



7 novembre 2022



## - CLIMSNOW -

ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET  
PROJECTIONS DE L'ÉVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT  
SUR LA STATION DE :

CREVOUX

Carlo Maria Carmagnola

Météo-France / Centre d'Etudes de la Neige  
Dianeige



# CONTEXTE DE L'ETUDE

1 – CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE

2 – L'OUTIL CLIMSNOW

3 – L'ETUDE « REGION SUD »

Les territoires de montagne n'échappent pas à l'**évolution climatique** qui influe directement sur la durabilité de l'enneigement.

Il importe d'en mesurer rigoureusement les valeurs afin d'en tirer les conséquences et d'**adapter les stratégies touristiques** des territoires et des stations.

- Quel sera à court et long terme le poids des activités liées directement à la neige dans les économies des massifs montagneux ?
- Quelles orientations pour l'évolution des produits touristiques ?
- Quel sera le prix du confortement des activités 'neige' ? Sur quel périmètre ?
- Comment aborder des périodes de transition ?

Autant de questions qui se posent, certes à des degrés divers, à l'ensemble des espaces valléens dont les économies et la vie sociale sont du ressort de l'enneigement, qu'il soit naturel ou de culture.



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.

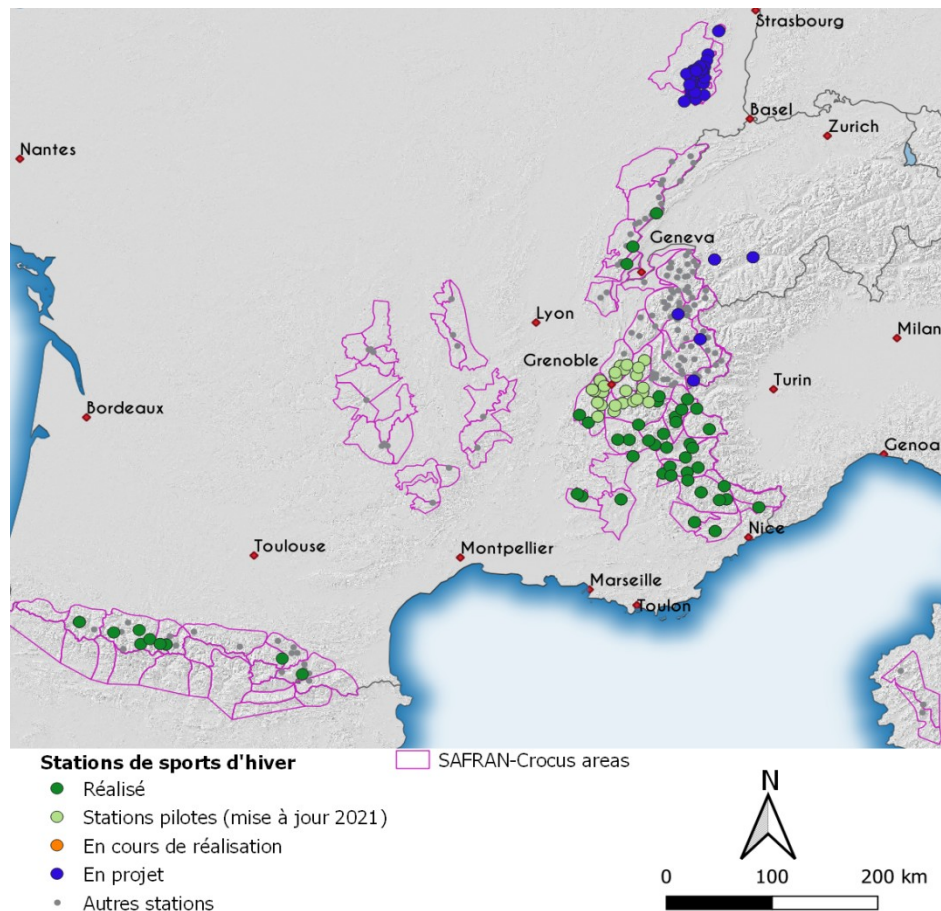
La méthodologie développée par ce consortium (service **ClimSnow**) permet :

- 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.

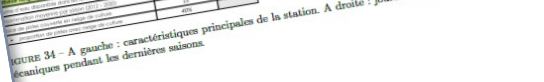


129 stations françaises  
étudiées ou en cours d'étude  
depuis 2020

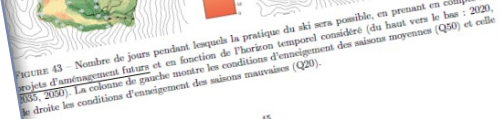
ClimSnow cité dans le dossier de presse  
du Plan Avenir Montagne (Mai 2021, pag. 14)

**Exemple d'intervention :** Afin d'éclairer les acteurs locaux sur les perspectives d'enneigement et leur permettre des choix d'investissement éclairés, Avenir Montagnes Ingénierie cofinancera la réalisation de diagnostics (Dianeige Météo France INRAE) permettant de quantifier à diverses échéances la fiabilité et la variabilité de l'enneigement. La station de Métabief dans le Jura a ainsi pu sur la base d'un diagnostic cartographié de son domaine skiable adapter ses projets en faveur d'un développement touristique tenant compte du changement climatique.

2 juillet 2021



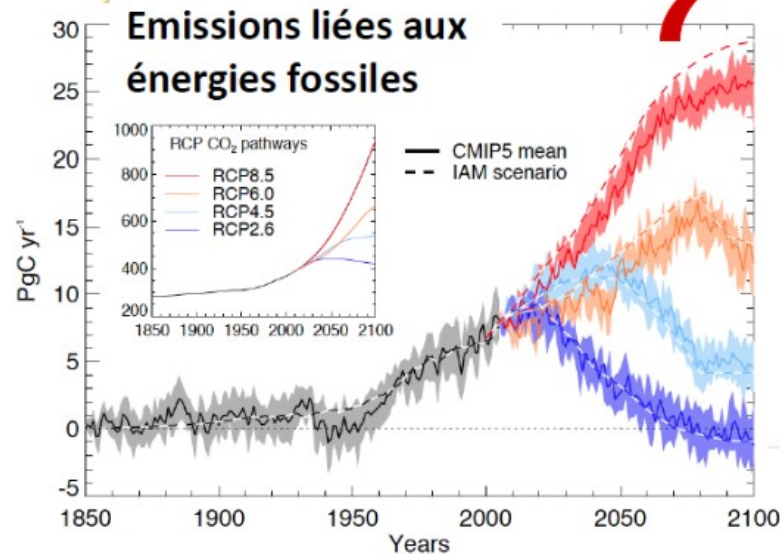
36



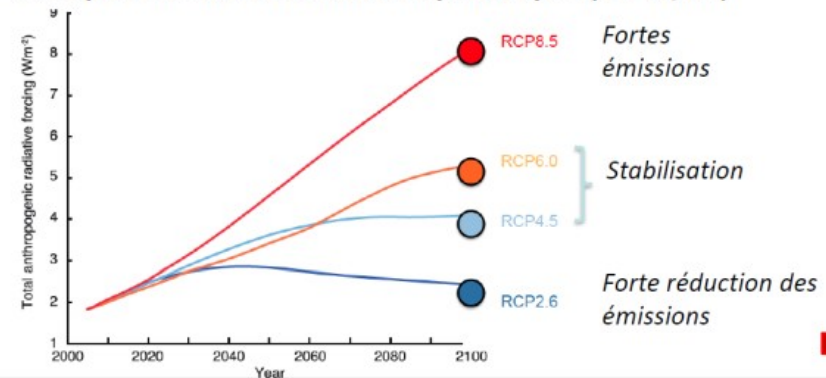
# OUTILS ET METHODES

## 4 – TERMINOLOGIE ET METHODOLOGIE

Les projections climatiques dépendent des scénarios d'émissions de gaz à effet de serre (RCP)



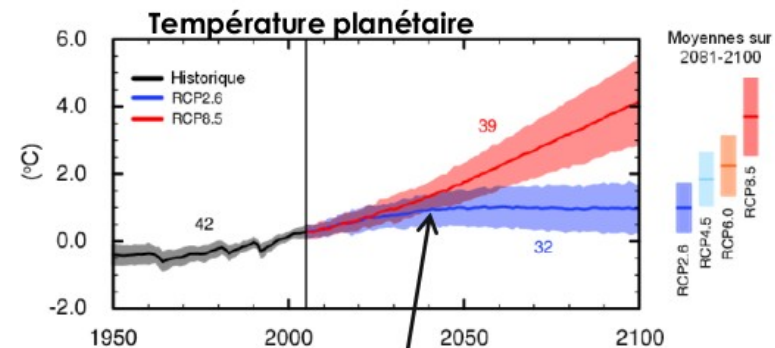
RCP : « Representative concentration pathways » ( en W/m<sup>2</sup>)



Scénarios:

- ✓ RCP2.6 - neutralité carbone à partir de 2050
- ✓ RCP4.5 - baisse des émissions à partir de 2050
- ✓ RCP8.5 - poursuite de fortes émissions de GES

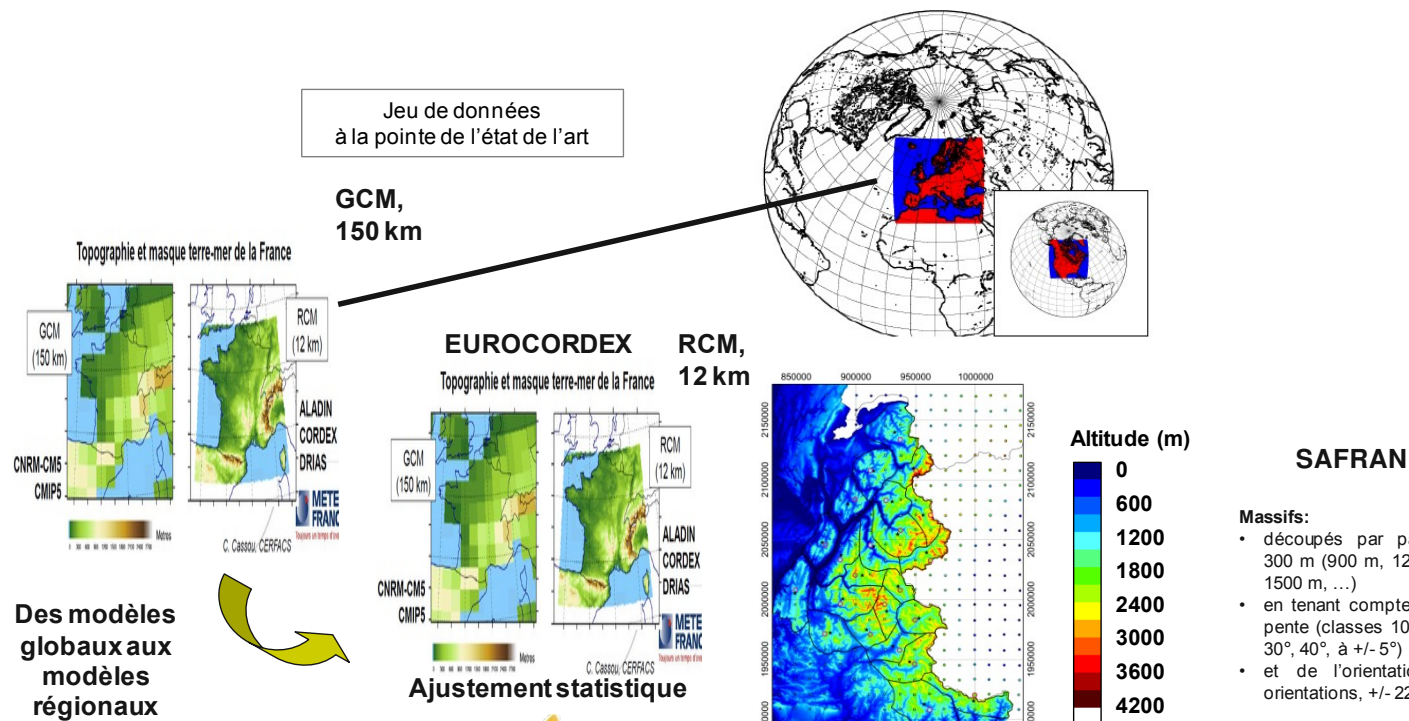
**NOTE 1:** dans les analyses, on se focalise surtout sur le **RCP8.5**, car ce scénario, bien qu'improbable, reste tout à fait possible et permet de définir une référence « pessimiste » qui minimise le risque dans la prise de décision.



**NOTE 2:** jusqu'à 2040-2050, faibles différences entre les scénarios en termes d'impact sur l'évolution des températures (à cause de l'inertie du système).

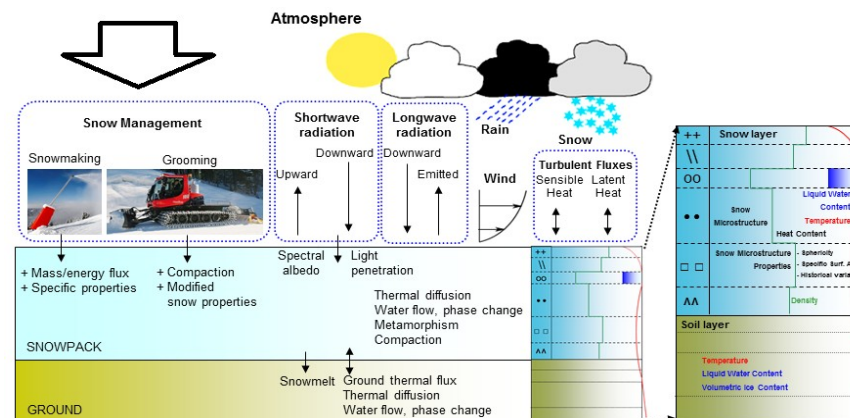
## Projections climatiques, avec méthode de descente d'échelle adaptée aux zones de montagne françaises

La chaîne de modélisation de CLIMSNOW se sert des observations nivo-météorologiques et du réseau de mesures de Météo-France pour fournir un état historique, à partir duquel l'évolution future est calculée, en exploitant les dernières projections climatiques du GIEC, pour permettre d'estimer les évolutions nivo-météorologiques à différentes échéances.



## Modélisation de l'enneigement

Pour la modélisation de la neige, CLIMSNOW se sert de la dernière version du modèle Crocus-Resort, développé par Météo-France, permettant de simuler l'évolution de la neige naturelle, les effets du damage (compactage et fraisage) et la production de neige de culture (en fonction de la période de la saison, du type d'enneigreur, de la température humide, de la vitesse du vent et de l'objectif de production).



**Masse volumique de la neige de culture produite:**  $600 \text{ kg m}^{-3}$

**Schéma de production de neige:**

- À partir du 1er novembre, sous contrainte des seuils de vent et de température humide différents, sans limite sur la disponibilité de la ressource en eau et avec des objectifs de production différents en fonction des périodes. Entre le 1/11 et le 15/12 : constitution d'une sous-couche avec une phase de production correspondant à  $150 \text{ kg m}^{-2}$  d'eau convertie en neige de culture, soit 15 cm de neige de culture à  $600 \text{ kg m}^{-3}$  en tenant compte de 40% de pertes d'eau.
- Entre le 15/12 et le 31/03 la production dès lors que l'épaisseur de neige devient inférieure à 60 cm, et ce jusqu'au 31/03.
- A partir du 31/03: plus de production.

**Seuil de vitesse du vent pour la production:** 4,2 m/s (environ 15 km/h)

**Seuil de température humide:** inférieur ou égal  $-2^{\circ}\text{C}$  pour les mono-fluides et  $-6^{\circ}\text{C}$  pour les bi-fluides

## Représentation des domaines skiables

Représentation spatiale des stations par pas de 300 m (900 m, 1200 m, 1500 m etc.), en tenant compte de la pente (classes 10°, 20°, 30°, 40°, à +/- 5°) et de l'orientation (8 orientations, +/- 22,5°).

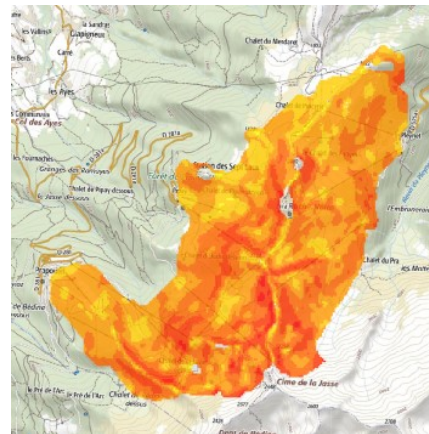
Altitudes



Plages d'altitude

- 1200 masl
- 1500 masl
- 1800 masl
- 2100 masl
- 2400 masl

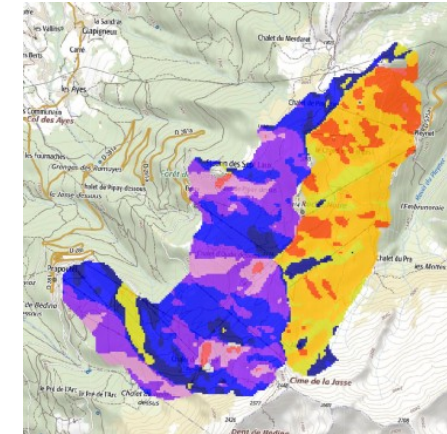
Pentes



Pentes

- Moins de 5°
- 5-15°
- 15-25°
- 25-35°
- 35-45°
- Plus de 45°

Orientations

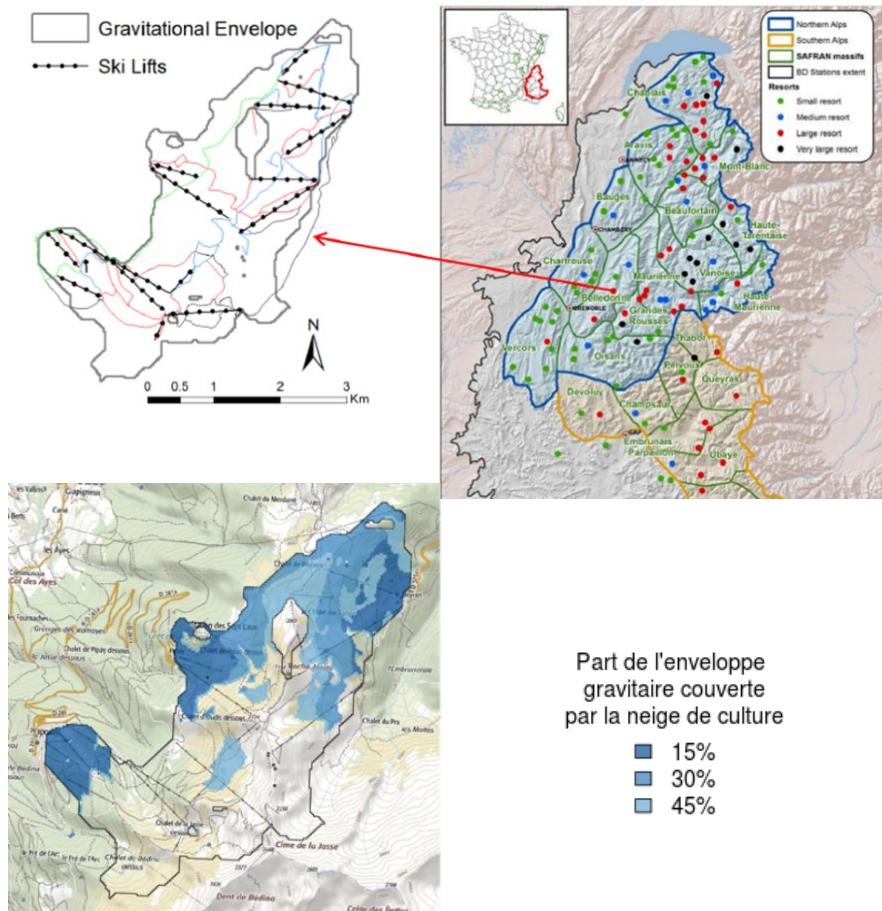


Orientations

- Nord
- Nord-Est
- Est
- Sud-Est
- Sud
- Sud-Ouest
- Ouest
- Nord-Ouest

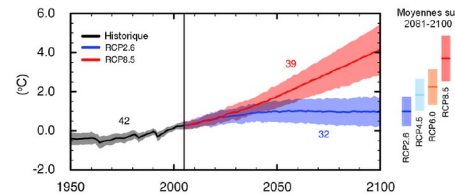
## Représentation des domaines skiables

Prise en compte des données cartographiques des stations, incluant le récolement des remontées mécaniques, les tracés de pistes et le réseau de neige de culture.

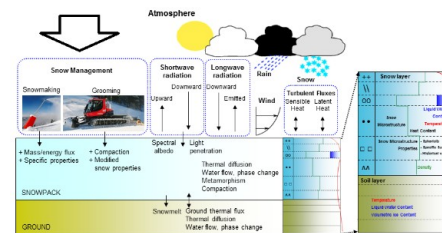


- Collecte de données auprès des opérateurs (récolement des remontées mécaniques, tracés de pistes et de neige de culture, unités de stockage d'eau)
- Modélisation des enveloppes gravitaires (ensemble des points accessibles depuis le sommet des remontées mécaniques permettant de rejoindre le pied d'un appareil dans la même station)
- Modélisation explicite de la couverture en neige de culture

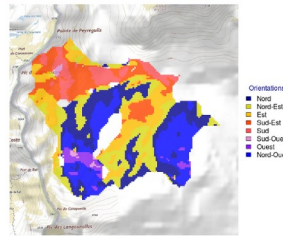
Scénarios climatiques  
« zoomés »



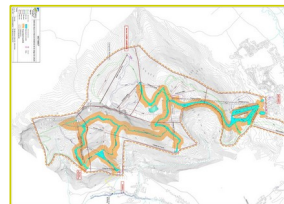
Modélisation de la  
neige (naturelle et  
gérée)



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**

# RESULTATS

## Crévoux

5 – LA COLLECTE DE LA BASE DE DONNEES

6 – LES INDICATEURS CLIMATIQUES

7 – LES VOLUMES D'EAU

8 – LES DUREES D'ENNEIGEMENT



## 5 – LA COLLECTE DE LA BASE DE DONNEES

15

|                         | SO = Sans Objet              | 0% ou 0 = donnée non transmise    | Pistes          |            |          |                   | Remontées mécaniques |          |        |        |                   | Exploitation            |             |           |           | Consommations  |                      |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-----------------|------------|----------|-------------------|----------------------|----------|--------|--------|-------------------|-------------------------|-------------|-----------|-----------|----------------|----------------------|
| DEPARTEMENT             | Espace valléen               | Station (tot1)                    | déniv piste max | L3D pistes | S pistes | %S pistes avec NC | nb RM                | Déniv RM | L3D RM | MtP    | %MtP fiabilisé NC | Capa accueil DS confort | Nb dameuses | J.ouv.moy | J.ouv.max | Conso eau moy. | Conso élec moy du DS |
| Alpes de Haute Provence | A3V                          | La Foux d'Allos                   | 890             | 44         | 102      | 28%               | 19                   | 4 579    | 17     | 5 886  | 51%               | 5 690                   | 0           | 84        | 129       | 66 000         | 0                    |
|                         |                              | Le Seignus                        | 1 010           | 24         | 54       | 28%               | 13                   | 2 141    | 7      | 2 923  | 48%               | 2 780                   | 0           | 73        | 114       | 59 000         | 0                    |
|                         | Provence Alpes Agglomération | Chabanon Selonnet                 | 503             | 24         | 47       | 37%               | 11                   | 2 183    | 8      | 1 606  | 0%                | 2 200                   | 4           | 71        | 115       | 35 000         | 301 800              |
|                         |                              | Le Grand Puy                      | 470             | 17         | 35       | 20%               | 5                    | 920      | 3      | 918    | 92%               | 1 380                   | 2           | 63        | 91        | 10 000         | 0                    |
|                         |                              | Montclar                          | 1 130           | 59         | 51       | 21%               | 9                    | 2 112    | 9      | 2 419  | 39%               | 2 510                   | 3           | 72        | 103       | 35 000         | 1 006 200            |
|                         | Vallée de l'Ubaye            | Pra Loup                          | 950             | 54         | 102      | 50%               | 22                   | 5 042    | 18     | 6 849  | 69%               | 5 310                   | 0           | 0         | 0         | 146 000        | 0                    |
|                         |                              | Sainte Anne                       | 570             | 16         | 49       | 10%               | 6                    | 1 260    | 5      | 1 085  | 26%               | 2 180                   | 0           | 0         | 0         | 5 000          | 0                    |
|                         |                              | Le Sauze - Super Sauze            | 1 015           | 43         | 91       | 22%               | 21                   | 4 335    | 35     | 3 836  | 61%               | 5 770                   | 0           | 0         | 0         | 69 000         | 965 344              |
| Alpes Maritimes         | Alpes d'Azur                 | Larche                            | 284             | 5          | 6        | SO                | 4                    | 473      | 2      | 292    | SO                | 370                     | 0           | 0         | 0         | SO             | 0                    |
|                         |                              | Val Pelens                        | 115             | 4          | 5        | SO                | 2                    | 151      | 1      | 71     | SO                | 260                     | 1           | 0         | 0         | SO             | 2 800                |
|                         | Metropole Nice Cote d'Azur   | Valberg                           | 605             | 51         | 135      | 40%               | 23                   | 3 802    | 16     | 4 802  | 75%               | 6 770                   | 6           | 73        | 122       | 183 000        | 2 066 800            |
|                         |                              | Auron                             | 851             | 62         | 165      | 61%               | 19                   | 5 932    | 18     | 9 655  | 87%               | 7 420                   | 7           | 86        | 98        | 0              | 0                    |
|                         |                              | Isola 2000                        | 785             | 54         | 121      | 56%               | 20                   | 4 652    | 20     | 6 718  | 71%               | 6 330                   | 8           | 107       | 151       | 170 000        | 3 266 500            |
|                         | PNR des Prè Alpes d'Azur     | Roubion-Les-Buissons              | 0               | 0          | 0        | 0%                | 0                    | 0        | 0      | 0      | 0%                | 0                       | 0           | 0         | 0         | 0              | 0                    |
|                         |                              | Gréolières les Neiges             | 383             | 22         | 47       | 15%               | 10                   | 1 452    | 6      | 1 253  | 0%                | 2 000                   | 3           | 0         | 0         | 21 582         | 326 900              |
|                         |                              | L'Audoubert - La Moulière         | 350             | 18         | 29       | 4%                | 7                    | 1 140    | 5      | 952    | 0%                | 1 340                   | 0           | 0         | 0         | 0              | 0                    |
| Hautes Alpes            | Briançonnais                 | La Grave - La Meije               | 0               | 0          | 0        | SO                | 3                    | 2 020    | 6      | 915    | SO                | 190                     | 0           | 0         | 0         | SO             | 0                    |
|                         |                              | Montgenèvre                       | 1 035           | 77         | 185      | 42%               | 26                   | 5 895    | 24     | 9 220  | 75%               | 10 080                  | 6           | 110       | 151       | 253 000        | 4 144 400            |
|                         |                              | Serre Chevalier Vallée            | 1 875           | 165        | 413      | 38%               | 59                   | 16 298   | 67     | 26 613 | 64%               | 22 050                  | 19          | 102       | 139       | 689 000        | 14 326 800           |
|                         | Buëch Dévoluy                | Céüse                             | 0               | 0          | 0        | 0%                | 0                    | 0        | 0      | 0      | 0%                | 0                       | 0           | 0         | 0         | 0              | 0                    |
|                         |                              | Super Dévoluy - La Joue du Loup   | 1 043           | 63         | 178      | 28%               | 22                   | 4 818    | 23     | 7 609  | 74%               | 8 650                   | 7           | 91        | 122       | 135 000        | 2 484 500            |
|                         | Champsaur Valgaudemar        | Ancelle                           | 485             | 22         | 49       | 58%               | 15                   | 1 775    | 9      | 1 760  | 80%               | 2 810                   | 4           | 0         | 0         | 211 416        | 576 200              |
|                         |                              | Chaillol                          | 470             | 11         | 16       | 83%               | 9                    | 961      | 5      | 1 235  | 100%              | 1 470                   | 0           | 74        | 104       | 54 000         | 0                    |
|                         |                              | Laye en Champsaur                 | 525             | 9          | 19       | 16%               | 8                    | 1 130    | 5      | 701    | 12%               | 1 010                   | 0           | 57        | 93        | 11 000         | 0                    |
|                         |                              | Saint Léger les Mèlèzes           | 715             | 18         | 28       | 38%               | 10                   | 1 480    | 6      | 1 623  | 27%               | 1 980                   | 0           | 80        | 104       | 60 000         | 0                    |
|                         |                              | Orcières Merlettes                | 953             | 54         | 162      | 47%               | 27                   | 5 408    | 20     | 7 620  | 82%               | 7 560                   | 10          | 79        | 95        | 272 000        | 2 913 900            |
|                         | Guillestrois Queyras         | Serre-Eyraud                      | 533             | 8          | 15       | 9%                | 3                    | 590      | 2      | 457    | 1%                | 600                     | 1           | 15        | 18        | 0              | 2 913 900            |
|                         |                              | Molines en Queyras - St Vêran     | 1 060           | 33         | 97       | 48%               | 13                   | 2 888    | 10     | 2 614  | 78%               | 3 980                   | 3           | 78        | 108       | 84 000         | 931 400              |
|                         |                              | Abries_Ristolas                   | 840             | 22         | 63       | 17%               | 7                    | 1 641    | 6      | 1 550  | 51%               | 2 210                   | 2           | 85        | 103       | 43 000         | 409 200              |
|                         |                              | Aiguilles                         | 25              | 1          | 3        | 100%              | 3                    | 56       | 0      | 30     | 100%              | 220                     | 1           | 60        | 100       | 8 000          | 77 500               |
|                         |                              | Arvieux                           | 420             | 15         | 38       | 32%               | 5                    | 835      | 4      | 717    | 100%              | 1 770                   | 1           | 86        | 103       | 25 000         | 210 800              |
|                         |                              | Ceillac                           | 809             | 17         | 46       | 25%               | 6                    | 1 355    | 6      | 1 261  | 59%               | 1 820                   | 2           | 84        | 103       | 40 000         | 483 300              |
|                         |                              | Risoul                            | 710             | 70         | 116      | 52%               | 23                   | 5 094    | 22     | 7 507  | 0%                | 6 820                   | 7           | 106       | 150       | 296 000        | 0                    |
|                         |                              | Vars                              | 1 110           | 71         | 194      | 46%               | 21                   | 5 892    | 23     | 8 827  | 84%               | 9 090                   | 8           | 0         | 0         | 267 000        | 2 886 300            |
|                         | Pays des Ecrins              | Pelvoux Vallouise Pays des Ecrins | 995             | 16         | 49       | 59%               | 7                    | 1 310    | 4      | 1 716  | 69%               | 2 140                   | 3           | 91        | 102       | 47 000         | 523 400              |
|                         |                              | Puy St Vincent                    | 1 525           | 35         | 171      | 29%               | 11                   | 3 418    | 12     | 6 519  | 55%               | 7 020                   | 6           | 0         | 0         | 102 000        | 3 058 500            |
|                         | Serre Ponçon                 | Crévous                           | 925             | 18         | 27       | 5%                | 6                    | 1 230    | 4      | 867    | 0%                | 1 140                   | 2           | 0         | 0         | 8 000          | 163 000              |
|                         |                              | Les Orres                         | 1 150           | 55         | 162      | 56%               | 18                   | 4 195    | 14     | 6 859  | 80%               | 7 160                   | 6           | 105       | 129       | 320 000        | 0                    |
|                         |                              | Réallon                           | 578             | 18         | 36       | 40%               | 7                    | 959      | 4      | 1 402  | 92%               | 1 860                   | 3           | 80        | 101       | 50 000         | 633 600              |
| Vaucluse                | Mont Ventoux                 | Chalet Reynard                    | 200             | 5          | 10       | SO                | 2                    | 370      | 2      | 155    | SO                | 400                     | 1           | 1         | 1         | SO             | 0                    |
|                         |                              | Mont Serein                       | 400             | 11         | 23       | 2%                | 8                    | 1 020    | 3      | 643    | 6%                | 1 060                   | 2           | 28        | 58        | 300            | 0                    |

FIGURE 5 – En haut : ensemble des indicateurs mis à disposition par les stations et accessibles dans les fichiers Excel en annexe de ce rapport. En bas : caractéristiques des stations (pistes, remontées mécaniques, données d'exploitation et consommations).

## Classement des stations de la Région Sud selon la surface totale de pistes.

Répartition des surfaces de pistes vertes, bleues, rouges et noires.

Indication de la surface fiabilisée par neige de culture.

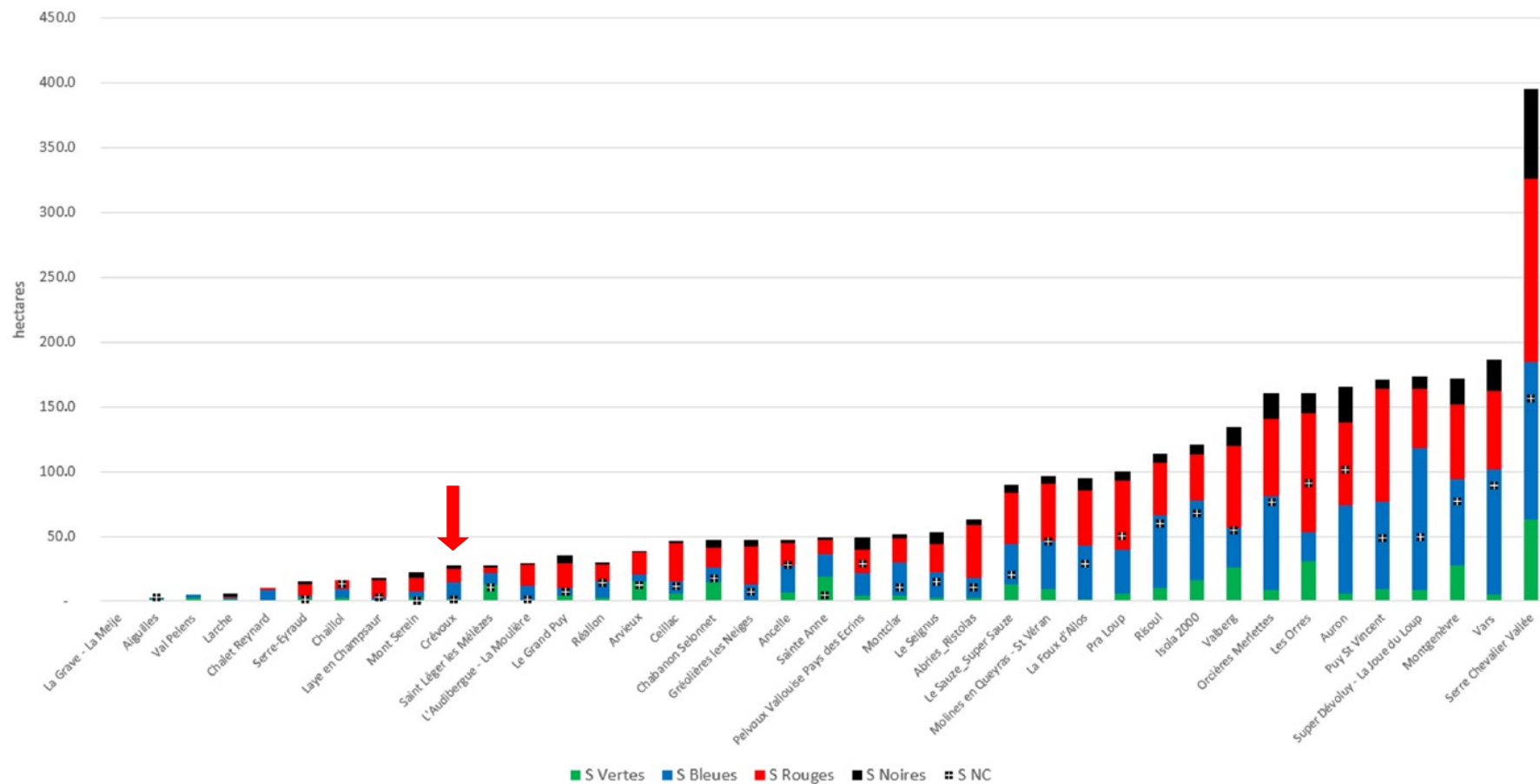


FIGURE 6 – Surfaces des pistes de ski pour les stations de la Région Sud.

**Station : Crévoux**

| Synthèse pistes                                     |       |                |
|-----------------------------------------------------|-------|----------------|
| Surface de pistes                                   | 27    | ha             |
| Longueur de pistes                                  | 18    | km             |
| Synthèse remontées mécaniques                       |       |                |
| Longueur de RM                                      | 4.2   | km             |
| Dénivelée cumulée                                   | 1 230 | m              |
| Moment de puissance                                 | 870   | km*pers./h     |
| ➤ <i>couvert en neige de culture à :</i>            | 0%    |                |
| Capacité totale du DS (en situation de confort)     | 1 140 | pers.          |
| Synthèse neige de culture                           |       |                |
| Volume d'eau disponible dans les retenues           | 0     | m <sup>3</sup> |
| Consommation moyenne par saison (2012 – 2020)       | 8 000 | m <sup>3</sup> |
| Surface de pistes couverte en neige de culture      | 1.3   | ha             |
| ➤ <i>proportion de pistes avec neige de culture</i> | 5%    |                |

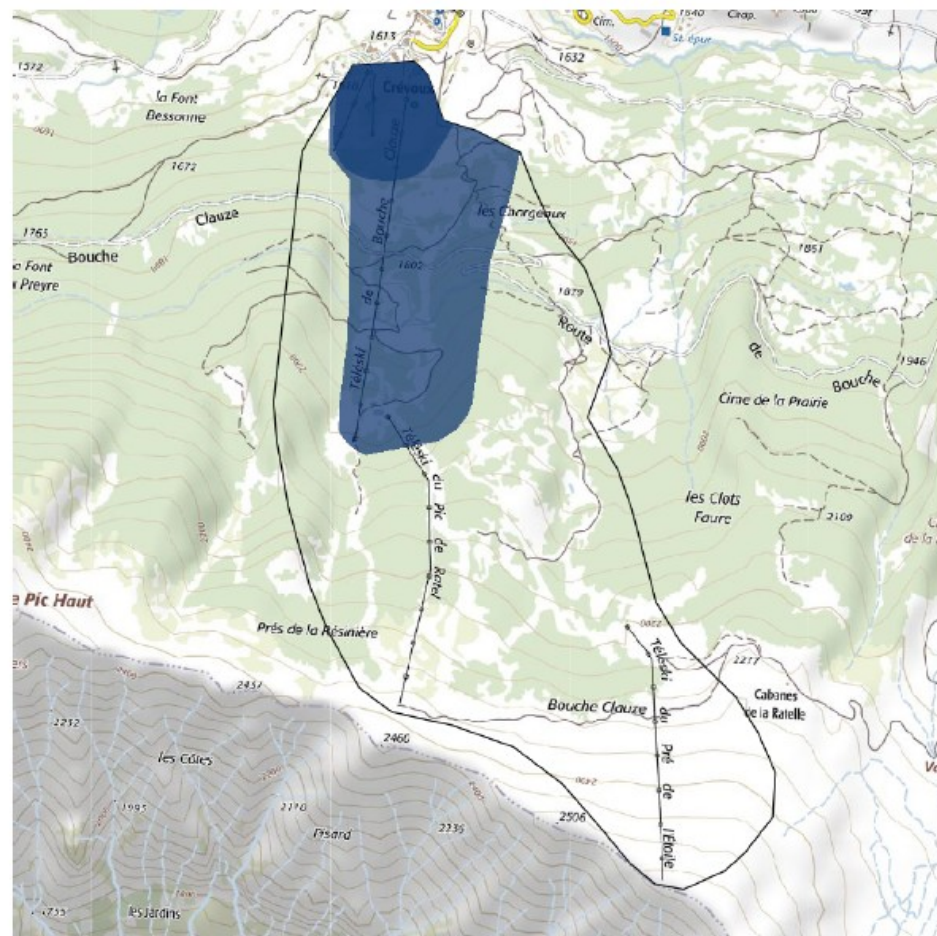
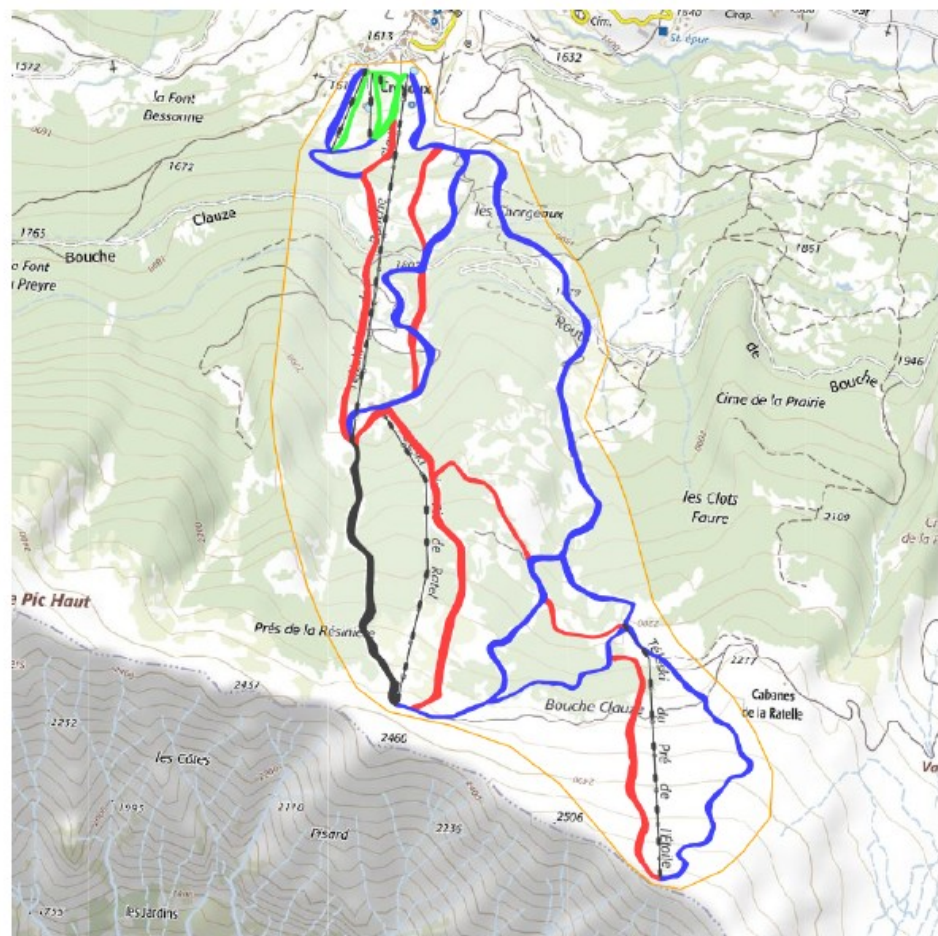
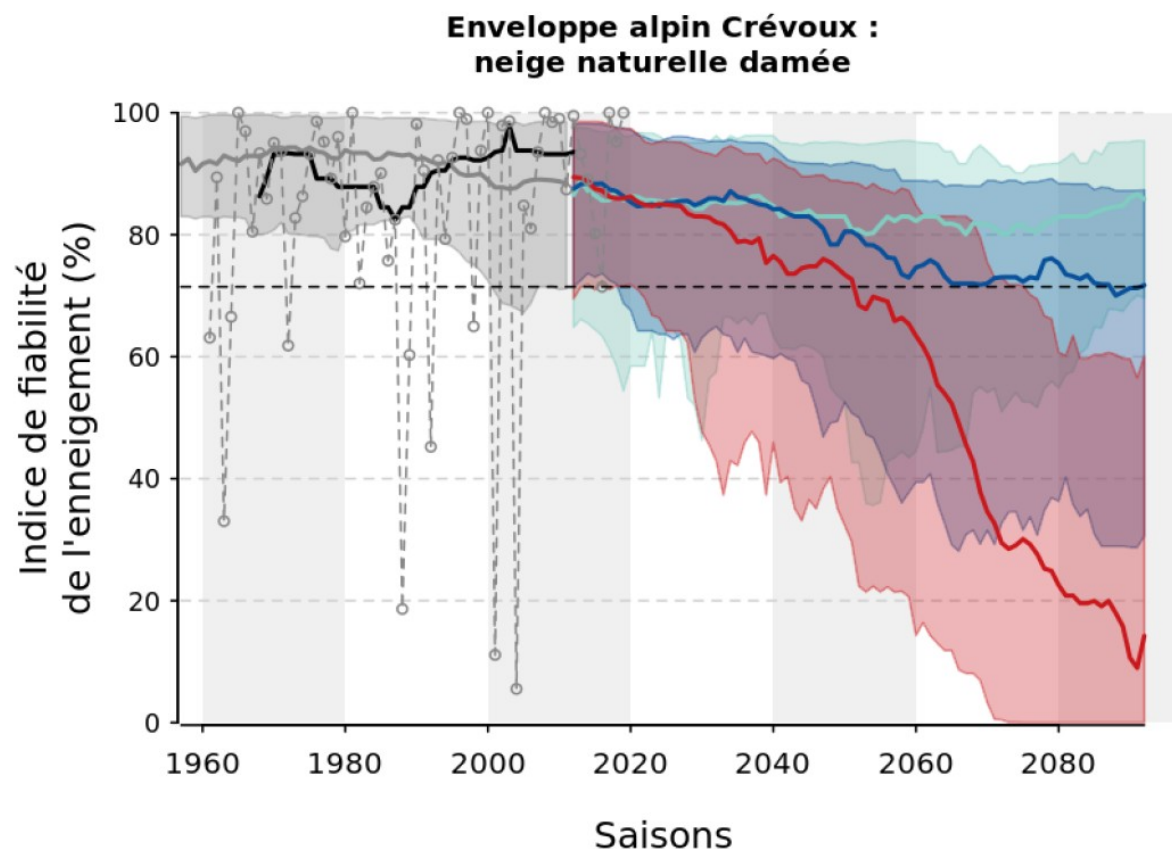


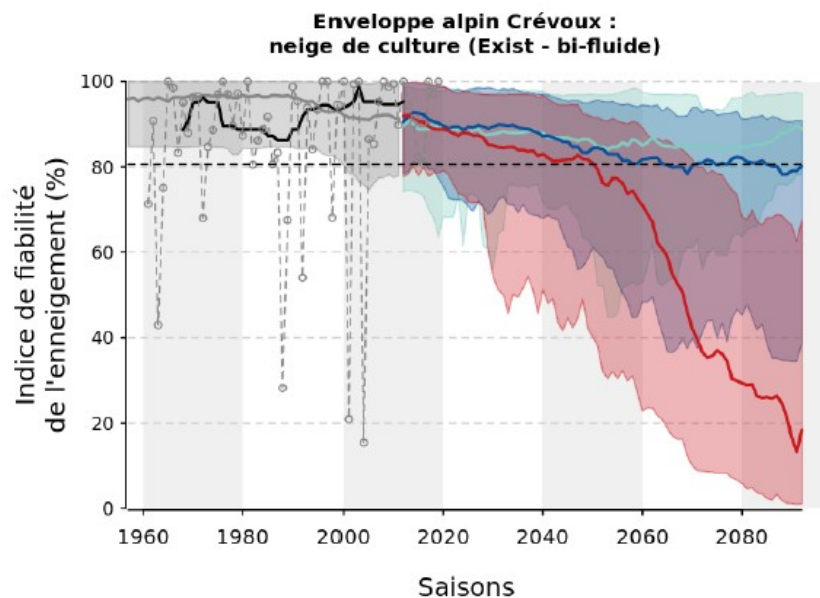
FIGURE 317 – A gauche : carte de la station, avec ses remontées mécaniques et ses pistes (si présentes, les couleurs correspondent aux niveaux de difficulté). A droite : zones couvertes par la neige de culture (comprenant les projets futurs).



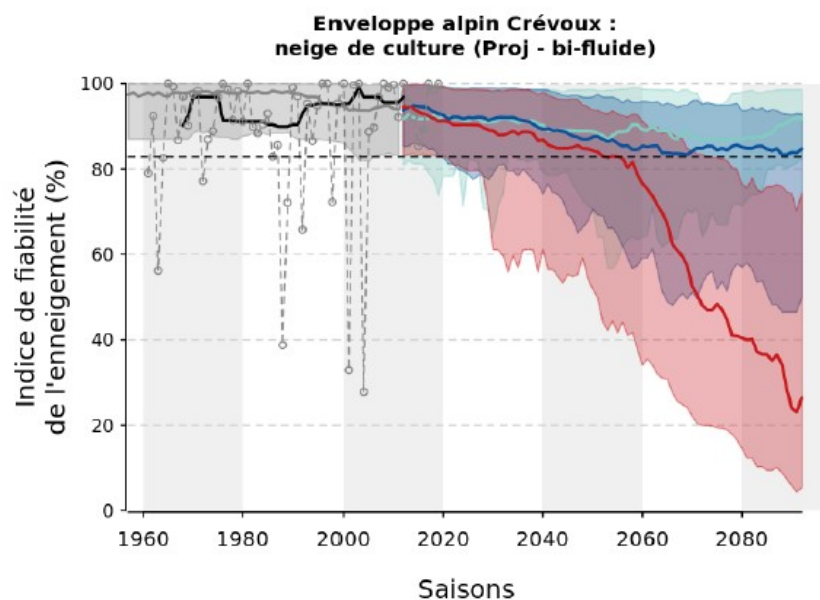
Indice de fiabilité  
de l'enneigement

Légende :

- Courbes grises : analyses historiques
- Courbes noires : observations
- Courbes en couleurs : projections (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)
- Traits en gras : 1 chance sur 2
- Enveloppes : 1 chance sur 5 (meilleures et pires saisons)

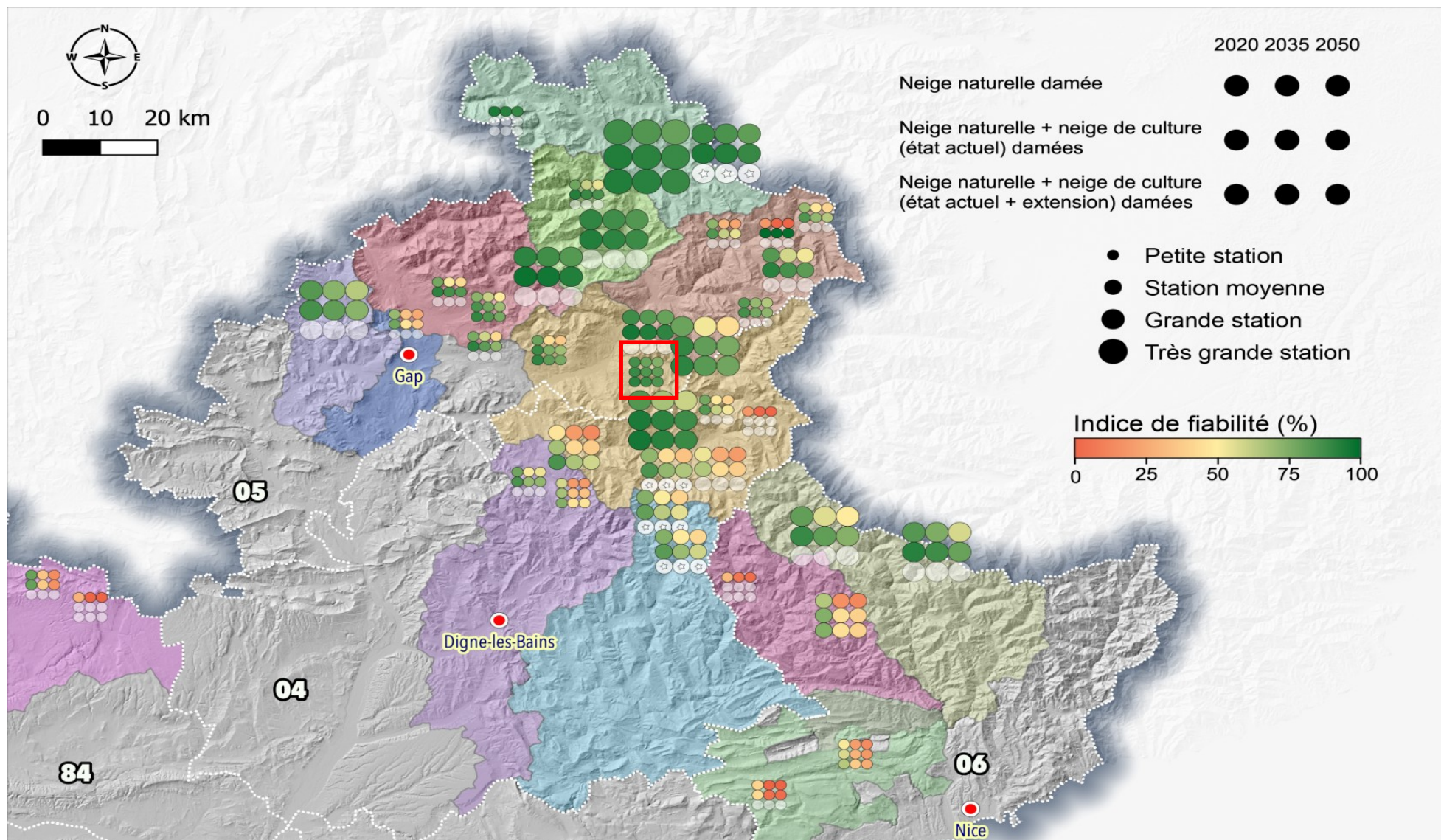


Indice de fiabilité  
de l'enneigement



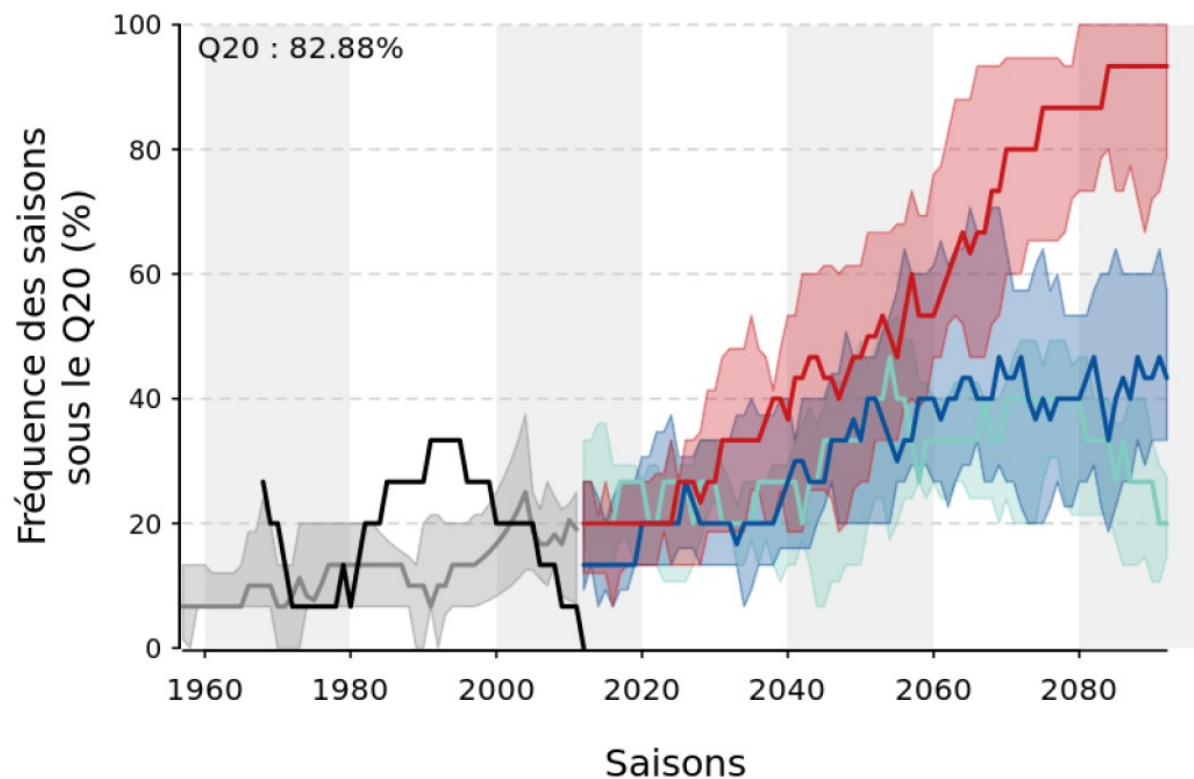
Légende :

- Courbes grises : analyses historiques
- Courbes noires : observations
- Courbes en couleurs : projections ([RCP2.6](#), [RCP4.5](#), [RCP8.5](#))
- Traits en gras : 1 chance sur 2
- Enveloppes : 1 chance sur 5 (meilleures et pires saisons)



| Station | Indice de fiabilité de l'enneigement, en %<br>(RCP8.5 - Perches) |                                     |                                |
|---------|------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
|         | Q20 - Historique<br>(install. existantes)                        | Q50 - 2020<br>(install. existantes) | Q50 - 2050<br>(projets futurs) |
|         | 82                                                               | 91                                  | 71                             |
|         | 69                                                               | 74                                  | 20                             |
|         | 4                                                                | 42                                  | 4                              |
|         | 77                                                               | 88                                  | 76                             |
|         | 55                                                               | 84                                  | 73                             |
|         | 84                                                               | 90                                  | 83                             |
|         | 1                                                                | 28                                  | 0                              |
| CREVOUX | 81                                                               | 90                                  | 83                             |
|         | 16                                                               | 90                                  | 18                             |
|         | 71                                                               | 85                                  | 72                             |
|         | 27                                                               | 74                                  | 47                             |
|         | 24                                                               | 64                                  | 26                             |
|         | 0                                                                | 33                                  | 0                              |
|         | 71                                                               | 92                                  | 80                             |
|         | 53                                                               | 84                                  | 64                             |
|         | 91                                                               | 94                                  | 89                             |
|         | 0                                                                | 19                                  | 0                              |
|         | 35                                                               | 78                                  | 37                             |
|         | 63                                                               | 83                                  | 60                             |
|         | 88                                                               | 95                                  | 88                             |
|         | 32                                                               | 85                                  | 59                             |
|         | 87                                                               | 96                                  | 90                             |
|         | 45                                                               | 80                                  | 15                             |
|         | 93                                                               | 97                                  | 93                             |
|         | 89                                                               | 93                                  | 86                             |
|         | 58                                                               | 84                                  | 64                             |
|         | 89                                                               | 94                                  | 88                             |
|         | 57                                                               | 84                                  | 73                             |
|         | 99                                                               | 99                                  | 98                             |
|         | 61                                                               | 84                                  | 55                             |
|         | 71                                                               | 86                                  | 72                             |
|         | 77                                                               | 92                                  | 82                             |
|         | 14                                                               | 45                                  | 4                              |
|         | 25                                                               | 52                                  | 13                             |
|         | 16                                                               | 45                                  | 15                             |
|         | 37                                                               | 79                                  | 44                             |
|         | 74                                                               | 91                                  | 76                             |
|         | 90                                                               | 95                                  | 90                             |
|         | 35                                                               | 65                                  | 38                             |
|         | 89                                                               | 93                                  | 88                             |
|         | 82                                                               | 84                                  | 73                             |
|         | 43                                                               | 83                                  | 52                             |
|         | 80                                                               | 90                                  | 76                             |
|         | 45                                                               | 74                                  | 40                             |
|         | 0                                                                | 9                                   | 0                              |
|         | 3                                                                | 32                                  | 3                              |
|         | 3                                                                | 27                                  | 3                              |
|         | 69                                                               | 91                                  | 77                             |

**Enveloppe alpin Crévoux :  
neige de culture (Proj- bi-fluide)**



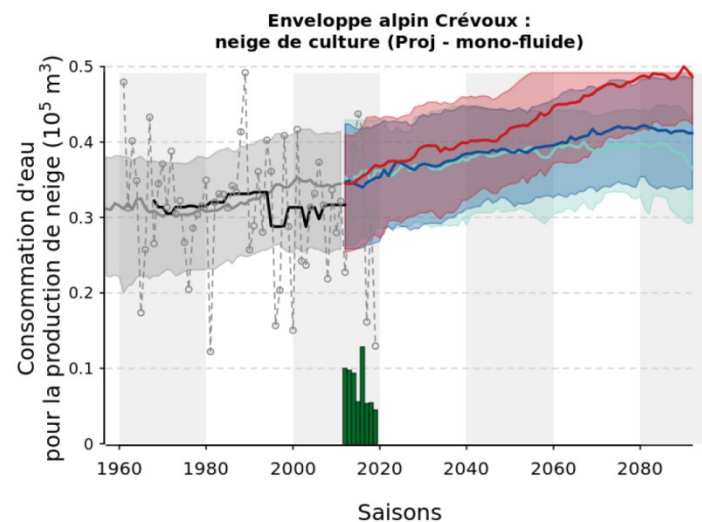
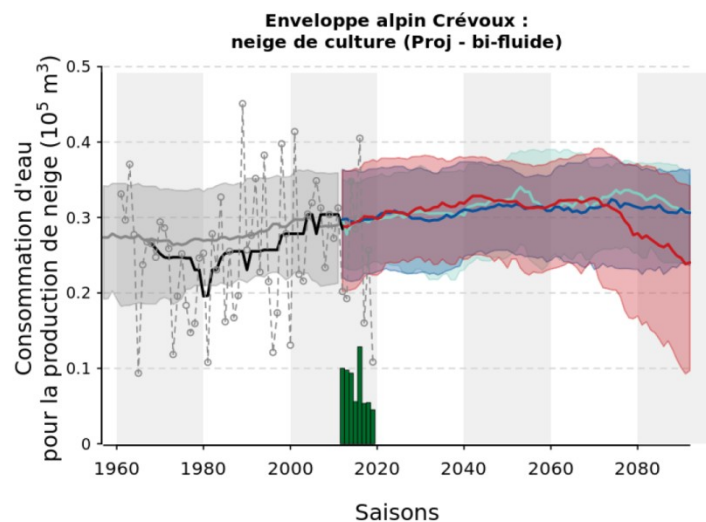
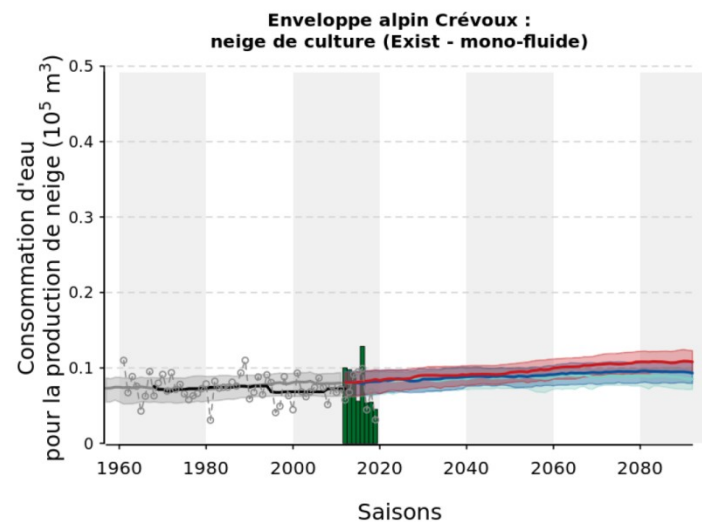
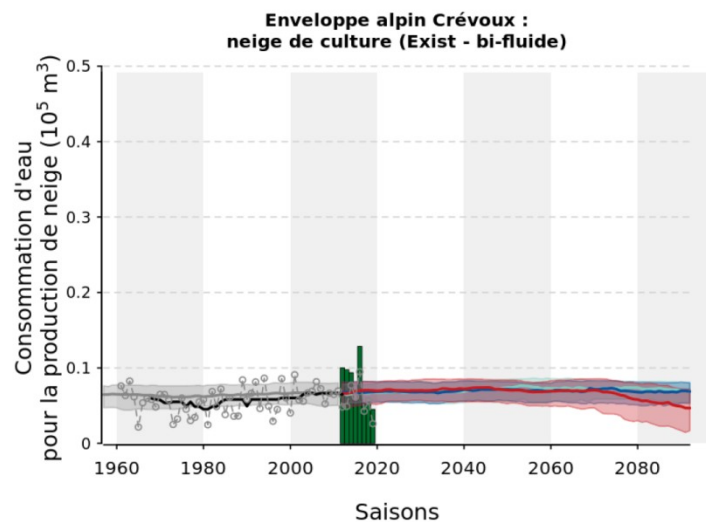
Taux de retour  
des saisons défavorables

Légende :

- Courbes grises : analyses historiques
- Courbes noires : observations
- Courbes en couleurs : projections (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)
- Traits en gras : 1 chance sur 2
- Enveloppes : 1 chance sur 5 (meilleures et pires saisons)

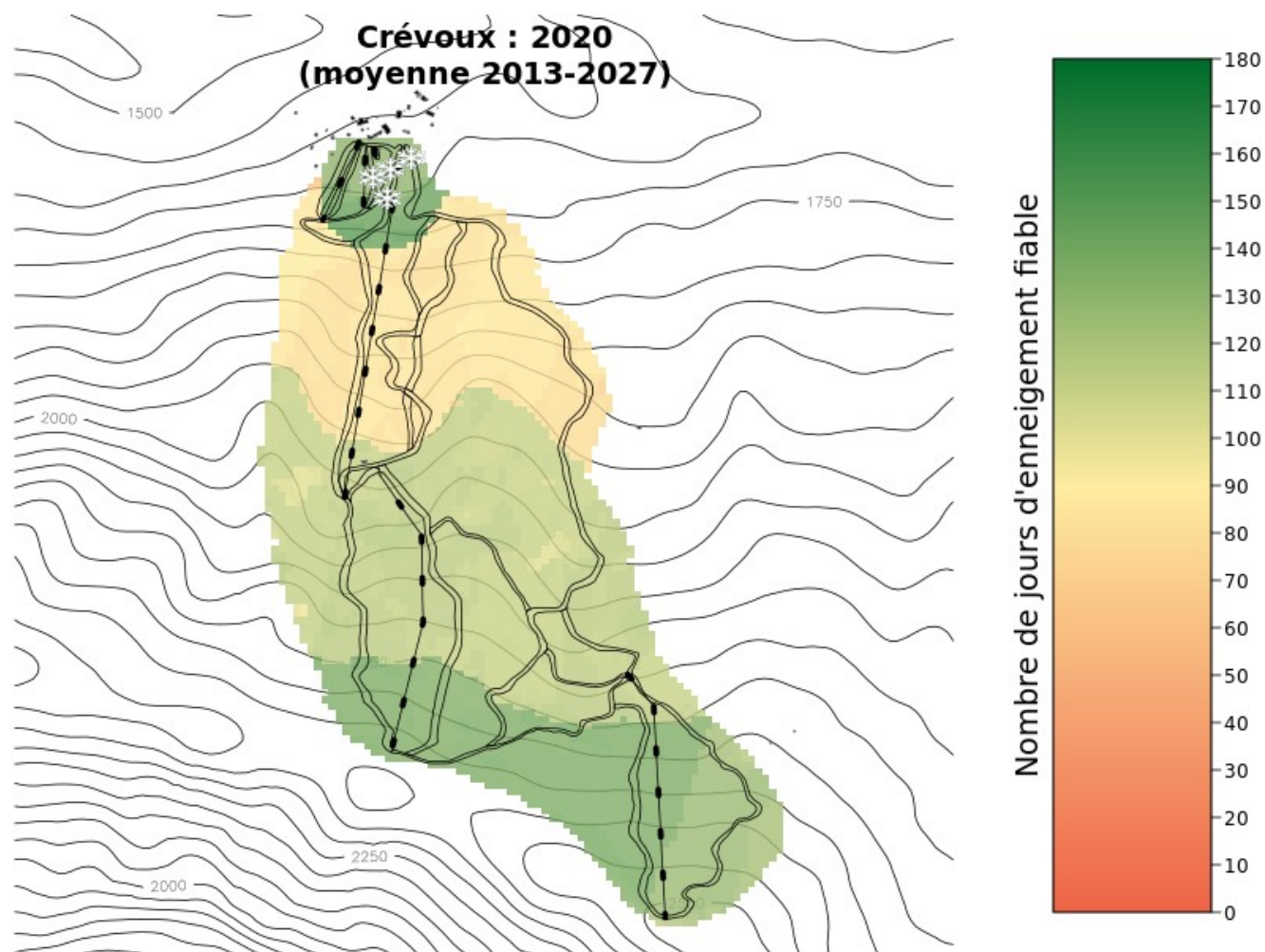


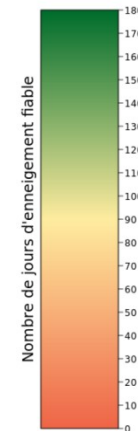
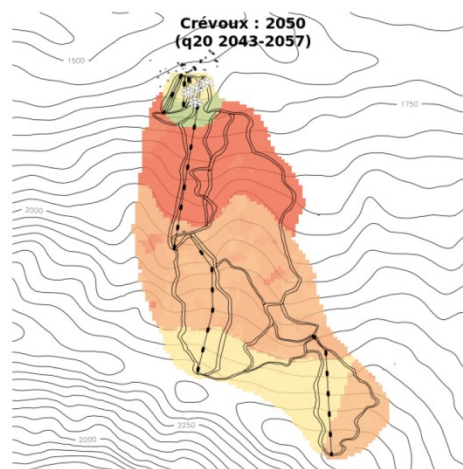
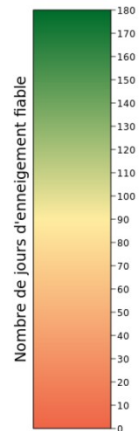
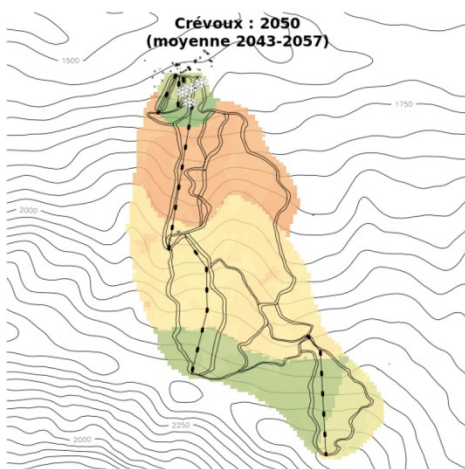
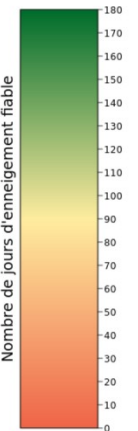
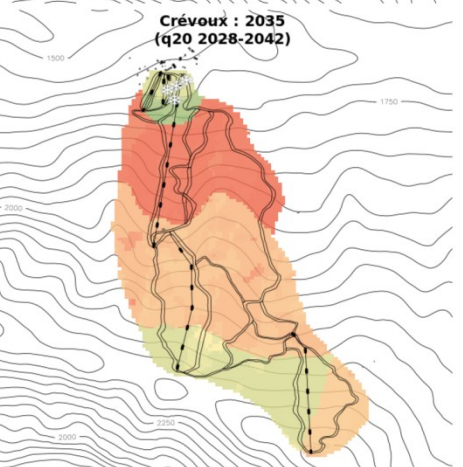
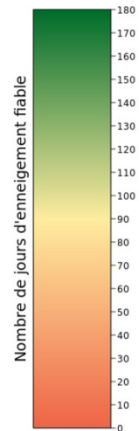
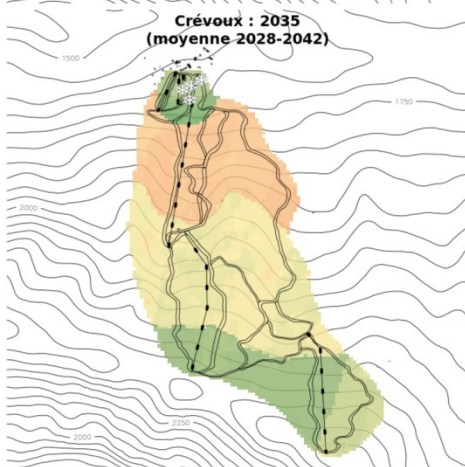
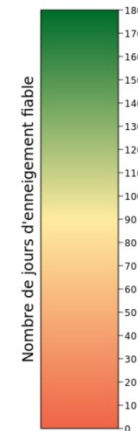
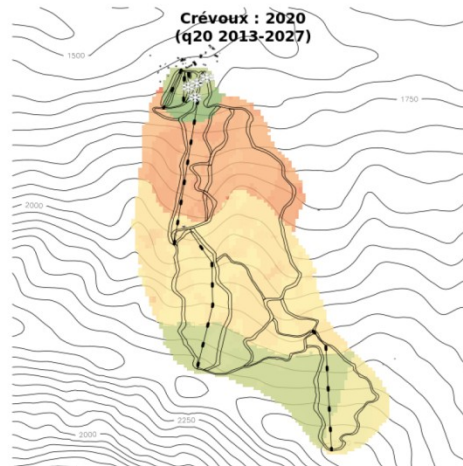
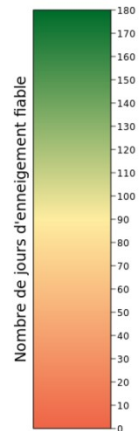
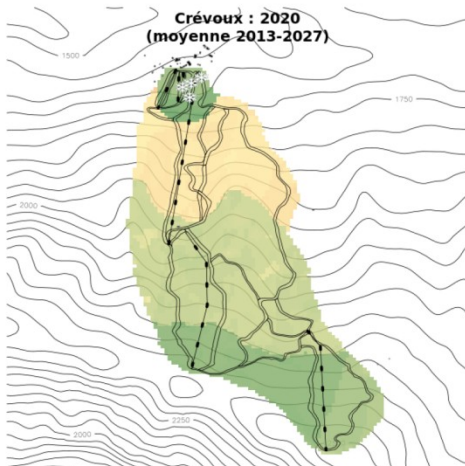
### Consommation en eau pour la production de neige de culture



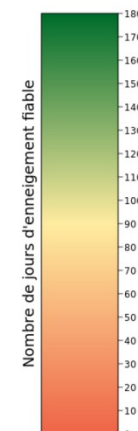
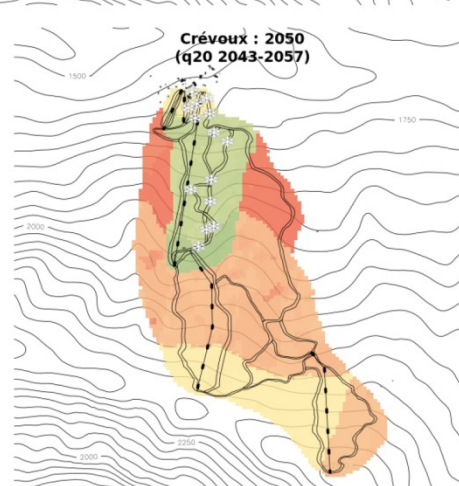
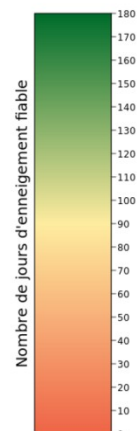
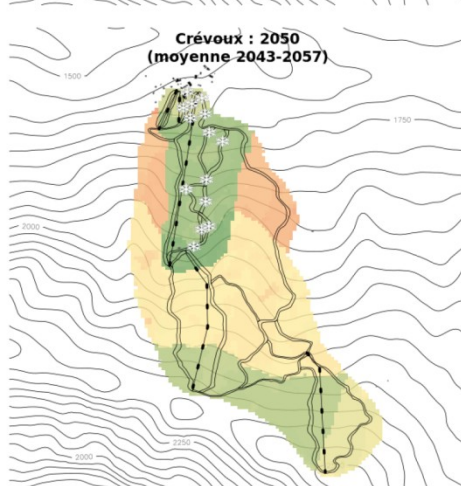
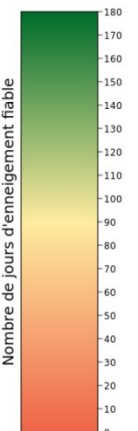
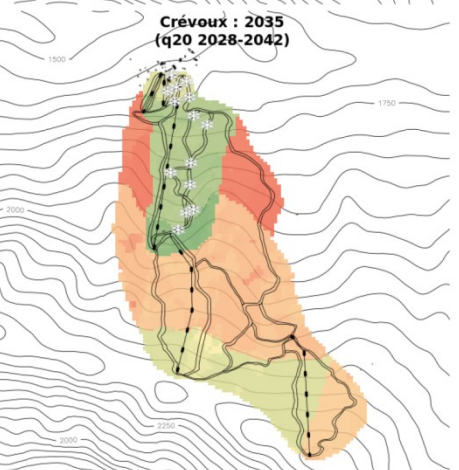
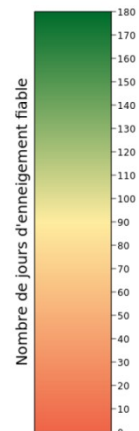
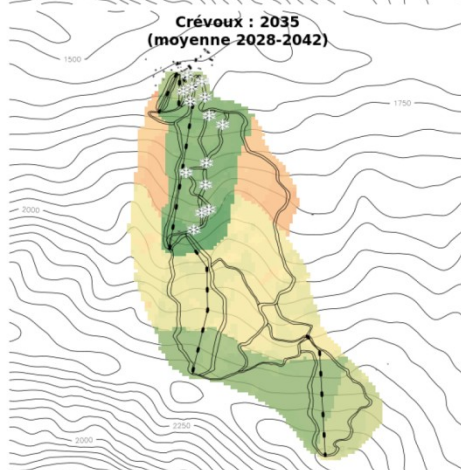
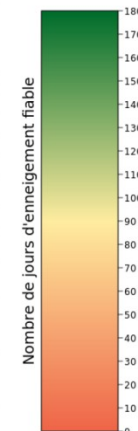
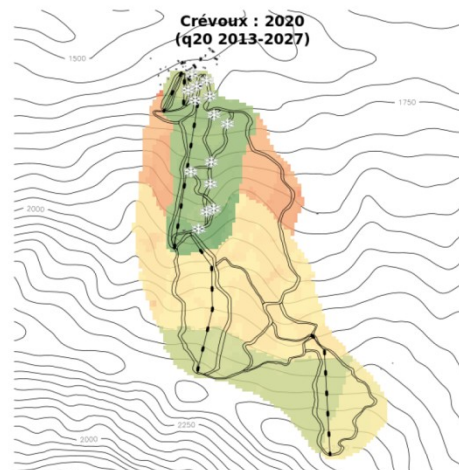
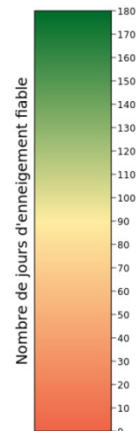
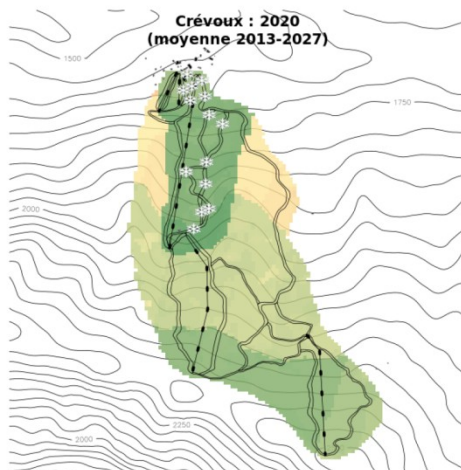


Nombre de jours avec un enneigement suffisant pour permettre la pratique du ski





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



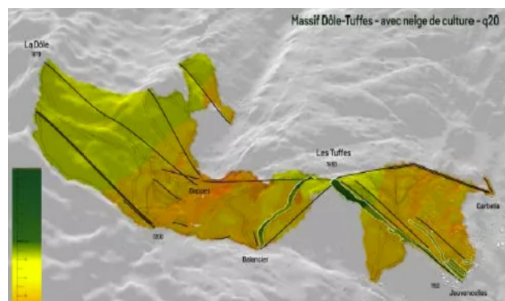
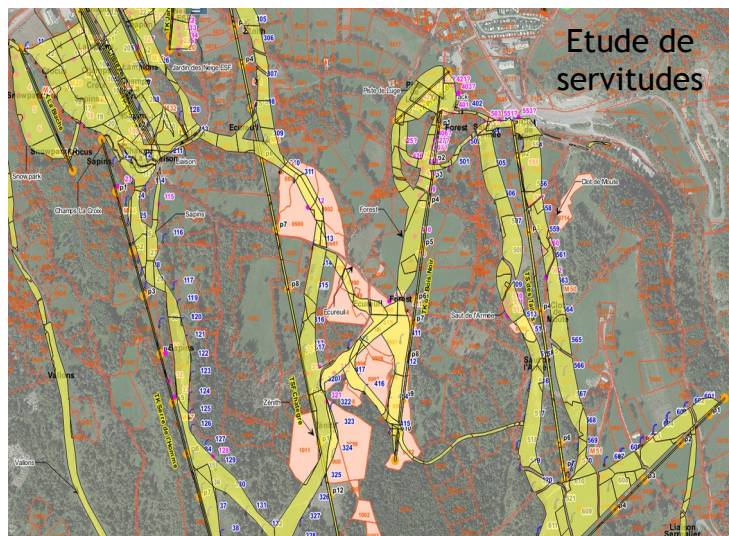
Nombre de jours avec  
un enneigement  
suffisant pour permettre  
la pratique du ski

# CONCLUSION

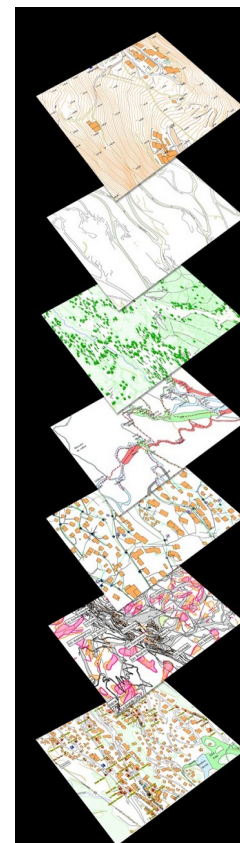
9 – SUITE DE L'ETUDE  
(A TITRE D'EXEMPLE)

### SIG

Base de données cartographique, analyse parcellaire (servitudes), réseaux, infrastructures, statistiques des pistes, optimisation du damage...



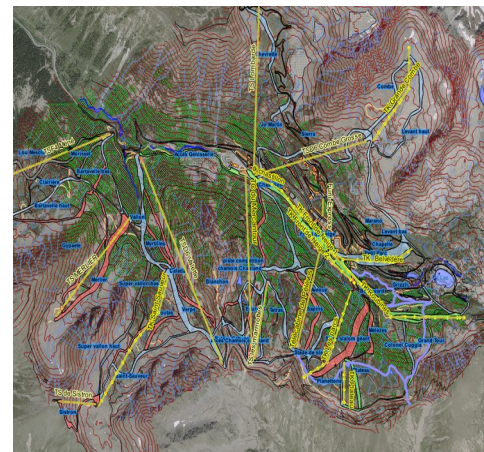
Couche supplémentaire



Exemple :  
Ancelle

## SIG

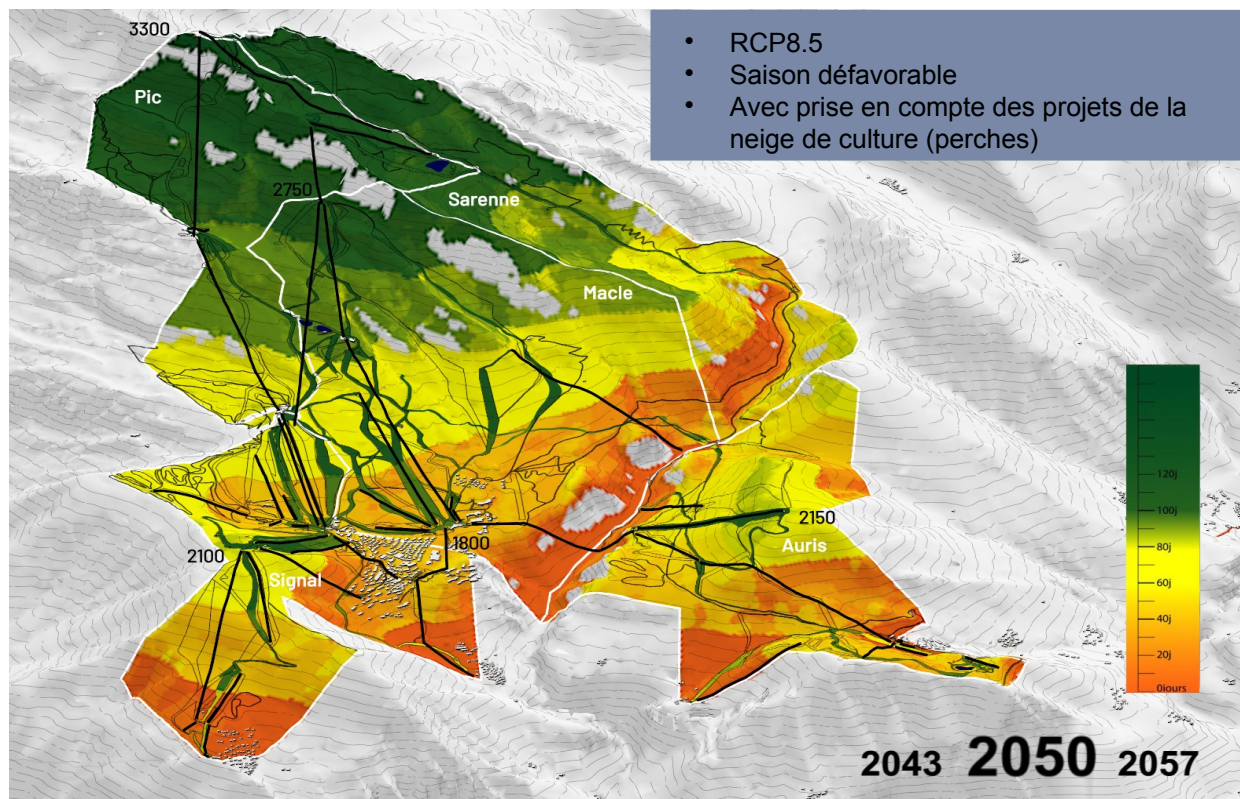
Base de données cartographique, déclinaison en plan des pistes.



Exemple :  
Isola 2000

## 3D

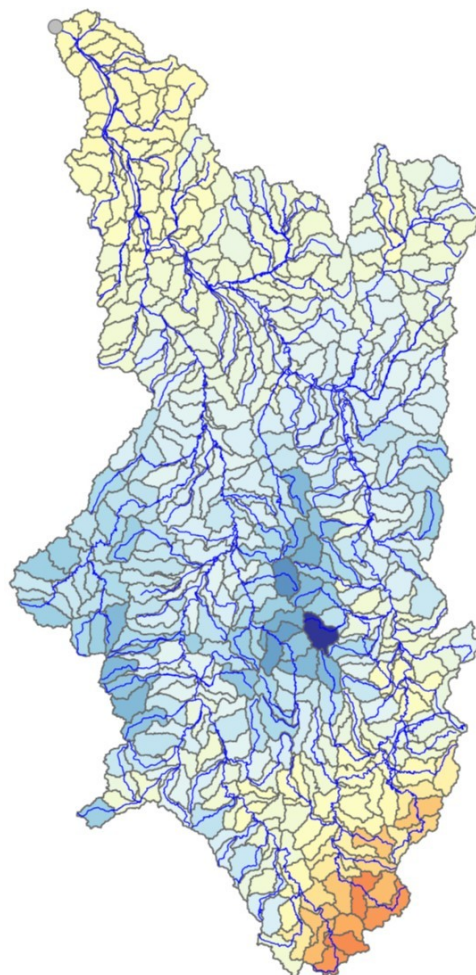
Production de cartes 3D et/ou animations 3D des durées d'enneigement au-delà d'un seuil de quantité de neige (moyenne et variabilité), en fonction de l'équipement et de la période temporelle future.



Exemple :  
Alpe d'Huez

## ETUDE HYDROLOGIQUE

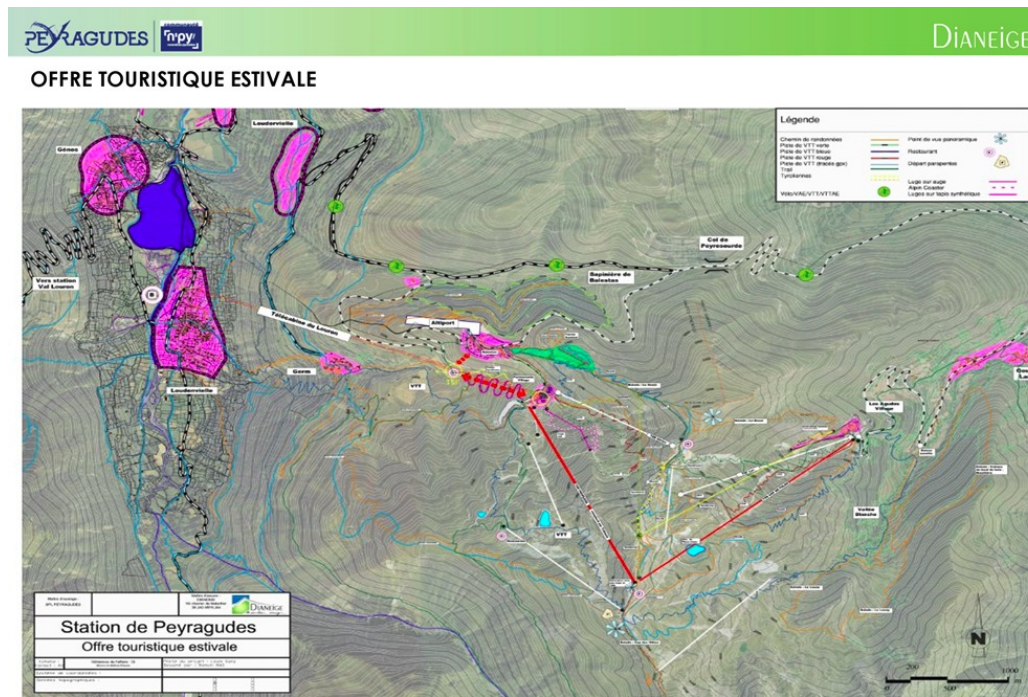
Etude des disponibilités en eau passées et futures, avec calcul de l'évolution de la demande (neige de culture, eau potable, etc.) et de l'offre (débit des rivières, stocks des barrages, etc.) - En partenariat avec EDF-DTG.



## STRATEGIES D'ADAPTATION

Analyse des conséquences des changements dans les conditions nivo-météorologiques sur les choix stratégiques et les programmes d'investissements structurants (types d'investissement, temps d'amortissement, renforcement du réseau de neige de culture, diversification et activités 4 saisons, etc.) :

- consulting sur la diversification des activités touristiques et/ou à l'appui des dossiers d'aménagement, dans une démarche fédératrice des acteurs locaux,
- analyse des projets des schémas directeurs,
- « master plan » avec dimensionnements de l'activité 'ski', des activités liées à la neige, des autres activités (été/hiver).

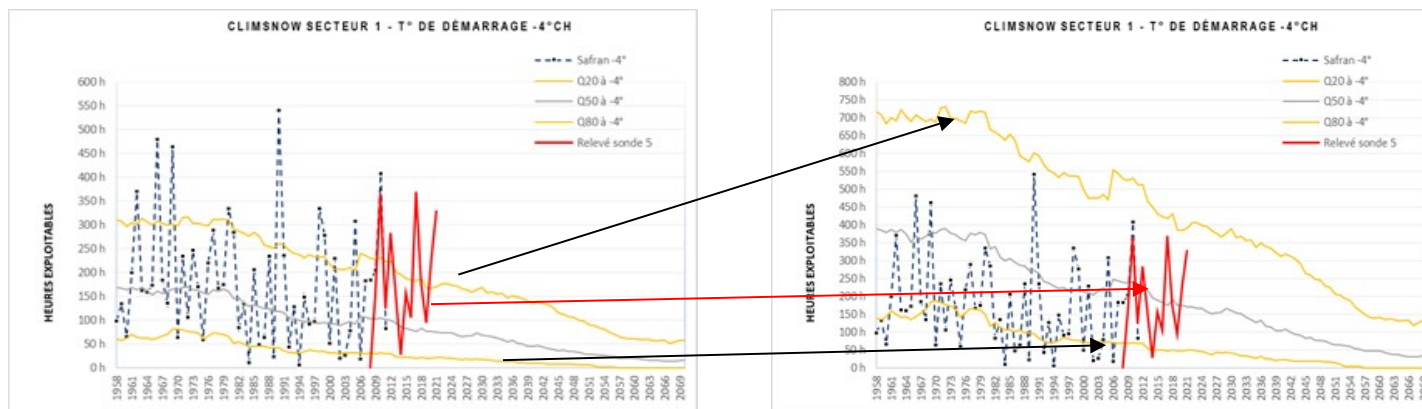


Exemple :  
Peyragudes

## NEIGE DE CULTURE

Analyse de la stratégie de production de la neige de culture, avec dimensionnement des installations en fonction des évolutions climatiques attendues :

- Gestion statistique du risque climatique avec descente d'échelle au niveau de la station,
- Crash-test des retenues d'altitude.

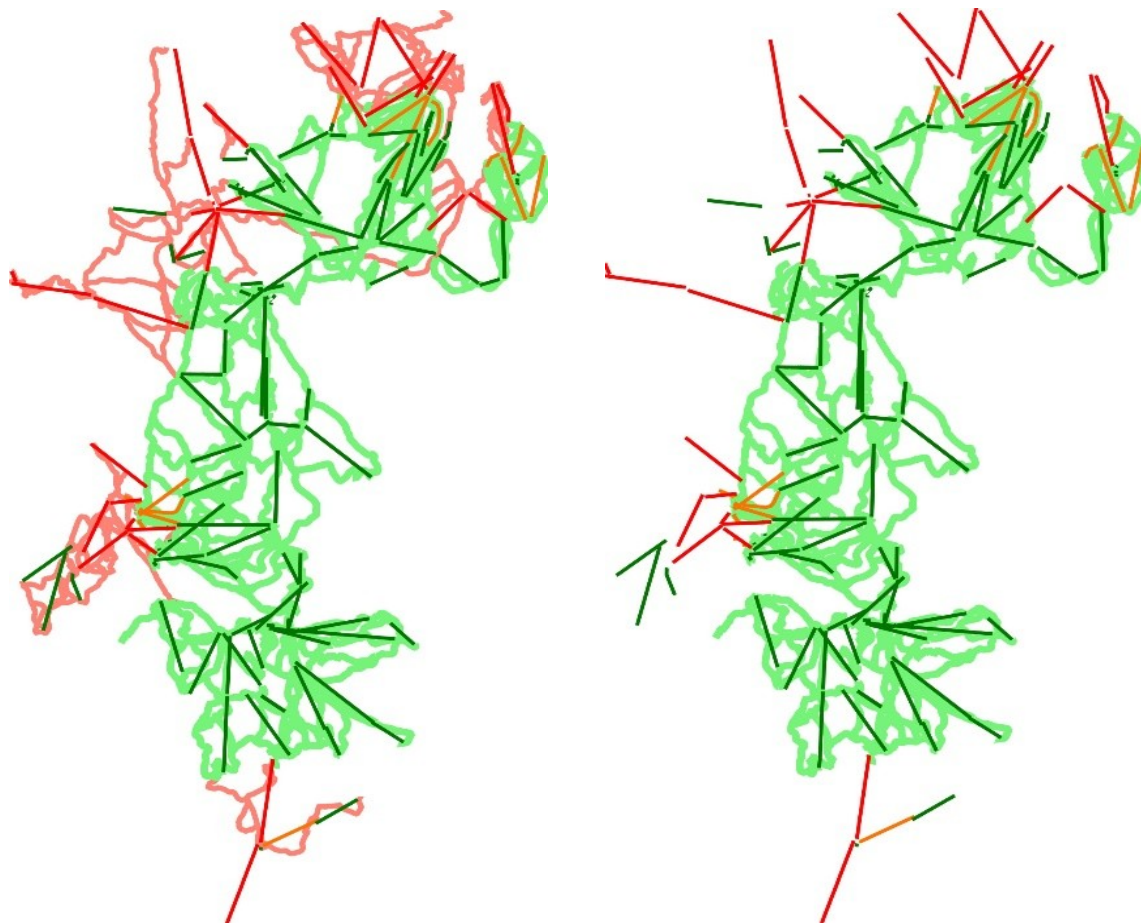


Exemple :  
Gréolières, Méribel-Mottaret



### SURFACES, CAPACITES, CHIFFRE D'AFFAIRES

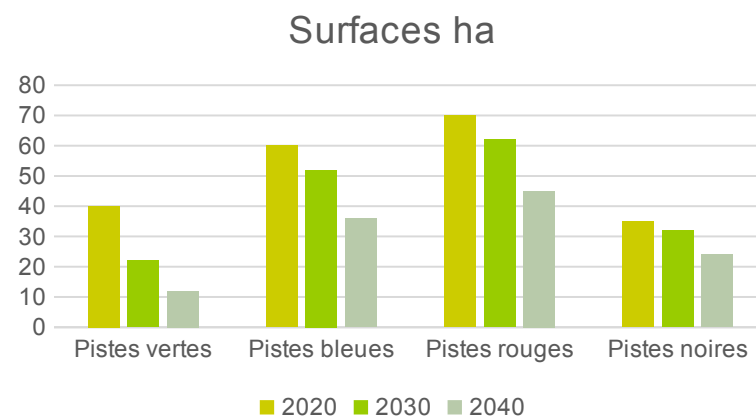
- Modélisation de l'évolution du domaine skiable en surfaces.



Ouvrabilité en 2040

Domaine restant exploité en 2040 :  
1320 ha / 1850 ha

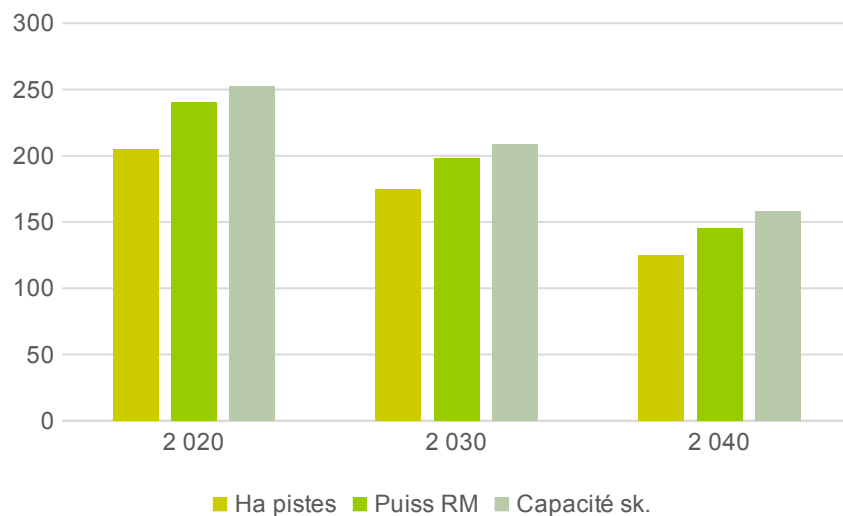
Quelles surfaces restantes ?  
Quels niveaux de pistes ?  
Maintien ou pas d'une surface acceptable ?



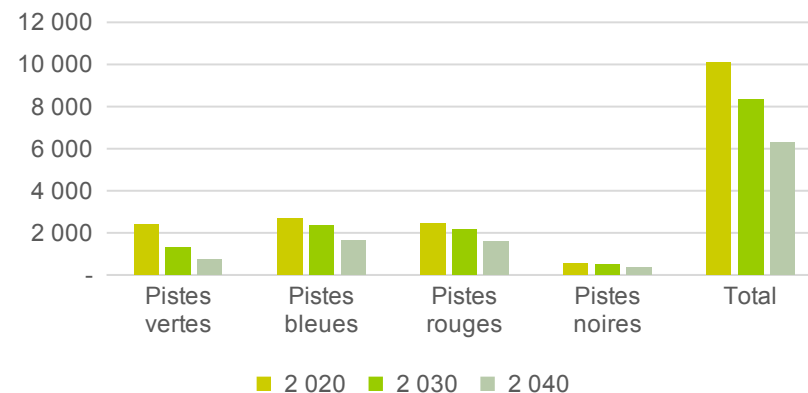
## SURFACES, CAPACITES, CHIFFRE D'AFFAIRES

- Evolution des capacités skieurs,
- Evolution du modèle économique,
- Evolution de la grille tarifaire, en adéquation avec l'évolution du produit,
- Recalage du plan d'investissements,
- Calcul de la marge économique future,
- Préconisations à suivre pour maintenir un bilan positif.

Caractéristiques dom. ski



Capacité skieurs



Bilan économique





**INRAE**



## - CLIMSNOW -

**ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET  
PROJECTIONS DE L'EVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT**

**MERCI DE VOTRE ATTENTION !**