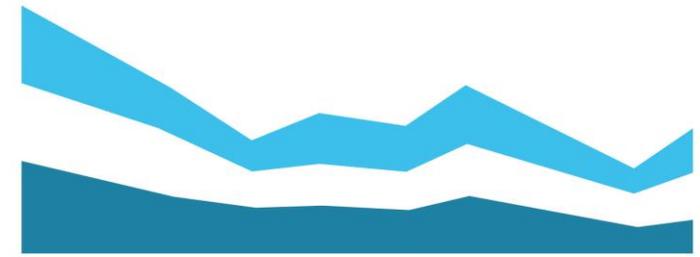




INRAE



CLIMSNOW
Prospective enneigement stations

- CLIMSNOW -

**ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET
PROJECTIONS DE L'EVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT :
L'ALPE D'HUEZ**

18/03/2022



SATA

ALPE D'HUEZ · LES 2 ALPES · LA GRAVE



Le **consortium Météo-France / Dianeige / Inrae** allie les performances de la recherche scientifique appliquée et les expertises de l'ingénierie touristique spécialisée sur les stations de montagne.

La méthodologie développée par ce consortium (service CLIMSNOW) permet :

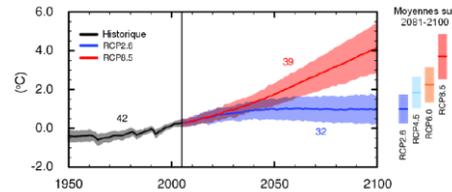
- d'octroyer des résultats sur les conditions météorologiques et l'enneigement des stations de ski à diverses échéances du 21ème siècle,
- d'identifier l'impact des techniques de gestion de la neige (damage, production de neige de culture),
- d'analyser les conséquences de ces changements sur les choix stratégiques et les investissements futurs, afin de guider la stratégie de développement de l'offre touristique des stations de ski.

Bénéfices pour les clients :

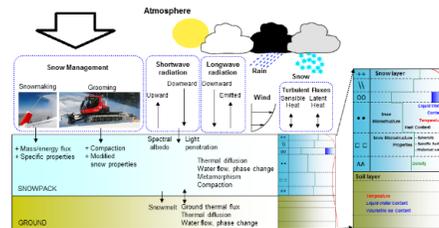
- accompagnement à la **diversification des activités touristiques**,
- appui aux **dossiers d'aménagement**,
- **fédération** des acteurs locaux

Le principal résultat de l'approche **CLIMSNOW** est de quantifier, à diverses échéances, la fiabilité de l'enneigement (neige naturelle damée, avec/sans neige de culture), sa variabilité et la capacité de chacune des stations à maintenir son exploitation selon quels efforts, selon quelles modalités et ce, à différentes échéances.

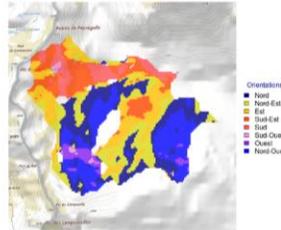
Scénarios climatiques
« zoomés »



Modélisation de la
neige (naturelle et
gérée)



Représentation de la
topographie



Prise en compte des
caractéristiques locales
(emplacement des
enneigeurs, dialogue
technique)



**Traitement statistique de
l'indice de fiabilité de
l'enneigement. Focus sur
la fréquence de retour des
années « délicates » (Q20)
plutôt que la moyenne
multi-annuelle**



SATA
Ski Alpinisme Tourisme Alpes

ÉTUDE D'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES STATIONS DE SKI DE LA SATA

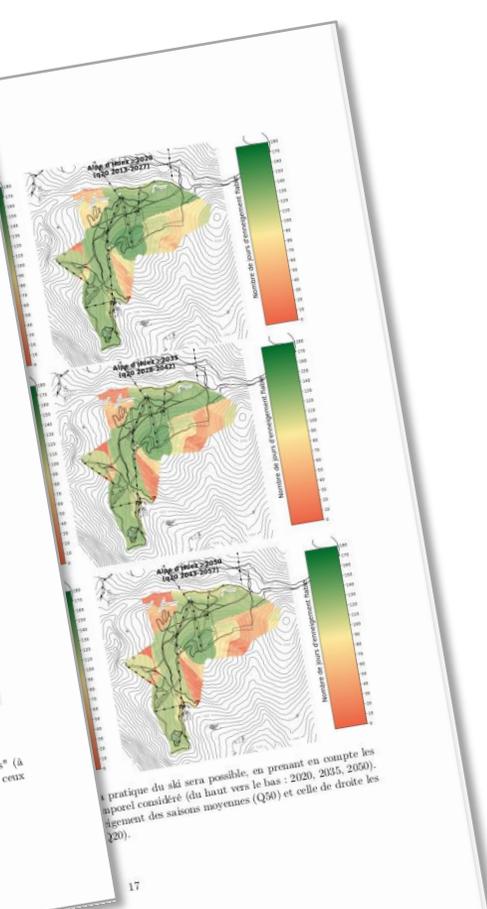
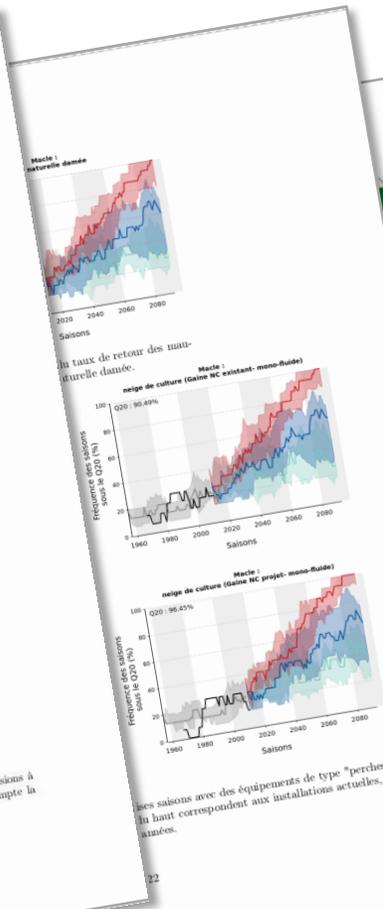
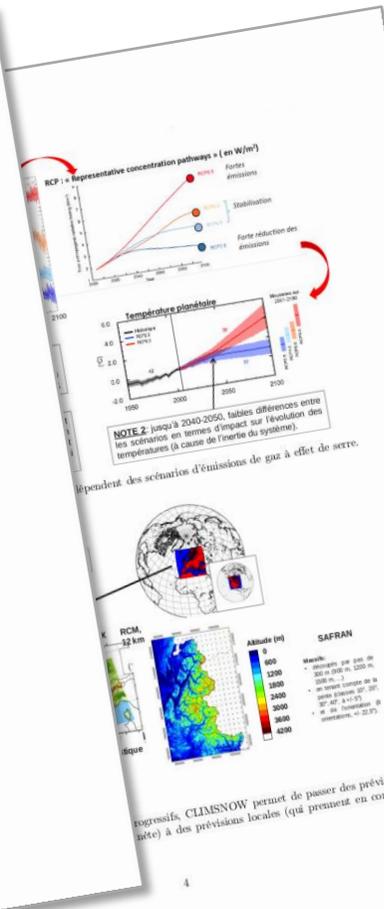
Méthodologie et terminologie

Fiches stations :
L'Alpe d'Huez
Les Deux Alpes
La Grave

CLIMSNOW
Prospective enneigement stations

METEO FRANCE **DIANEIGE** **INRAE**

14 octobre 2021

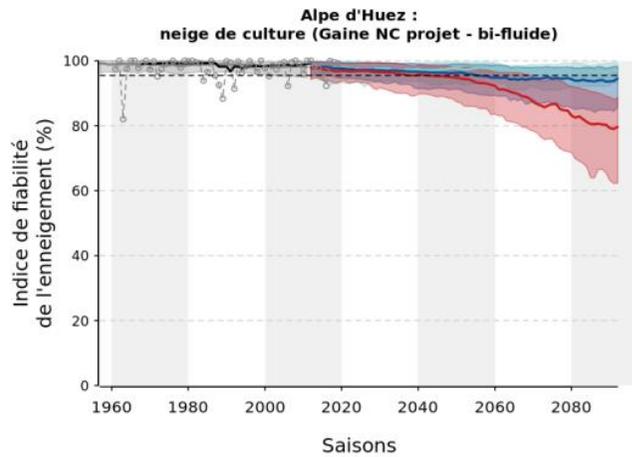
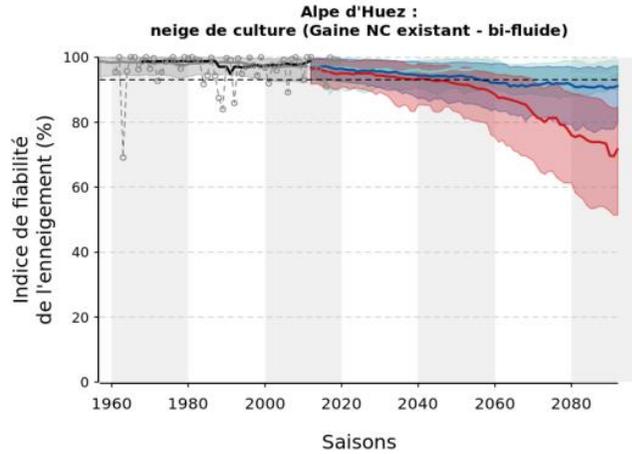


L'ALPE D'HUEZ

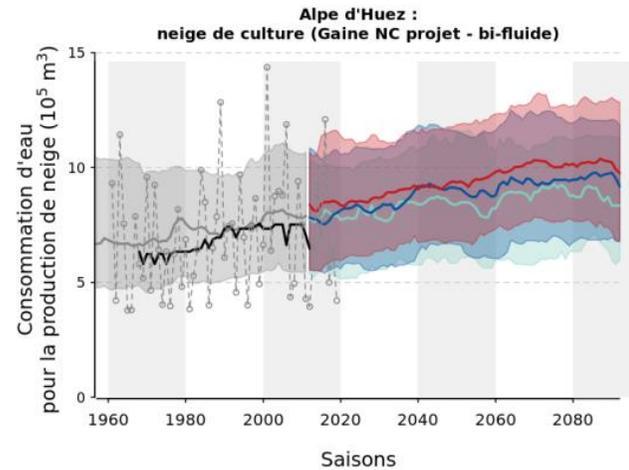
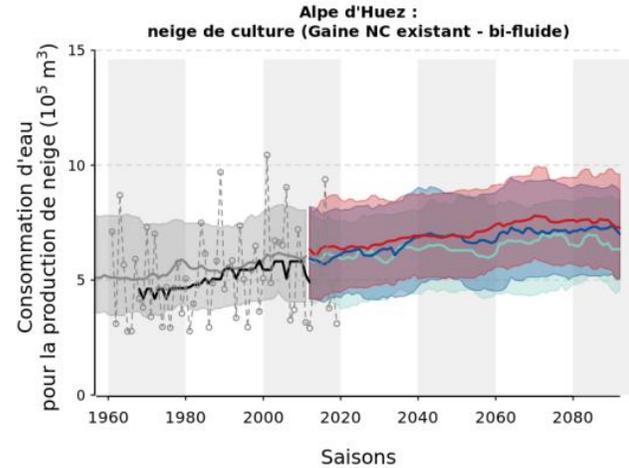




Indice de fiabilité de l'enneigement

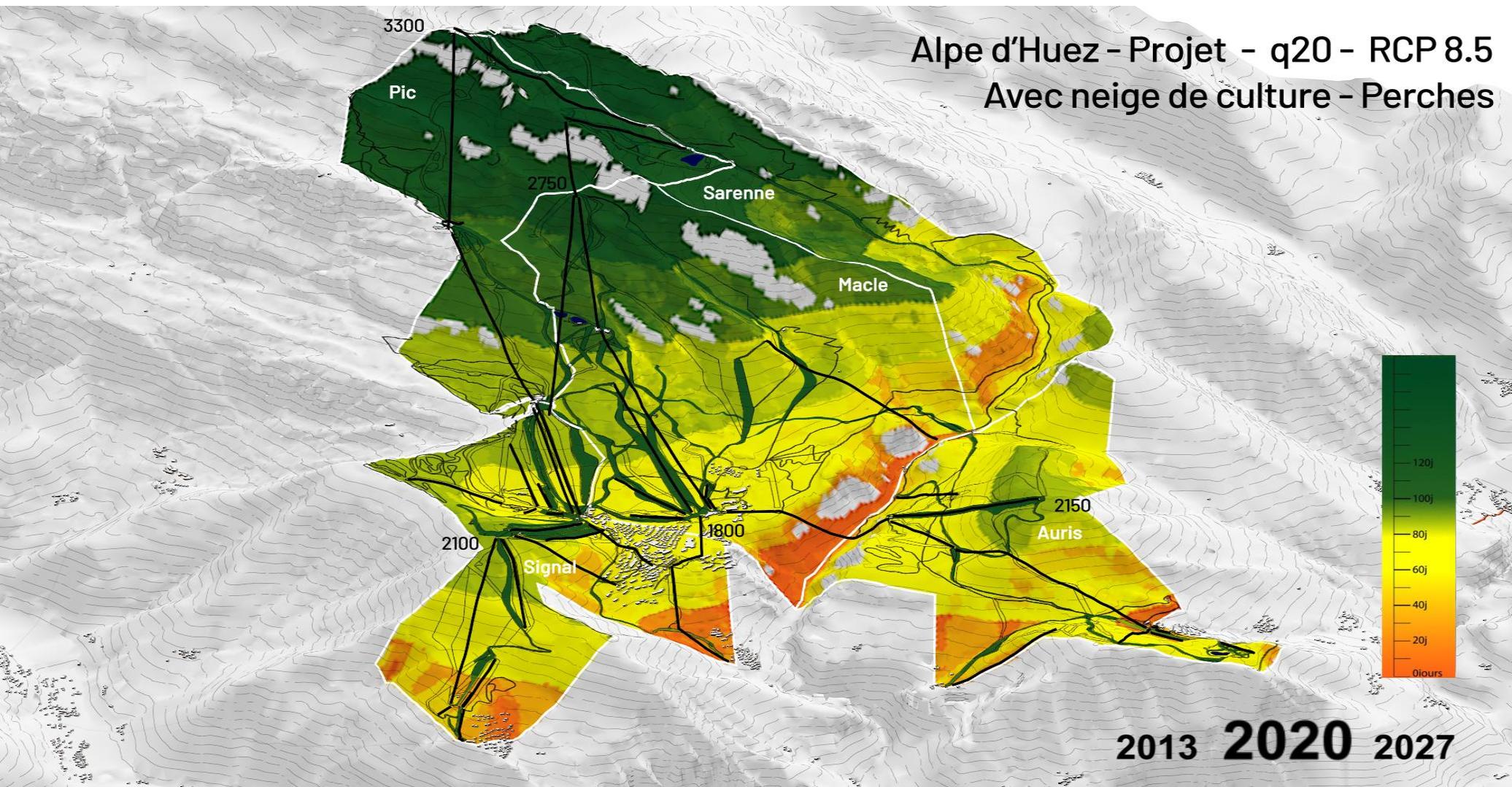


Consommation en eau pour la neige de culture



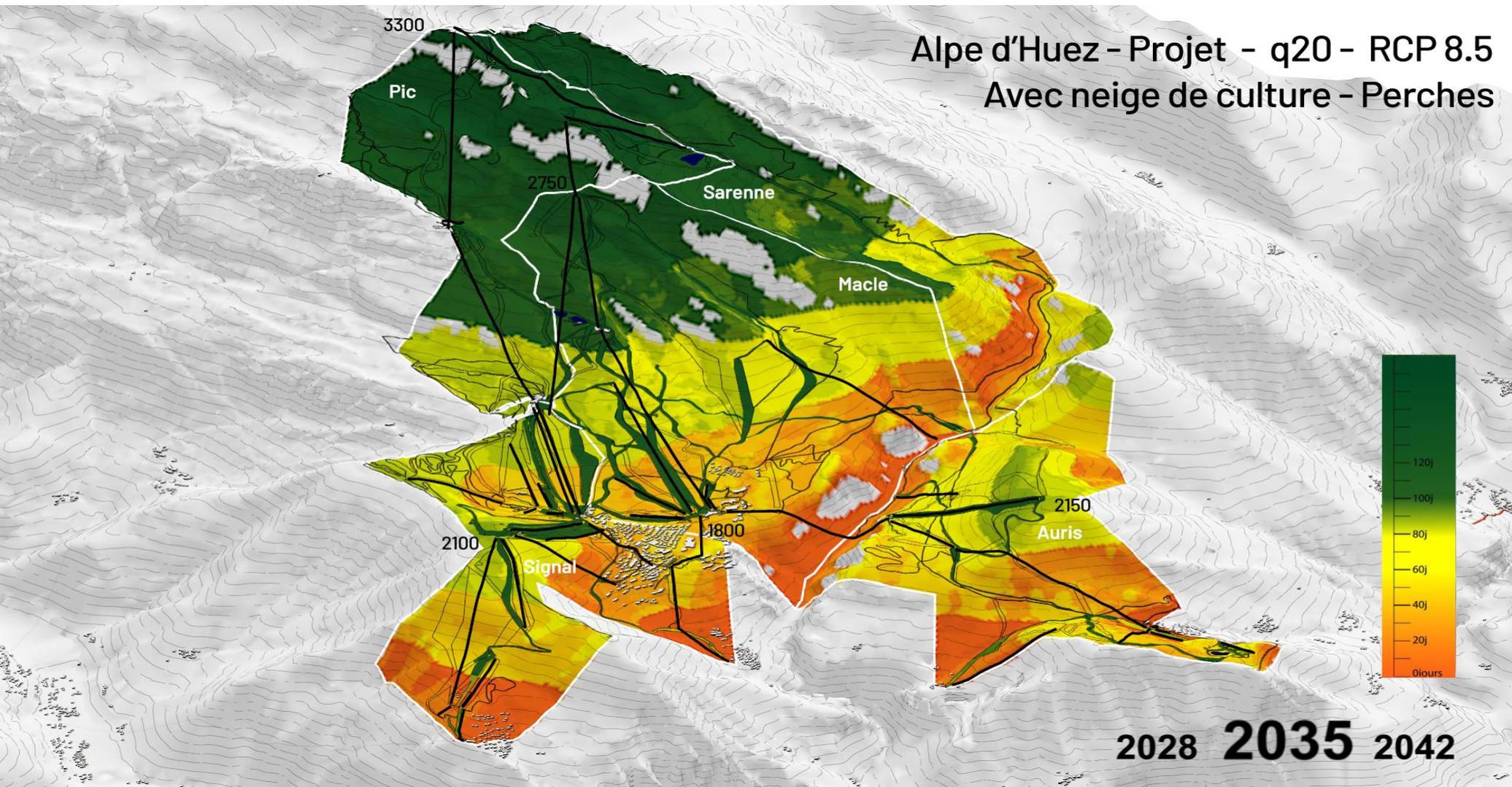


Nombre de jours avec un enneigement suffisant pour permettre la pratique du ski



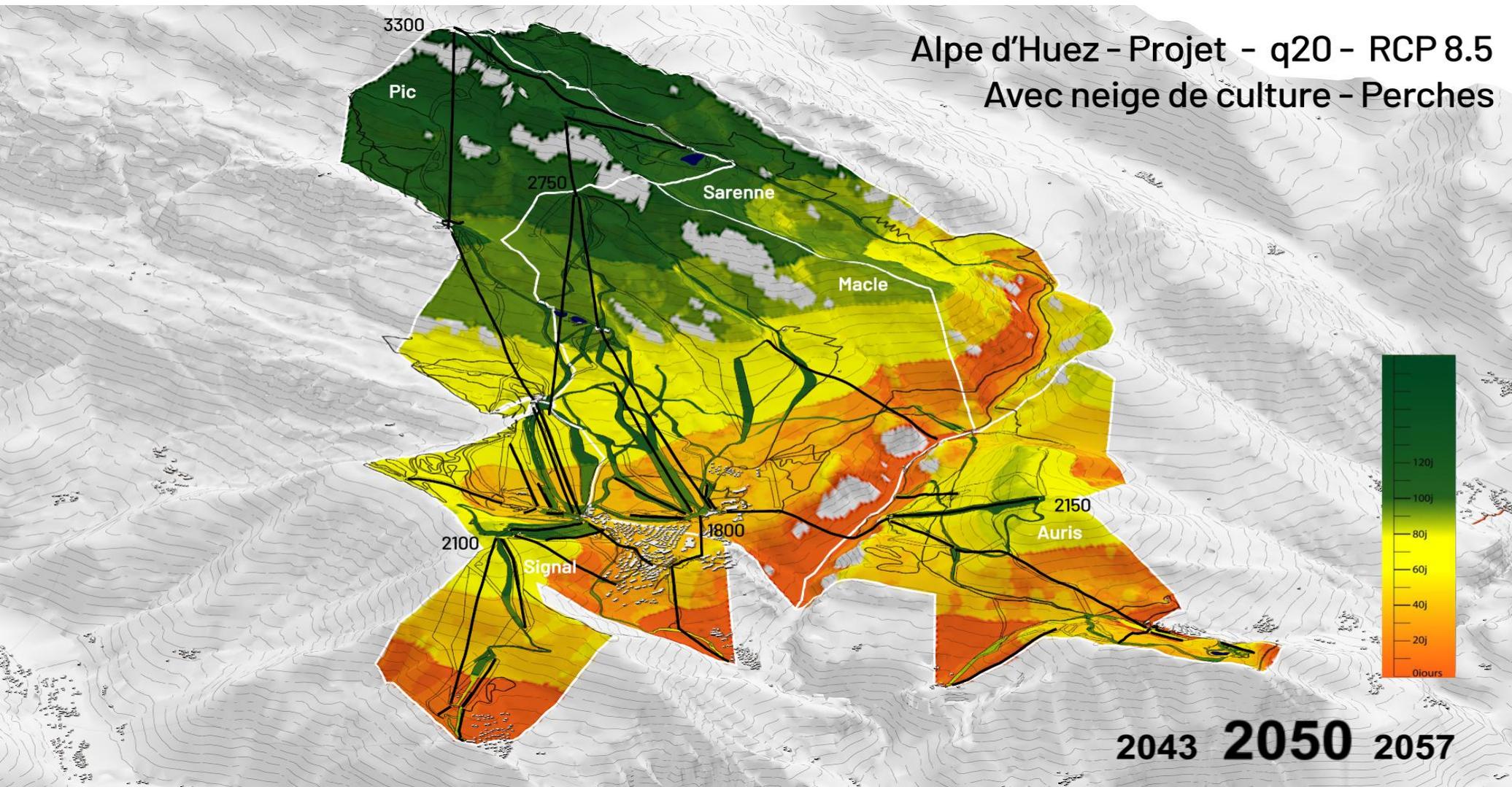


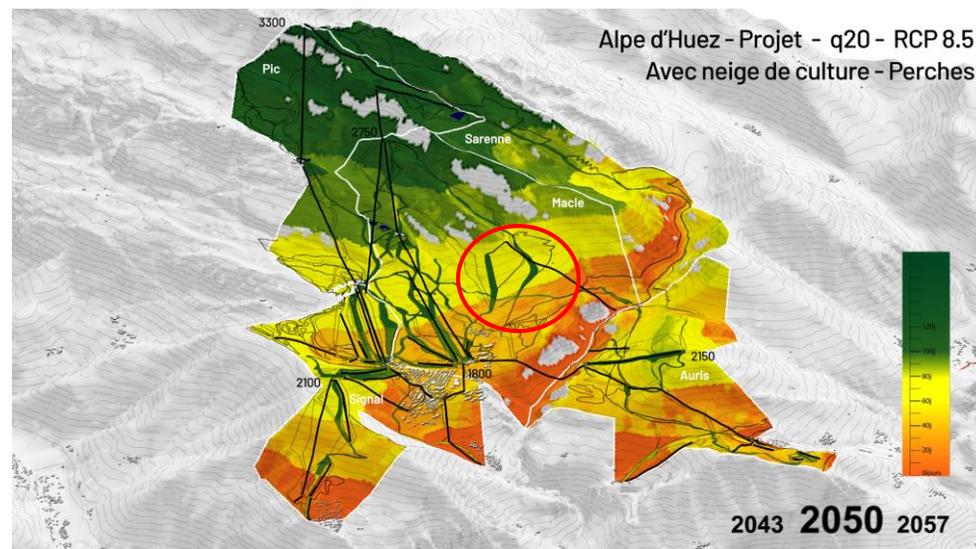
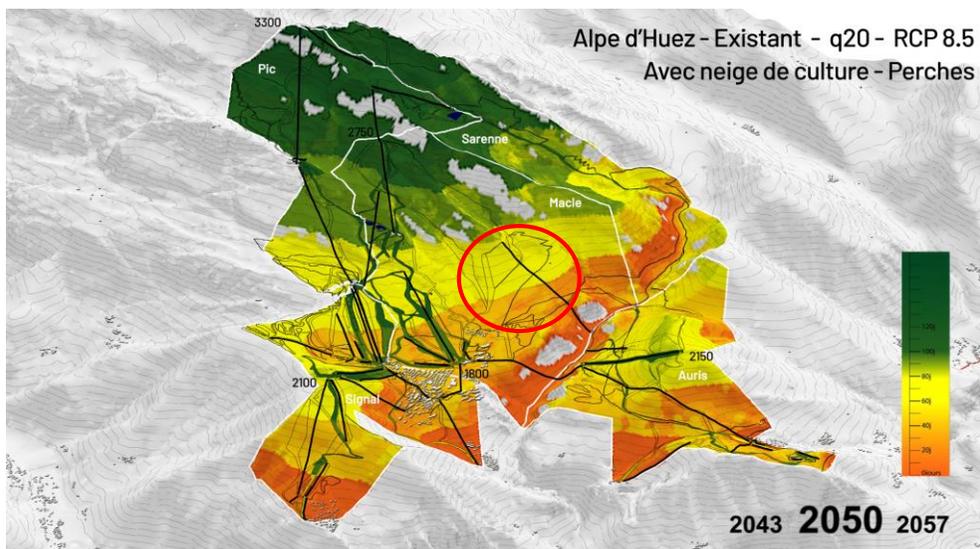
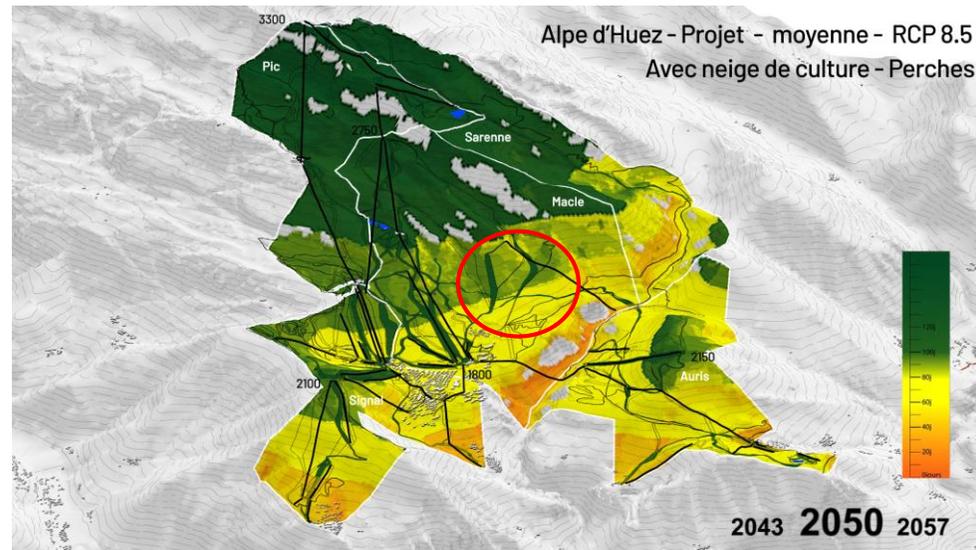
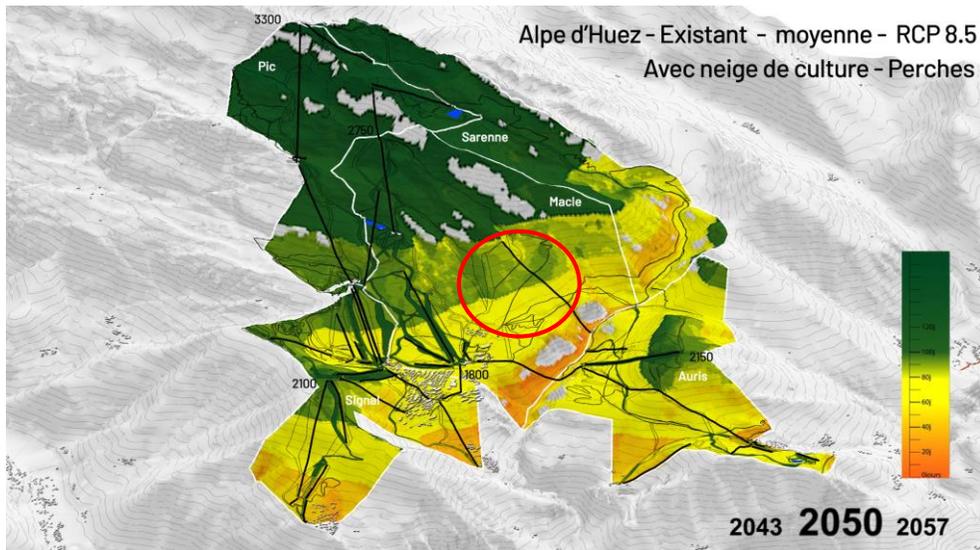
Nombre de jours avec un enneigement suffisant pour permettre la pratique du ski





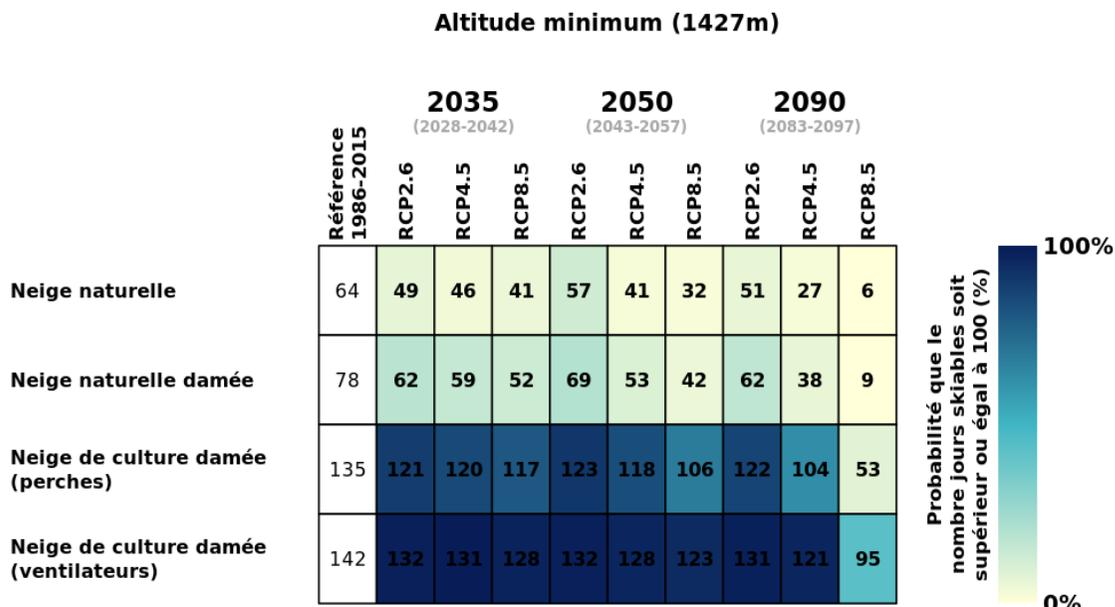
Nombre de jours avec un enneigement suffisant pour permettre la pratique du ski





Domaine (alti min)	Indice de fiabilité de l'enneigement en % (RCP8.5 - Q20 - Perches - Existant)			Jours d'enneigement fiables (RCP8.5 - Neige nat. damée/Perches)		
	1986-2015	2028-2042	2043-2057	1986-2015	2028-2042	2043-2057
AURIS (1427 m)	92	83	78	78/135	52/117	42/106
MACLE (1637 m)	89	80	75	99/145	73/130	64/120
PIC-BLANC (2090 m)	99	98	96	139/163	124/153	114/146
SARENNE (2733 m)	100	100	97	164/173	156/169	147/164
SIGNAL (1475 m)	94	87	83	83/138	56/120	47/109
L-ALPE-D-HUEZ (1427 m)	93	85	84	78/135	52/117	42/106

TABLE 2 – Indices de fiabilité de l'enneigement et jours d'enneigement fiables à l'altitude la plus basse, calculés pour chaque domaine.





Aujourd'hui, la station de l'Alpe d'Huez dispose de 2 retenues d'altitude sur le secteur de Marmottes (35.000 m³ et 53.000 m³), une retenue sur le secteur de l'Herpie qui alimente la piste de Sarenne (165.000 m³) et la retenue de Piégut sur le secteur d'Auris (37.500 m³). L'eau est prélevée dans le Lac Blanc et la Sarenne, pour une consommation totale annuelle d'environ 600.000 m³ maximum.

Dans ce contexte, afin d'augmenter la disponibilité en eau, de développer la capacité de production et d'étendre le réseau équipé en neige de culture, la station souhaite réaliser un projet d'aménagement incluant un système d'adduction d'eau (environ 1200 m³/h) à partir du barrage du Chambon vers les retenues de Marmottes, sur une distance de 14 km. Ce système permettrait d'un côté de pré-remplir les retenues et de l'autre côté de renforcer le réseau neige sur différents secteurs. De nouvelles pistes pourraient ainsi être équipées en neige de culture (pistes Campanules et Charbonnière sur le secteur de l'Herpie, piste des Farcis à Auris, piste de la Mine et liaison Alpe-Auris, etc.), pour un total de 67 ha supplémentaires équipés.

Station	Surfaces des pistes (ha)	Surfaces des pistes équipées (ha)	
		Existant	Projet
L'Alpe d'Huez	331	176 (53%)	243 (73%)

TABLE 1 – Surfaces des pistes équipées en neige de culture.

L'étude ClimSnow permet d'analyser la viabilité de ces projets d'aménagement face aux effets du changement climatique sur les conditions météorologiques et l'enneigement futur de la station.

- En ce qui concerne les volumes d'eau à consommer, l'extension du réseau neige nécessitera une production supplémentaire d'au moins 200.000 m³. De plus, d'après les modèles et en considérant des installations de type "perches", la consommation globale devra augmenter d'environ 15% entre 2020 et 2050, afin de compenser le manque progressif de neige naturelle. En parallèle, les modèles montrent que les conditions d'exploitation (températures humides et vitesses de vent) permettront, jusqu'à au moins l'horizon 2050, de faire fonctionner les installations, et ce même en considérant le scénario d'émissions de gaz à effet de serre le plus pessimiste. Ceci est d'autant plus vrai lorsqu'on prend en compte des installations de type "ventilateurs", qui ont un taux de production et des températures de démarrage plus élevés.
- En ce qui concerne les surfaces des pistes qui resteront viables et les jours d'enneigement pendant lesquels la pratique du ski sera possible, le tableau ci-après montre les différences entre les domaines au sein de la station. La valeur ajoutée liée à la production de neige de culture est assez évidente en termes de durée d'exploitation, surtout pour les domaines situés aux altitudes les plus basses.
- En ce qui concerne les différences entre les domaines, les cartes 3D ci-après permettent d'identifier la variabilité spatiale et temporelle dans les conditions d'enneigement, avec la prise en compte des projets d'aménagement futurs et en se focalisant sur des saisons moyennes et des saisons mauvaises.

La conclusion de l'étude est claire : dans les prochaines années, afin de sécuriser les pistes face à la baisse de l'enneigement naturel et de réaliser l'extension du réseau de neige de culture, il sera nécessaire d'augmenter la consommation en eau. Les évolutions des variables atmosphériques permettront de supporter cette augmentation de consommation dans les prochaines décennies, raison pour laquelle le projet d'adduction d'eau et l'extension du réseau neige apparaissent viables du point de vue climatique. Aux altitudes les plus basses, la couverture nivale se fragilisera plus rapidement (voir tableau ci-après), ce qui suggère d'anticiper les investissements en déportant la capacité d'accueil en altitude et en soulageant progressivement la fréquentation des secteurs bas. Ces derniers devront pouvoir être ouverts pendant le cœur de la saison d'hiver, mais avec une agilité d'ouverture en fonction des conditions nivo-météorologiques du moment.