

# WEBINAIRE TRACCS

TRANSFORMER LA MODÉLISATION DU CLIMAT  
POUR LES SERVICES CLIMATIQUES



**"ClimSnow: genèse, déploiement et enjeux d'un service climatique sectoriel original pour l'adaptation au changement climatique du tourisme hivernal en stations de montagne."**

**Samuel Morin, Carlo Carmagnola, Raphaëlle Samacoïts, Julien Simon, Louis Guily, Jean-Michel Soubeyroux, Nadine Aniort, Agathe Drouin, Lucas Bérard-Chenu, Hugues François**



# Service climatique: aide à la décision pour l'action climatique (adaptation et/ou décarbonation)



**Climate services** provide climate information to help individuals and organizations make climate smart decisions.

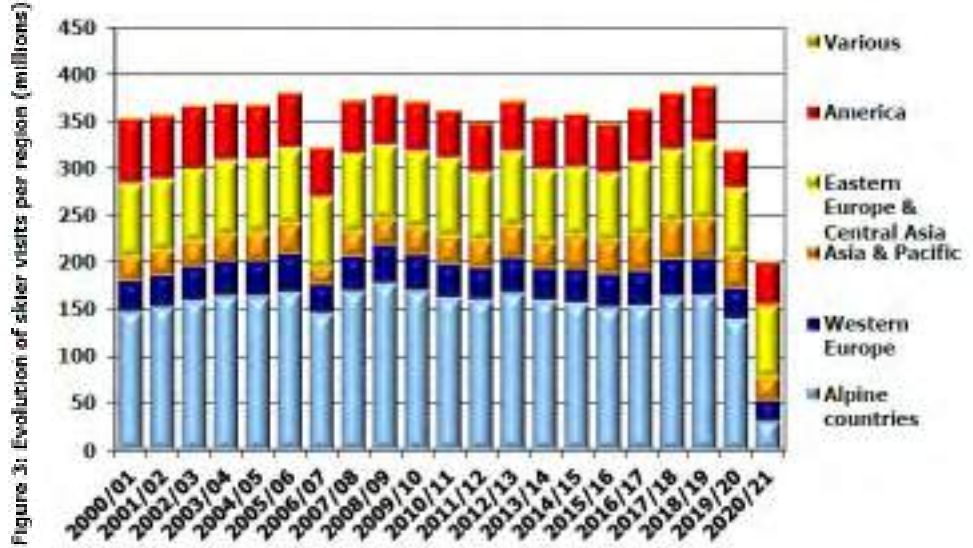
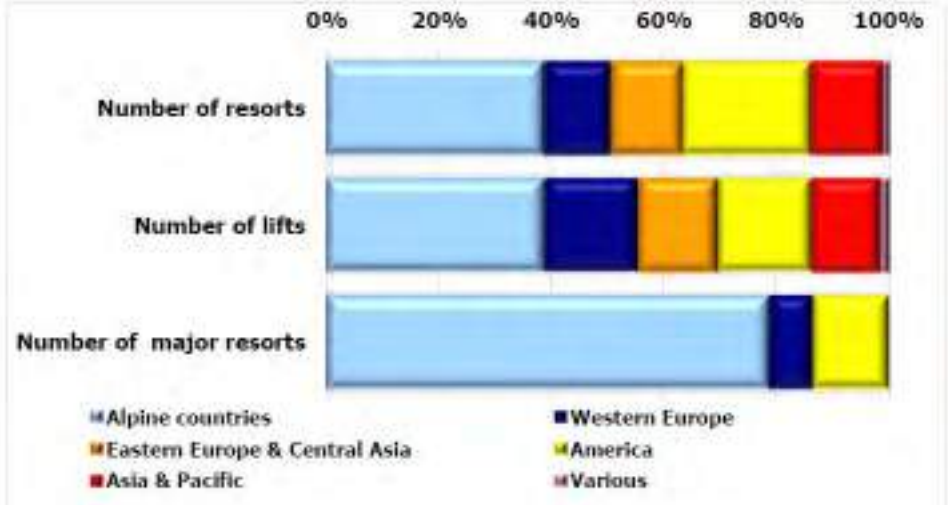
The data and information collected is transformed into customized products such as **projections, trends, economic analysis and services** for different user communities.



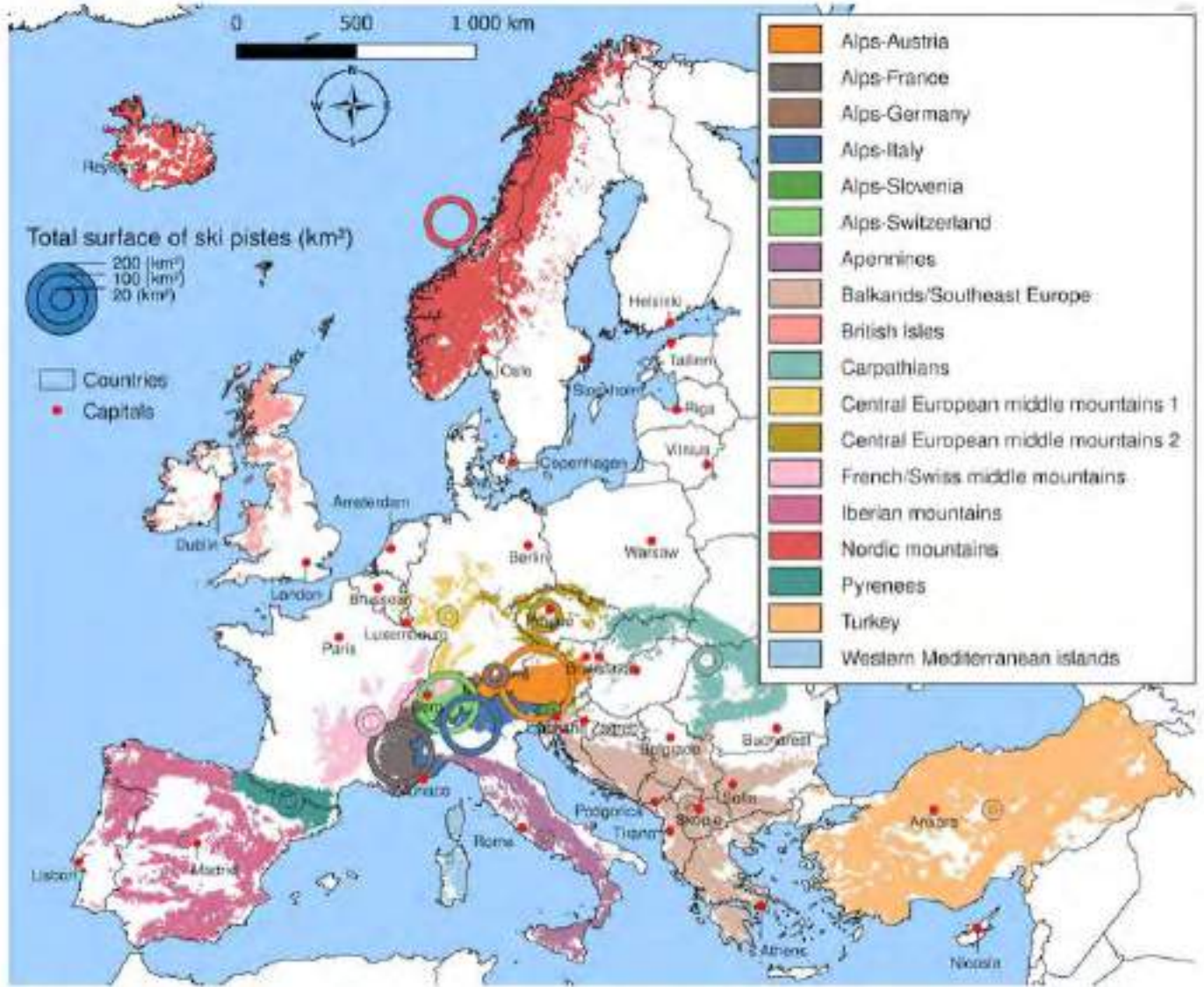
**Climate services** equip decision makers in climate-sensitive sectors with better information to help society adapt to climate variability and change.



# Contexte du tourisme hivernal en stations de sport d'hiver

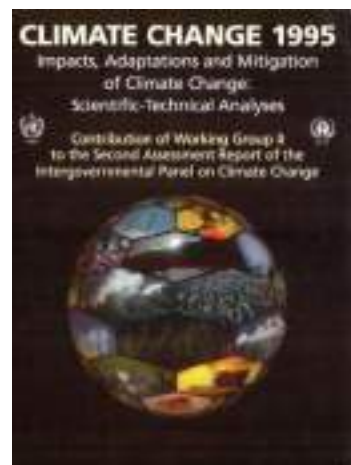


Europe : environ 200 millions de journées skieurs par an.  
 Revenus annuels de l'ordre de 30 Mds € par an.  
 Prédominance des pays de l'Arc Alpin



# Tourisme hivernal: une sensibilité climatique identifiée de longue date, enjeux d'adaptation

## 2<sup>nd</sup> Rapport du GIEC (GT2, Chapitre « Montagne », Beniston et al., 1995)



5

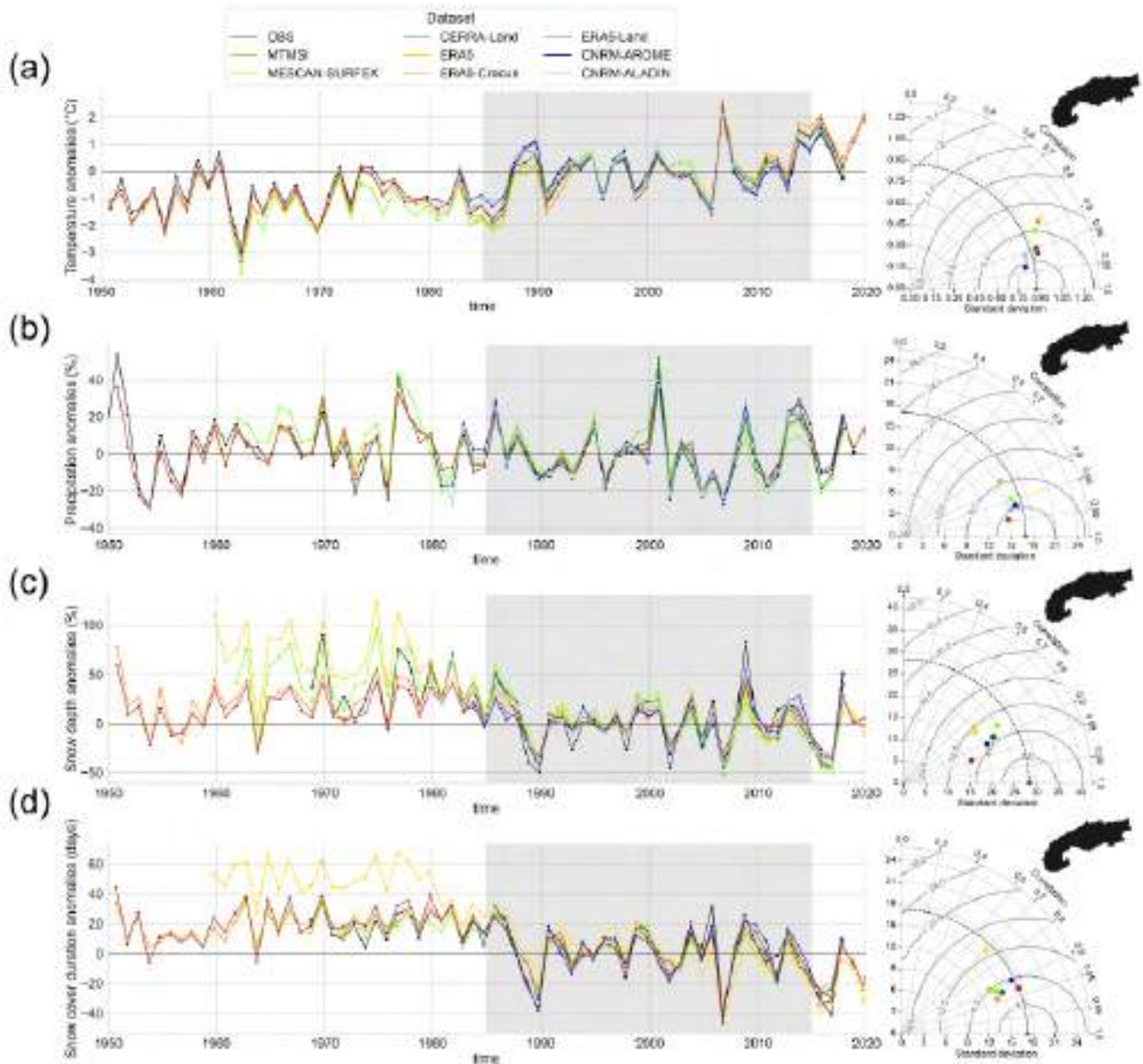
### Impacts of Climate Change on Mountain Regions

#### 5.2.4.4.1. Winter tourism

Scenarios derived from GCMs have been used to examine the possible implications of climate change for skiing in Australia (Galloway, 1988; Hewitt, 1994; Whetton, 1994), Austria (Breiling and Charamza, 1994), eastern Canada (McBoyle and Wall, 1987; Lamothe and Périard, 1988), and Switzerland (Abegg and Froesch, 1994). These studies show that, because the length of the skiing season is sensitive to quite small climatic changes, there could be considerable socioeconomic disruption in communities that have invested heavily in the skiing industry. To some extent, such impacts might be offset by new opportunities in the summer season and also by investment in new technologies, such as snow-making equipment, as long as climatic conditions remain within appropriate bounds.

Investment in snow-making equipment has been somewhat less widespread in some European countries such as Switzerland (Broggi and Willi, 1989), despite the fact that seasons with little snow, especially at critical times such as during the Christmas and New Year period, can be economically devastating to mountain communities. Artificial snow-making often raises environmental concern because of the quantities of energy and water required for snow-making, the disturbances generated during the operation of the equipment, and the damage to vegetation observed following the melting of the artificial snow cover.

# Variabilité et tendances de température, précipitations, enneigement dans l'Arc Alpin



Température hivernale (novembre/avril) en hausse de 0.3 à 0.4°C par décennie.

Précipitations hivernales très variables et sans tendance majeure.

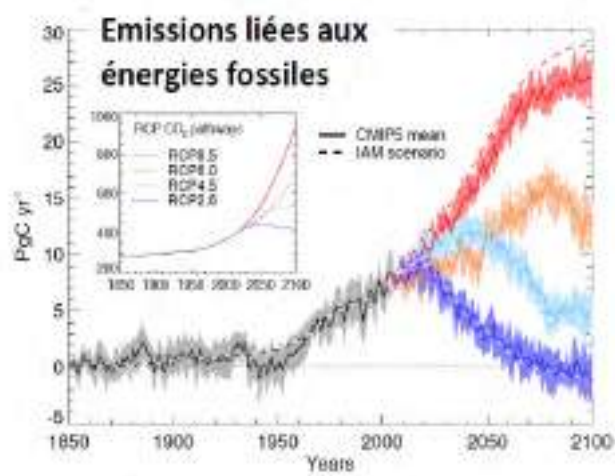
Baisse de l'ordre de -7% à -15% de hauteur de neige par décennie

Baisse de la durée d'enneigement de 5 à 7 jours par décennie (environ un mois à basse altitude depuis les années 1970)

Monteiro and Morin, 2023



# Projections futures de l'enneigement dans les Alpes européennes

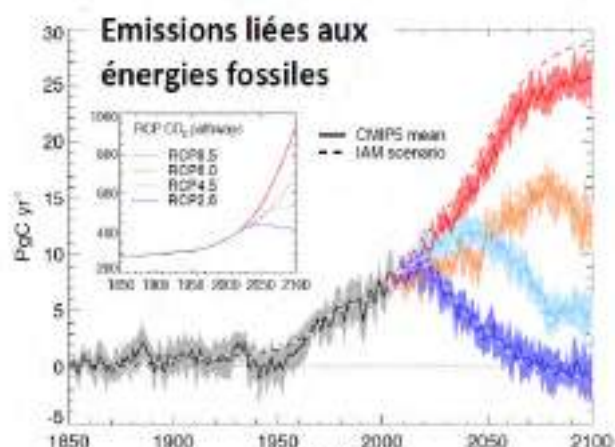


*Fortes émissions*

*Emissions intermédiaires*

*Réduction des émissions*

# Projections futures de l'enneigement dans les Alpes européennes



Indicateur intégré de l'enneigement (SWE moyen Septembre à Mai)

Perspective fin du 21<sup>ème</sup> siècle (2070-2900 vs 1981-2010)

Ensemble CMIP5/EURO-CORDEX

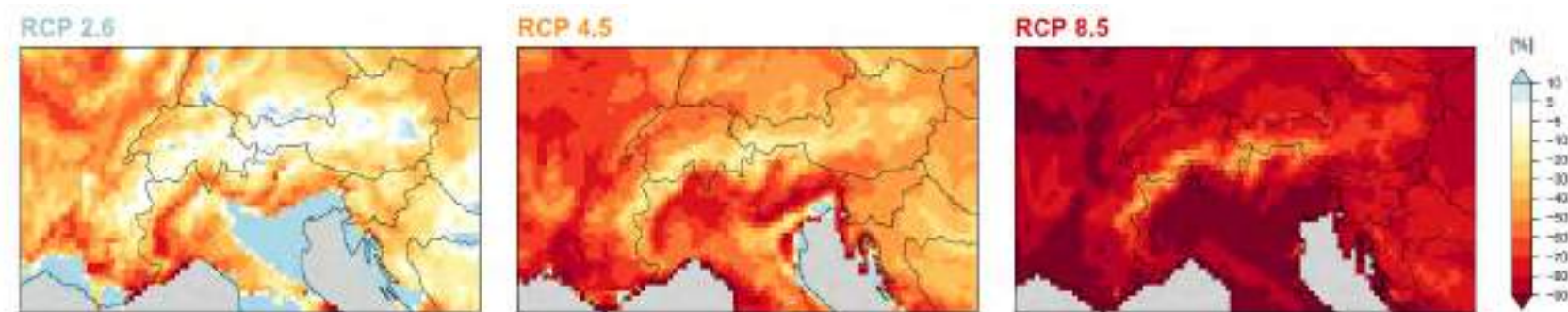
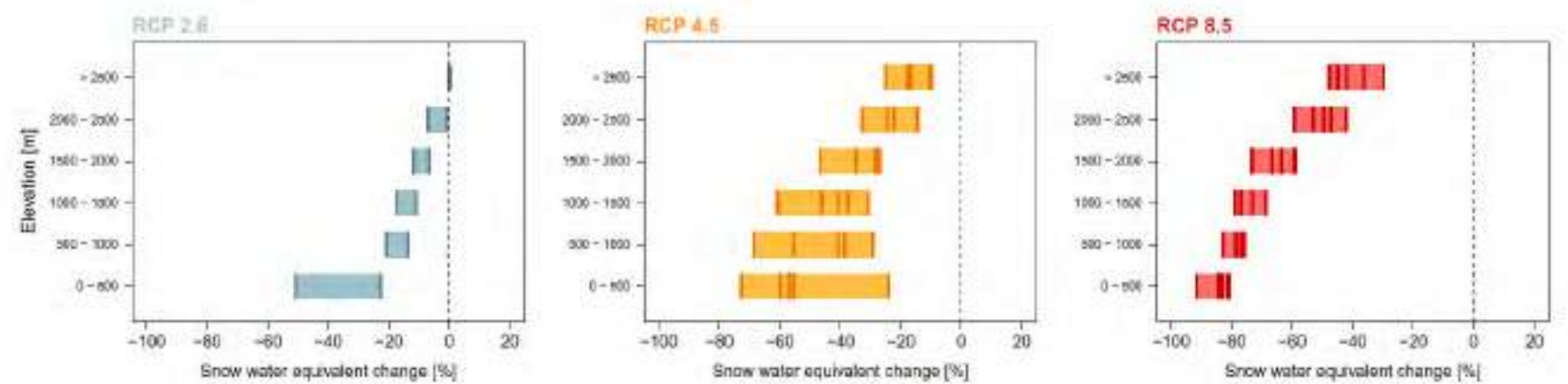
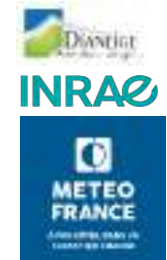


Fig. 11 Projected change of the mean September to May snow water equivalent in the Alpine region from 1981–2010 to 2070–2099 [%] for the three emission scenarios. Values refer to the ensemble mean change of the reduced EUR-11 sub-ensemble employed for the snow cover analysis (see Table S1)

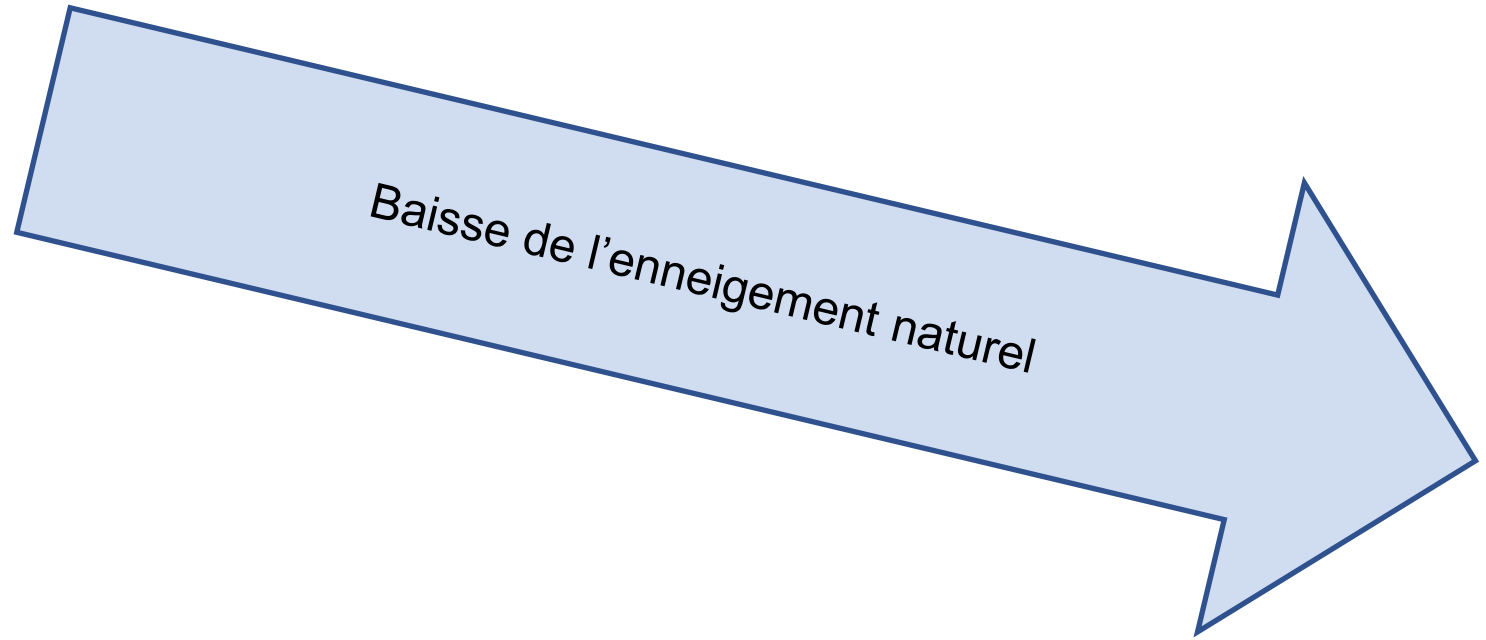


Réduction des émissions      Emissions intermédiaires      Fortes émissions



# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

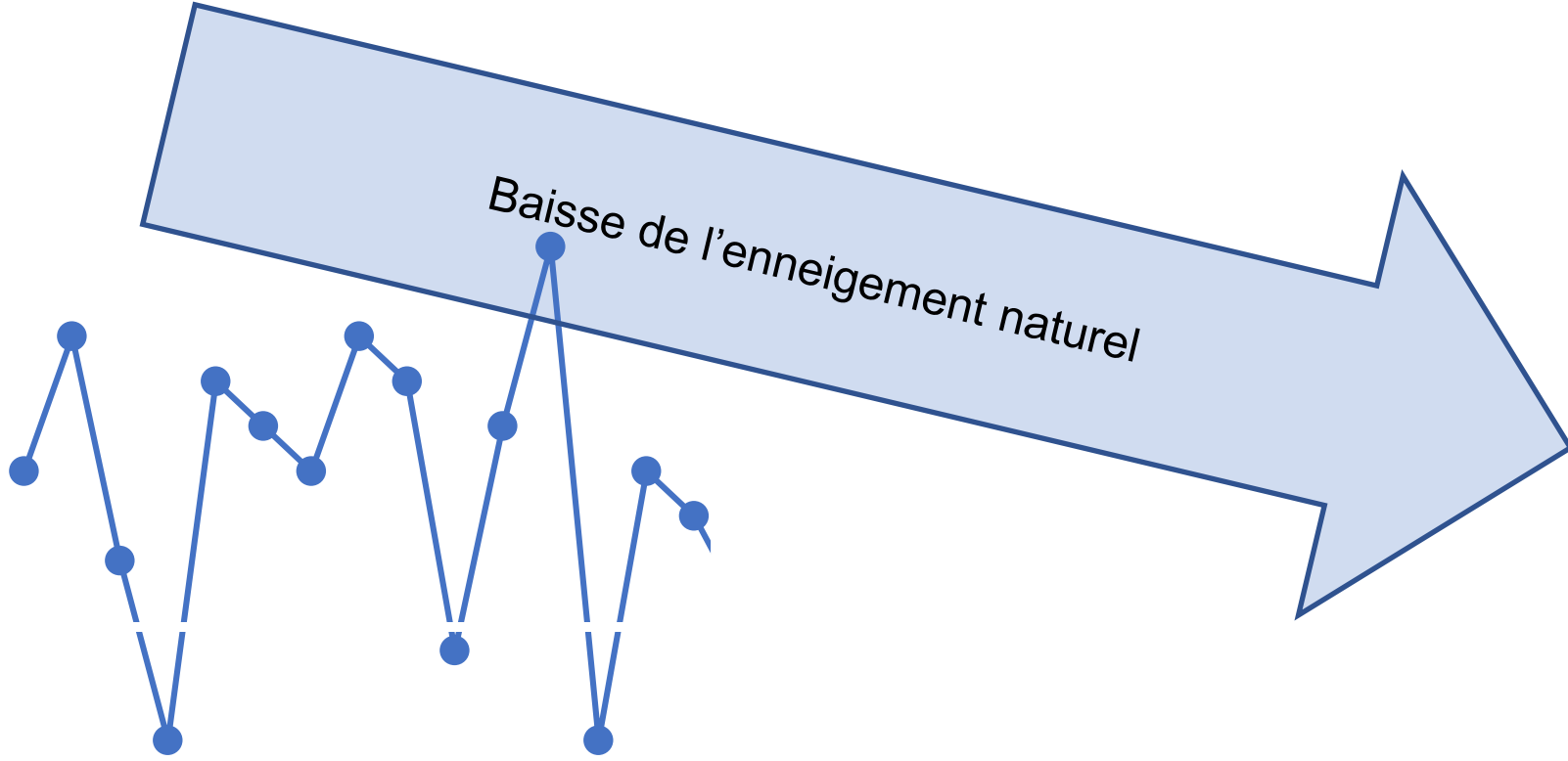
*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*



# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*

*Forte variabilité de l'enneigement naturel*

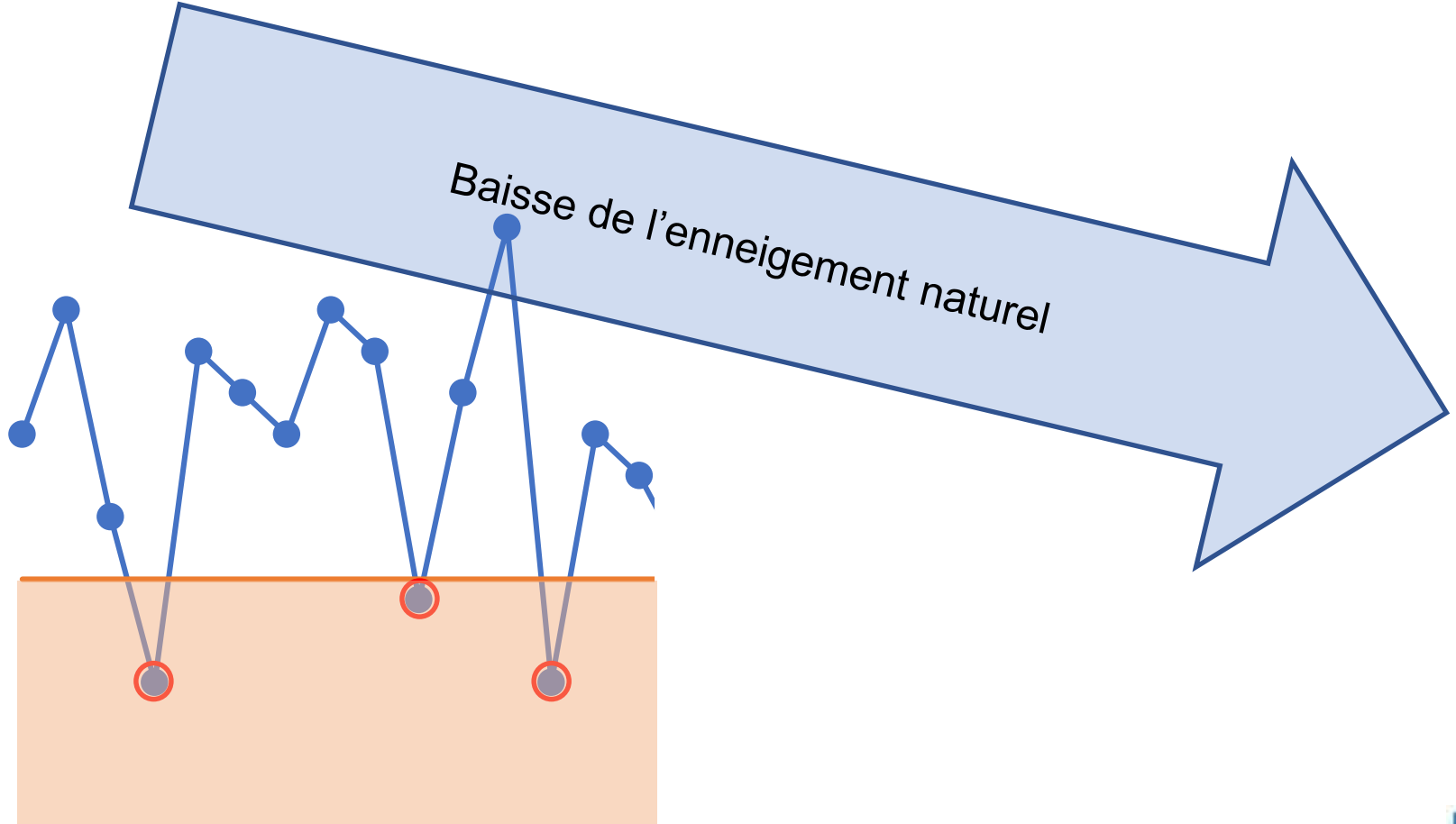


*Enneigement variable sur la période de référence (15 ans)*

# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*

*Forte variabilité de l'enneigement naturel*

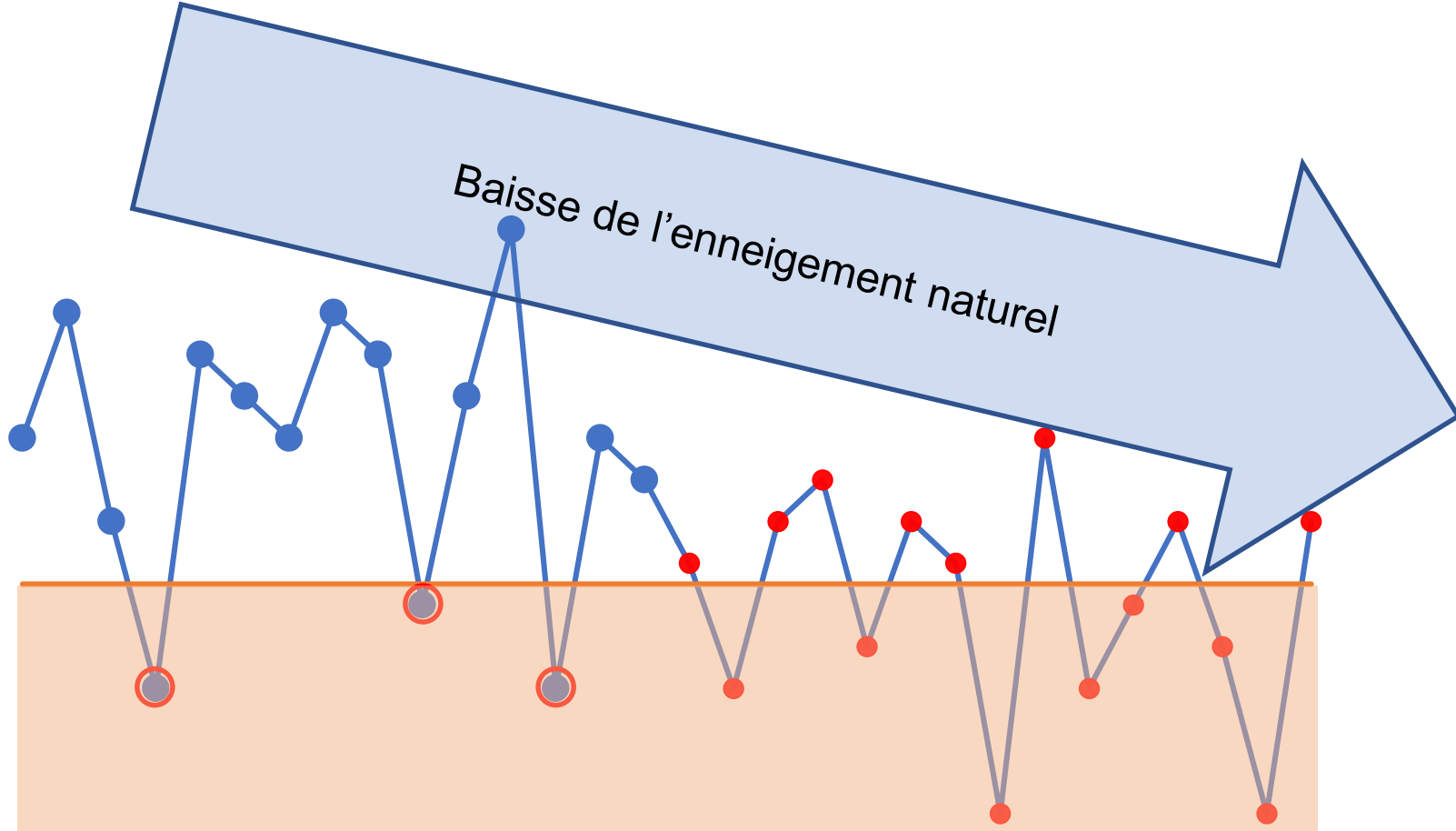


*Enneigement variable sur la période de référence (15 ans).  
Identification du seuil correspondant au faible enneigement rencontré en moyenne une année sur cinq (Q20)*

# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*

*Forte variabilité de l'enneigement naturel*



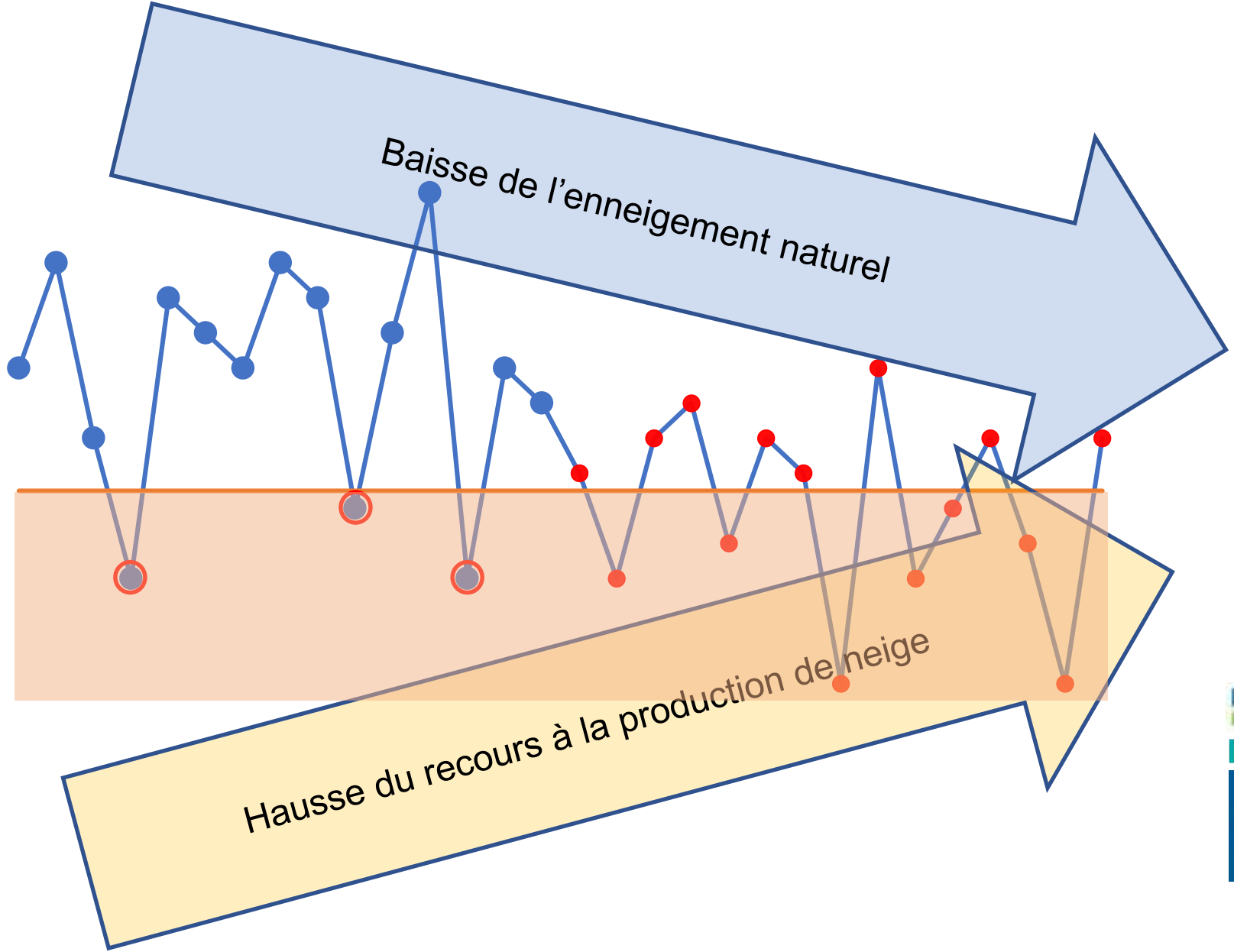
*Enneigement variable sur la période de référence (15 ans).  
Identification du seuil correspondant au faible enneigement rencontré en moyenne une année sur cinq (Q20).  
Identification du nombre d'hiver faiblement enneigés sur une période ultérieure (ici, passage de 3 à 7, soit environ 50% des hivers faiblement enneigés)*



# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*

*La production de neige se généralise, compense en partie la baisse de l'enneigement, mais jusqu'à quel point et avec quelle empreinte/coût et quelles limites ?*

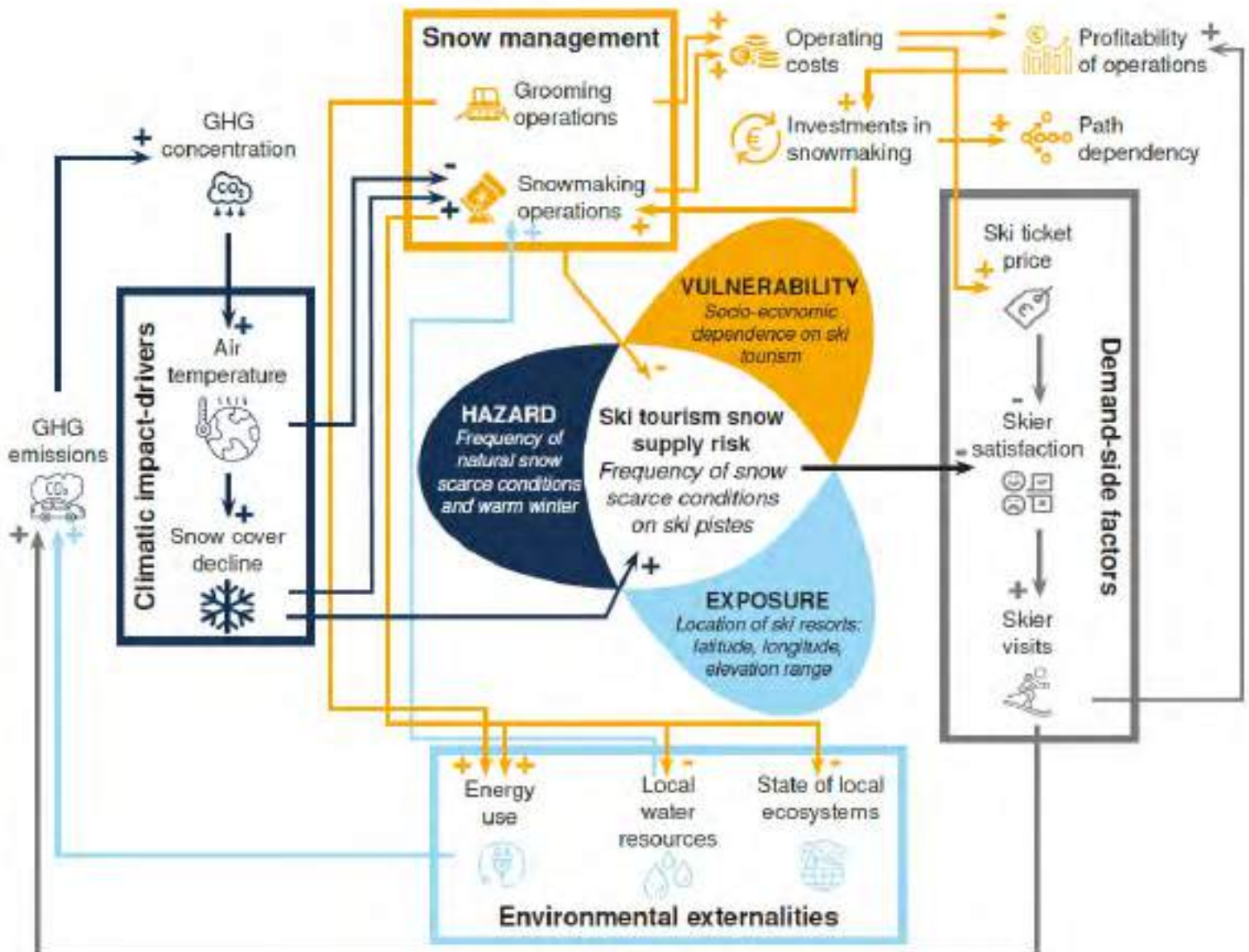


# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

Tenir compte de la production de neige (« réponse », « adaptation », ...)

*L'enneigement décline du fait du réchauffement, à basse et moyenne altitude*

*La production de neige se généralise, compense en partie la baisse de l'enneigement, mais jusqu'à quel point et avec quelle empreinte/coût et quelles limites ?*



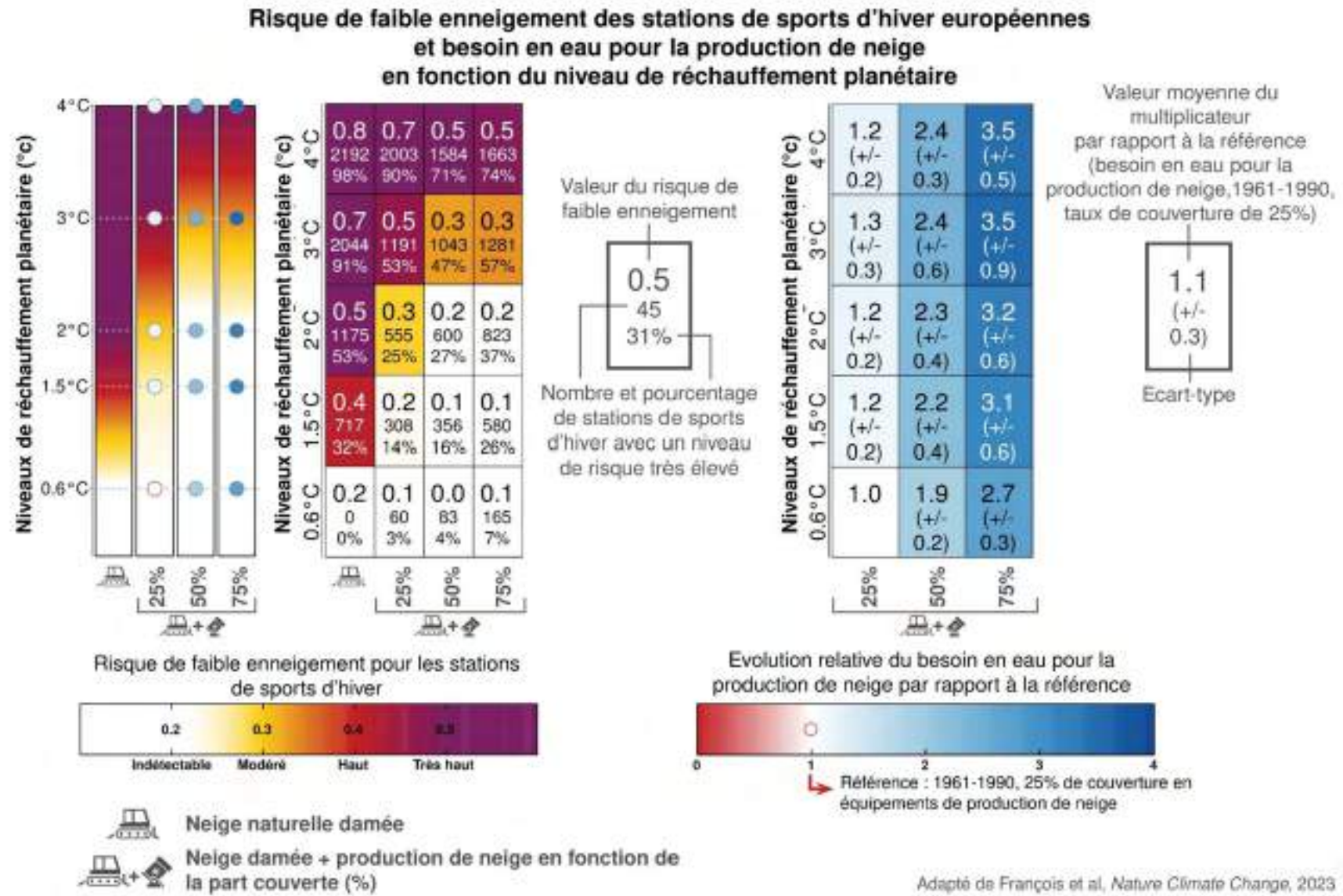
# Impacts et risques climatiques sur l'activité des stations de sport d'hiver

Tenir compte de la production de neige (« réponse », « adaptation », ...)

Analyse de l'impact du changement climatique sur l'enneigement, et du besoin en eau pour la production, à l'échelle de l'ensemble de l'Europe.

L'adaptation se construit à l'échelle locale, et dépend fortement du contexte.

Comment produire une information pertinente à l'échelle locale ?



# Hétérogénéité des tendances dans un contexte de baisse globale de l'enneigement

La baisse de l'enneigement naturel est généralisée à basse et moyenne altitude, les effets à l'échelle des stations de sport d'hiver ne sont pas homogènes.

La production de neige (neige de culture, neige artificielle) a pour effet de modérer la baisse de l'enneigement dans les stations.

A.7.7



Les dimensions esthétiques et culturelles des hautes montagnes ont pâti de la diminution des glaciers et de l'enneigement (Himalaya, Afrique de l'Est, Andes tropicales, etc.) (*degré de confiance moyen*). Le tourisme et les activités récréatives, **dont le ski** et le tourisme glaciaire, la randonnée et l'alpinisme ont aussi souffert dans de nombreuses régions montagneuses (*degré de confiance moyen*). Dans certaines régions, **la production de neige de culture a limité les conséquences négatives pour les stations de ski** (*degré de confiance moyen*). {2.3.5, 2.3.6, figure RID.2}






#SROCC, 2019



INRAE



# Changements futurs pour l'enneigement et les sports d'hiver

- B.1.3**  La surface du manteau neigeux de la zone arctique à l'automne et au printemps devrait diminuer de 5 à 10 % à court terme (2031–2050) par rapport à 1986–2005, puis se stabiliser dans le scénario RCP2.6, mais subir une perte supplémentaire de 15 à 25 % d'ici à la fin du siècle dans le cas du scénario RCP8.5 (*degré de confiance élevé*). En haute montagne, l'épaisseur moyenne de neige en hiver à basse altitude diminuera *probablement* de 10 à 40 % en 2031–2050 par rapport à 1986–2005, quel que soit le scénario d'émissions (*degré de confiance élevé*). Pour la période 2081–2100, la baisse projetée est *probablement* de 10 à 40 % selon le RCP2.6 et de 50 à 90 % selon le RCP8.5. {2.2.2, 3.3.2, 3.4.2, figure RID.1}
- B.7.3**  Il est projeté que les atouts touristiques, récréatifs et culturels des régions de haute montagne seront affectés négativement par les changements à venir dans la cryosphère (*degré de confiance élevé*). Les techniques actuelles de production de neige de culture seront de moins en moins efficaces pour réduire les risques climatiques pour les stations de sports d'hiver dans la majeure partie de l'Europe, en Amérique du Nord et au Japon, surtout si le réchauffement planétaire atteint ou dépasse 2 °C (*degré de confiance élevé*). {2.3.5, 2.3.6}
- C.2.6**  Les approches de gestion intégrée des ressources en eau à toutes les échelles spatiales peuvent être efficaces pour faire face aux impacts et exploiter les opportunités découlant des modifications de la cryosphère dans les régions de haute montagne. Ceci encourage la gestion des ressources en eau en permettant le développement et l'optimisation du stockage et des lâchers d'eau des réservoirs à diverses fins (*degré de confiance moyen*), en tenant compte des impacts potentiellement négatifs pour les écosystèmes et les communautés. La diversification des activités touristiques tout au long de l'année concourt à l'adaptation pour les économies de haute montagne (*degré de confiance moyen*). {2.3.1, 2.3.5}

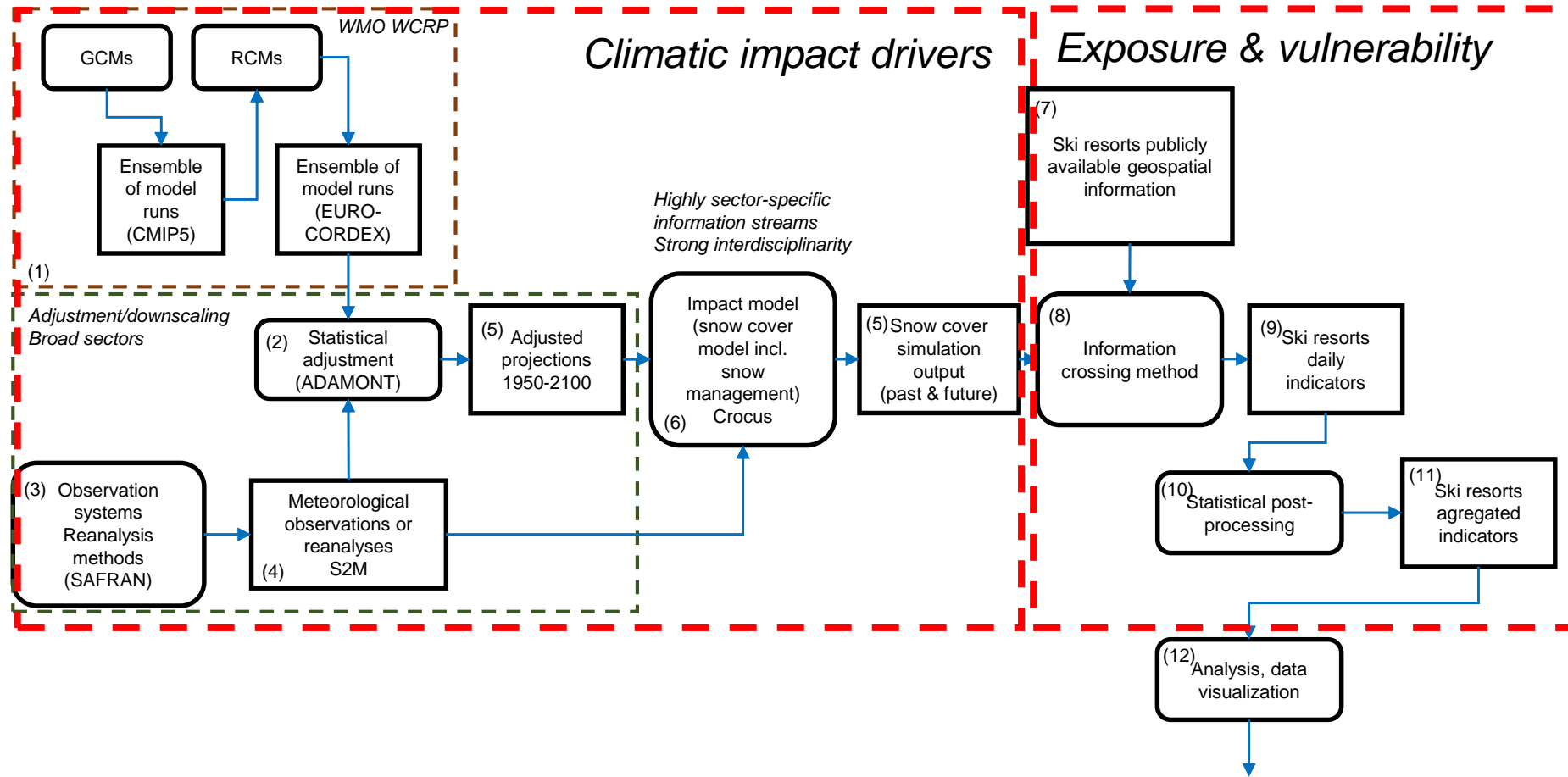
Extrait rapport GIEC 2022 (AR6, GT2 Impacts, vulnérabilité et adaptation) :

“In general, climate change impacts and risks to ski tourism are found to be spatially heterogeneous, within and across local and international markets, [...]”

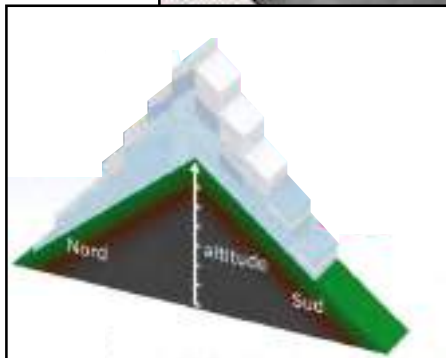
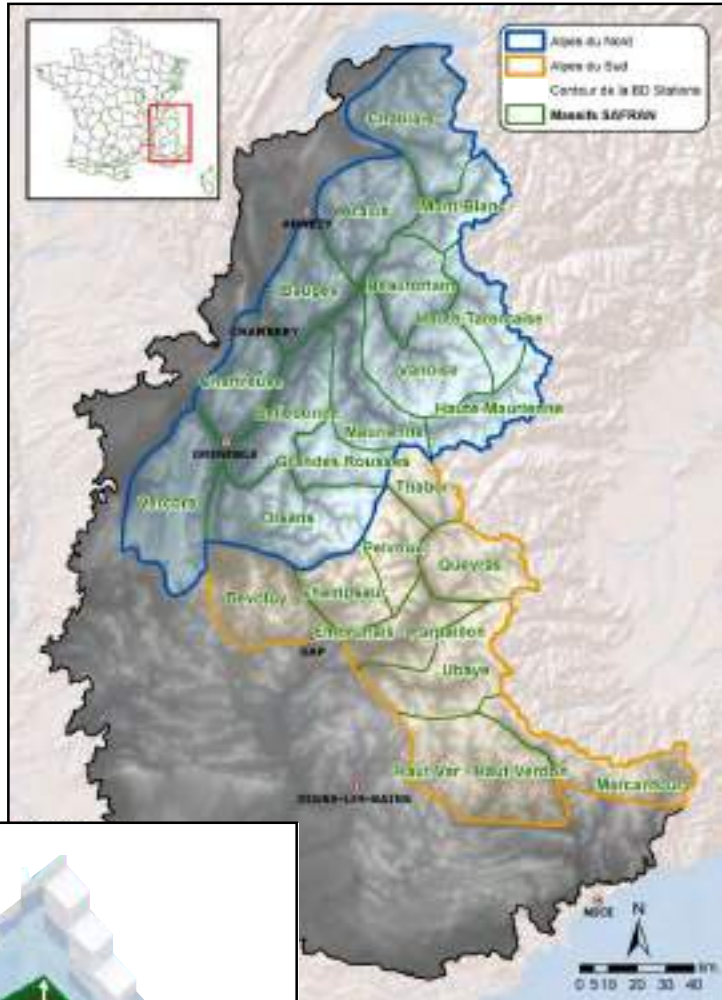
**Comment contribuer à la décision locale en matière d'adaptation au changement climatique ?  
C'est l'objet de ClimSnow !**



# Mise en œuvre d'une méthode permettant de caractériser l'enneigement en stations et l'effet du changement climatique sur son évolution



# Réanalyse nivo-météorologique en région de montagne – SAFRAN – Crocus (S2M)



*Mountain “massifs” within which meteorological data depend on elevation*

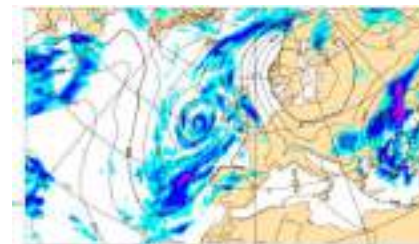


SAFRAN Reanalysis

**Observations** : in-situ observations from manual and automated networks, satellite observation, radiosondes ...



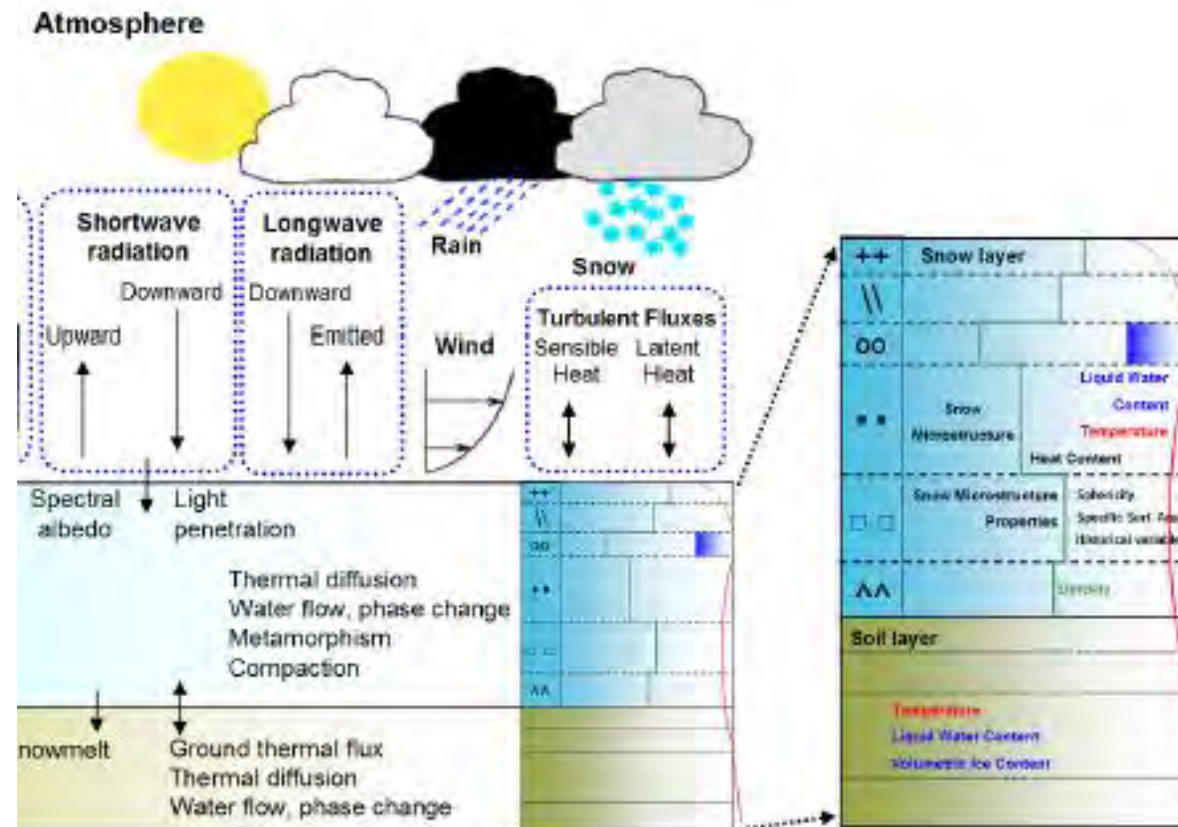
**Numerical weather prediction models / analyses**



ERA40  
ARPEGE



# Modélisation de la neige naturelle



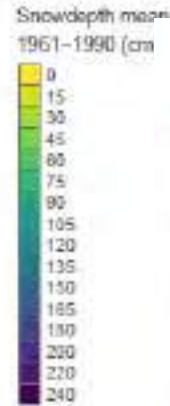
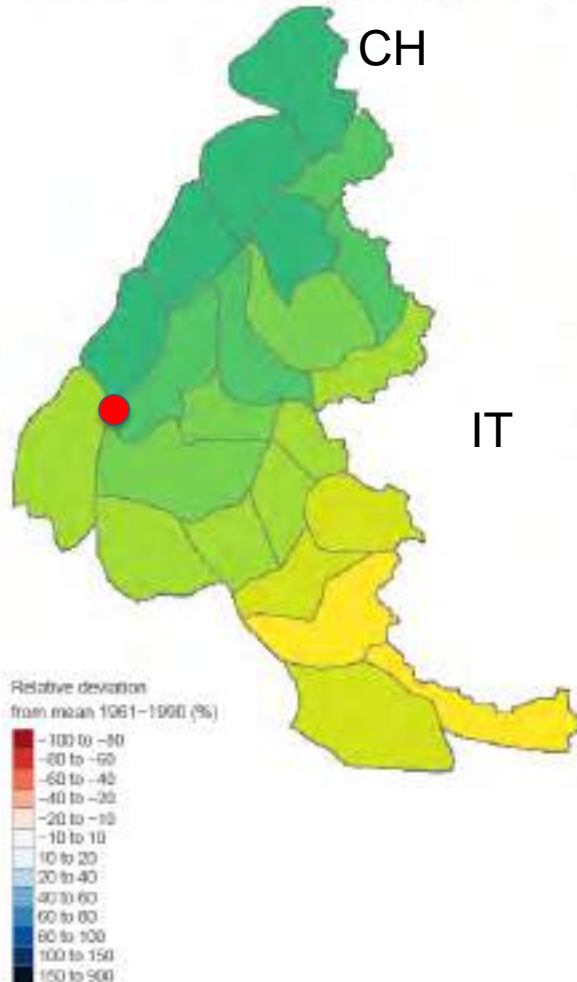
# Variabilité et tendances de l'enneigement

## Enneigement à 1500 m – Alpes (S2M)

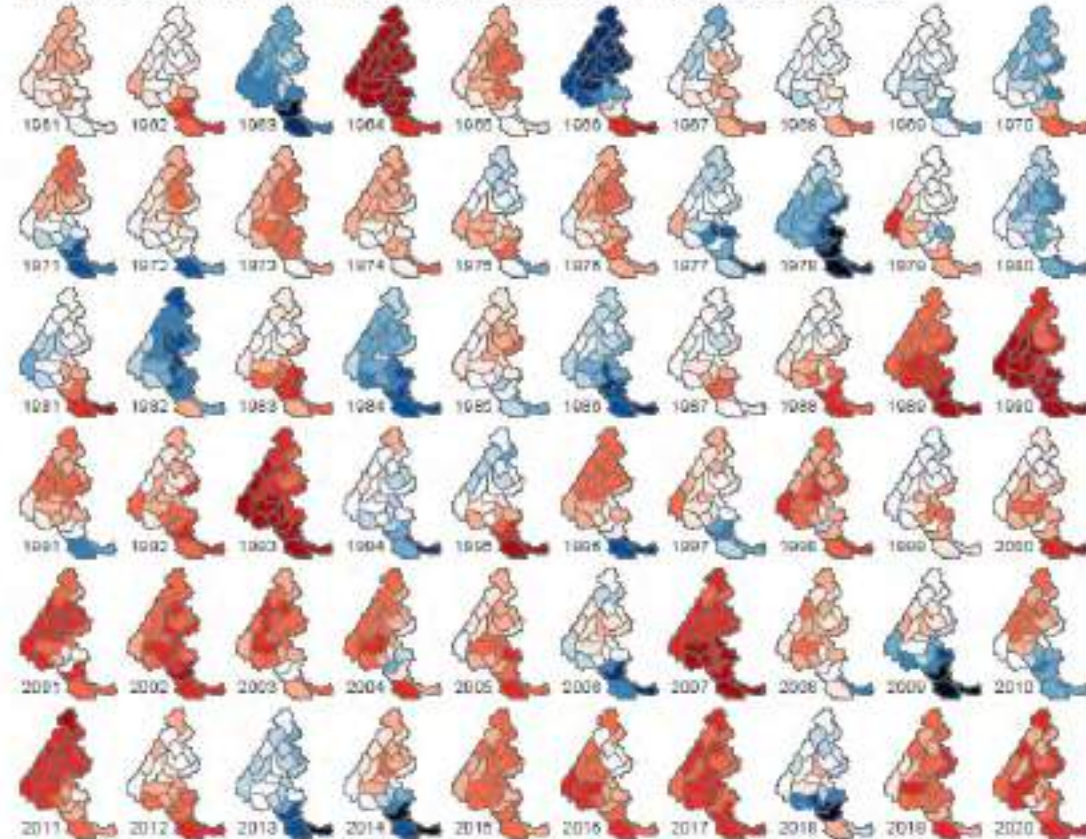
sd-winter-11-04-NN (m) – elevation : 1500m

Snow depth (m) of natural snow on the ground, winter period November–April

Snowdepth mean 1961–1990 : S2M Vernay et al., 2019



Relative deviation from mean 1961–1990 : S2M Vernay et al., 2020



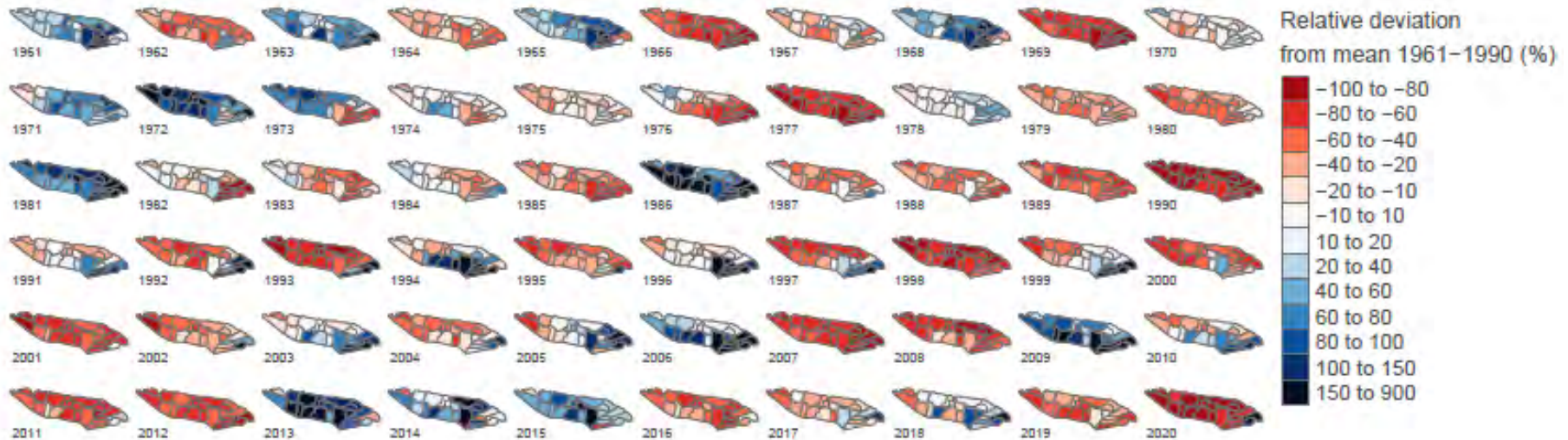
# Variabilité et tendances de l'enneigement

## Enneigement à 1500 m – Pyrénées (S2M)

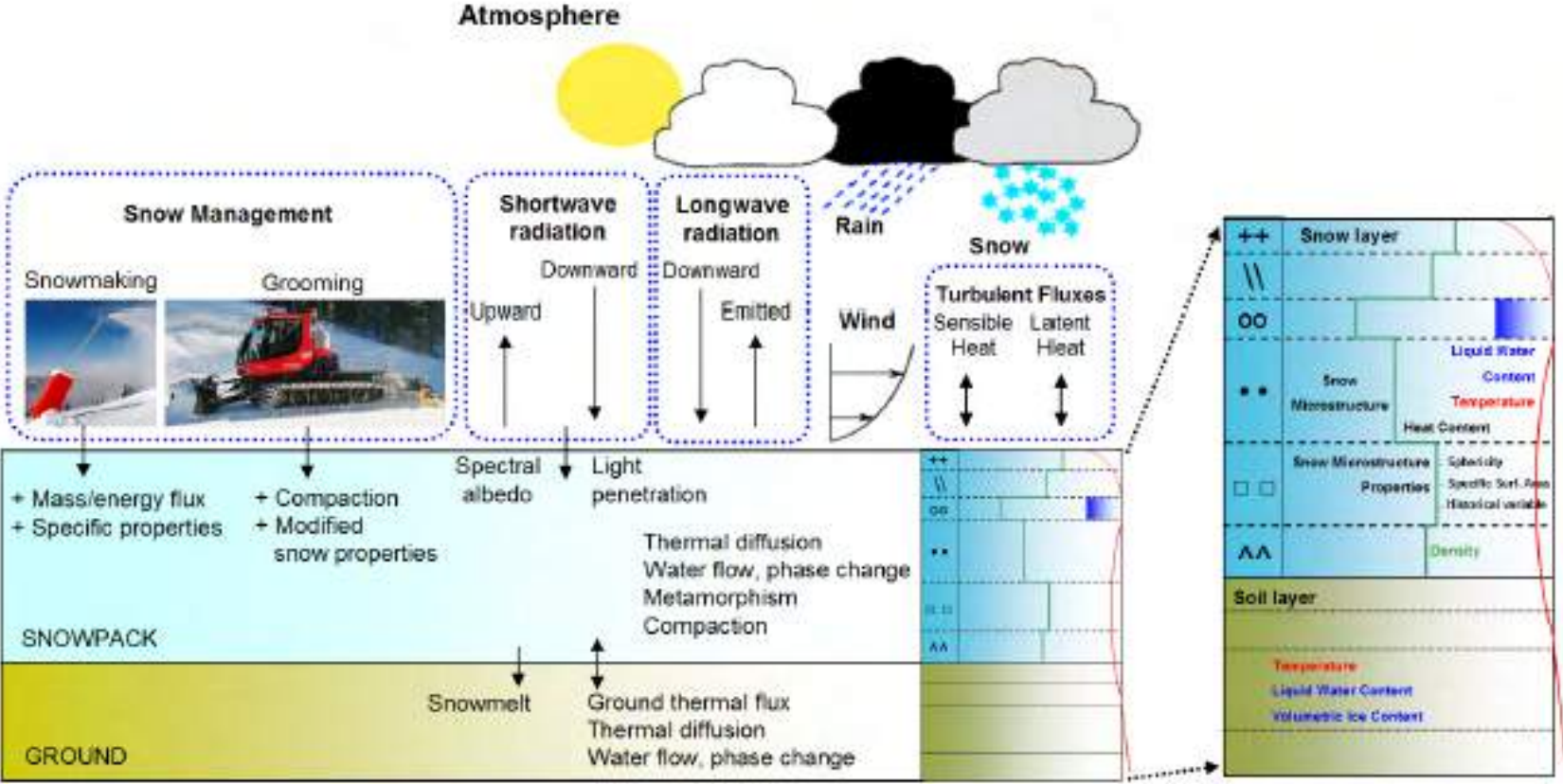
sd-winter-11-04-NN (m) – elevation : 1500m  
Snow depth (m) of natural snow on the ground, winter period November–April  
Snowdepth mean 1961–1990 : S2M Vernay et al., 2019



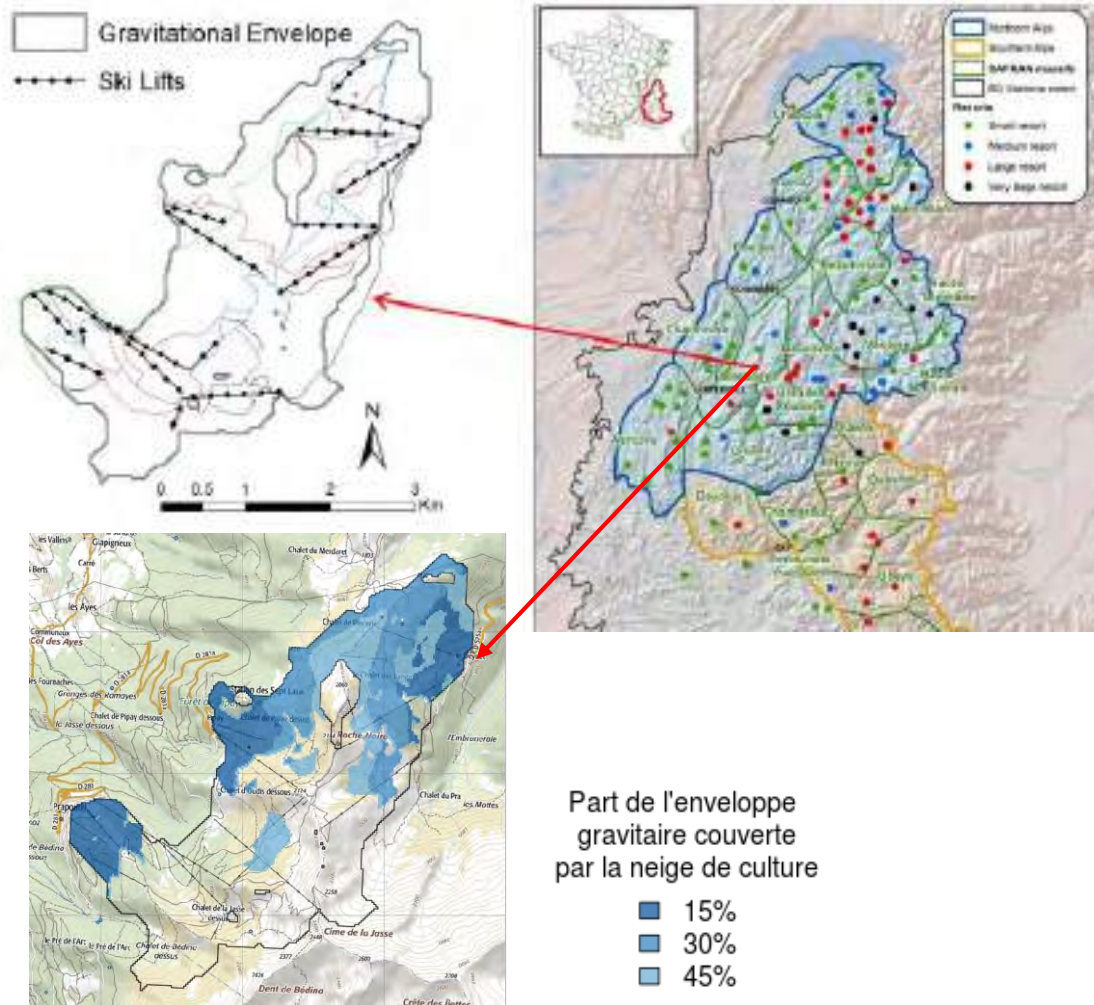
Relative deviation from mean 1961–1990 : S2M Vernay et al., 2020



# Modélisation de la neige naturelle sur piste (tenant compte du damage et de la production de neige)



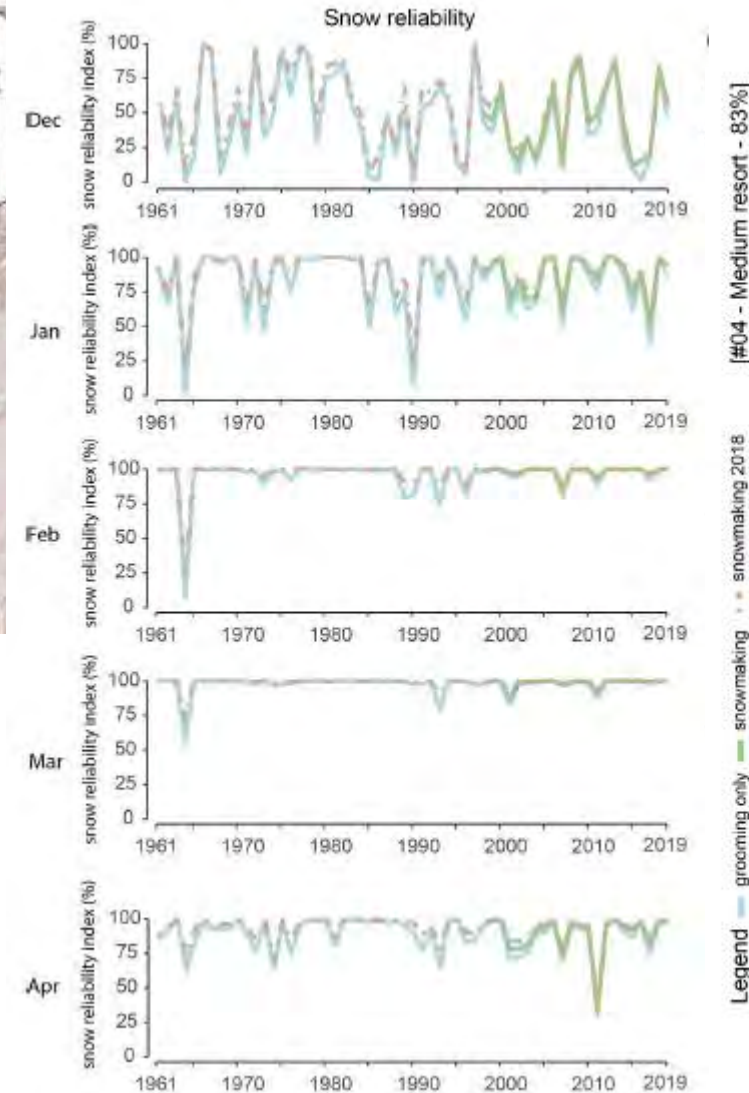
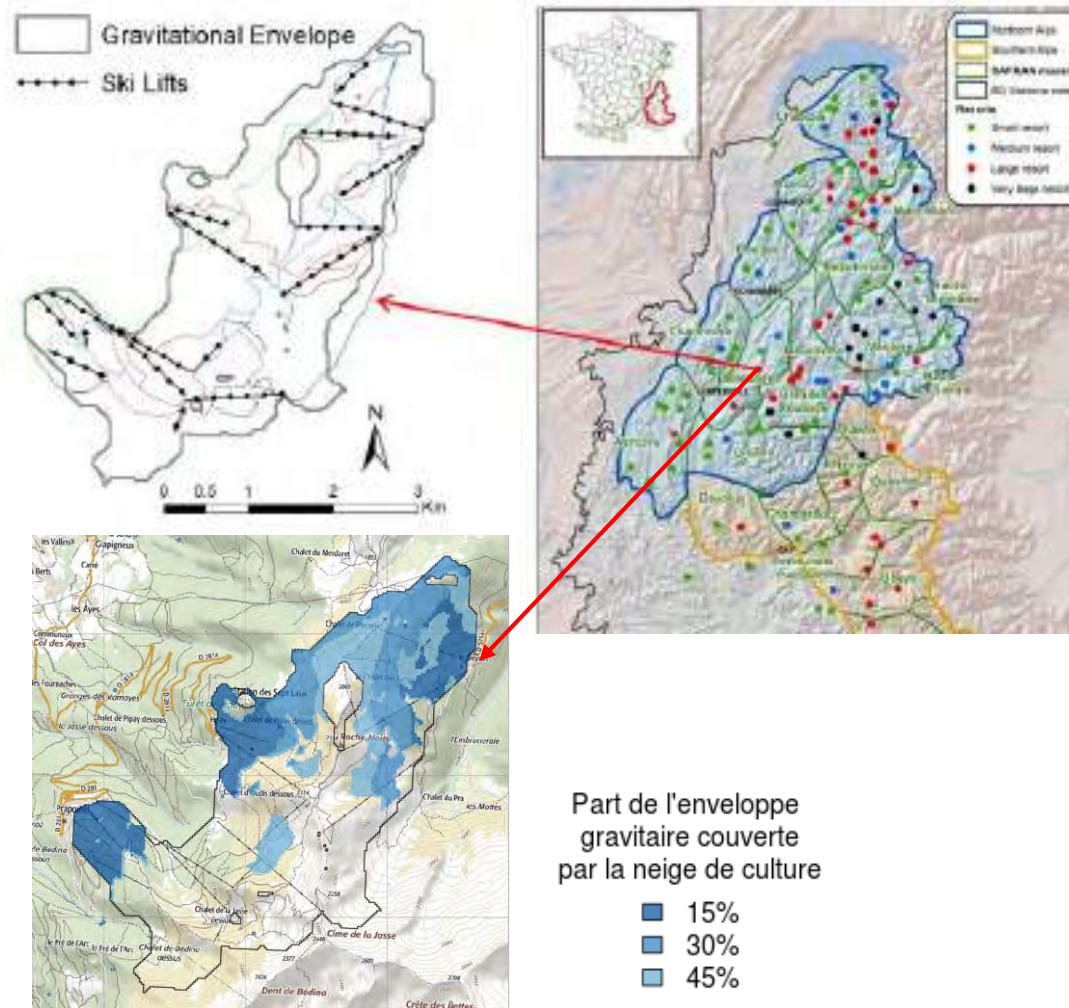
# Intégration des résultats à l'échelle d'un domaine skiable



Représentation de l'emplacement et structure spatiale des stations de sport d'hiver, taux de couverture en production de neige etc. sur la base d'informations génériques (IGN, STRMTG etc.)

# Intégration des résultats à l'échelle d'un domaine skiable

Calcul de la fraction de domaine skiable dont l'enneigement dépasse une valeur typique (environ 20 cm de neige damée), *indicateur de fiabilité d'enneigement*

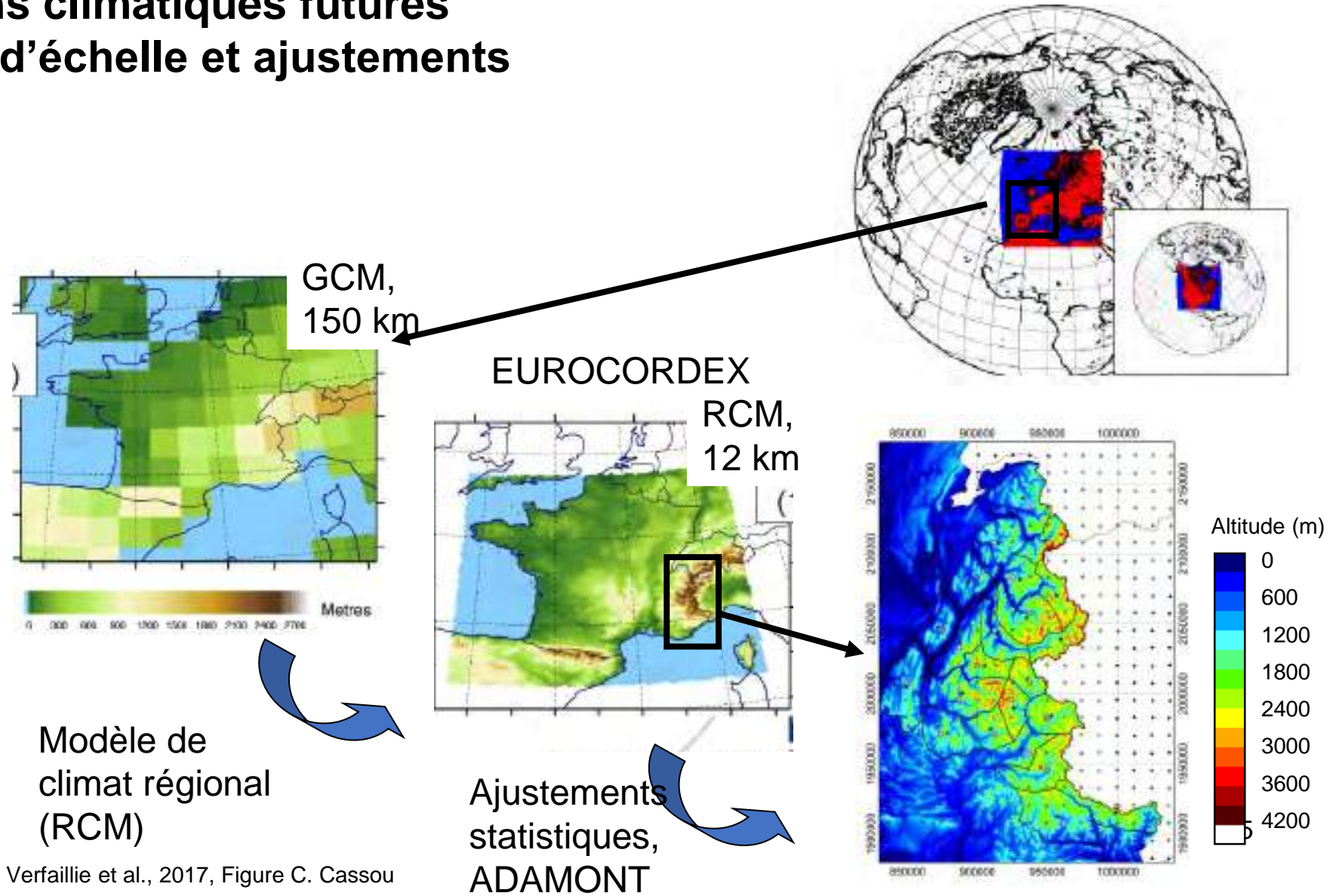


François et al., 2014,  
Spandre et al., 2019

Bérard-Chenu et al., 2022

# Projections climatiques futures

## Descente d'échelle et ajustements

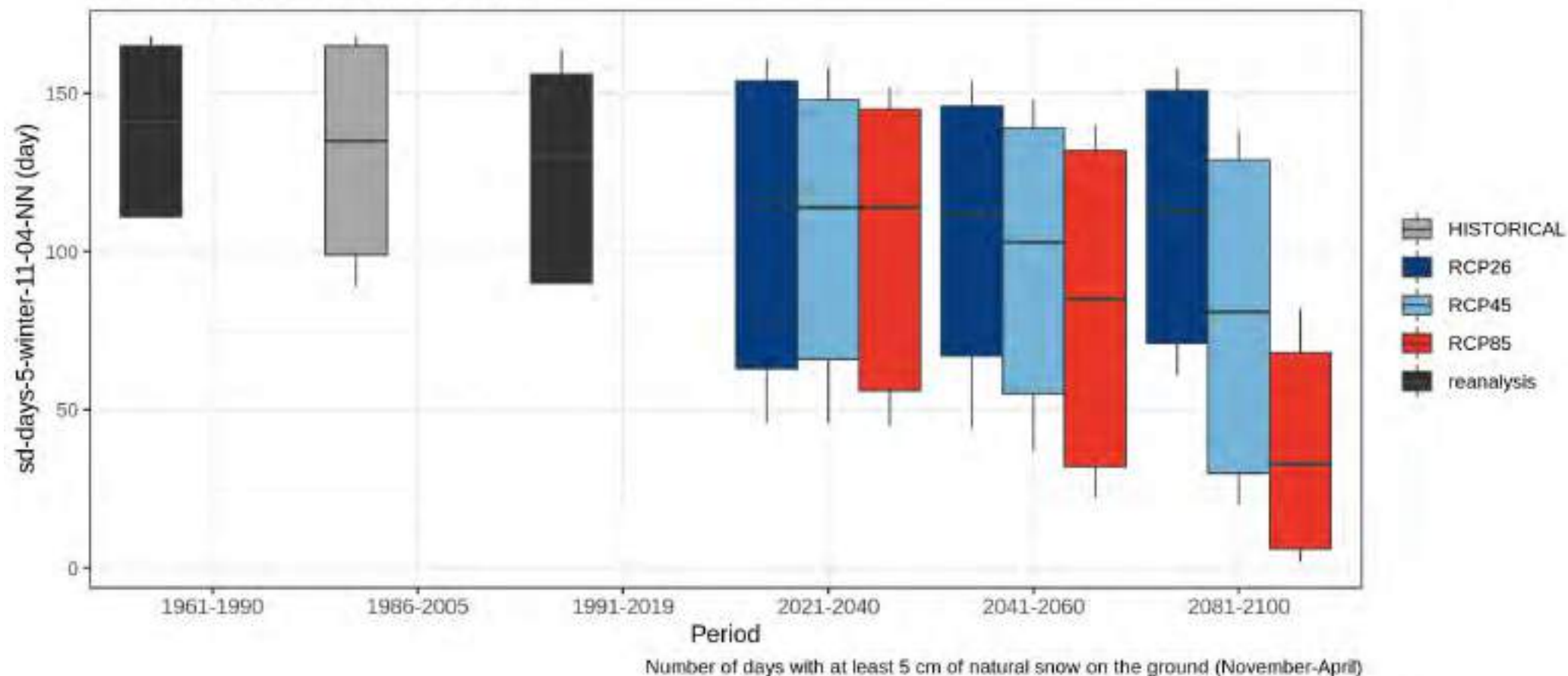


# Projections climatiques futures de l'enneigement

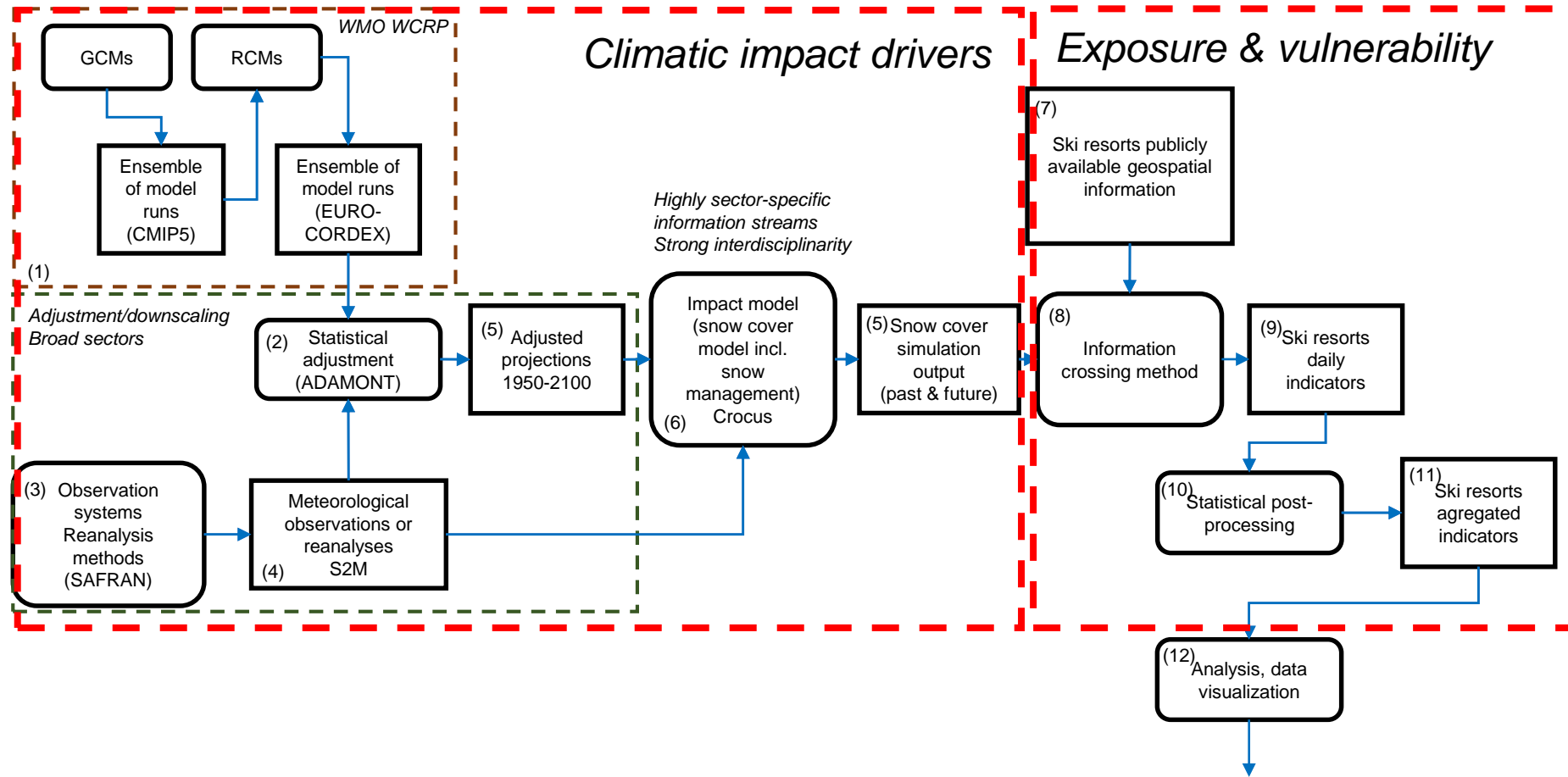
Quantiles 5 10 50 90 95 of multi-models and reanalysis

sd-days-5-winter-11-04-NN : Number of days with at least 5 cm of natural snow on the ground (November-April)

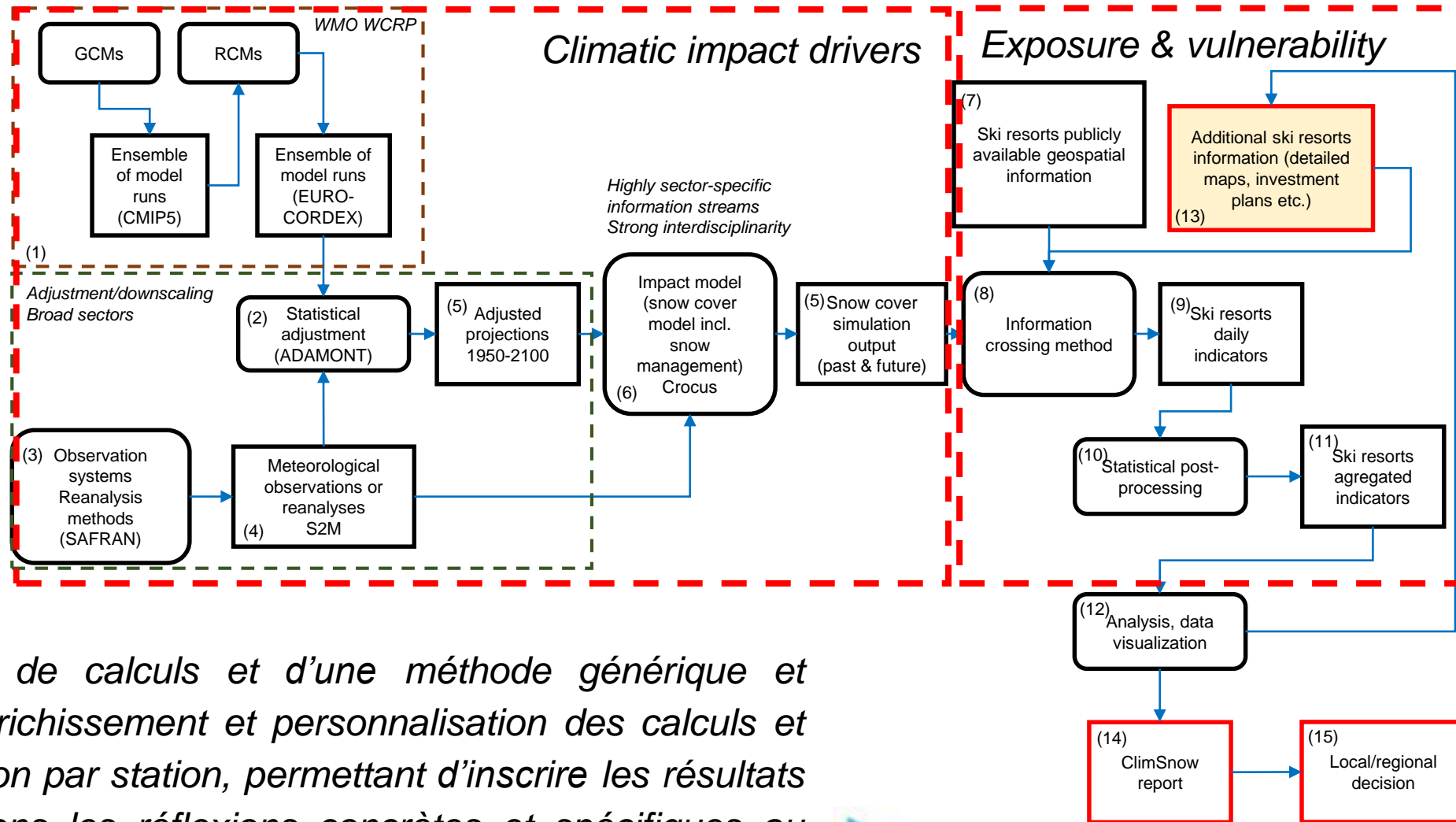
Massif : Vercors - Altitude : 1500m



# Mise en œuvre d'une méthode permettant de caractériser l'enneigement en stations et l'effet du changement climatique sur son évolution ...



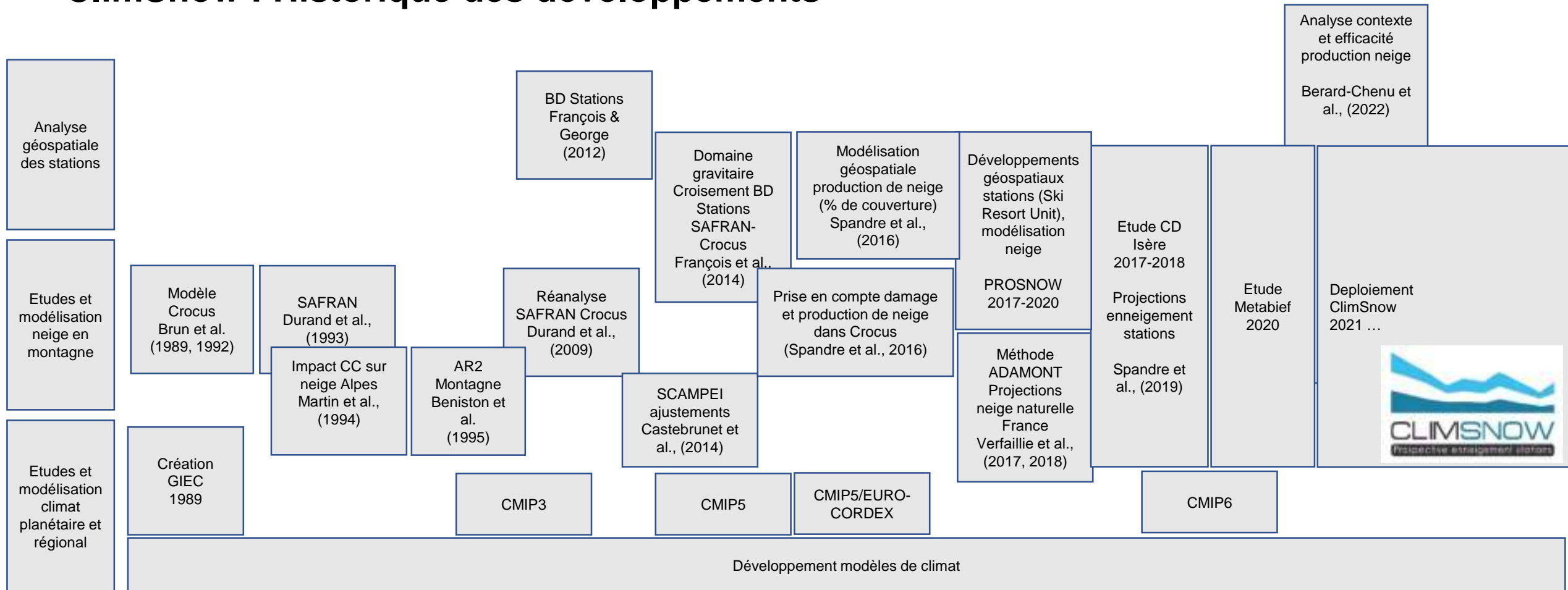
# ... pour l'aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique



Sur la base de calculs et d'une méthode générique et répliquable, enrichissement et personnalisation des calculs et résultats station par station, permettant d'inscrire les résultats du service dans les réflexions concrètes et spécifiques au sujet de l'adaptation au changement climatique et les transitions des territoires de montagne.



# ClimSnow : Historique des développements



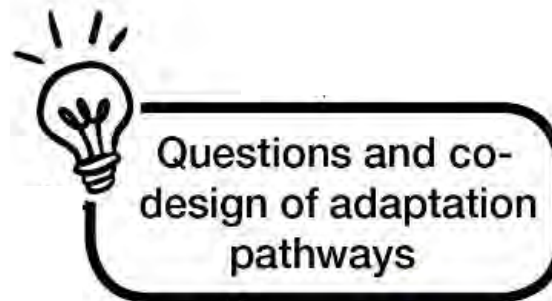
ClimSnow : service co-développé par Météo-France et Dianeige, avec l'appui d'INRAE, traduction opérationnelle pour l'aide à la décision de plus de 10 ans de travaux de recherche interdisciplinaires et transdisciplinaires, eux-mêmes inscrits dans une perspective disciplinaire de plus long terme.



# Aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique

L'adaptation au changement climatique, c'est-à-dire réduire l'ampleur des conséquences du changement climatique, est avant tout un enjeu de gouvernance, c'est-à-dire de modalité d'arbitrage de choix potentiellement antagonistes sur un territoire donné.

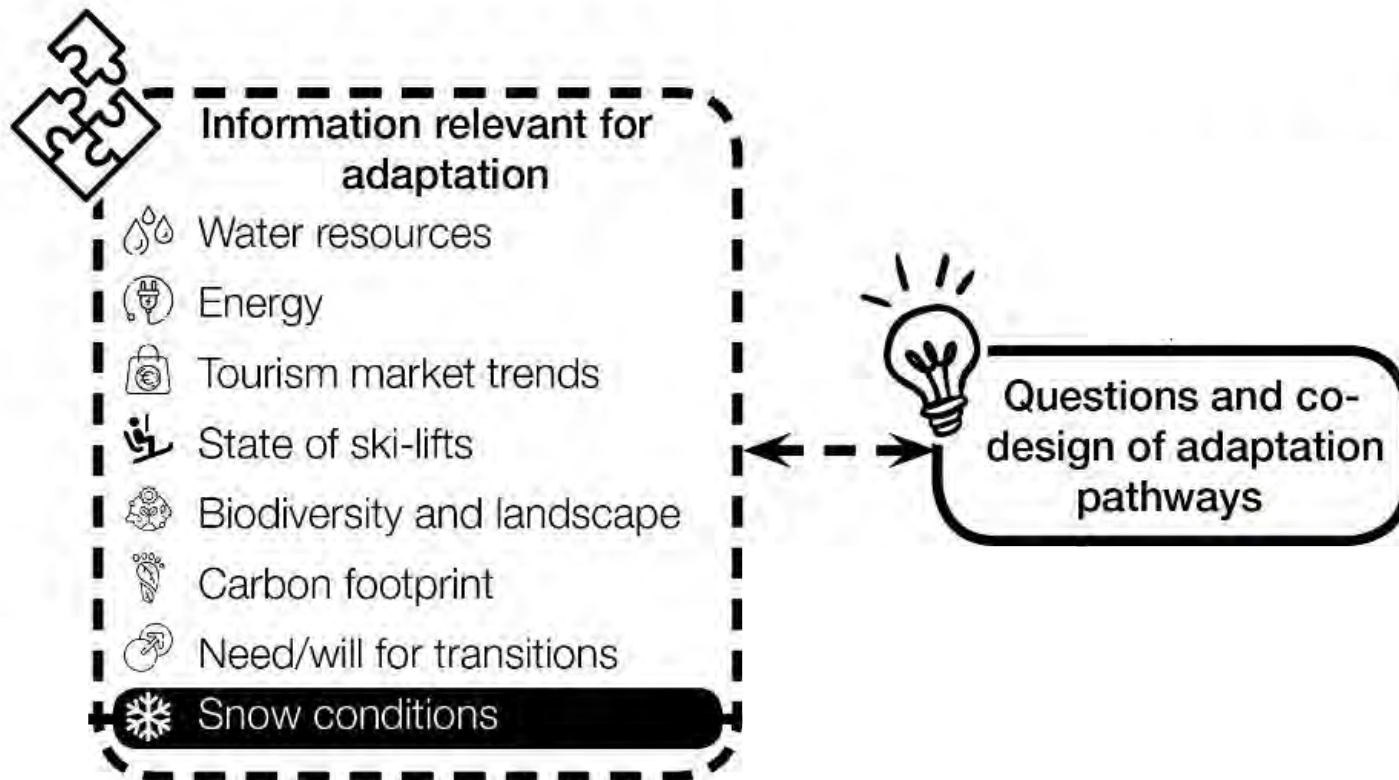
Dans le domaine du tourisme hivernal, de multiples dimensions sont à prendre en compte:



# Aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique

L'adaptation au changement climatique, c'est-à-dire réduire l'ampleur des conséquences du changement climatique, est avant tout un enjeu de gouvernance, c'est-à-dire de modalité d'arbitrage de choix potentiellement antagonistes sur un territoire donné.

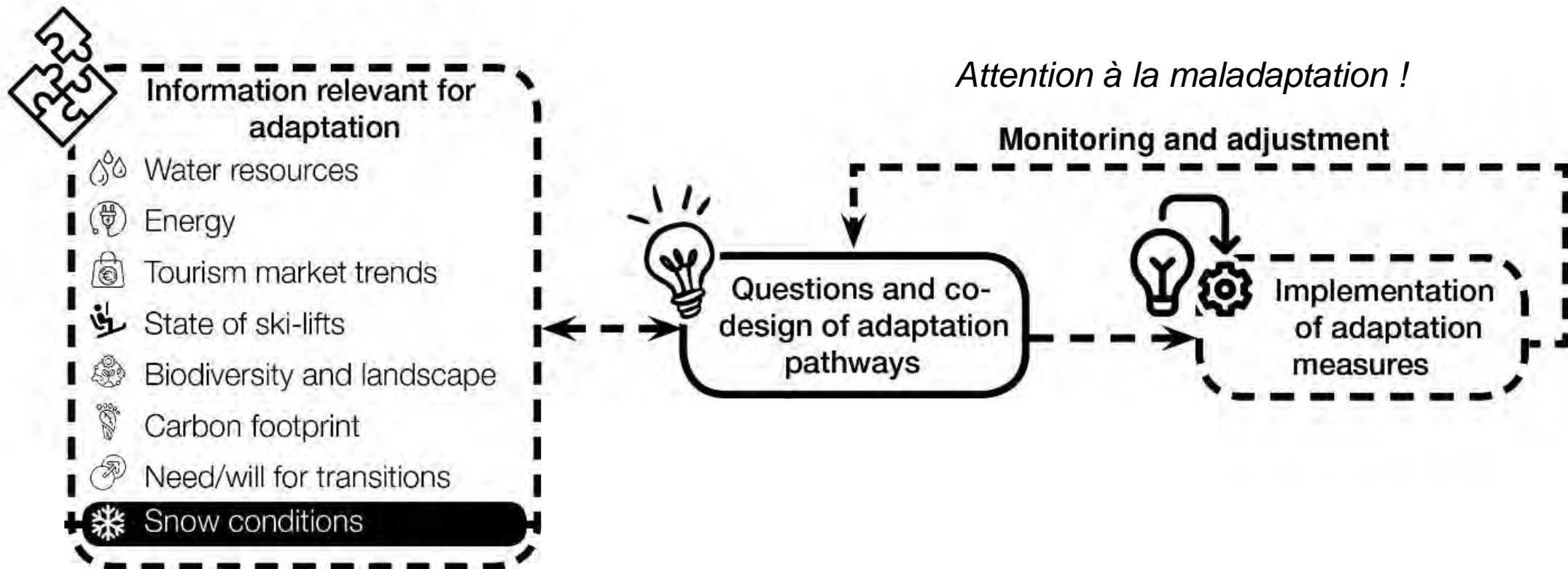
Dans le domaine du tourisme hivernal, de multiples dimensions sont à prendre en compte:



# Aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique

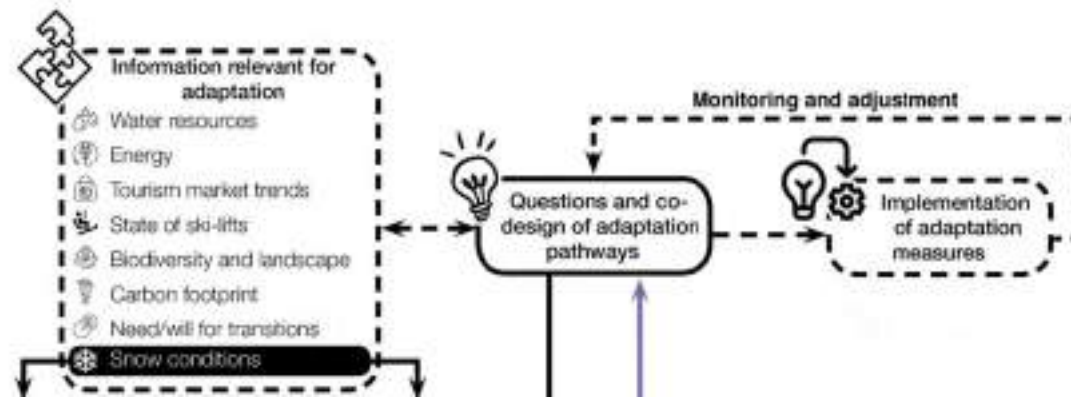
L'adaptation au changement climatique, c'est-à-dire réduire l'ampleur des conséquences du changement climatique, est avant tout un enjeu de gouvernance, c'est-à-dire de modalité d'arbitrage de choix potentiellement antagonistes sur un territoire donné.

Dans le domaine du tourisme hivernal, de multiples dimensions sont à prendre en compte:



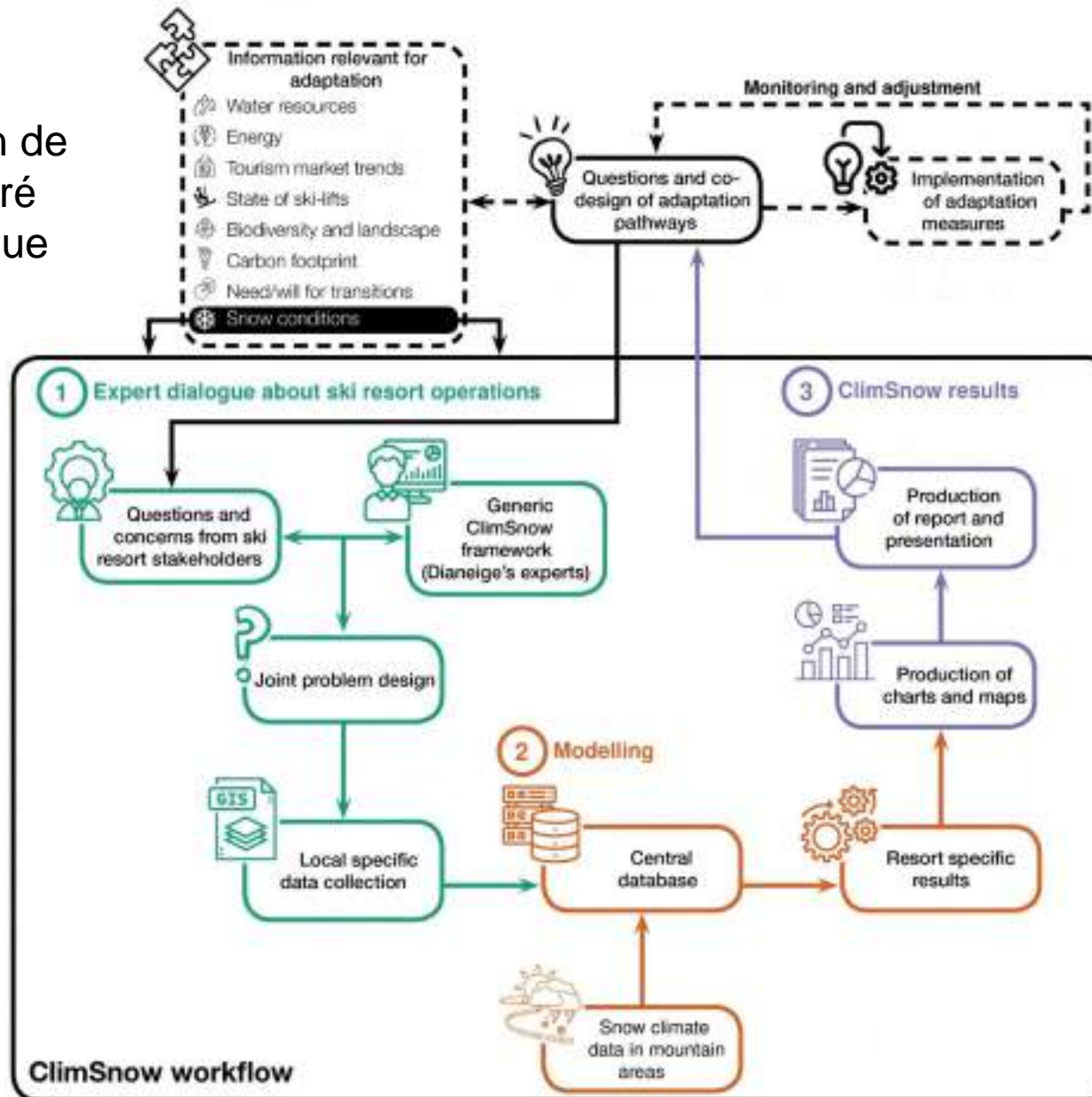
# Aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique

ClimSnow s'intéresse spécifiquement à l'évolution de l'enneigement naturel et géré

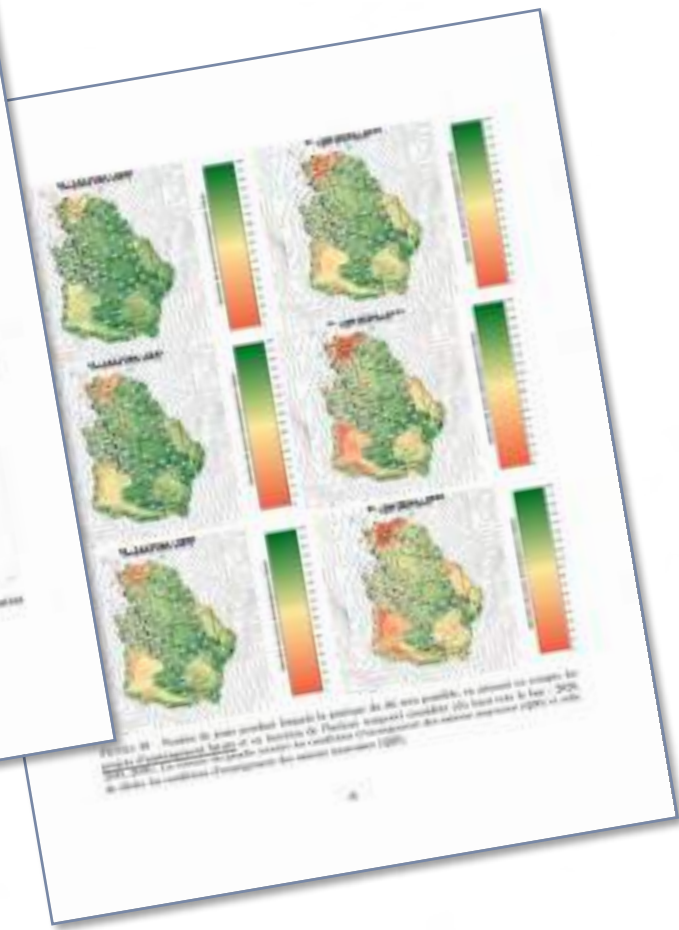
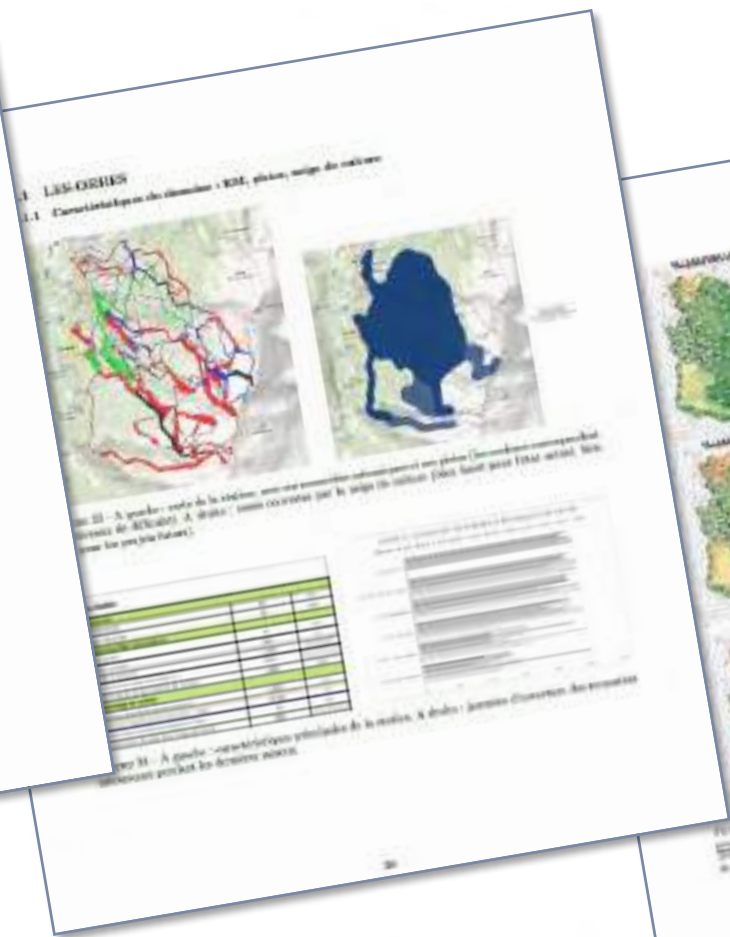


# Aide à la décision pour l'adaptation au changement climatique

ClimSnow s'intéresse spécifiquement à l'évolution de l'enneigement naturel et géré selon une méthodologie issue des résultats de recherche croisée avec une expertise de l'aménagement des domaines skiables et du tourisme de montagne



# Le service ClimSnow



# Le service ClimSnow

Principaux points couverts dans le cadre d'une étude ClimSnow:

- Simulation de **l'enneigement naturel et géré** (avec damage et production de neige) à l'échelle **d'un domaine skiable ou de sous-domaines**, en **climat actuel et futur**.
- Focus sur la **fréquence de retour des hivers faiblement enneigés** (plus pertinent que la « moyenne multi-annuelle »)
- **Etude quantitative de l'effet de tel ou tel projet d'aménagement** (extension/retrait du domaine, ajout/retrait de production de neige).
- **Calcul de l'enneigement sur pistes et de la quantité d'eau mobilisée pour la production de neige**. L'estimation de l'évolution de la ressource en eau disponible n'est pas couverte par ClimSnow, c'est à **analyser par ailleurs**.
- Production de **cartes représentant les résultats, ainsi que de courbes d'évolution temporelle et de tableau**.
- **Interprétation** des résultats et analyse de scénarios prospectifs d'équipement/aménagement et de leur pertinence vis-à-vis de l'évolution de l'enneigement.



INRAE



# Le service ClimSnow

Le service ClimSnow prend la forme d'un **rapport** (document texte) accompagné d'une **présentation** des principaux résultats, et fait suite à une **commande** de la part d'un commanditaire (collectivité, opérateur/exploitant etc.).

Le service ClimSnow s'inscrit dans un **cadre concurrentiel** (d'autres services analogues peuvent coexister, pas d'exclusivité). La diffusion des résultats est donc **du choix et du ressort des commanditaires de l'étude**.

La production du service s'inscrit très souvent dans le cadre d'une réflexion/animation plus large sous l'égide des acteurs/décideurs des territoires touristiques et stations de montagne :

- **animation de tables de travail et d'ateliers** sur site, au niveau d'un territoire ou d'une station, avec élus, techniciens, socio-professionnels, public élargi le cas échéant, etc,
- organisation de **séances techniques** visant à faciliter la compréhension et l'appropriation des résultats,
- coordination des échanges sur les **orientations stratégiques** les plus adaptées par rapport aux effets du changement climatique.

# Le service ClimSnow

Exemple de résultat à l'échelle individuelle, station de Métabief (Jura)

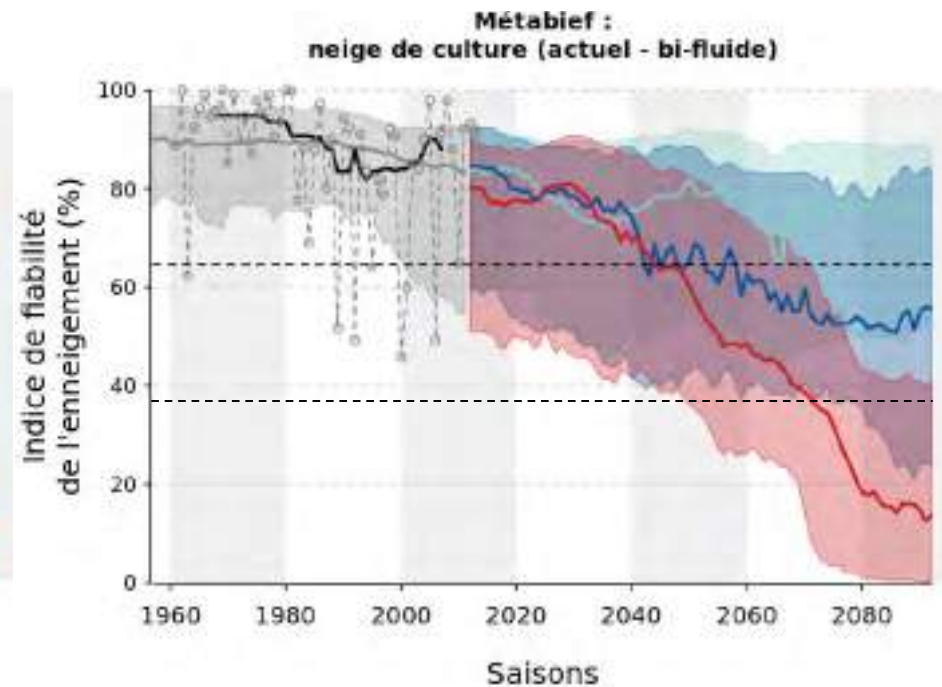
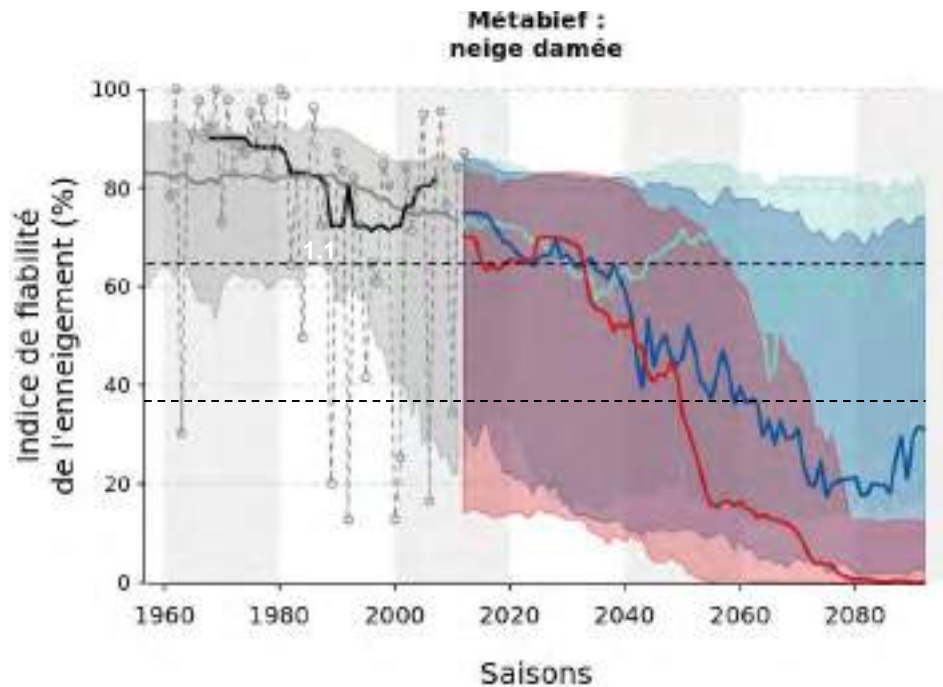
## *Evolution de l'indicateur de fiabilité de l'enneigement avec/sans production*

- moyenne SAFRAN
- rcp 85
- rcp 45
- rcp 26
- historical

Les courbes suivantes représentent les Q20, Q50 et Q80 sur une période de 15 années centrée sur l'année considérée (soit 2013 – 2027 pour l'année 2020).

Q20 de référence (1986-2015) en Neige naturelle damée : 38.7 %

Q20 de référence (1986-2015) en Neige naturelle + neige de culture damée : 64,57 %



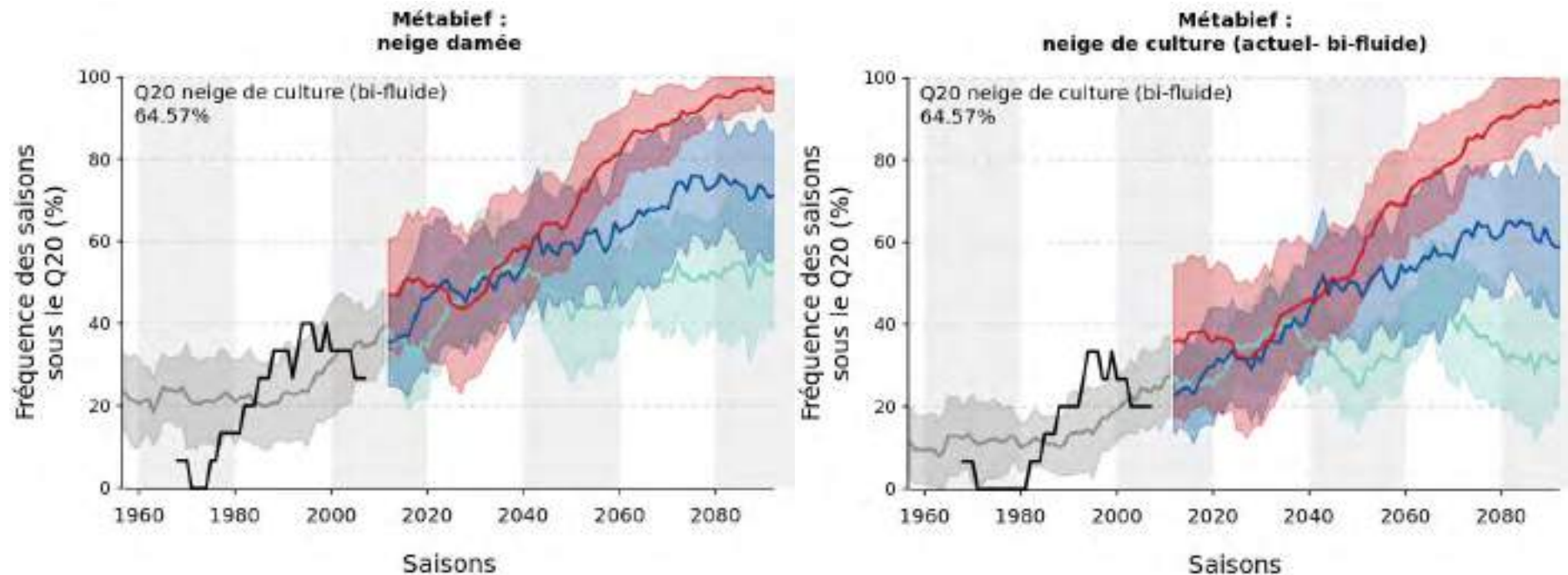
# Le service ClimSnow

Exemple de résultat à l'échelle individuelle, station de Métabief (Jura)

*Approche fondée sur la fréquence de retour des années de faible enneigement (calculé, de façon relative à chaque station, comme le 20<sup>ème</sup> centile du taux d'enneigement annuel agrégé pour la station).*

- moyenne SAFRAN
- rcp 85
- rcp 45
- rcp 26
- historical

Ces graphiques représentent la probabilité de retour d'une saison avec un indice de fiabilité de l'enneigement en-dessous de celui défini par le Q20 en Neige naturelle + neige de culture damée, soit 64,57% du moment de puissance exploitable.



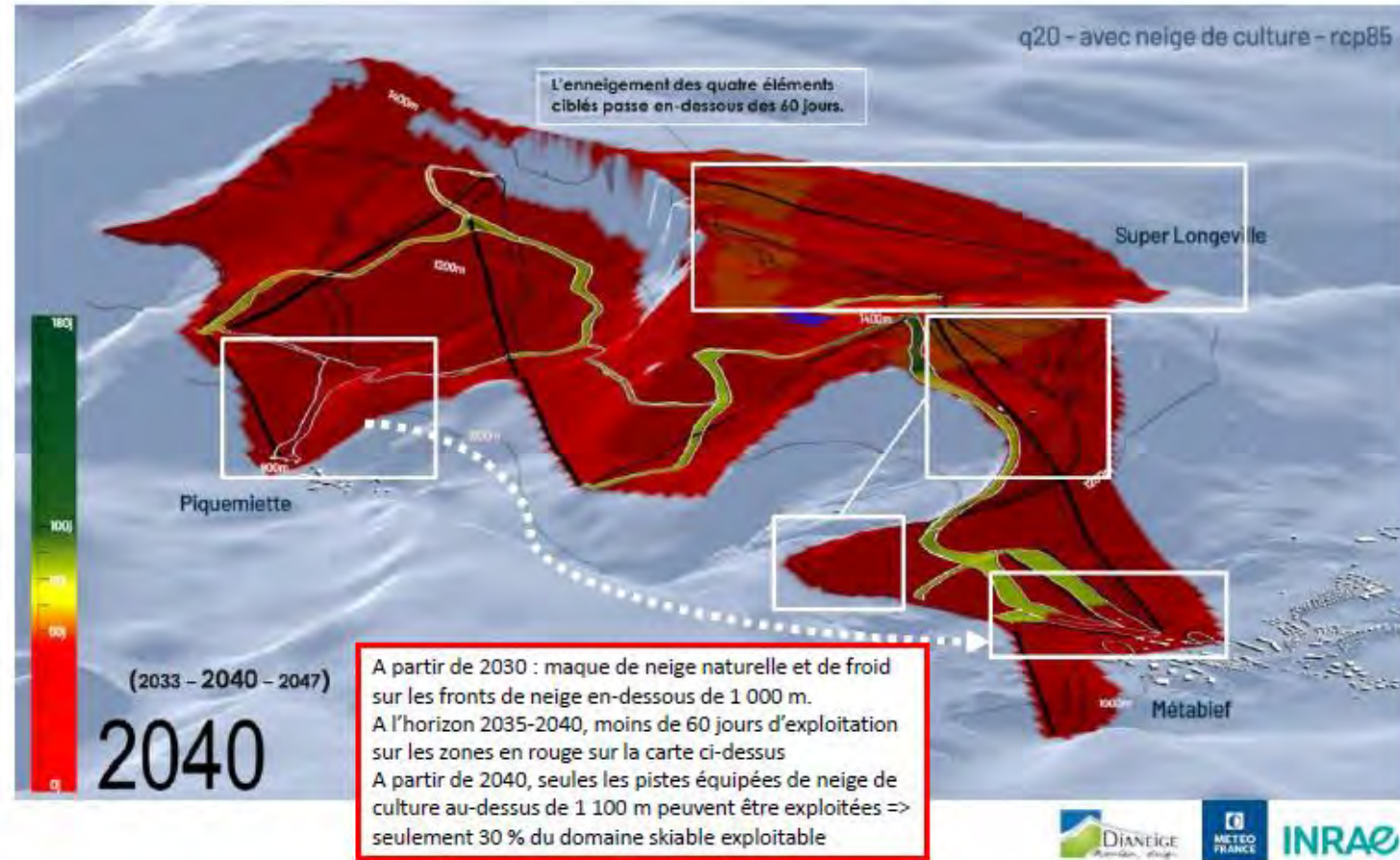
# Le service ClimSnow

Exemple de résultat à l'échelle individuelle, station de Métabief (Jura)

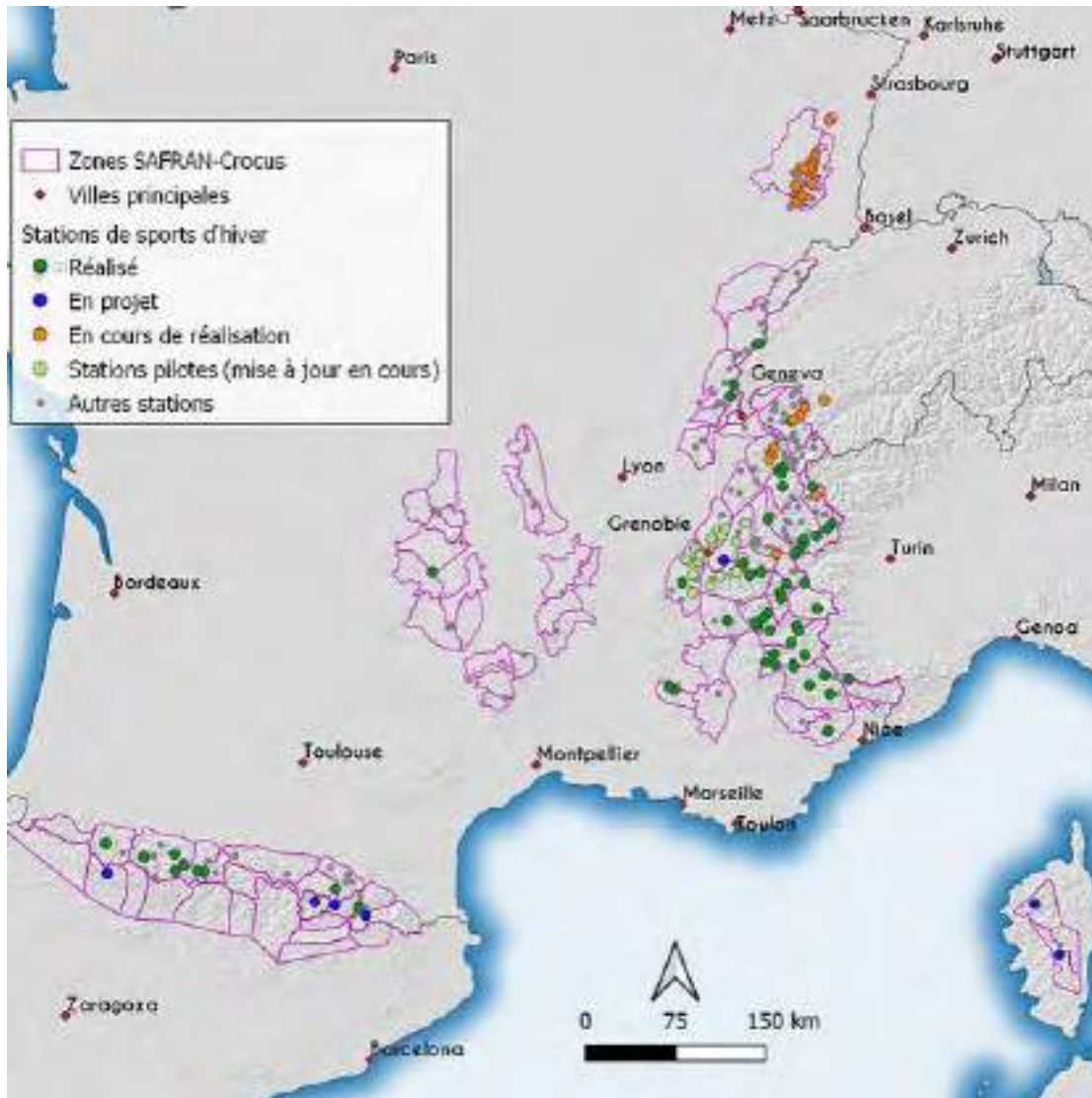
2030 : très mauvaises conditions de production de neige sur les fronts de neige de Métabief et de Piquemiette  
2035 : moins de 60 jours d'exploitation sur les zones non équipées en neige de culture => situation économiquement déficitaire  
2040 : seulement 30 % du domaine skiable fiable => au maximum 50 % du chiffre d'affaire actuel



Grande perte d'attractivité du produit ski alpin à partir de 2030 et situation économique critique dès 2035



# Déploiement de ClimSnow à ce jour



Plus de 170 études en cours ou prévues.

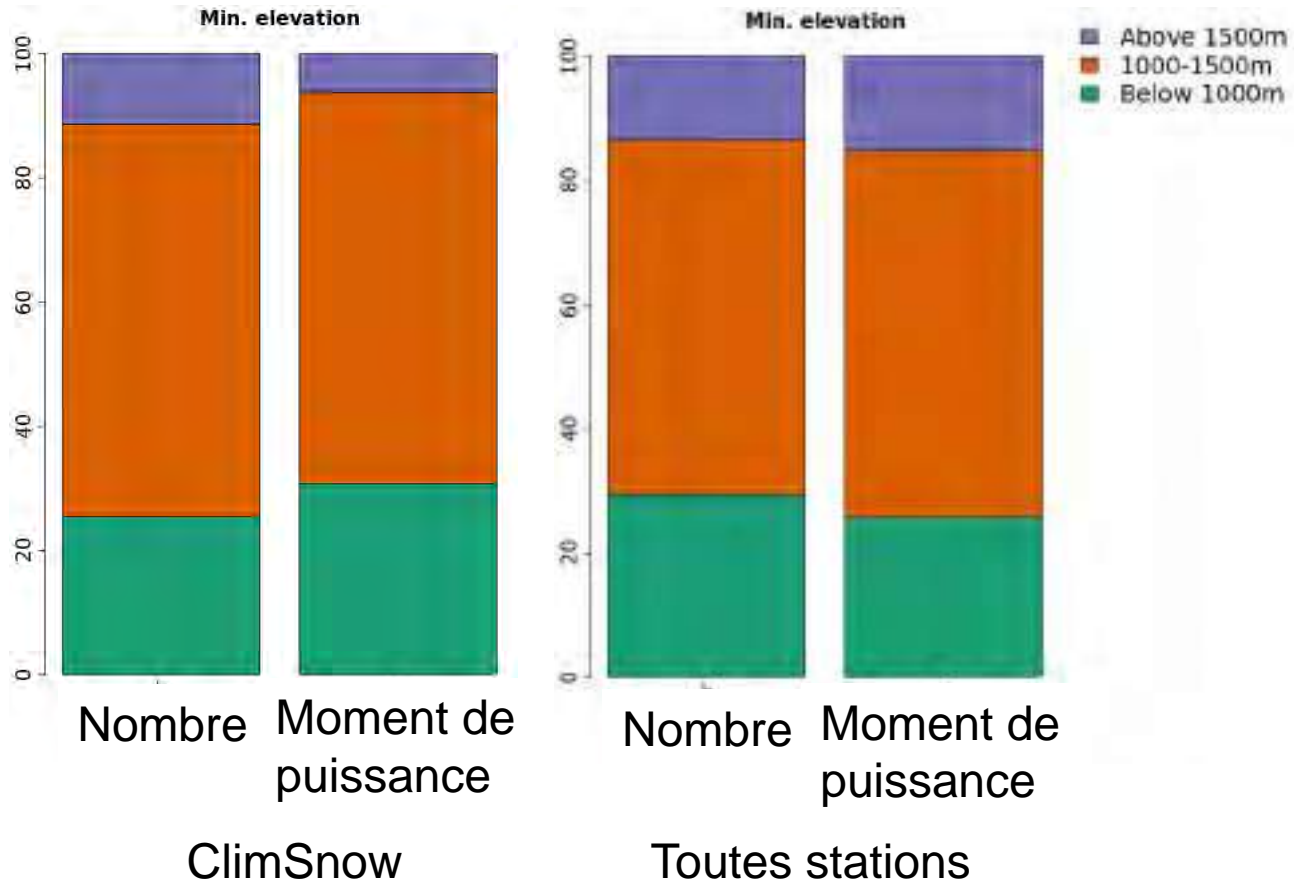
Déploiement en France hexagonale, quelques études sur domaines skiables proches des frontières (Suisse, Italie, Espagne, Andorre) où les données permettent de mettre en œuvre le service.

A ce jour, pas d'extension plus large au niveau européen.

Les travaux menés dans le cadre de Copernicus Climate Change Service + déploiement méthodologique à l'échelle européenne, François et al. (2023), pourraient fournir une base de travail.

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

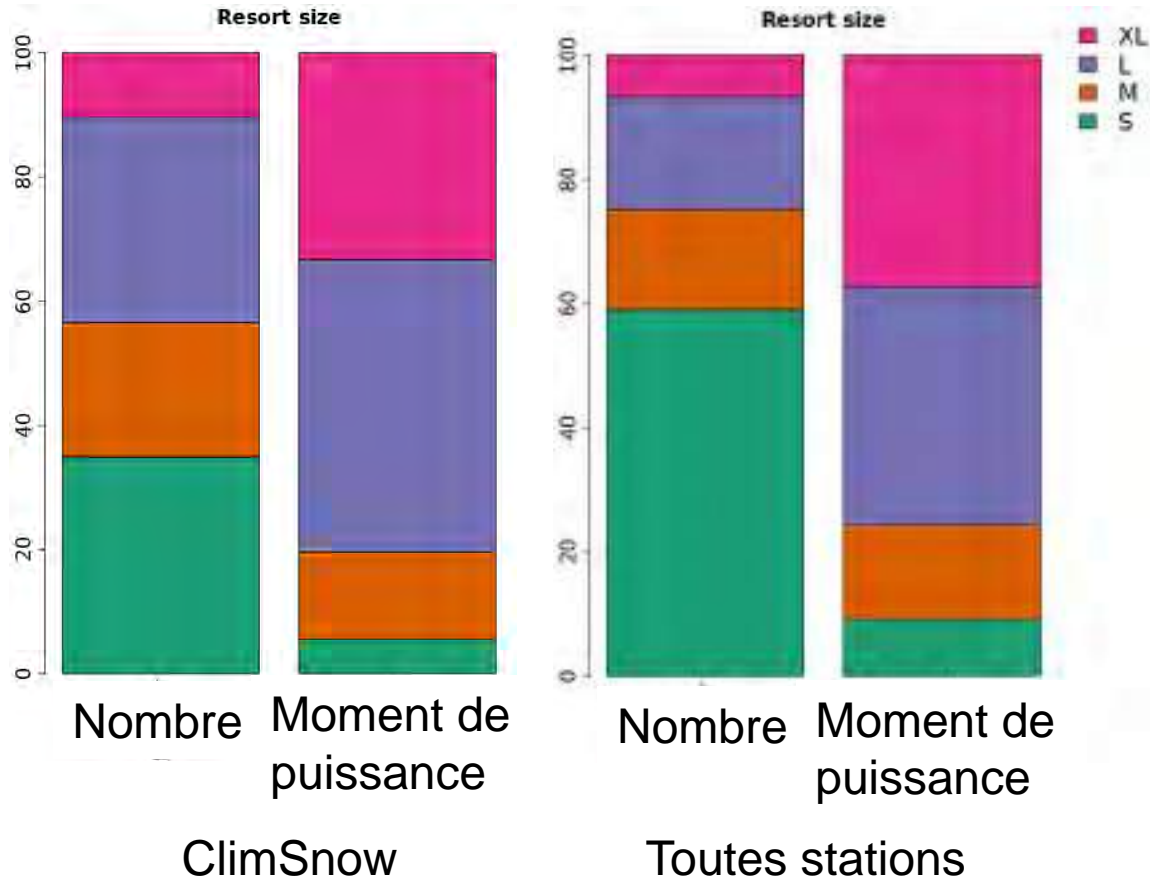
Altitude minimale



Légère sous-représentation dont l'altitude minimale est au dessus de 1500 m

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

## Taille de station

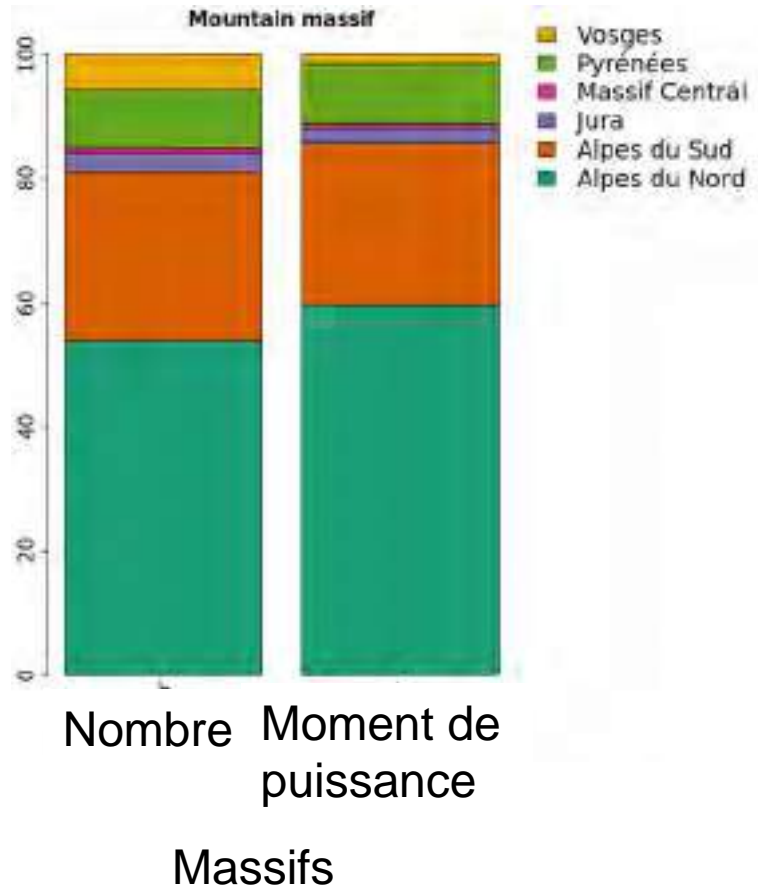


Légère sous-représentation dont l'altitude minimale est au dessus de 1500 m

Sous-représentation des « petites », sur-représentations des stations « moyennes », « grandes » et « très grandes »

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

Massifs couverts, type de commande, nature des commanditaires



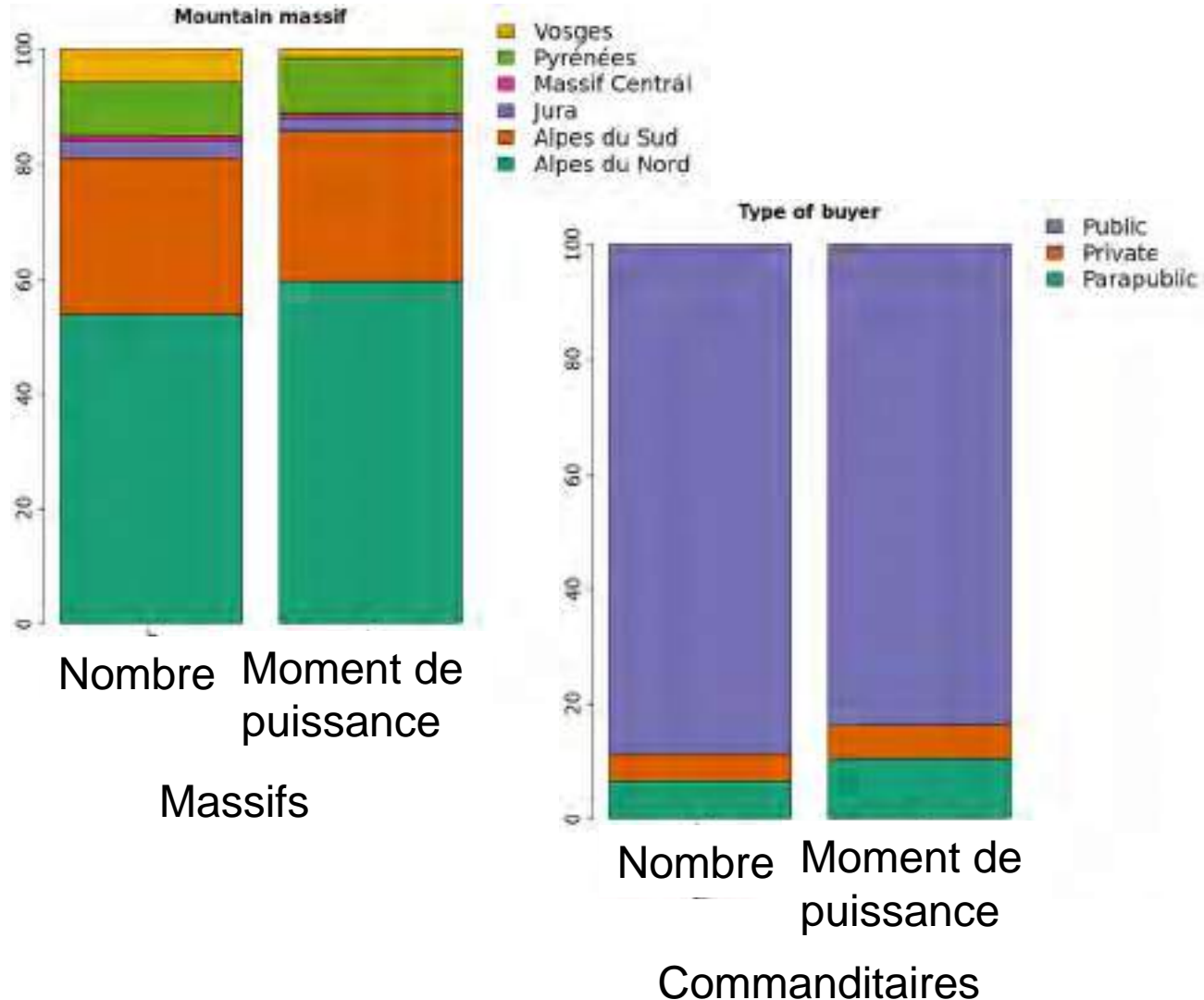
Légère sous-représentation dont l'altitude minimale est au dessus de 1500 m

Sous-représentation des « petites », sur-représentations des stations « moyennes », « grandes » et « très grandes »

La plupart des massifs sont concernés (faible nombre de stations couvertes dans le Massif Central)

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

Massifs couverts, type de commande, nature des commanditaires



Légère sous-représentation dont l'altitude minimale est au dessus de 1500 m

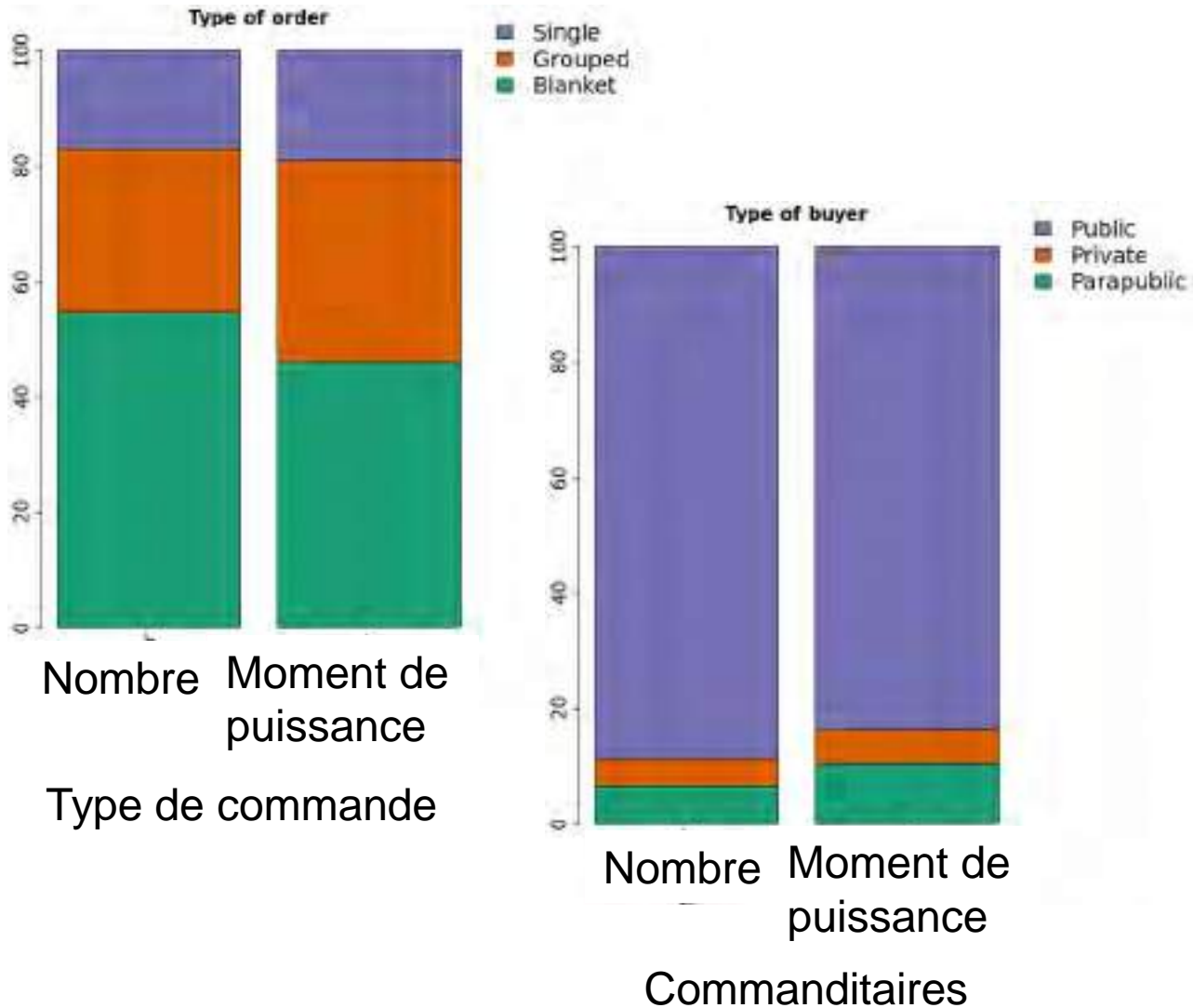
Sous-représentation des « petites », sur-représentations des stations « moyennes », « grandes » et « très grandes »

La plupart des massifs sont concernés (faible nombre de stations couvertes dans le Massif Central)

Surtout commandes d'acteurs publics ou parapublics

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

Massifs couverts, type de commande, nature des commanditaires



Légère sous-représentation dont l'altitude minimale est au dessus de 1500 m

Sous-représentation des « petites », sur-représentations des stations « moyennes », « grandes » et « très grandes »

La plupart des massifs sont concernés (faible nombre de stations couvertes dans le Massif Central)

Surtout commandes d'acteurs publics ou parapublics

Quelques commandes directes des stations, le plus souvent commandes groupées ou études dans le cadre de « commandes chapeau » de collectivités

# Déploiement de ClimSnow à ce jour : typologie des stations et des bénéficiaires

## Quelques enseignements et résultats généraux

L'intérêt des parties prenantes est maximal quand elles sont **directement commanditaires** de l'étude (réponse à un besoin local). C'est plus difficile quand l'étude s'inscrit dans le cadre d'un contrat « chapeau » pour lequel les stations/territoires ne sont pas forcément volontaires.

**Effet incitatif du programme Avenir Montagne** (lancé en 2021), co-finançant les études prospectives parmi lesquelles ClimSnow s'inscrit.

**Effet incitatif du besoin des autorités publiques (environnementales) de disposer d'études d'impact** de projets d'aménagement tenant compte de l'évolution climatique.

Plusieurs cas où l'étude ClimSnow est venu **questionner/remettre en cause** des projets et perspectives initiales des commanditaires ; certains résultats ClimSnow peuvent toutefois donner lieu à des **interprétations divergentes**, notamment si des éléments sont décontextualisés ou extraits de l'étude globale.

En général, ClimSnow confirme la **baisse de la fiabilité de l'enneigement dans le bas des domaines et donc de la rentabilité d'investissements dans ces secteurs**. Accompagnement d'une reconfiguration du domaine.

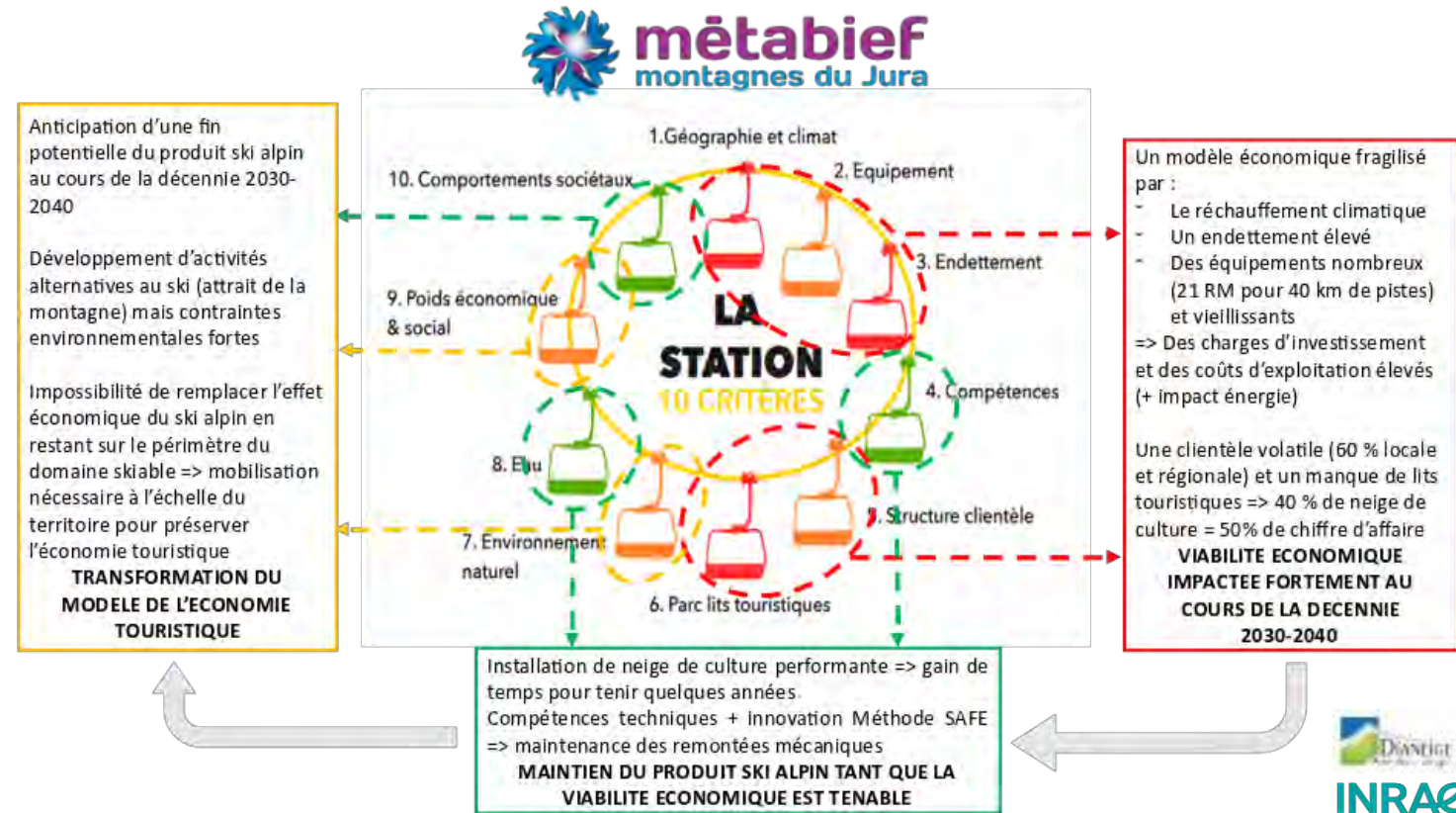


INRAE



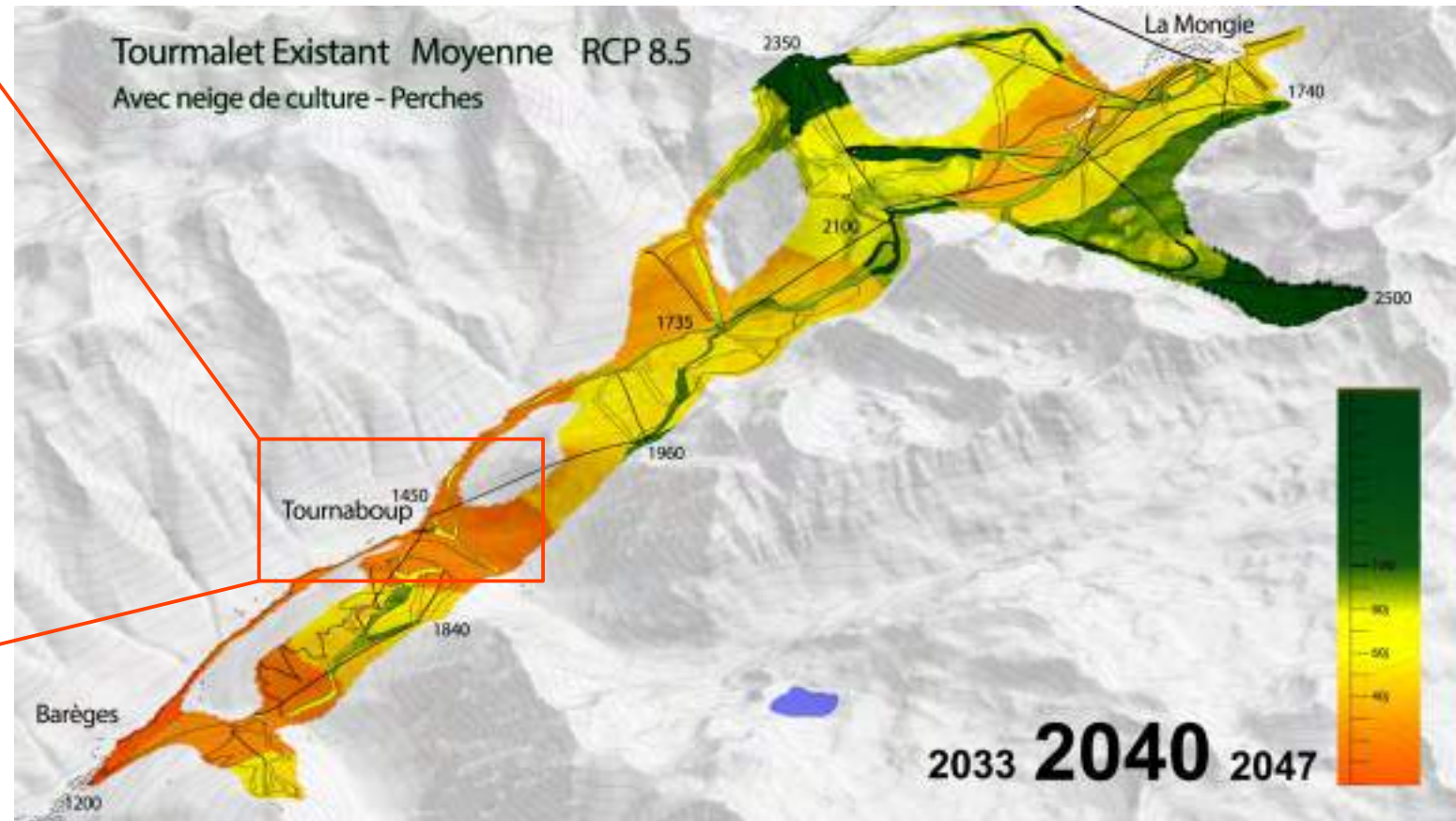
# Exemples : Métabief (Jura)

Transition progressive vers un modèle économique qui ne repose plus sur le ski après 2035



# Exemples : Tourmalet (Pyrénées)

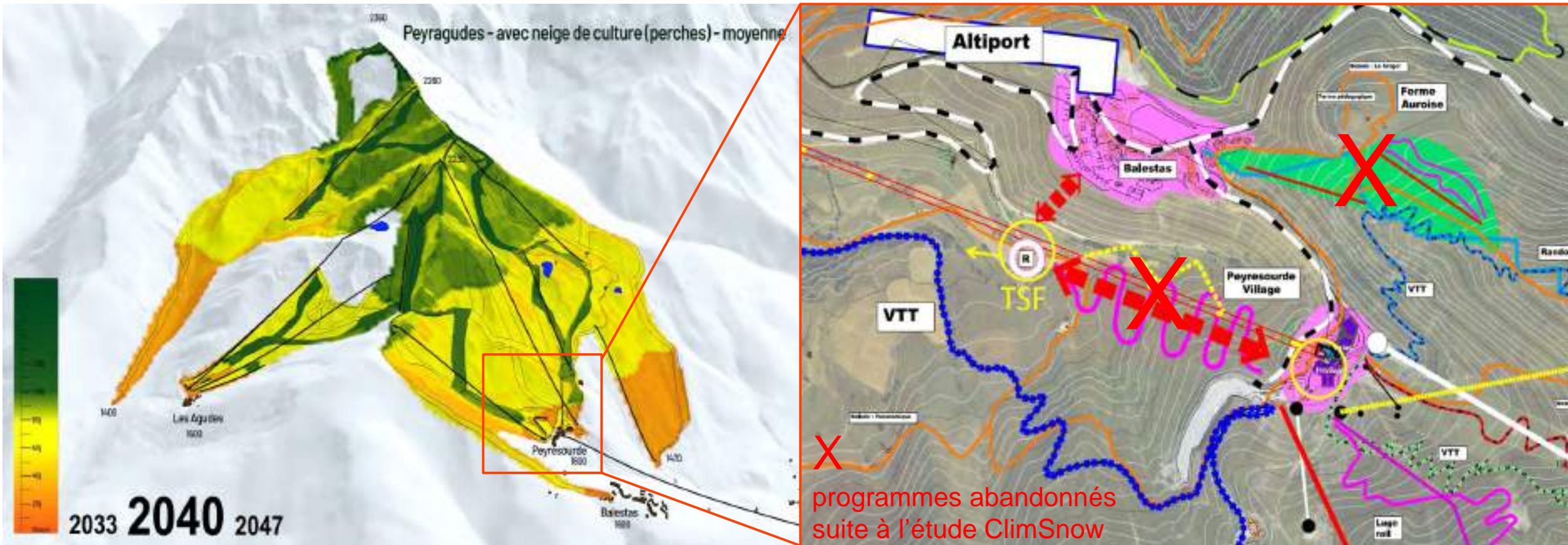
Elaboration d'un master plan 4 saisons en phase avec les résultats de ClimSnow :  
télécabine à la place du télésiège, développement d'activités hors-neige en altitude



## Exemples : Peyragudes (Pyrénées)

Ajustement du Master Plan :

- suppression de certains projets afin de se concentrer sur des investissements les plus critiques,
- optimisation du système de production de neige sur les axes structurants,
- diversification des activités (hiver/ été)



## Exemples : Villars-Gryon (Suisse)

Contribution à la stratégie de développement

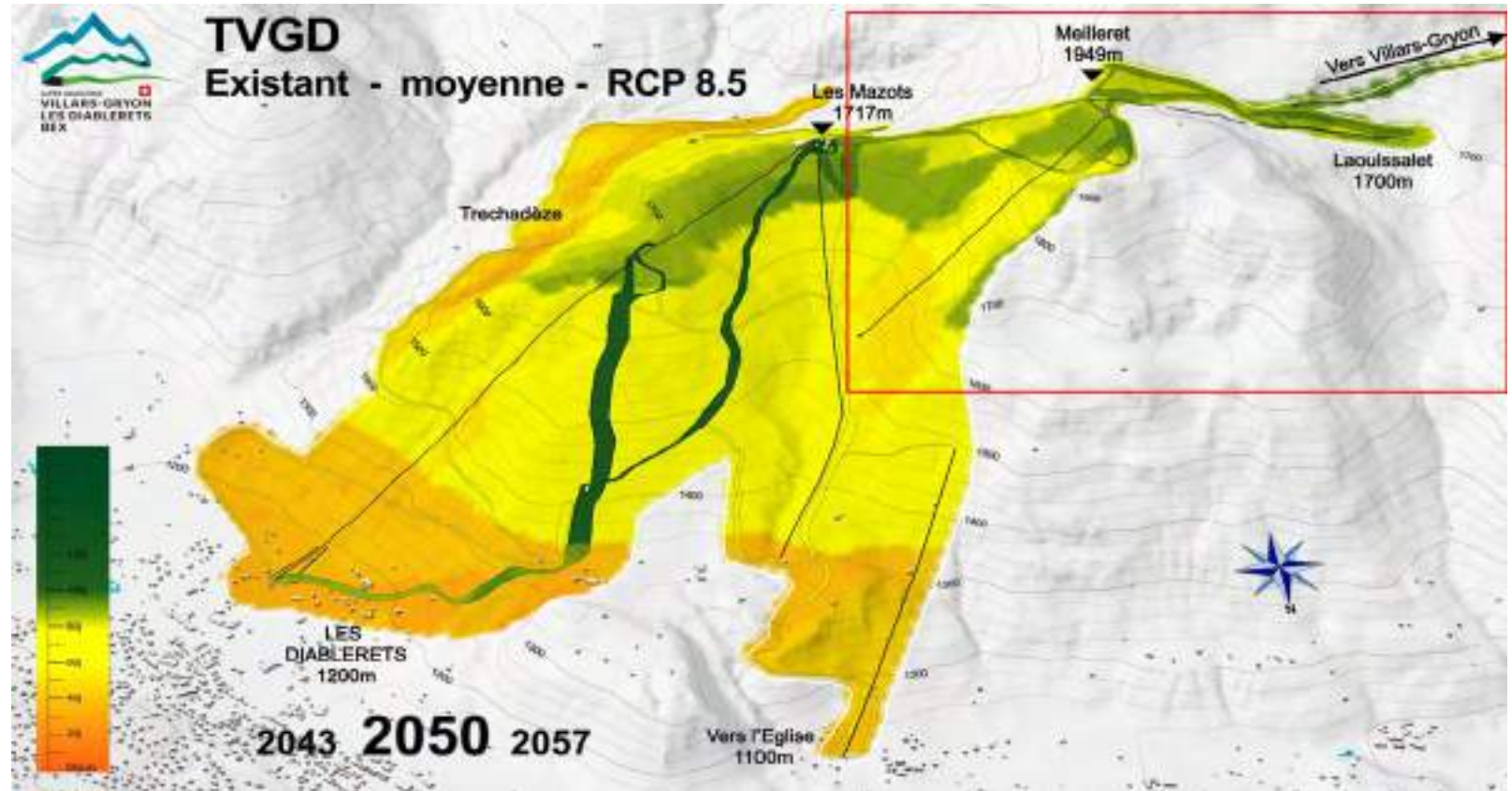
Dans ce cas de figure, la **'grande circulation' - inter 3 secteurs - n'est pas garantie.**

Le secteur d'altitude des Diablerets, avec les téléskis – télésièges actuels de :

- Ruvine,
- Mi-Ruvine – Meilleret,
- Laouissalet – Meilleret,

ne dessert pas de pistes dotées de **production de neige.**

Calcul du bénéfice d'ajouter des enneigeurs dans la liaison Chaux Ronde – Conche.



Le fonctionnement n'est pas garanti notamment sur le début de la saison. **Impact** → risque fort de :

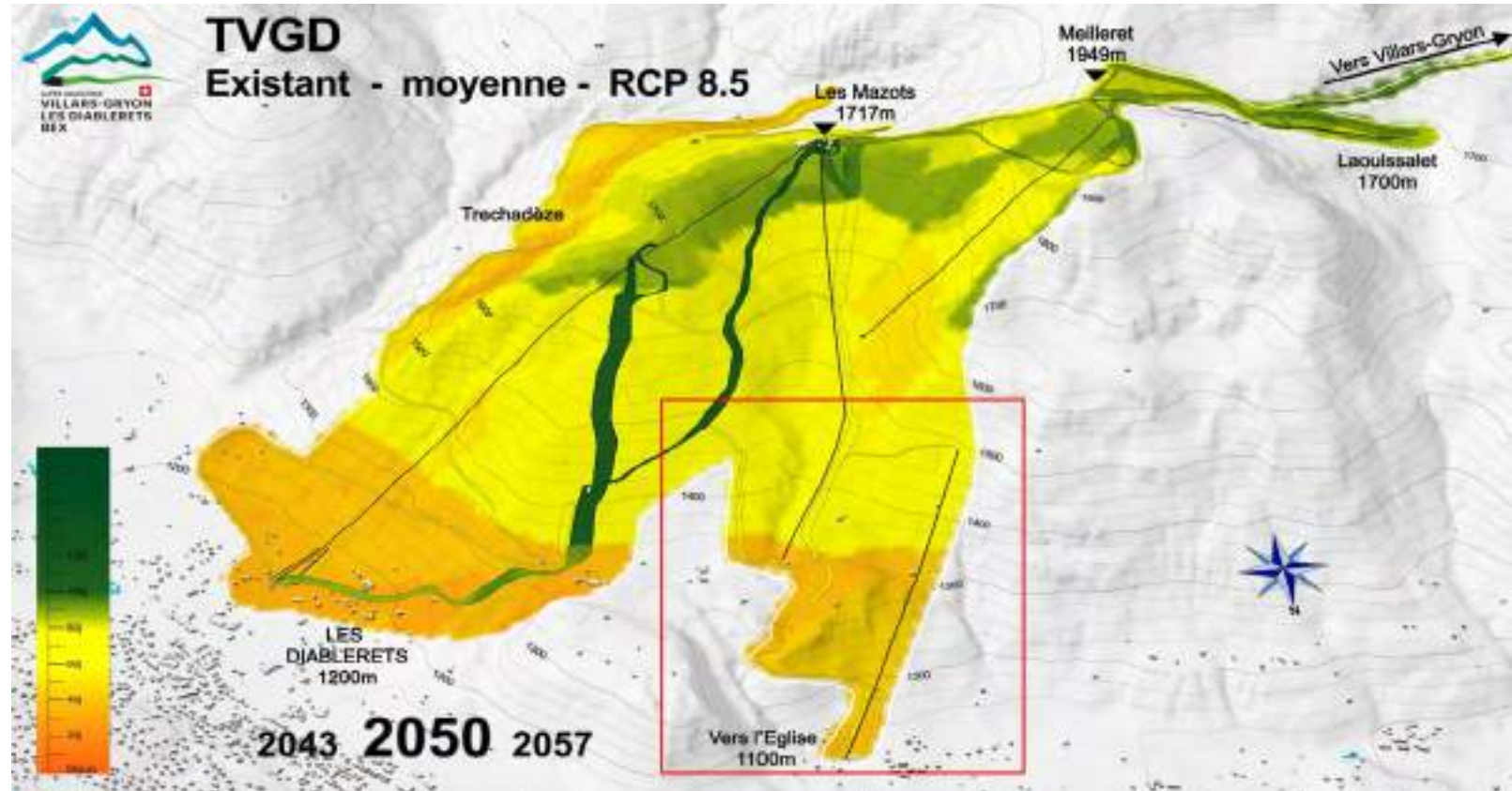
- devoir vendre **le forfait à un prix 'dégradé'**,
- ne pas pouvoir maintenir un prix ticket moyen élevé dès le début de la saison.

## Exemples : Villars-Gryon (Suisse)

Contribution à la stratégie de développement

Remplacement du TK Ruvine et du TSF Mi-Ruvine/Meilleret par un seul **téléporté** :

- point de départ à caler selon les résultats de l'étude Climsnow (se tenir en altitude) et les contraintes environnementales,
- le point de départ ne doit surtout pas être au départ de l'actuel TK 'Vers l'église' (téléski à supprimer), mais plus en altitude,
- effet de couvrir intégralement la piste par de la production de neige.



# Limites et perspectives

## Limites scientifiques et techniques :

- **Modélisation du manteau neigeux** (adéquation avec l'évolution technique de la gestion de la neige)
- **Question des ressources en eau.** ClimSnow calcule la quantité d'eau **potentiellement mobilisée pour la production**, à articuler avec la disponibilité effective de la ressource (travaux en cours pour compléter les outils sur ce plan, cf travaux Gerbaux et al., 2020)
- **Présentation des résultats** (indicateurs mensuels plutôt que saisonniers etc.)
- **Mises à jour nécessaires des projections climatiques** (progrès de la modélisation climatique, compatibilité avec la Trajectoire de Référence pour l'Adaptation au Changement Climatique, par degrés de réchauffement monde/France plutôt que scénarios RCP/SSP)
- Pas de **quantification économique** des conséquences de la baisse de la fiabilité de l'enneigement sur la fréquentation et ses effets sur les équilibres financiers des acteurs de la station, ni de quantification des capacités de résistance financière des exploitants face à une augmentation de la fréquence de retour des saisons de faible enneigement.

## Limites institutionnelles :

- **Appropriation variable des résultats** ClimSnow par les territoires, en fonction de la nature et de la motivation des commanditaires
- **Difficultés liées au statut concurrentiel du service:** les études ne sont pas publiques par défaut, elles peuvent l'être au choix du commanditaire

### 3 enjeux majeurs pour les prochaines années dans les territoires touristiques de montagne

- **Lucidité** : Le climat change, les impacts sont déjà là et vont s'aggraver. S'y adapter requiert des actions de fond et une vision sur plusieurs décennies.
- **Transparence** : En vue d'établir des trajectoires de développement pertinentes et porteuses de sens, les enjeux de gouvernance sont majeurs. Enjeux/bénéfices de la diffusion des résultats ClimSnow.
- **Cohérence** : Se préparer à un climat à +2°C au niveau mondial implique de se préoccuper à contribuer à atteindre cet objectif, et ce pour tous les secteurs et donc celui du tourisme (inclus transport, logement). Cohérence et articulation entre adaptation/décarbonation.

***Question plus large, dans une logique combinant décarbonation/adaptation :  
Comment traiter de la dépendance économique des territoires au tourisme et de  
ses conséquences sur les émissions de GES ?***

# Passage à l'échelle du service climatique ClimSnow

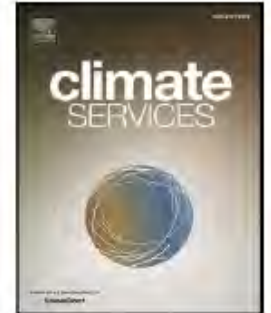


ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](#)

## Climate Services

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/cliser](http://www.elsevier.com/locate/cliser)



Review article

## Upscaling of climate services – What is it? A literature review

Galina Guentchev<sup>1</sup>, Erika J. Palin<sup>\*</sup>, Jason A. Lowe, Mark Harrison

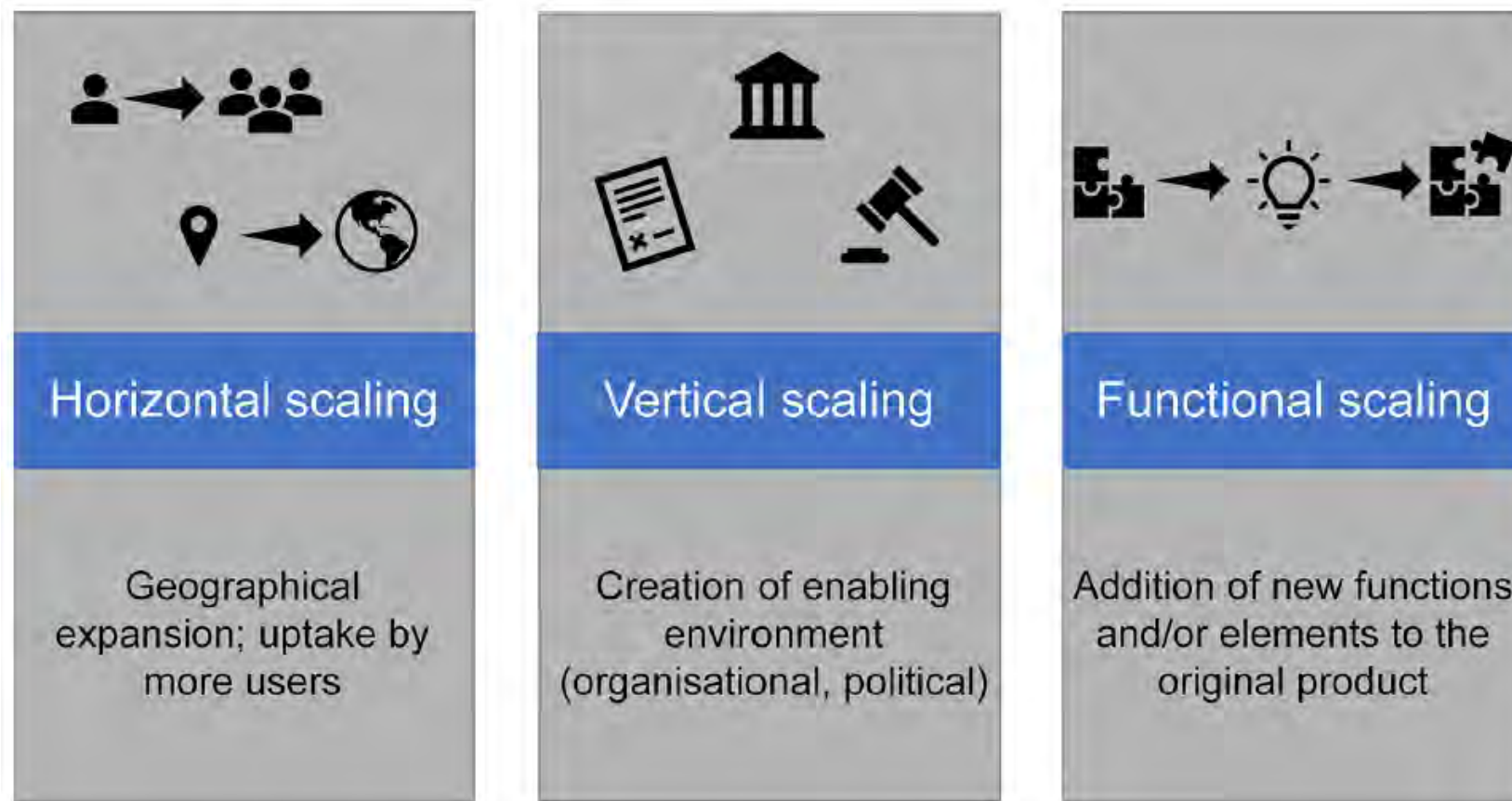
*Met Office, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK*



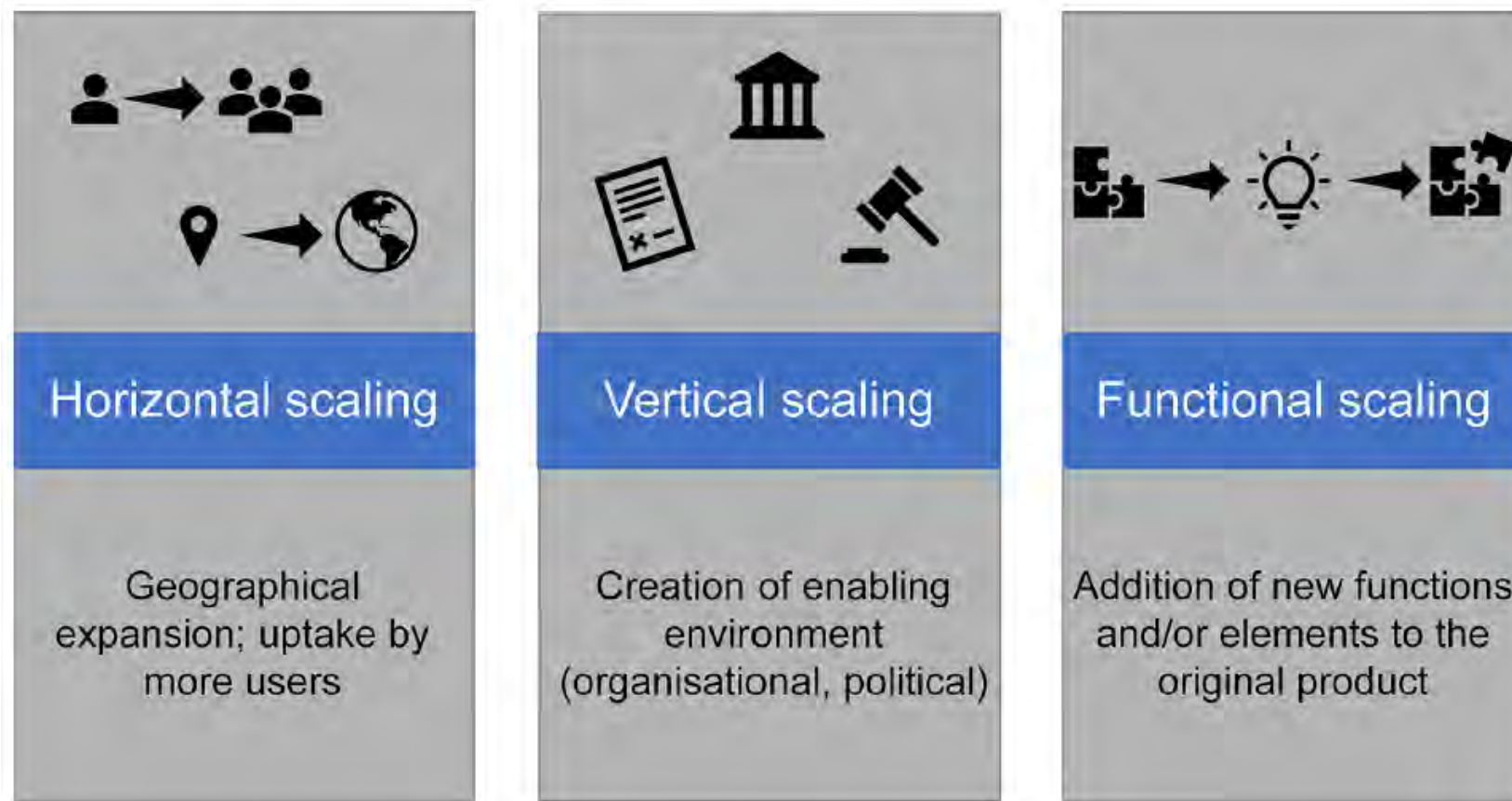
INRAE



# Passage à l'échelle du service climatique ClimSnow



# Passage à l'échelle du service climatique ClimSnow



Extension vers un large nombre de stations françaises à partir de prototypes (Isère, Metabief)

Insertion dans les dispositifs institutionnels (Avenir Montagne, études d'impact, accompagnement des transitions)

Extension aux enjeux de ressource en eau

Articulation avec l'analyse des verrouillages de trajectoires et la diversification économique

# Passage à l'échelle du service climatique ClimSnow



Fig. 2. Lessons learned about upscaling climate services, emerging from existing experiences and sectoral expertise.

# Passage à l'échelle du service climatique ClimSnow

## Upscaling Climate Services

Emerging lessons

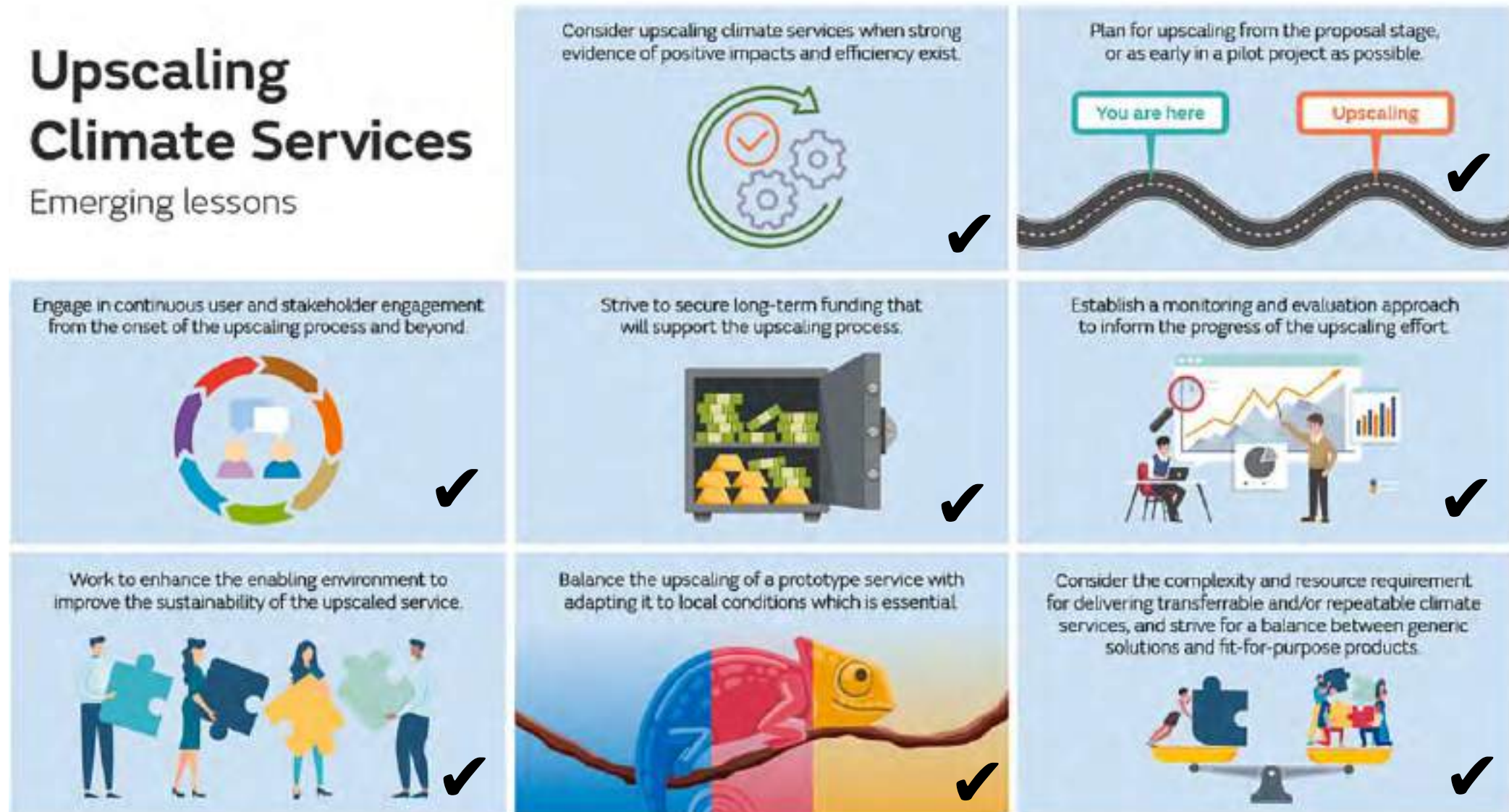


Fig. 2. Lessons learned about upscaling climate services, emerging from existing experiences and sectoral expertise.

# Synthèse générale

<https://www.climsnow.com/>



Les avancées scientifiques en sciences du climat, d'étude du manteau neigeux de montagne tenant compte de la gestion de la neige, et d'interfaçage avec les données territoriales ont permis de **mieux caractériser l'ampleur des impacts du changement climatique sur l'industrie touristique de montagne** (sports d'hiver notamment), par une approche générique fournissant des résultats personnalisés à l'échelle locale par la prise en compte de données spécifiques.

Ces connaissances sont mises à disposition des acteurs territoriaux par le biais du **service ClimSnow**, s'inscrivant dans une logique de contribution aux délibérations territoriales (les enjeux de **gouvernance** sont clé pour les démarches d'adaptation au changement climatique, cf rapports du GIEC). Attention toutefois à la question du partage des résultats.

Les résultats du service ClimSnow peuvent (voire, doivent) s'articuler avec **d'autres préoccupations/perspectives** (diversification, enjeux sur les ressources en eau) qui peuvent dépasser le cadre du tourisme hivernal.

La réalisation d'une étude ClimSnow favorise **en général** la concertation, l'animation des acteurs sur le territoire, et contribue à l'élaboration de la stratégie touristique et territoriale, qui s'articule à des enjeux d'ingénierie touristique et financière.

Le développement et le déploiement de ClimSnow est riche d'enseignements concernant **le prototypage, l'implémentation et le passage à l'échelle** de services climatiques, objectif de TRACCS et notamment son projet ciblé #3 « DEMOCLIMA ».



INRAE

