/fr/cc.alps/resultats/compacts/)
- Alexander, L., 2011. Extreme heat rooted in dry soils. *Nature Geoscience* 4, 12–13.  
<https://doi.org/10.1038/ngeo1045>
- Appenzeller, C., 2011. Swiss climate change scenarios CH2011.
- Asam, S., Callegari, M., Matiu, M., Fiore, G., De Gregorio, L., Jacob, A., Menzel, A., Zebisch, M., Notarnicola, C., 2018. Relationship between Spatiotemporal Variations of Climate, Snow Cover and Plant Phenology over the Alps—An Earth Observation-Based Analysis. *Remote Sensing* 10, 1757. <https://doi.org/10.3390/rs10111757>
- Beer, C., Reichstein, M., Tomelleri, E., Ciais, P., Jung, M., Carvalhais, N., Rodenbeck, C., Arain, M.A., Baldocchi, D., Bonan, G.B., Bondeau, A., Cescatti, A., Lasslop, G., Lindroth, A., Lomas, M., Luyssaert, S., Margolis, H., Oleson, K.W., Rouspard, O., Veenendaal, E., Viovy, N., Williams, C., Woodward, F.I., Papale, D., 2010. Terrestrial Gross Carbon Dioxide Uptake: Global Distribution and Covariation with Climate. *Science* 329, 834–838.  
<https://doi.org/10.1126/science.1184984>
- Bourdeau, P., 2014. Effet du changement climatique sur l'alpinisme et nouvelles interactions avec la gestion des espaces protégés en haute montagne, le cas du parc national des Ecrins. Association Observation des Dynamiques et du Développement Territorial.
- Bourdeau, P., 2009. Mountain tourism in a climate of change.
- Bourdeau, P., 2008. Les défis environnementaux et culturels des stations de montagne, une approche à partir du cas français. *Teoros* 27, 25–31.
- Bürki, R., Elsasser, H., Abegg, B., 2003. Climate Change - Impacts on the Tourism Industry in Mountain Areas.
- Carlson, B.Z., Corona, M.C., Dentant, C., Bonet, R., Thuiller, W., Choler, P., 2017. Observed long-term greening of alpine vegetation—a case study in the French Alps. *Environ. Res. Lett.* 12, 114006. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa84bd>
- Cazzolla Gatti, R., Dudko, A., Lim, A., Velichevskaya, A.I., Lushchaeva, I.V., Pivovarova, A.V., Ventura, S., Lumini, E., Berruti, A., Volkov, I.V., 2018. The last 50 years of climate-induced melting of the Maliy Aktru glacier (Altai Mountains, Russia) revealed in a primary ecological succession. *Ecol Evol* 8, 7401–7420. <https://doi.org/10.1002/ece3.4258>

- Chappaz, G., 2014. Réchauffement, vers quelle mutations? (Débat interactif entre chercheurs, praticiens et professionnels, animé par Philippe Bourdeau). Maison du tourisme, Grenoble.
- Corneloup, J., 2011. La forme transmoderne des pratiques récréatives de nature. *developpementdurable*. <https://doi.org/10.4000/developpementdurable.9107>
- Corneloup, J., Falaix, L., 2017. Vers une transition récréative. *Juristourisme* 195, 16–35.
- Cremonese, E., Carlson, B.Z., Filippa, G., Pogliotti, P., Alvarez, I., Fosson, J., Ravanel, L., Delestrade, A., 2019. Mont-Blanc: Rapport Climat: Changements climatiques dans le massif du Mont-Blanc et impacts sur les activités humaines.
- Debarbieux, B., 2014. Tourism in mountain regions: hopes, fears and realities. Department of Geography and Environment, University of Geneva, Geneva.
- Durand, Y., Giraud, G., Laternser, M., Etchevers, P., Mérindol, L., Lesaffre, B., 2009. Reanalysis of 47 Years of Climate in the French Alps (1958–2005): Climatology and Trends for Snow Cover. *J. Appl. Meteor. Climatol.* 48, 2487–2512. <https://doi.org/10.1175/2009JAMC1810.1>
- 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, 2527. <https://doi.org/10.3390/rs11212527>
- Fischer, A.M., MétéoSuisse, 2018. Scénarios climatiques pour la Suisse: CH2018. National Centre for Climate Service (NCSS), Zurich-Flughafen.
- Galvagno, M., Wohlfahrt, G., Cremonese, E., Rossini, M., Colombo, R., Filippa, G., Julitta, T., Manca, G., Siniscalco, C., Morra di Cella, U., Migliavacca, M., 2013. Phenology and carbon dioxide source/sink strength of a subalpine grassland in response to an exceptionally short snow season. *Environ. Res. Lett.* 8, 025008. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/8/2/025008>
- Garel, M., Gaillard, J.-M., Jullien, J.-M., Dubray, D., Maillard, D., Loison, A., 2011. Population abundance and early spring conditions determine variation in body mass of juvenile chamois. *Journal of Mammalogy* 92, 1112–1117. <https://doi.org/10.1644/10-MAMM-A-056.1>
- Gobiet, A., Kotlarski, S., Beniston, M., Heinrich, G., Rajczak, J., Stoffel, M., 2014. 21st century climate change in the European Alps—A review. *Science of The Total Environment* 493, 1138–1151. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.050>
- Huss, M., 2012. Extrapolating glacier mass balance to the mountain range scale: the European Alps 1900–2100. *The Cryosphere Discuss.* 6, 1117–1156. <https://doi.org/10.5194/tcd-6-1117-2012>
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018. Global warming of 1.5°C.

- Jandl, R., European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research (Organization) (Eds.), 2009. Global change and sustainable development in mountain regions: COST Strategic Workshop, 1st ed. ed, Alpine space--man & environment. Presented at the COST Strategic Workshop, Innsbruck University Press, Innsbruck.
- Keenan, T.F., Gray, J., Friedl, M.A., Toomey, M., Bohrer, G., Hollinger, D.Y., Munger, J.W., O’Keefe, J., Schmid, H.P., Wing, I.S., Yang, B., Richardson, A.D., 2014. Net carbon uptake has increased through warming-induced changes in temperate forest phenology. *Nature Clim Change* 4, 598–604. <https://doi.org/10.1038/nclimate2253>
- Leblond, M., Dussault, C., Ouellet, J.-P., 2013. Impacts of Human Disturbance on Large Prey Species: Do Behavioral Reactions Translate to Fitness Consequences? *PLoS ONE* 8, e73695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073695>
- Lyon-Caen, J.F., 2012. Des refuges, mais pourquoi faire? (Comptes rendus des tables rondes: refuges). *Rencontres citoyennes de la montagne*, Grenoble.
- Mason, T.H., Apollonio, M., Chirichella, R., Willis, S.G., Stephens, P.A., 2014. Erratum to: Environmental change and long-term body mass declines in an alpine mammal. *Front Zool* 11, 88. <https://doi.org/10.1186/s12983-014-0088-3>
- Meignan, F., Moenne-Loccoz, M., Lyon-Caen, J.F., Roux, I., Marcuzzi, M., Lépine, E., Alézier, C., Portaz Vacher, V., Hoibian, O., 2019. Refuges, l’Homme aux portes de la montagne sauvage. *Mountain Wilderness* 20.
- Mourey, J., Marcuzzi, M., Ravanel, L., Pallandre, F., 2019. Effects of climate change on high Alpine mountain environments: Evolution of mountaineering routes in the Mont Blanc massif (Western Alps) over half a century. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 51, 176–189. <https://doi.org/10.1080/15230430.2019.1612216>
- Mourey, J., Ravanel, L., 2017. Évolution des itinéraires d’accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace (massif du Mont Blanc, France). *rga*. <https://doi.org/10.4000/rga.3780>
- Perrin-Malterre, C., Gruas, L., Chanteloup, L., 2017. Nouveaux usages récréatifs en moyenne et impacts sur la faune sauvage emblématique. Presented at the Colloque international “la montagne, territoire d’innovation,” Grenoble.
- Ravanel, L., Deline, P., 2015. Rockfall Hazard in the Mont Blanc Massif Increased by the Current Atmospheric Warming, in: Lollino, G., Manconi, A., Clague, J., Shan, W., Chiarle, M. (Eds.), *Engineering Geology for Society and Territory - Volume 1*. Springer International Publishing, Cham, pp. 425–428. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-09300-0\\_81](https://doi.org/10.1007/978-3-319-09300-0_81)
- Rogora, M., Frate, L., Carranza, M.L., Freppaz, M., Stanisci, A., Bertani, I., Bottarin, R., Brambilla, A., Canullo, R., Carbognani, M., Cerrato, C., Chelli, S., Cremonese, E., Cutini, M., Di

Musciano, M., Erschbamer, B., Godone, D., Iocchi, M., Isabellon, M., Magnani, A., Mazzola, L., Morra di Cella, U., Pauli, H., Petey, M., Petriccione, B., Porro, F., Psenner, R., Rossetti, G., Scotti, A., Sommaruga, R., Tappeiner, U., Theurillat, J.-P., Tomaselli, M., Viglietti, D., Viterbi, R., Vittoz, P., Winkler, M., Matteucci, G., 2018. Assessment of climate change effects on mountain ecosystems through a cross-site analysis in the Alps and Apennines. *Science of The Total Environment* 624, 1429–1442.  
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.12.155>

Rossello, P., Bonnemains, A., Bourdeau, P., Cohas, A., Corona, C., 2018. Impacts du changement climatique et transition(s) dans les Alpes du Sud, Association pour l'innovation et la recherche au service du climat (AIR). ed, GREC-SUD.

Tablado, Z., Jenni, L., 2017. Determinants of uncertainty in wildlife responses to human disturbance: Modulators of wildlife response to recreation. *Biol Rev* 92, 216–233.  
<https://doi.org/10.1111/brv.12224>

Thuiller, W., Guéguen, M., Bison, M., Duparc, A., Garel, M., Loison, A., Renaud, J., Poggiato, G., 2018. Combining point-process and landscape vegetation models to predict large herbivore distributions in space and time-A case study of *Rupicapra rupicapra*. *Divers Distrib* 24, 352–362. <https://doi.org/10.1111/ddi.12684>

Van Lierde, N., 2007. Sports de nature: outils pratiques pour leur gestion. L'Atelier technique des espaces naturels, Montpellier.

Vincent, C., Fischer, A., Mayer, C., Bauder, A., Galos, S.P., Funk, M., Thibert, E., Six, D., Braun, L., Huss, M., 2017. Common climatic signal from glaciers in the European Alps over the last 50 years. *Geophys. Res. Lett.* 44, 1376–1383. <https://doi.org/10.1002/2016GL072094>

Vittoz, P., Jutzeler, S., Guisan, A., 2005. Flore alpine et rechauffement à travers le XXe siècle.