

## ANNEXE 3 : ETUDE D'ENNEIGEMENT – IMPACT



# Impact

## MODÉLISATION DES IMPACTS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE



**LES ARCS**  
Paradiski

Décembre 2021



# SOMMAIRE

#1 Méthodologie

#2 Résultats de la modélisation sur Les Arcs

#3 Focus sur Villaroger, Arcs 1950/2000, Arcs 1600, Arcs 1800 et Vallandry





## Pourquoi cet outil ?

### Quels sont ses objectifs ?

Le sujet du changement climatique est complexe et les raccourcis trompeurs.

Les grandes notions sont connues, mais il manque un référentiel d'aide à la décision sur ce sujet, qui soit disponible auprès des équipes d'exploitation et des collectivités.

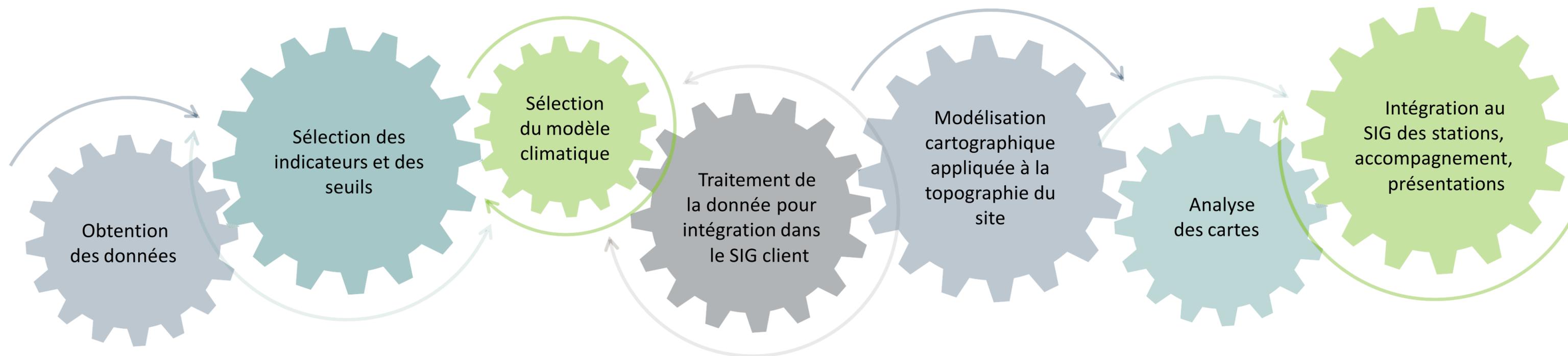
Les investissements dans les domaines skiables ont une durée d'environ 30 ans, ce qui correspond à la durée d'un cycle du climat. La responsabilité de l'exploitant est donc de s'assurer que ces infrastructures sont implantées de manière durable sur le territoire.

D'où la nécessité de se doter d'un outil d'aide à la décision concret, applicable à l'échelle de chacune des stations. Un outil éclairant et factuel, qui permet d'avancer de concert vers des solutions raisonnables et performantes.

# #1 Méthodologie



# Les grandes étapes de la modélisation



# Les indicateurs choisis



## Enneigement naturel

---

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



## Capacité à produire de la neige de culture

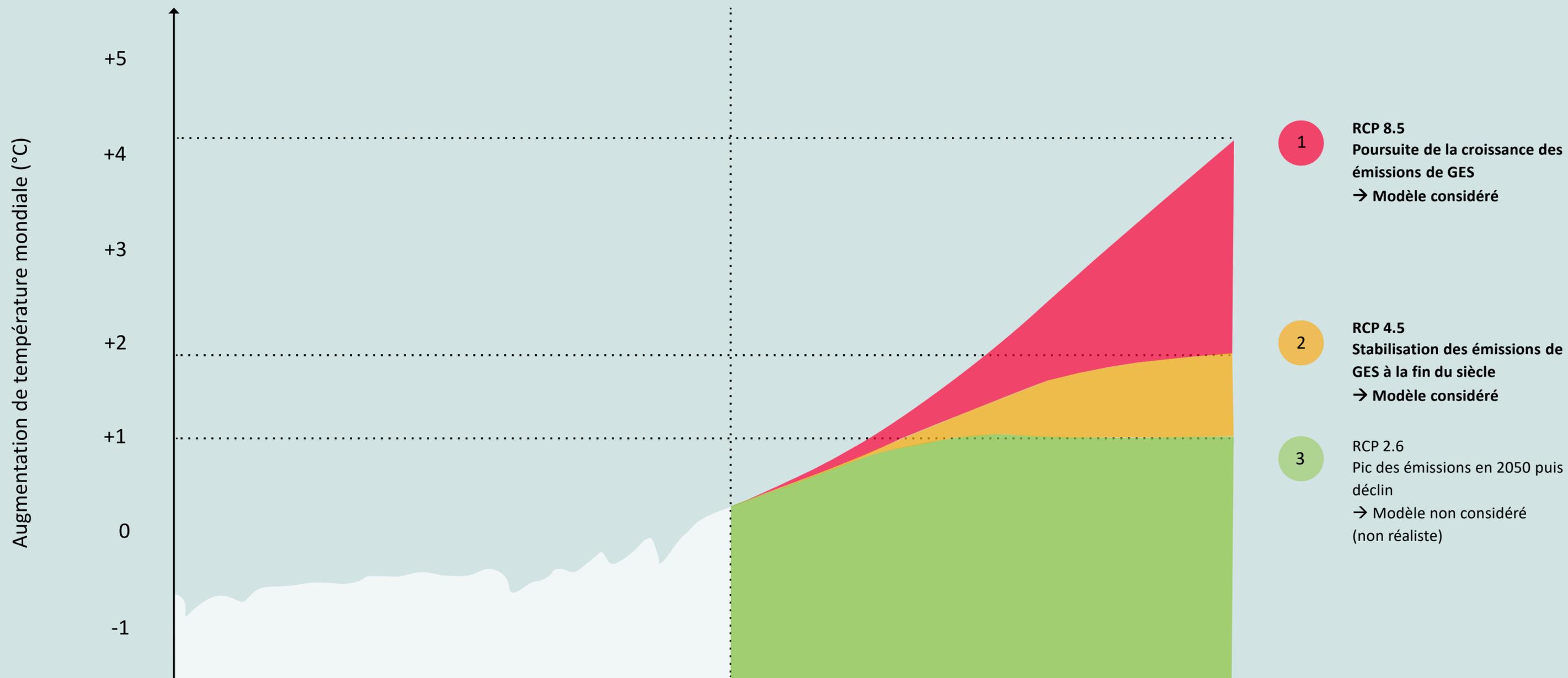
---

Nombre d'heures cumulées avec des températures inférieures à  $-4^{\circ}\text{C}$

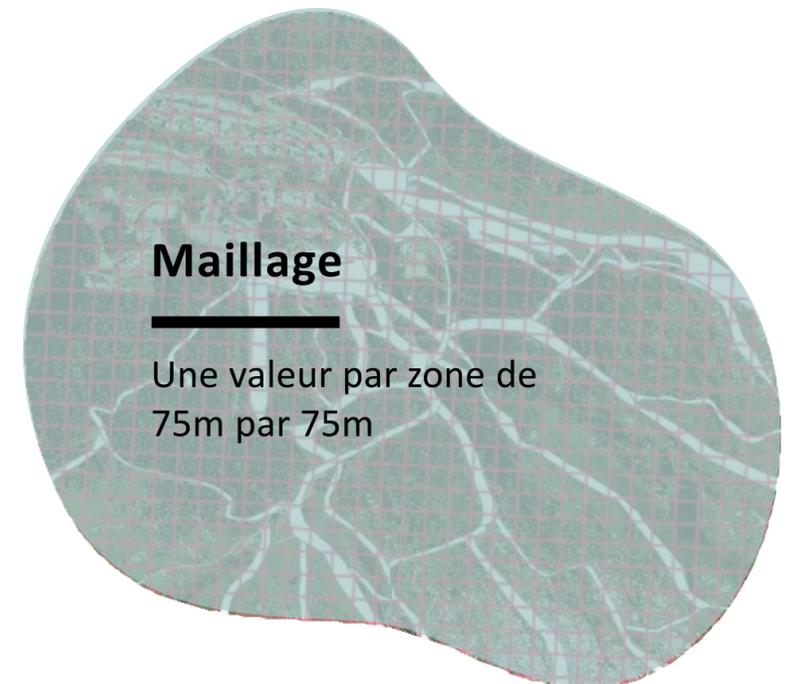
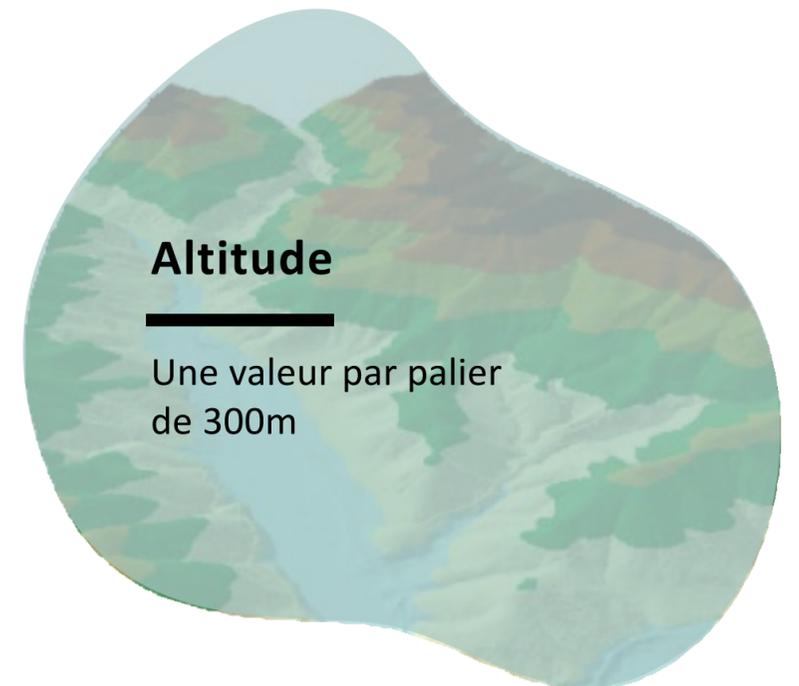
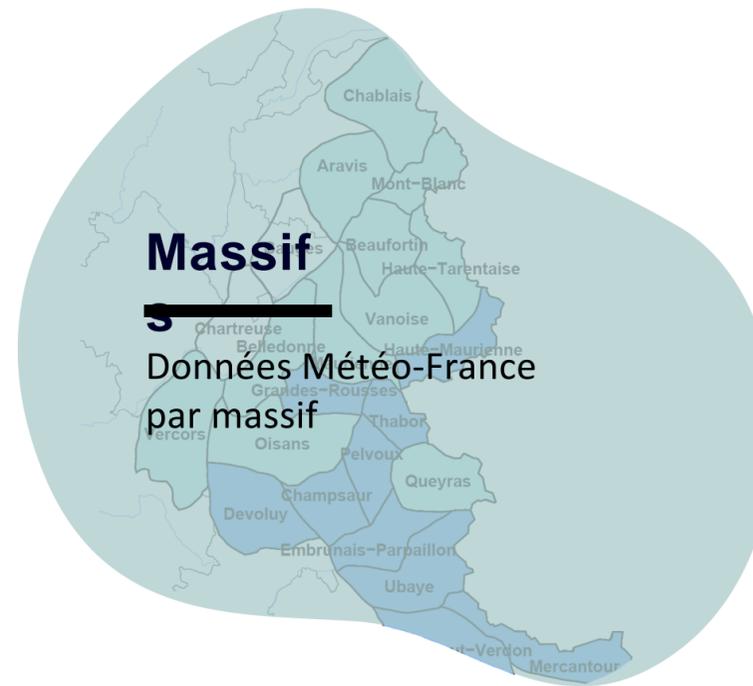
Sur le mois de décembre :  
affichage du nombre d'heures cumulées jusqu'au 21 décembre

De janvier à avril :  
affichage du nombre d'heures cumulées jusqu'au 31 janvier

# Modèles climatiques choisis



# Précision de la modélisation



# Le rendu

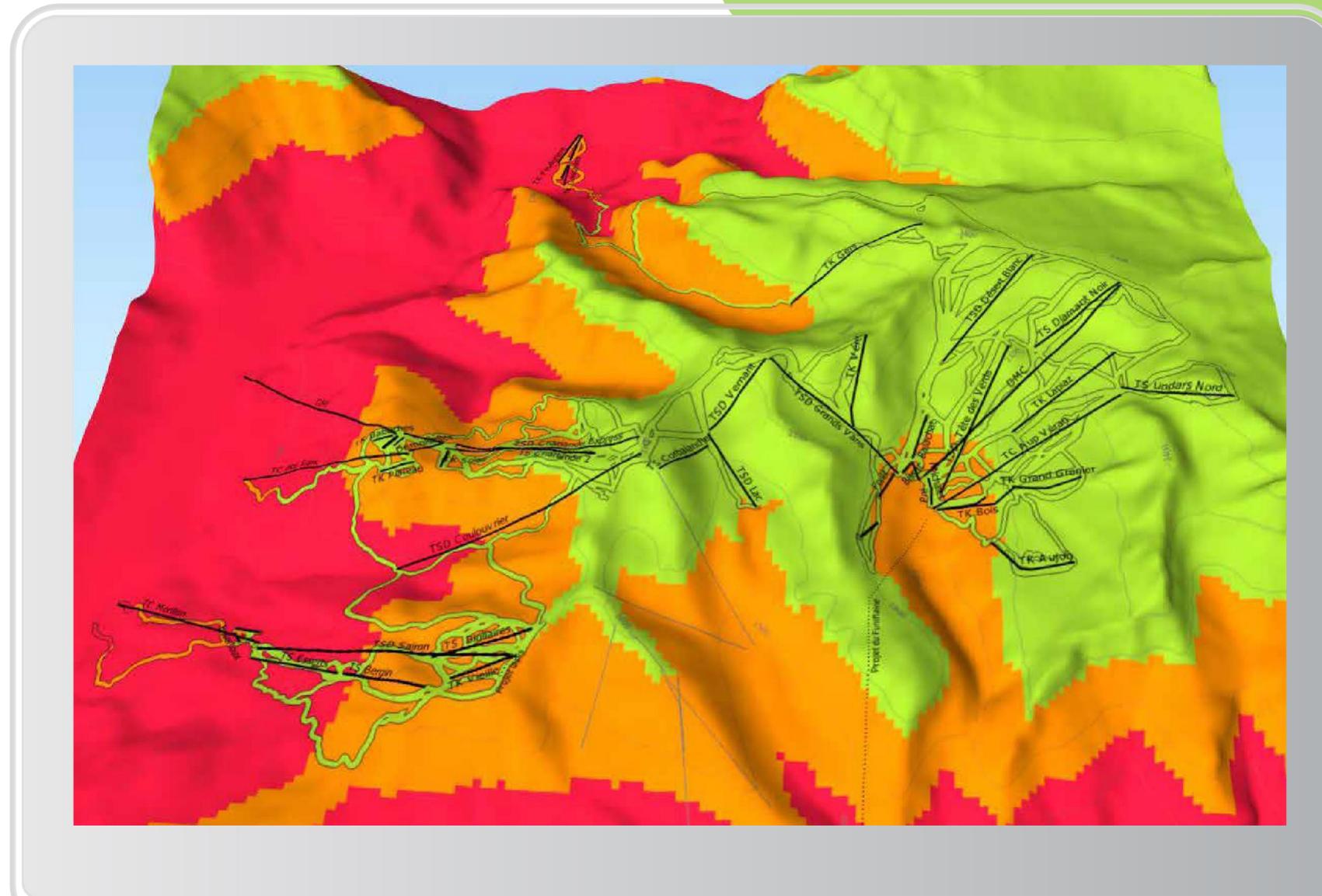
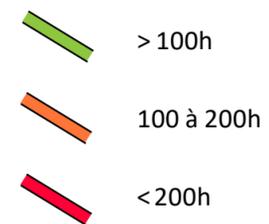
## Neige naturelle

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



## Neige de culture

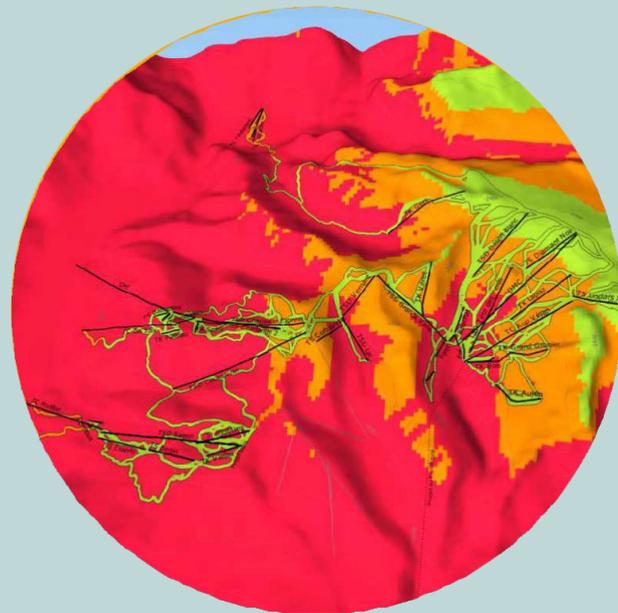
Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C



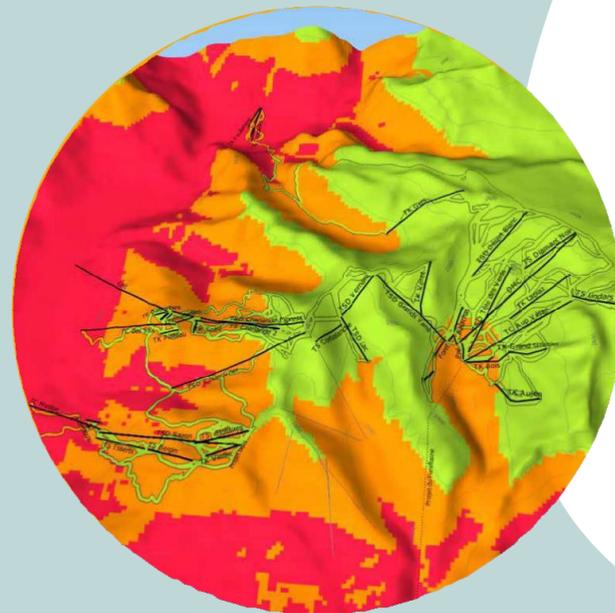
Une visualisation pédagogique en 3D à disposition des stations

## Des résultats mois par mois sur l'ensemble de la saison

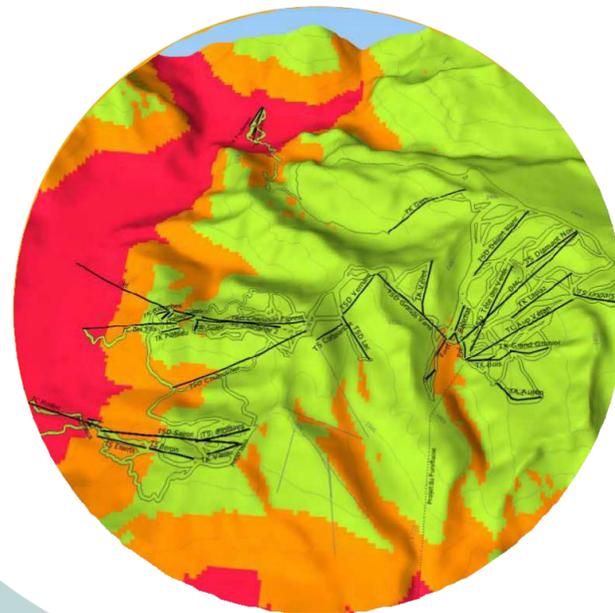
---



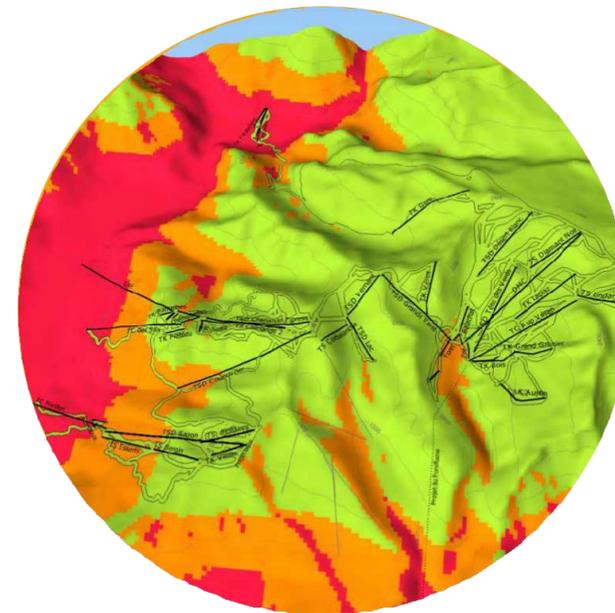
Décembre



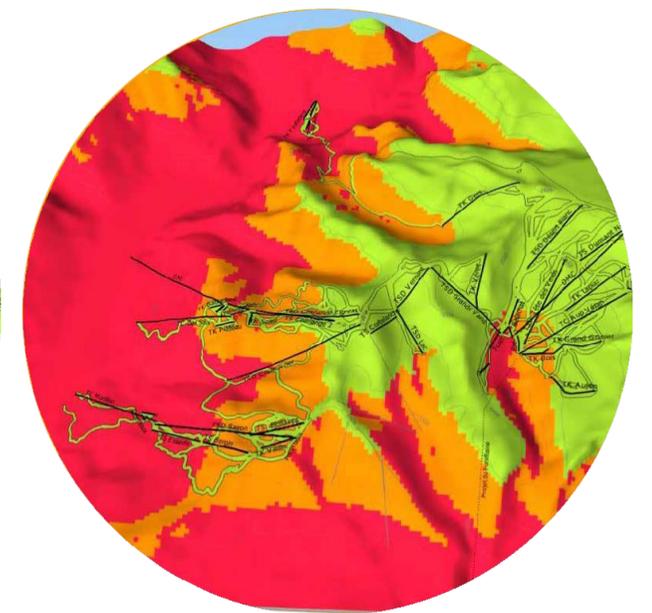
Janvier



Février



Mars



Avril

# Quatre périodes considérées

**Historique**  
**1986 - 2005**



Permet de tester le modèle, de comparer avec les observations historiques sur le terrain

**2021 - 2040**



Permet de se projeter à court-terme

**2041 - 2060**



Permet de se projeter à échéance de l'amortissement des investissements principaux (remontées mécaniques, neige de culture...)

**2081 - 2100**



Permet d'anticiper sur l'avenir (avec néanmoins une grande incertitude sur le scénario climatique)

# Trois niveaux de probabilité considérés

**Q10**

2 pires années sur 20

Permet de visualiser les années les moins favorables

**Q20**

4 pires années sur 20

Permet de dimensionner les investissements adaptés à 80% des situations

**Q50**

Année médiane

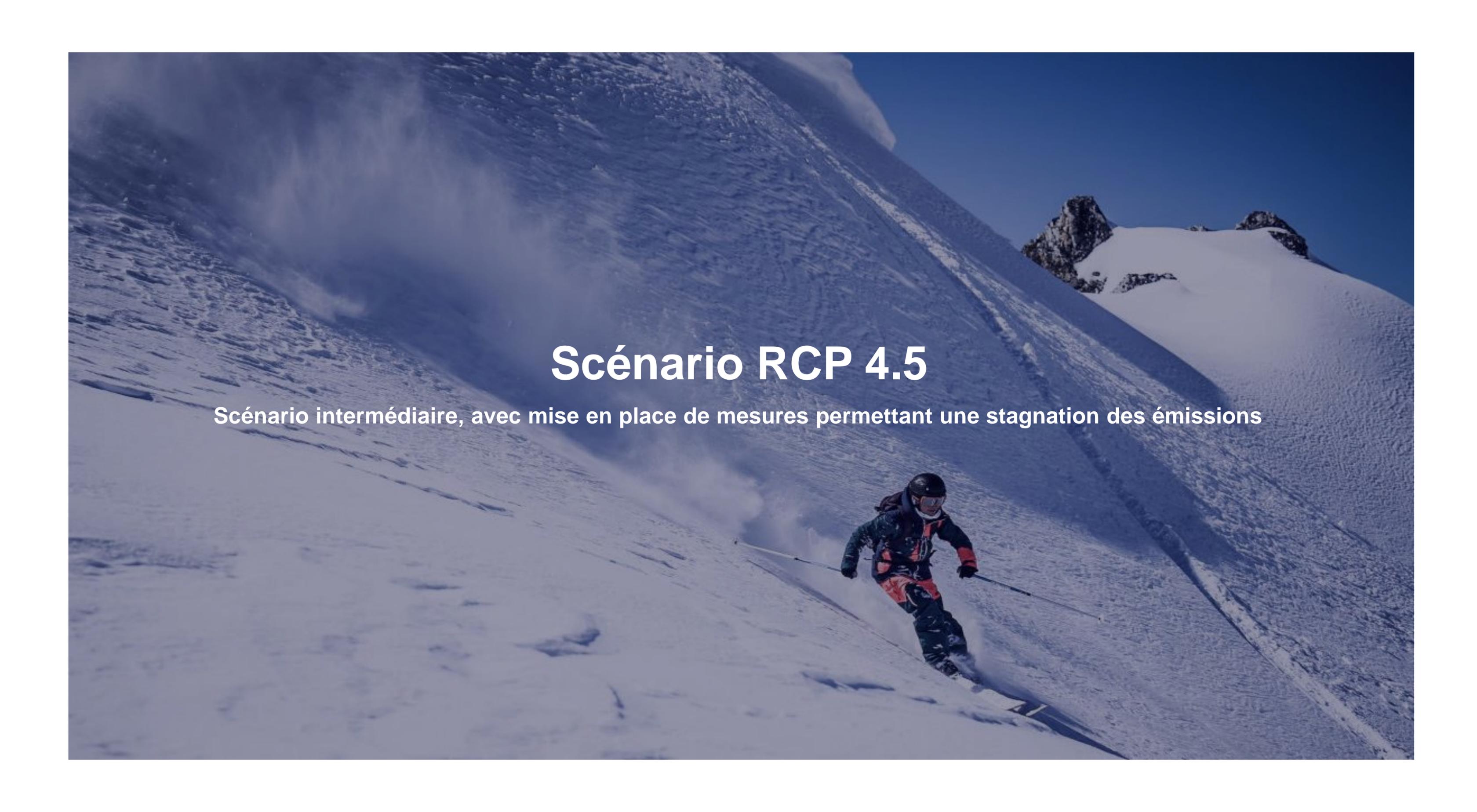
Permet de visualiser une année "classique"

# #2 Résultats de la modélisation sur les Arcs

*Données Météo France actualisées en août 2021*

| Modifications mineures possibles avec la 1<sup>ère</sup> version présentée



A skier in a dark jacket and red pants is skiing down a snowy mountain slope. The skier is in the lower right quadrant of the frame, moving towards the bottom left. The background shows a vast, snow-covered mountain range under a clear blue sky. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

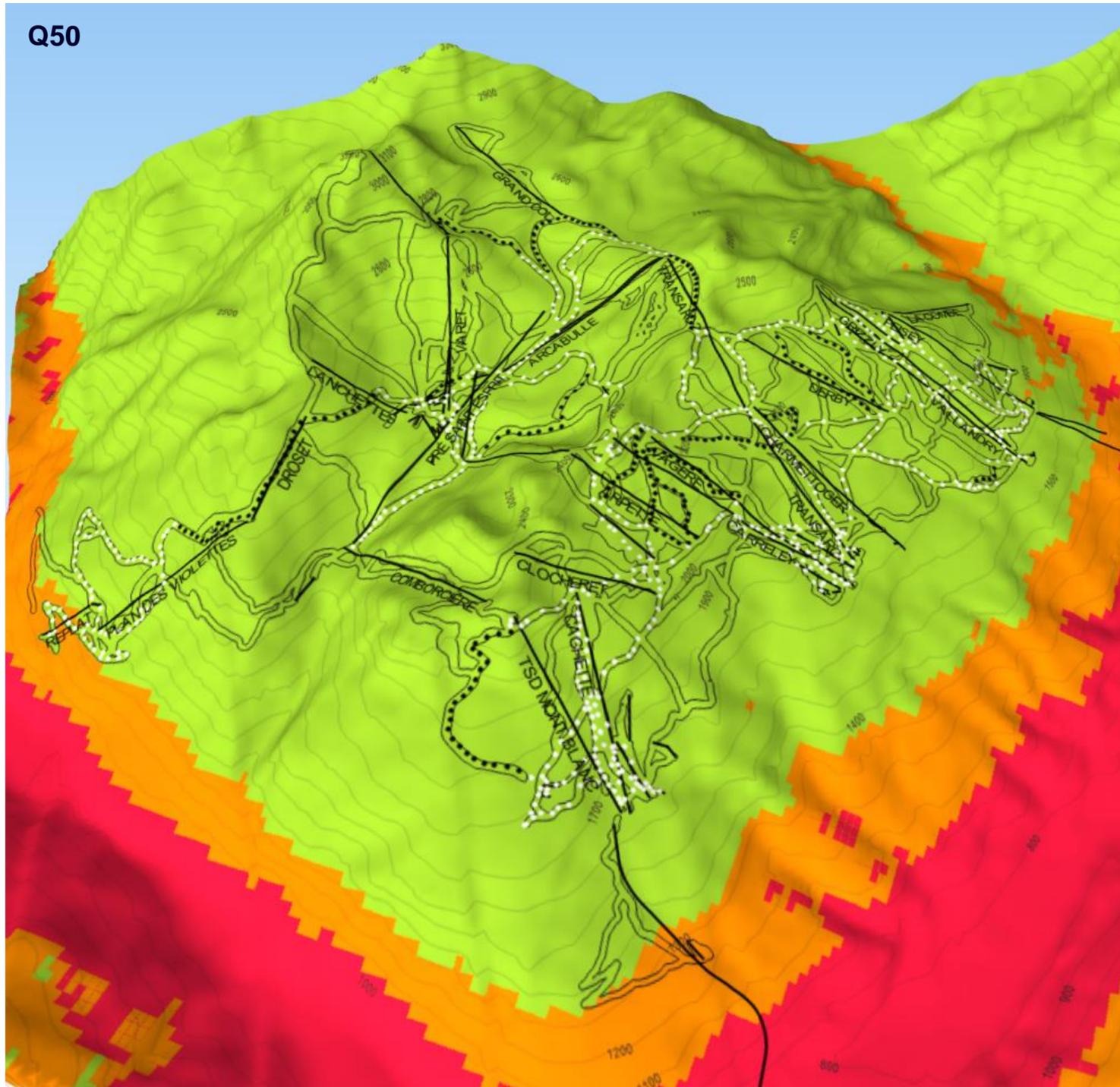
# Scénario RCP 4.5

Scénario intermédiaire, avec mise en place de mesures permettant une stagnation des émissions

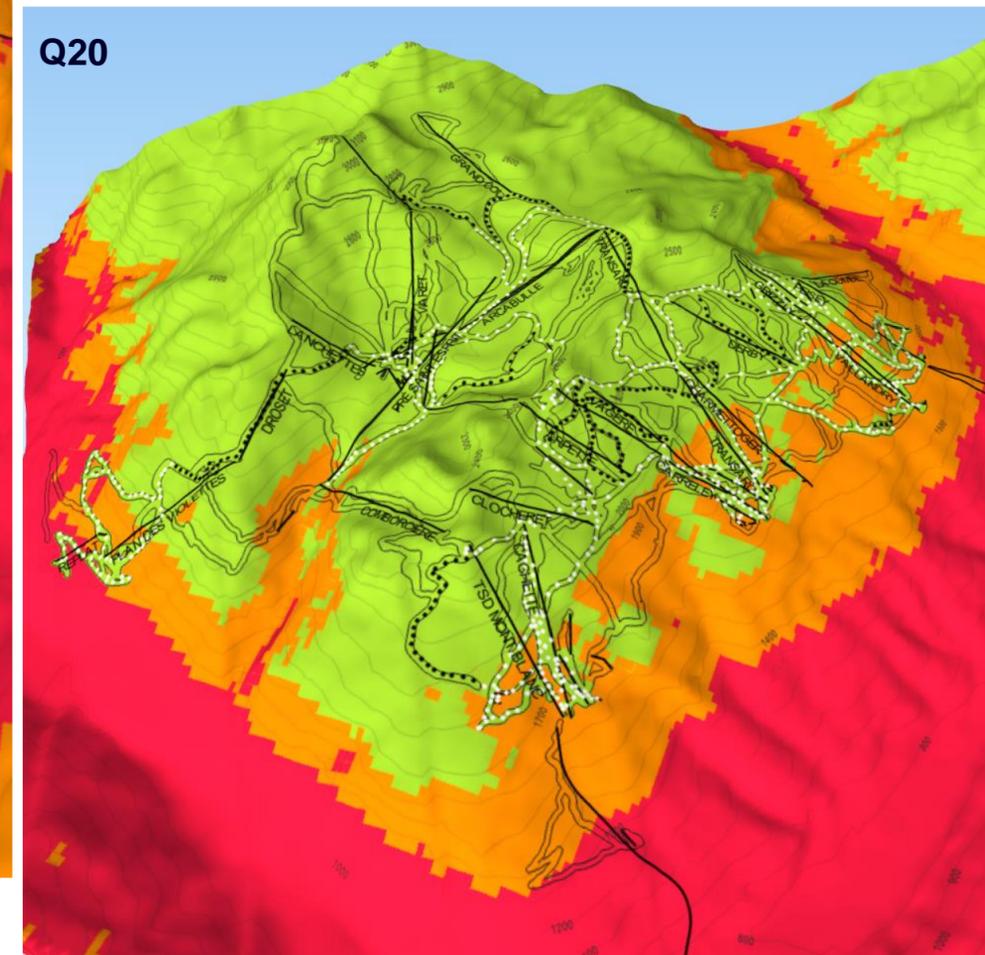
# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 1986-2005

Historique



- Historiquement, le domaine skiable s'est développé sur les zones les plus enneigées.
- Les secteurs bas (Villaroger, Vallandry et Arcs 1600) qui pouvaient être impactés une partie de la saison sont déjà équipés de neige de culture et d'ascenseurs afin d'ouvrir plus de 100 jours.



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

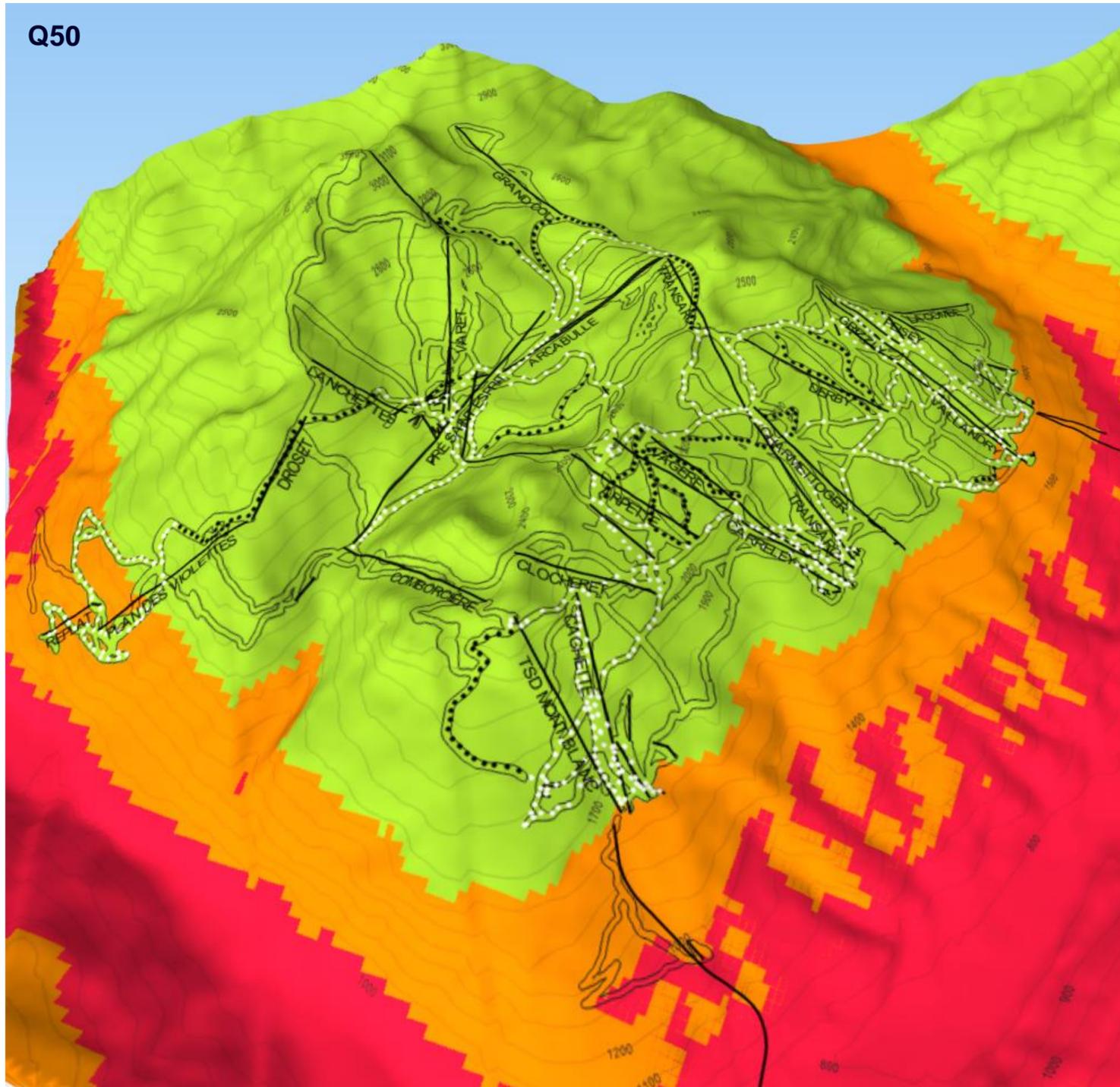
○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

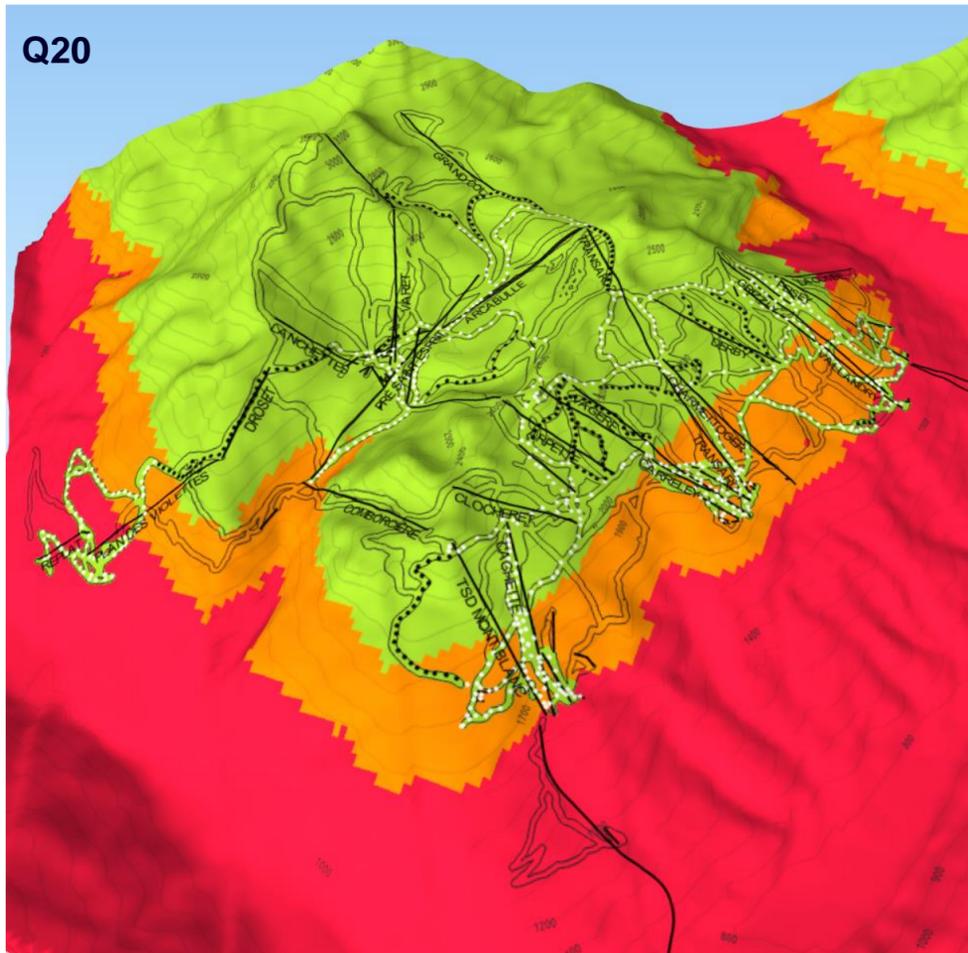
# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 2021-2040

### RCP 4.5



- L'exploitation de plus de 100 jours est garantie sur l'ensemble du domaine, grâce à l'installation en neige de culture existante.
- En année médiane, seul Villaroger est impacté par le manque d'enneigement naturel.
- Les pires années, les quatre points bas du domaine subissent un manque de neige naturelle mais l'ouverture est garantie grâce à la neige de culture.
- La liaison Paradiski est garantie par l'enneigement naturel en année médiane et par la neige de culture les pires années.



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

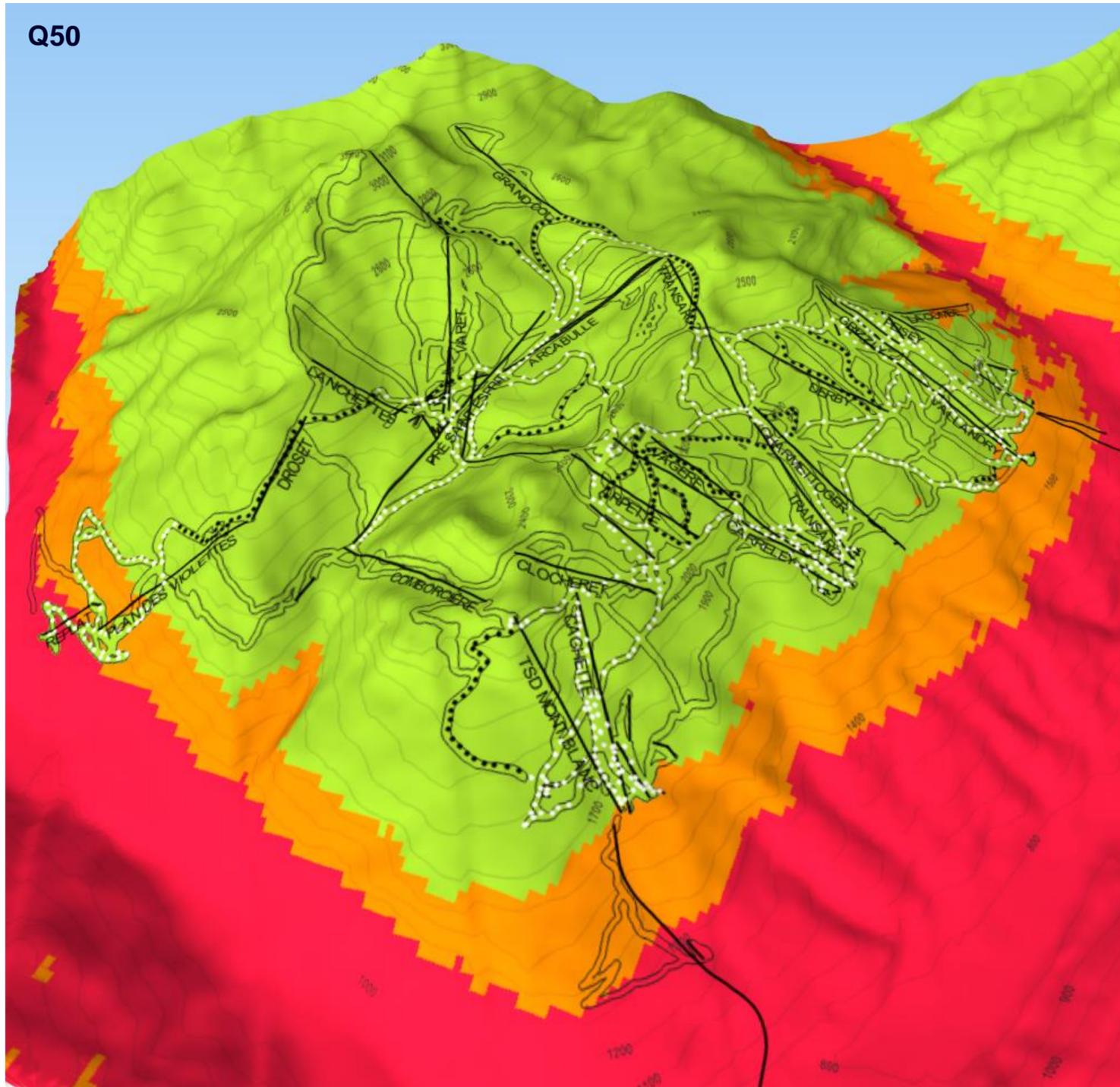
○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

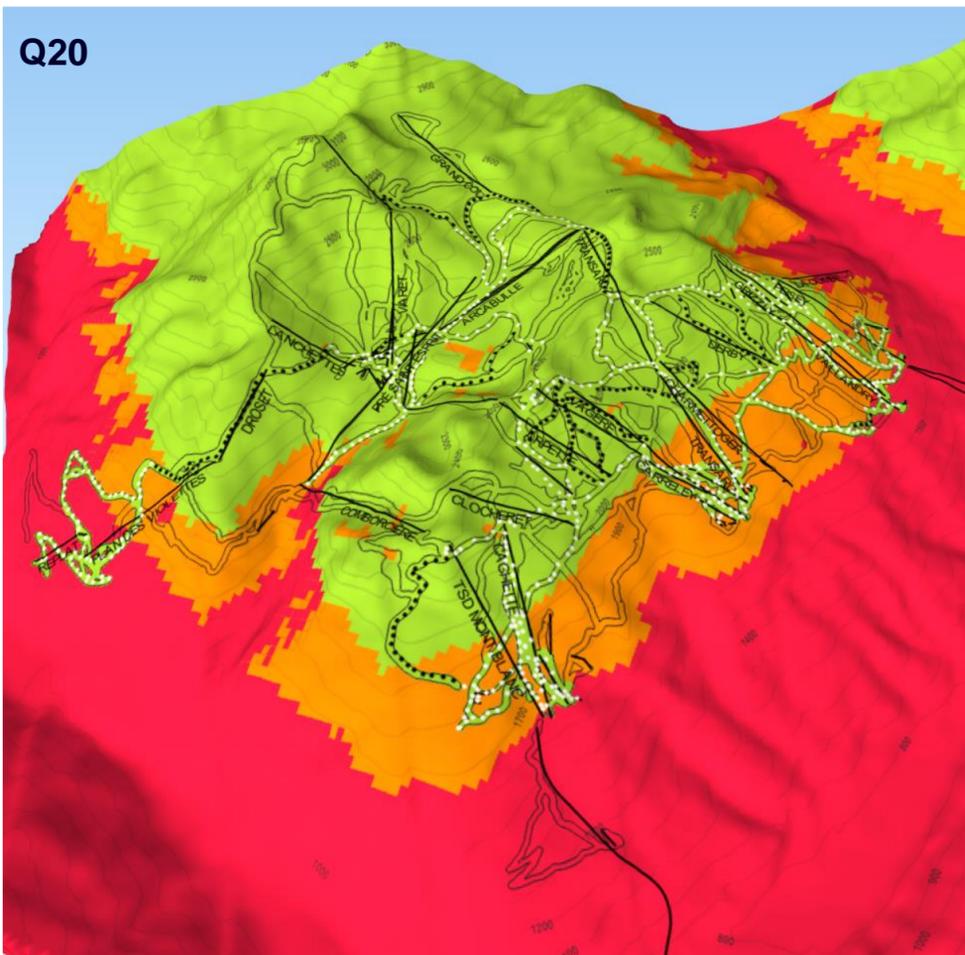
# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 2041-2060

### RCP 4.5



- Peu d'évolution à noter à l'échelle de la saison entre la période 2021-2040 et 2041-2060.



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet



Décembre

RCP 4.5

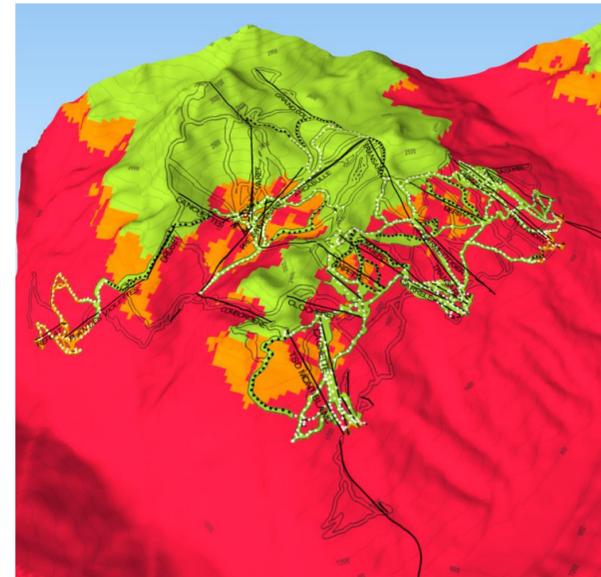
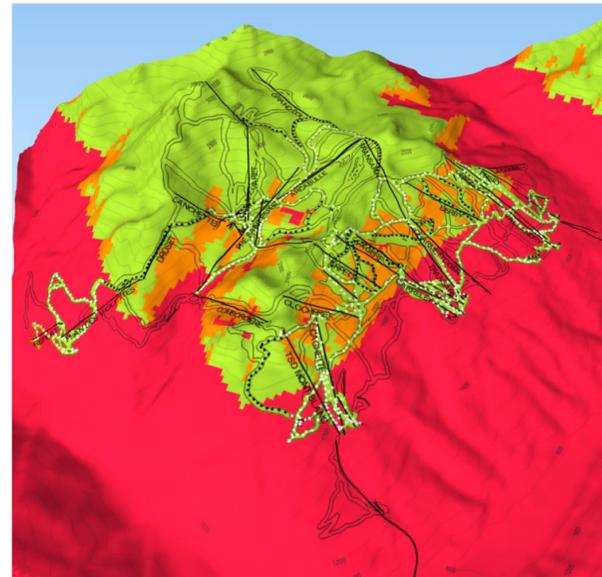
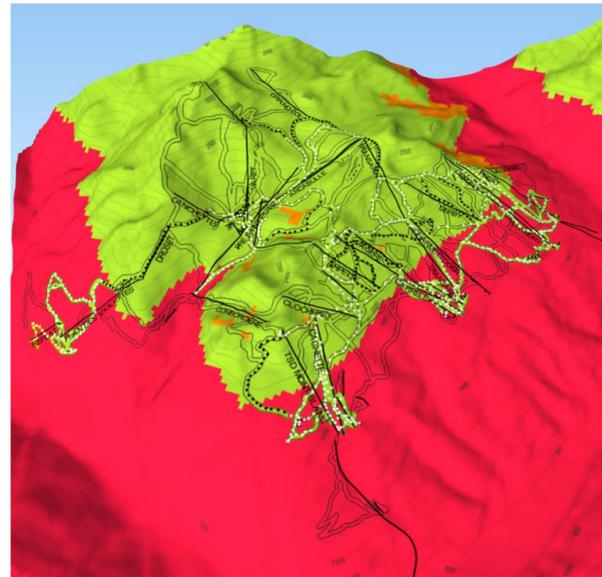
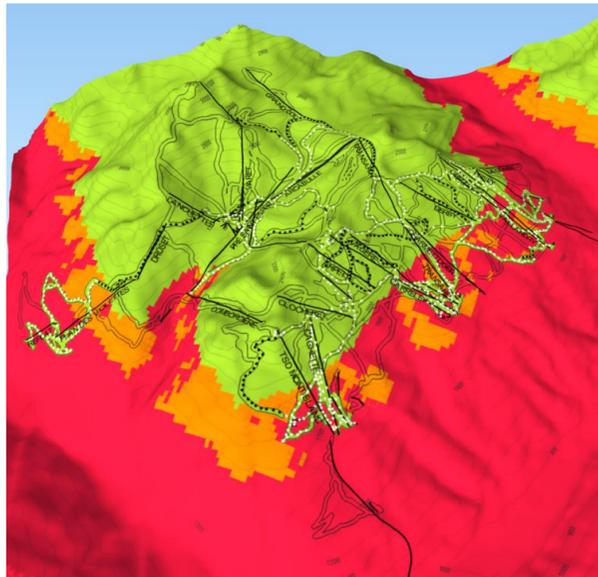
1986-2005

2021-2040

2041-2060

2081-2100

Q50



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 5 jours ■ 5-10 jours ■ > 10 jours

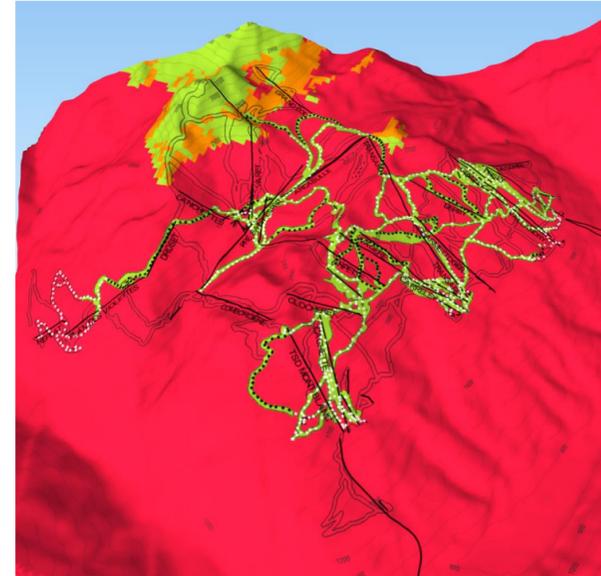
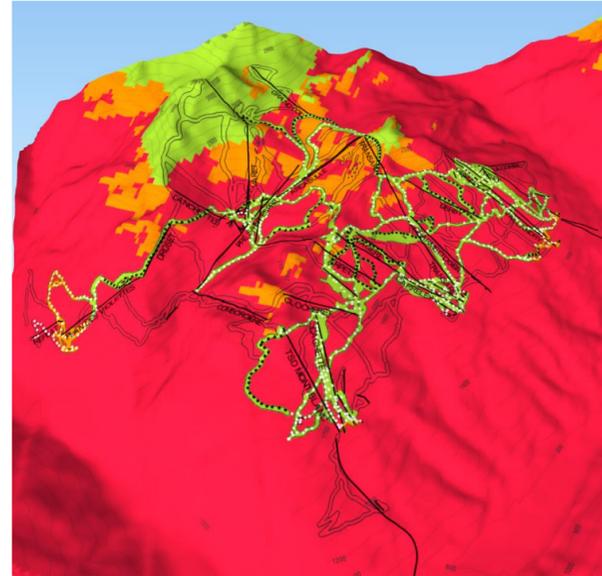
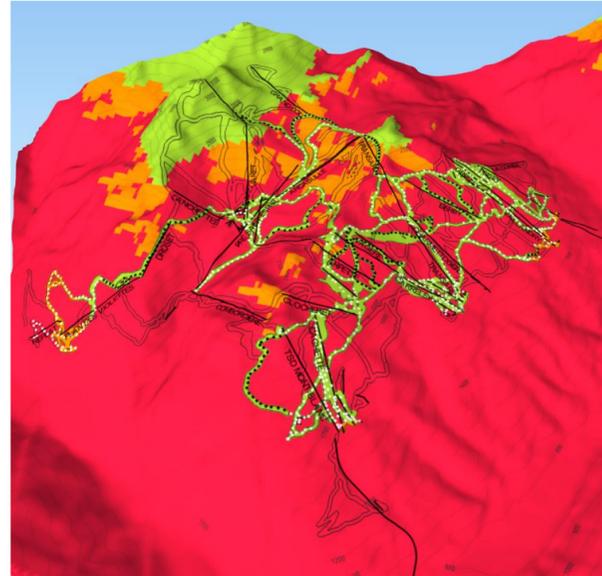
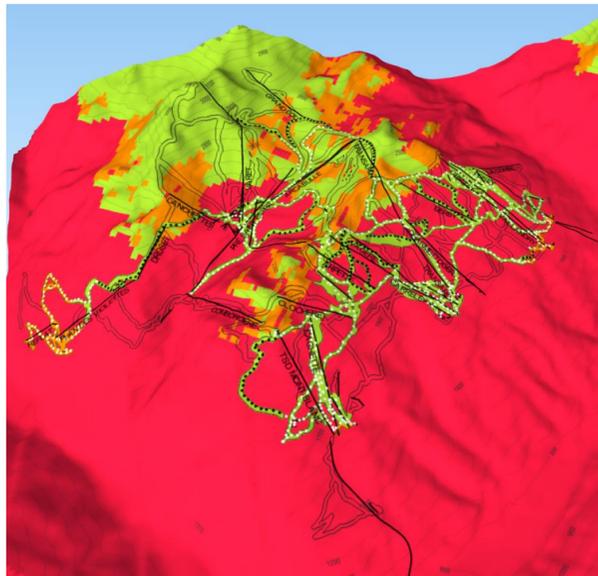
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

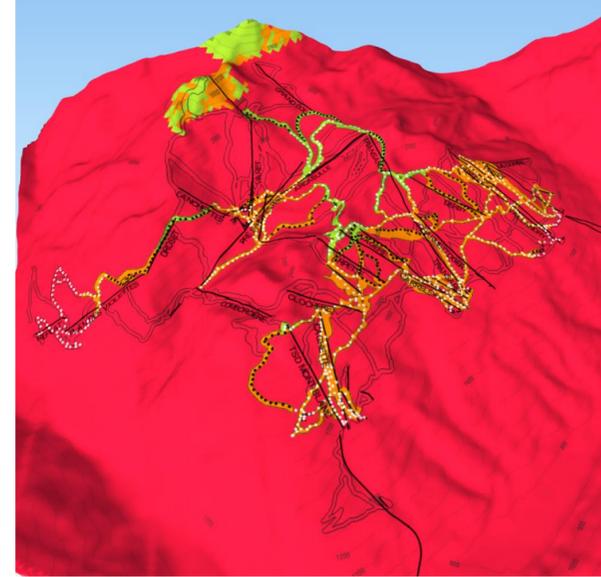
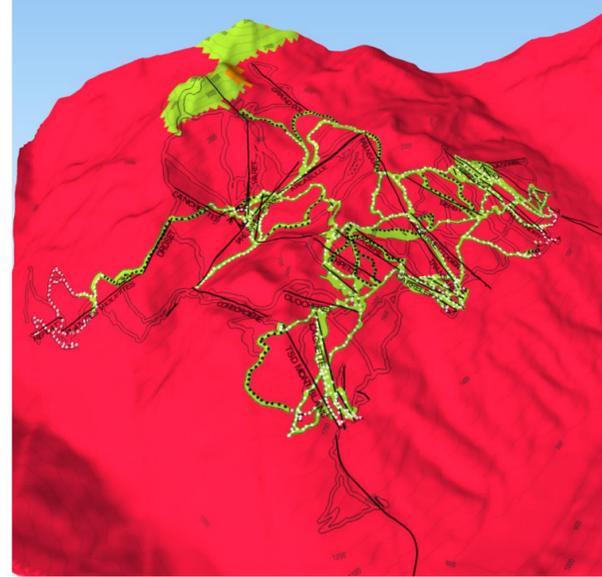
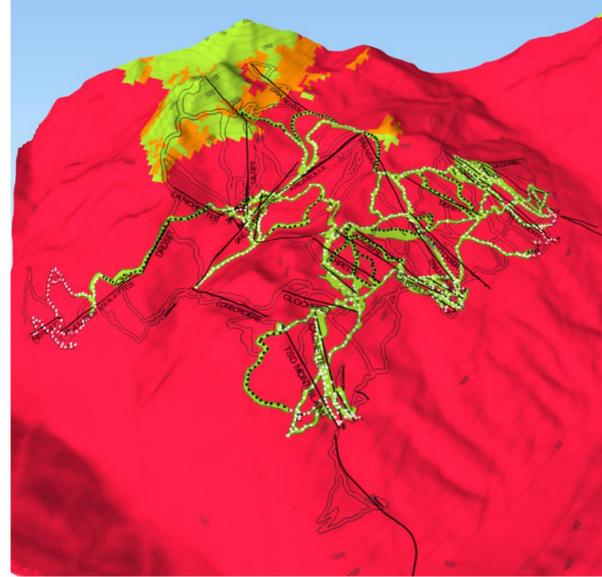
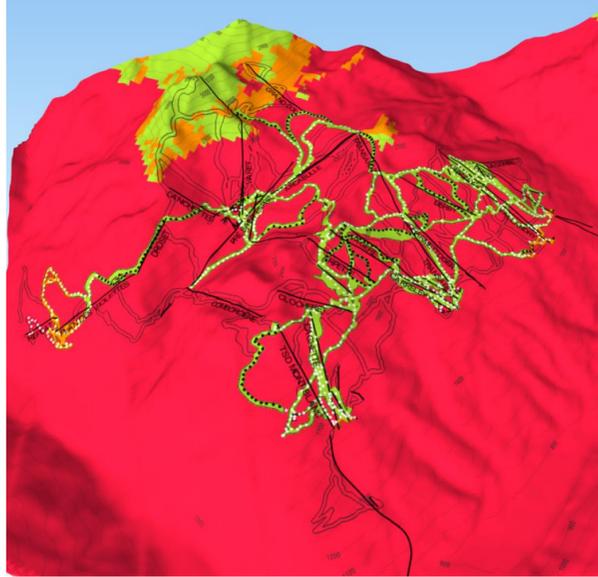
Q20



- En année médiane, l'enneigement naturel reste acceptable jusqu'en 2060.

- Les pires années, c'est la neige de culture qui permet d'ouvrir le domaine. Les heures de froid viennent à manquer sur Villaroger et le bas de Vallandry.

Q10



Janvier  
RCP 4.5

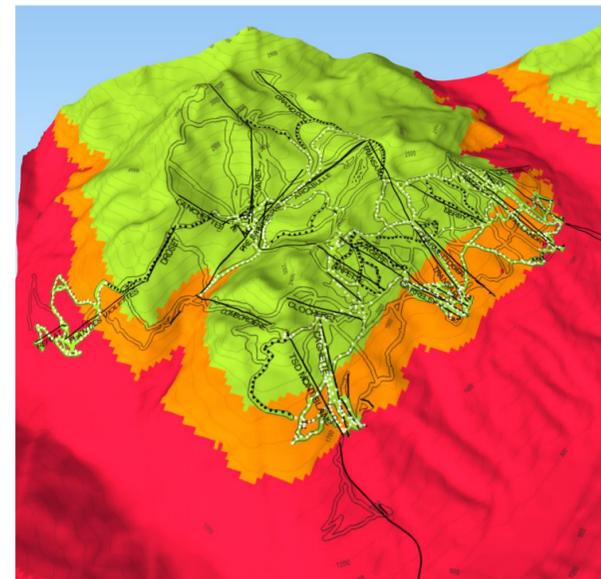
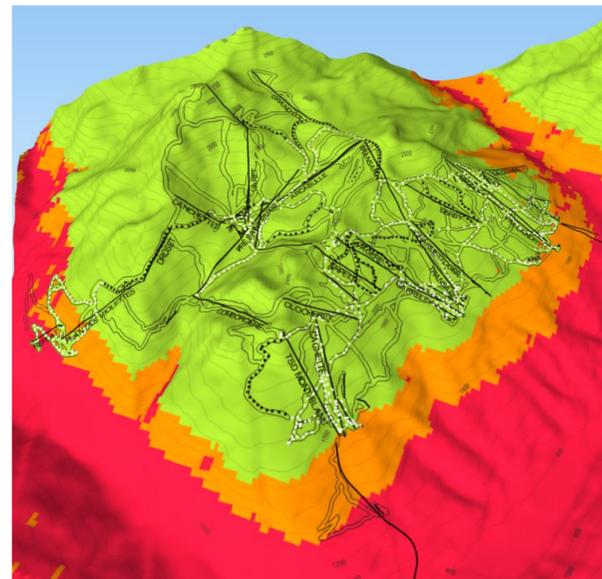
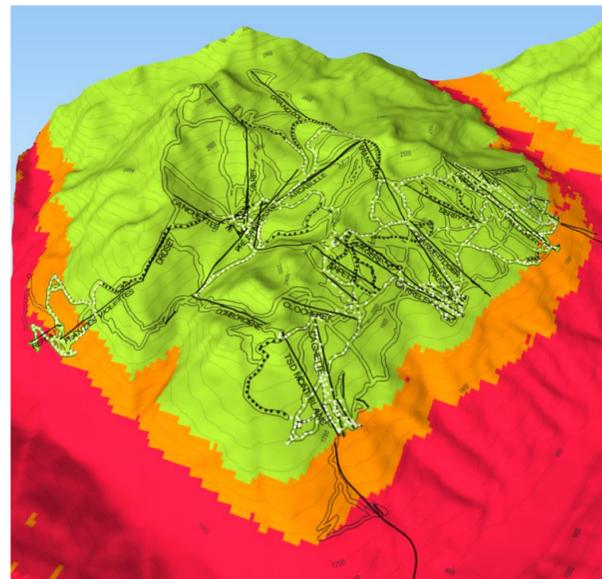
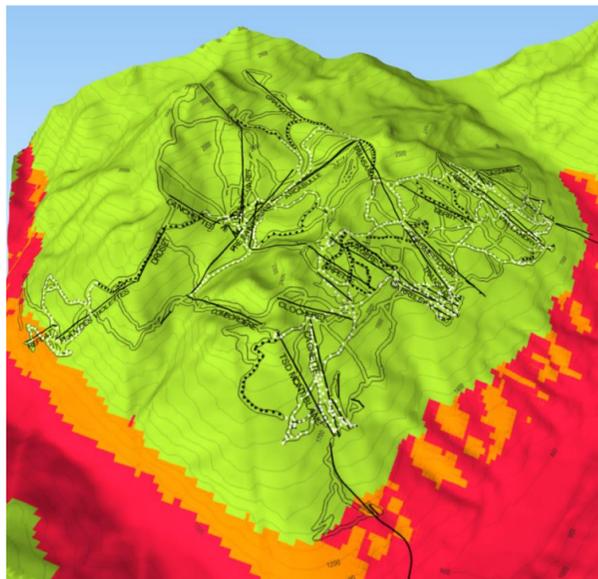
1986-2005

2021-2040

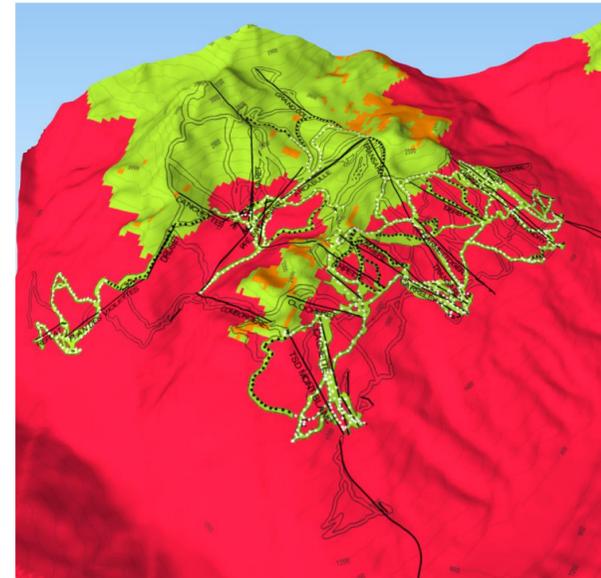
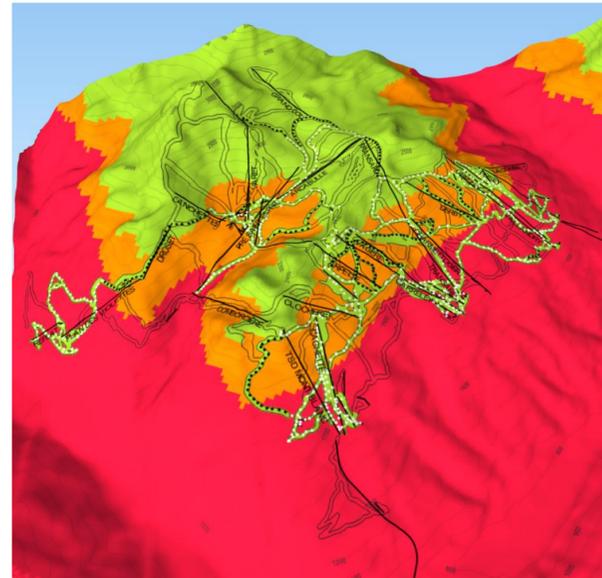
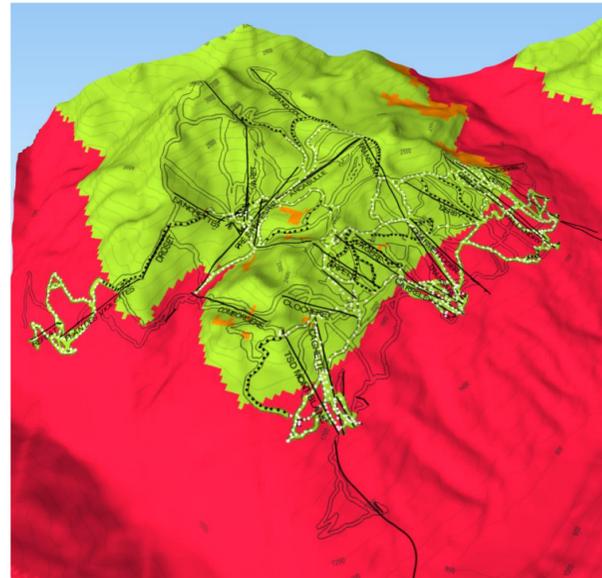
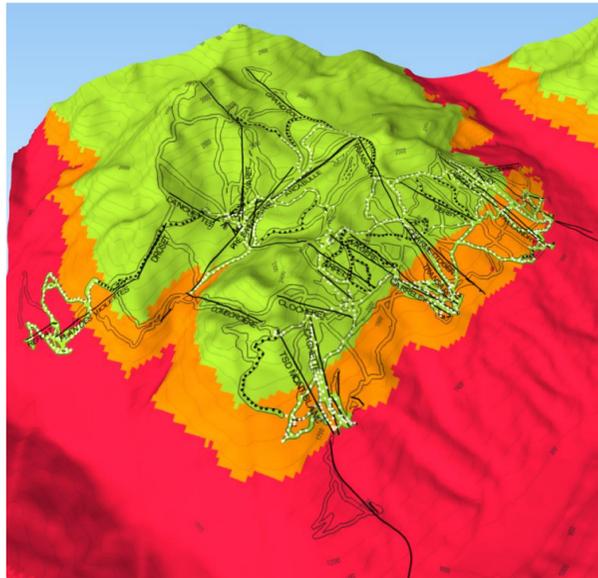
2041-2060

2081-2100

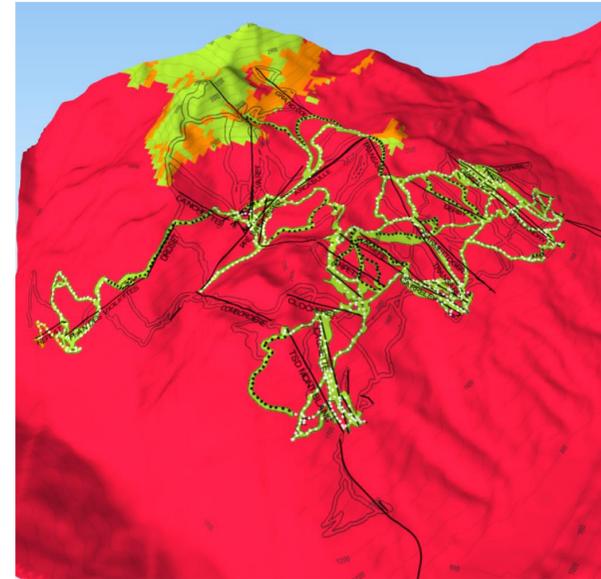
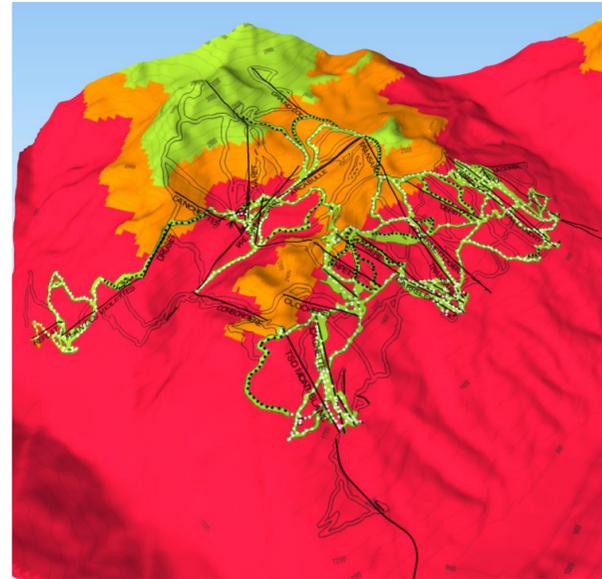
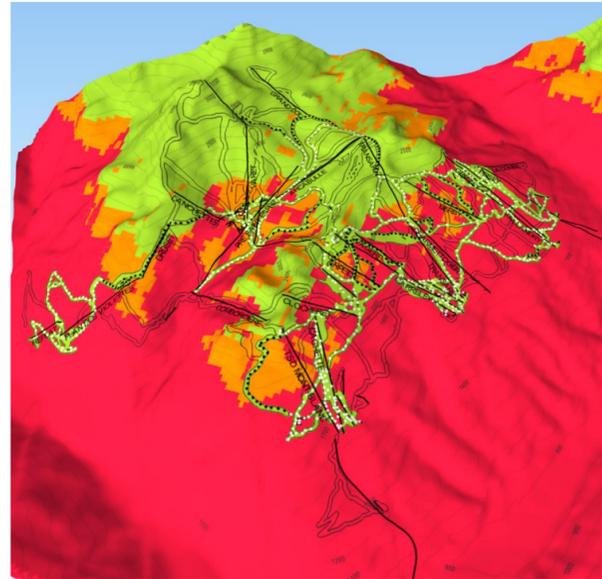
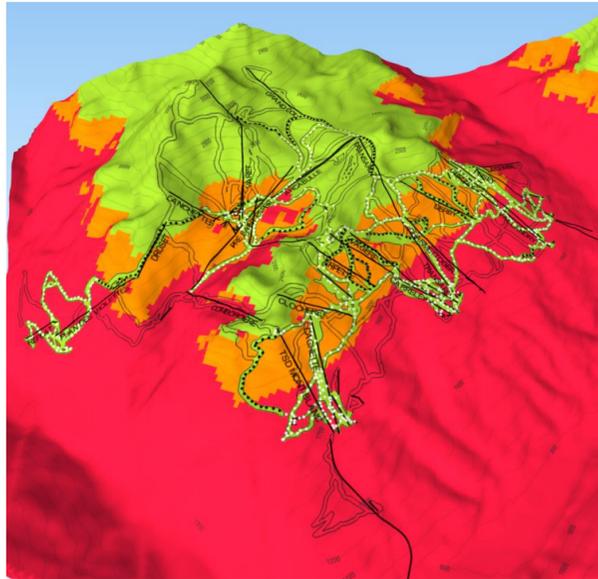
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

- L'enneigement naturel est très bon en année médiane jusqu'en 2060.
- La production de neige de culture est cruciale pour assurer l'ouverture du domaine les pires années.

Février  
RCP 4.5

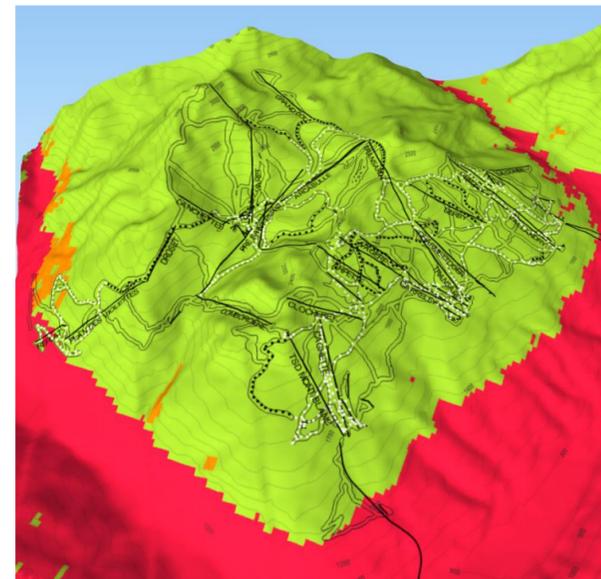
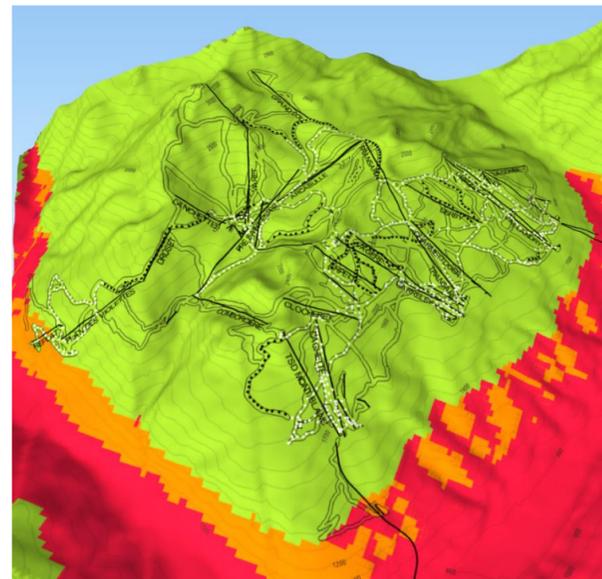
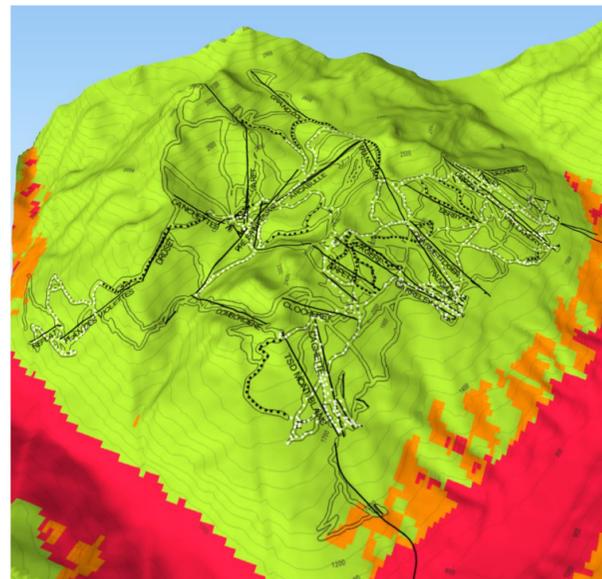
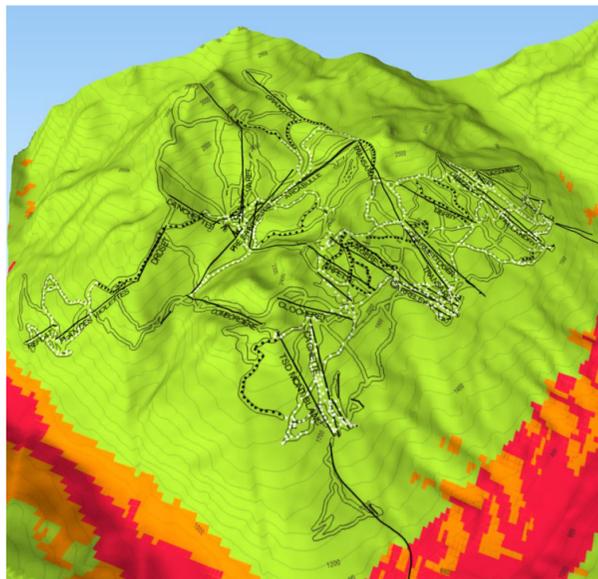
1986-2005

2021-2040

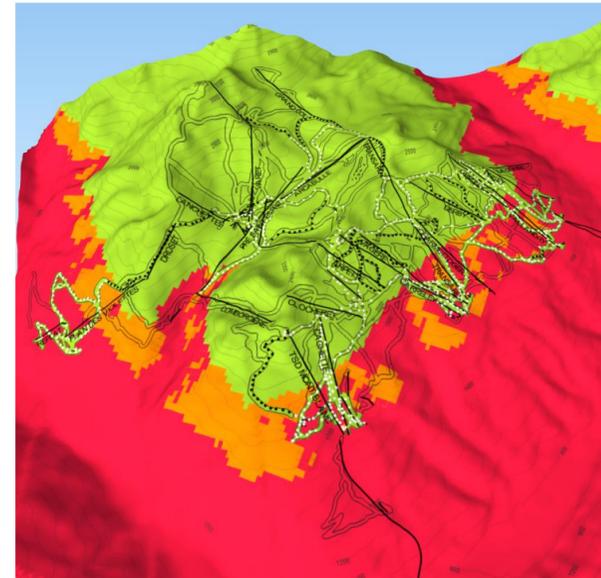
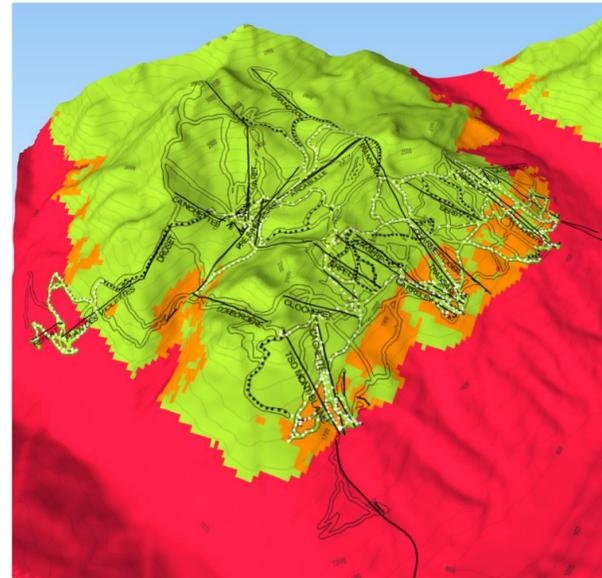
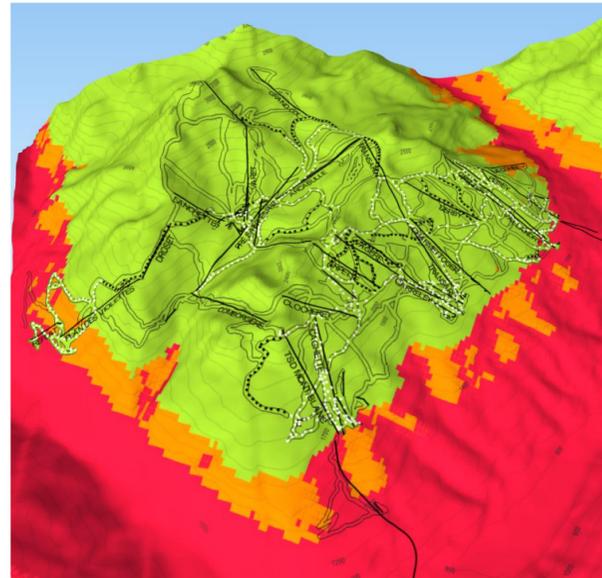
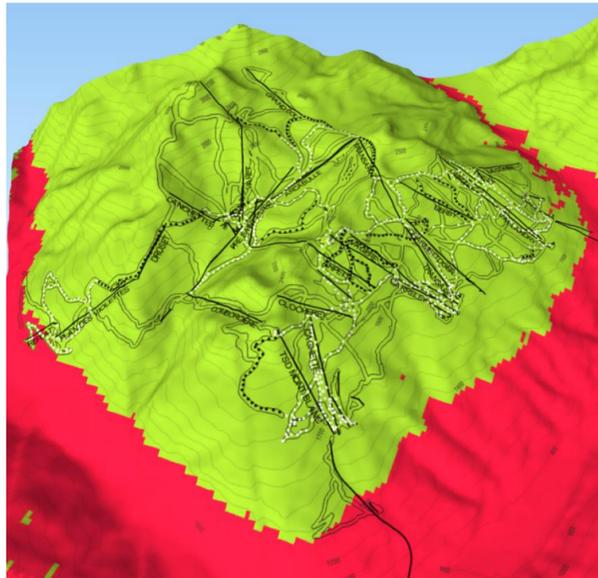
2041-2060

2081-2100

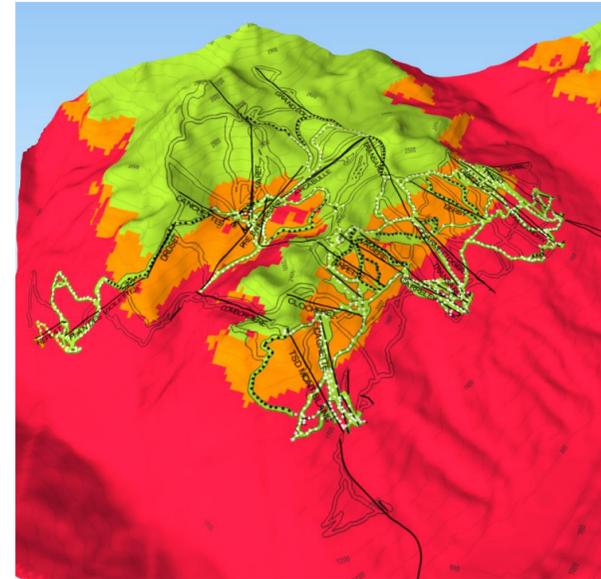
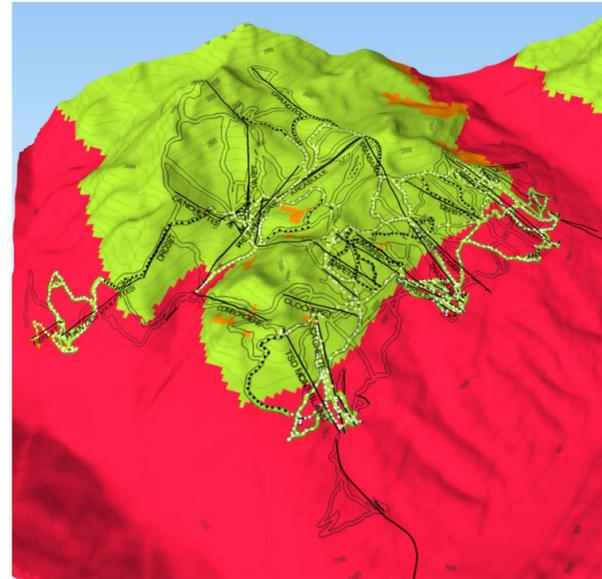
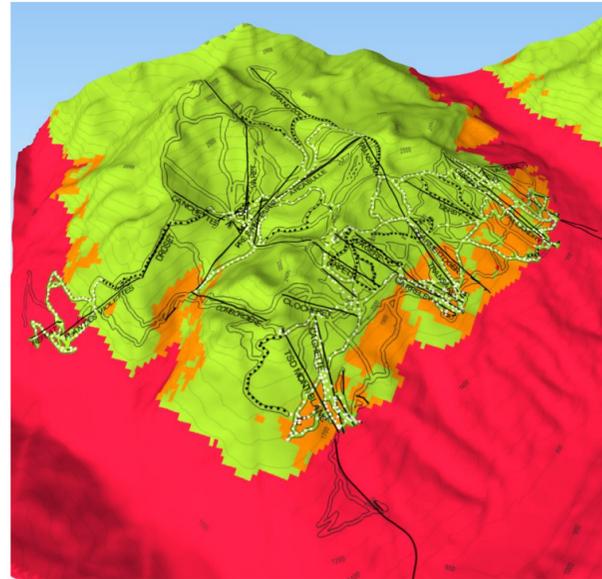
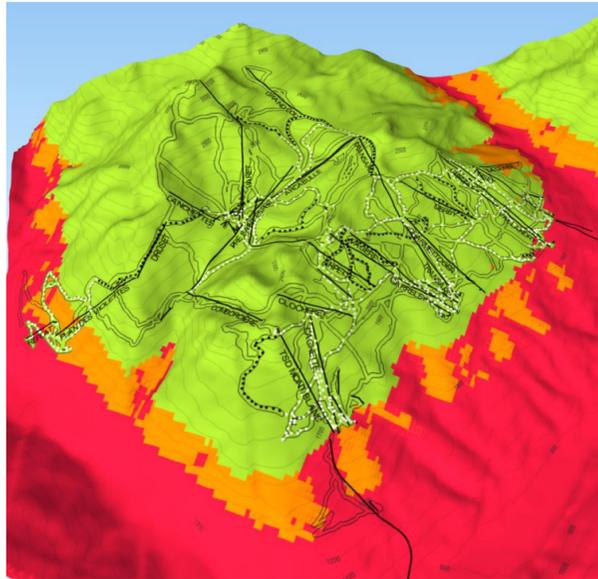
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

- L'enneigement naturel reste très bon au moins jusqu'en 2060 sur le haut du domaine.

- En revanche, par rapport à l'historique, les secteurs bas de Peisey et des Arcs ne peuvent plus compter sur la neige naturelle pour ouvrir ces secteurs les pires années.

- Villaroger sera le secteur le plus impacté par le manque de neige naturelle.

- Sur la quasi-totalité du domaine, la production de neige de culture est néanmoins garantie avec plus de 200 heures de froid cumulées jusqu'à la fin du siècle.

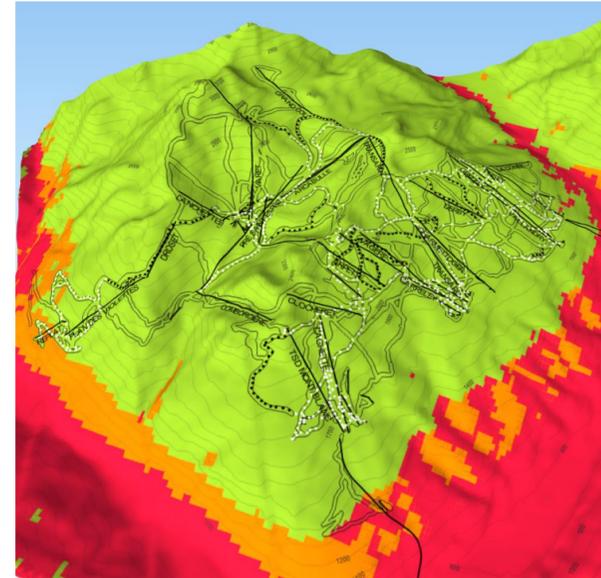
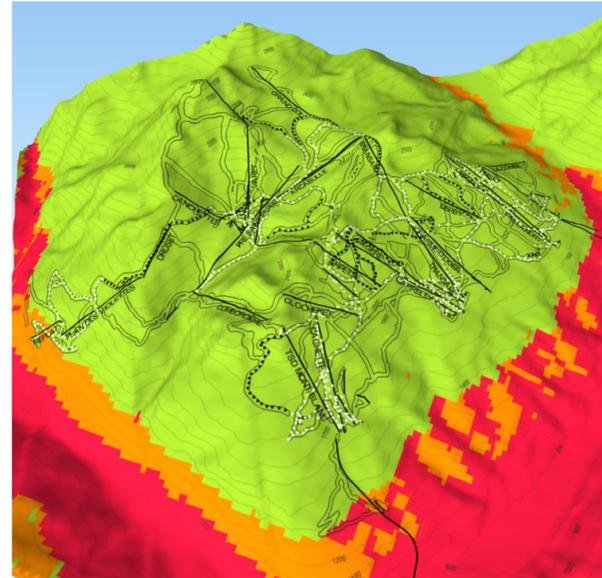
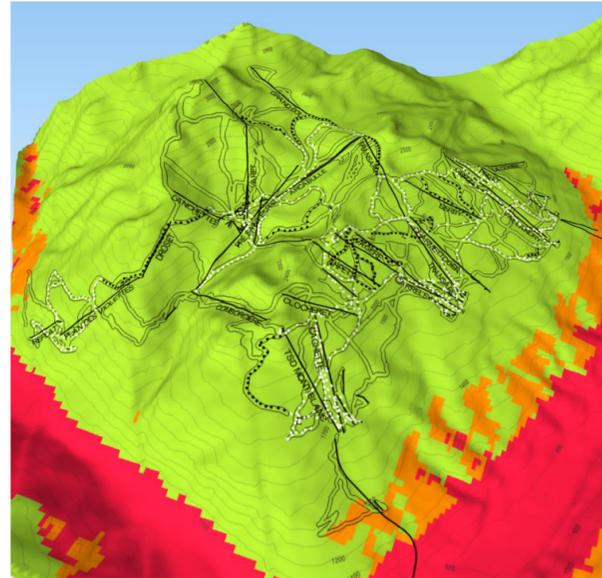
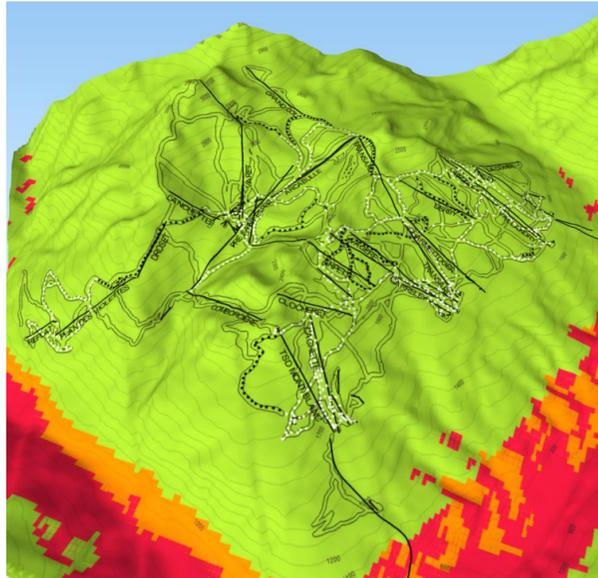
1986-2005

2021-2040

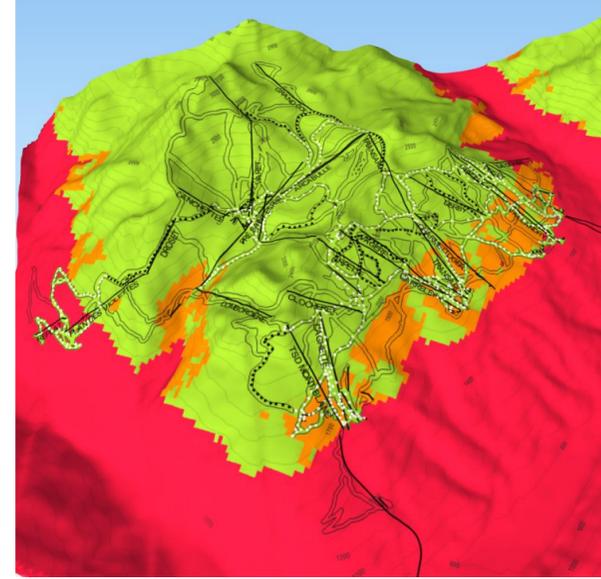
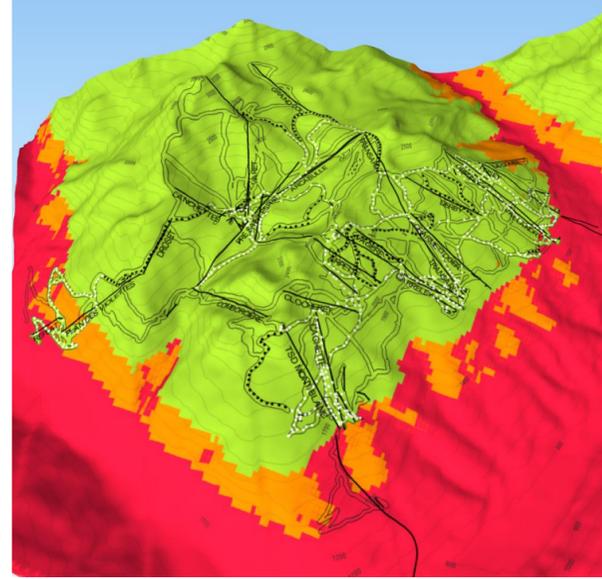
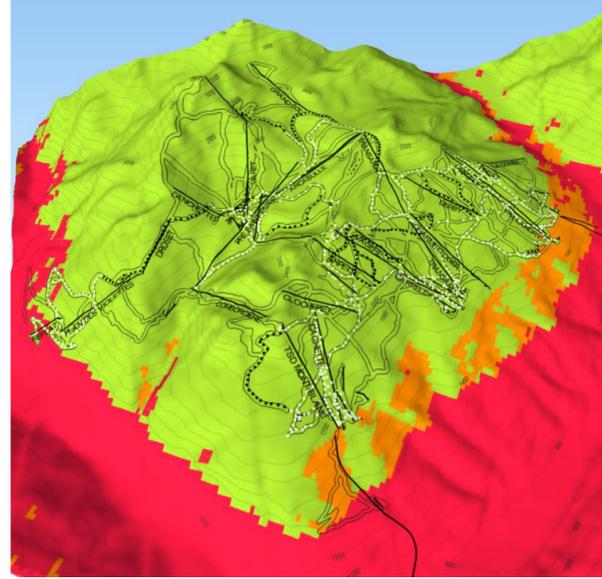
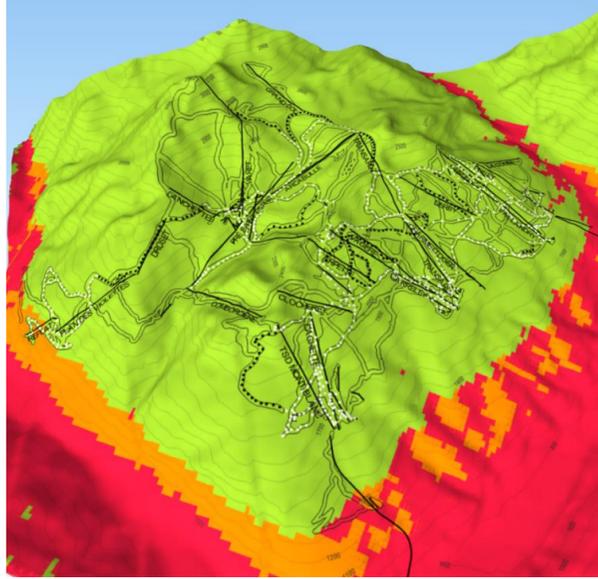
2041-2060

2081-2100

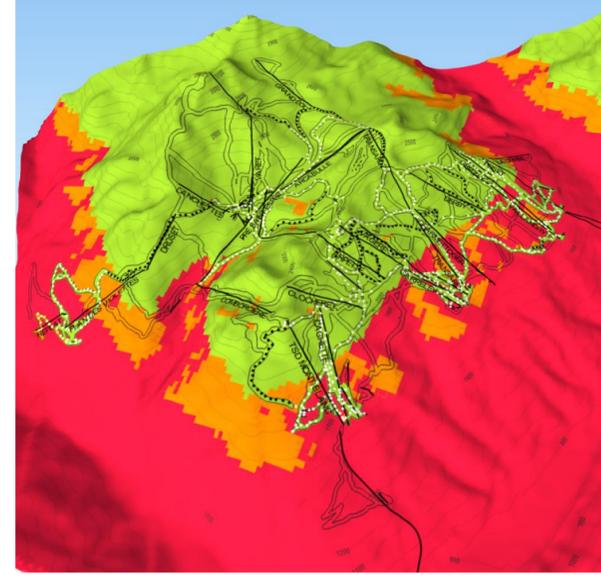
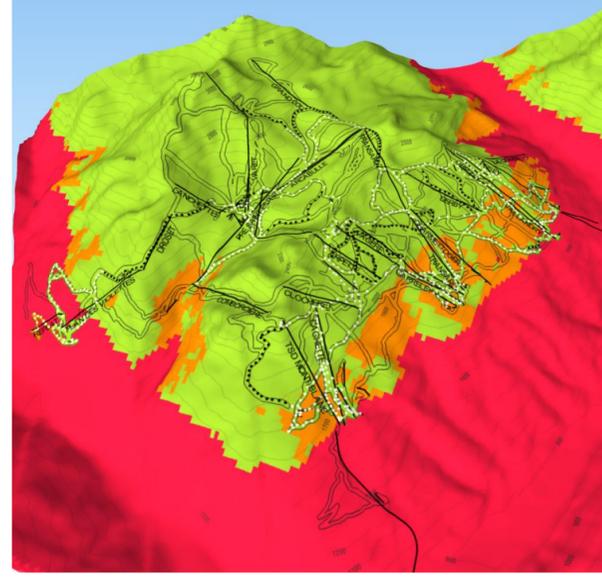
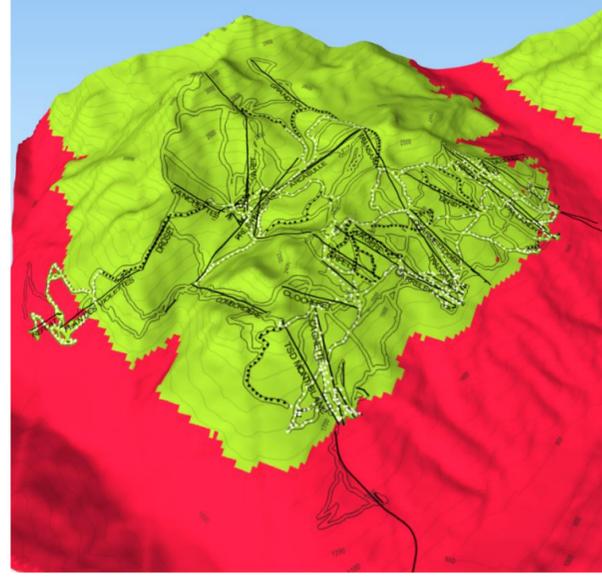
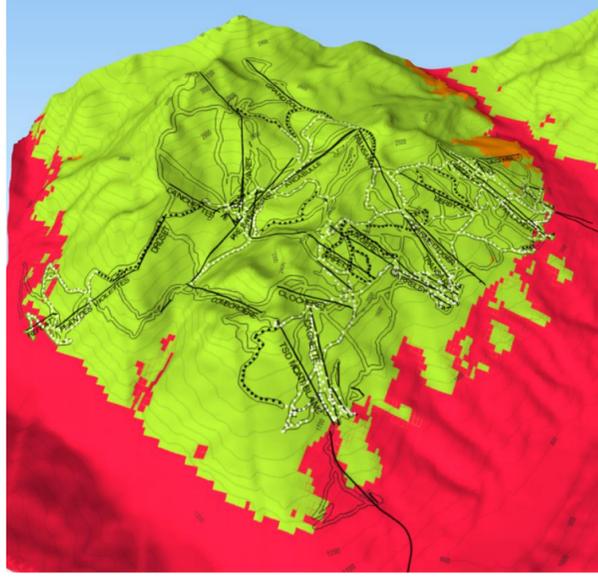
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

- Mars est le mois le plus enneigé.
- Le domaine est exploitable dans de bonnes conditions en mars jusqu'à la fin du siècle.

Avril  
RCP 4.5

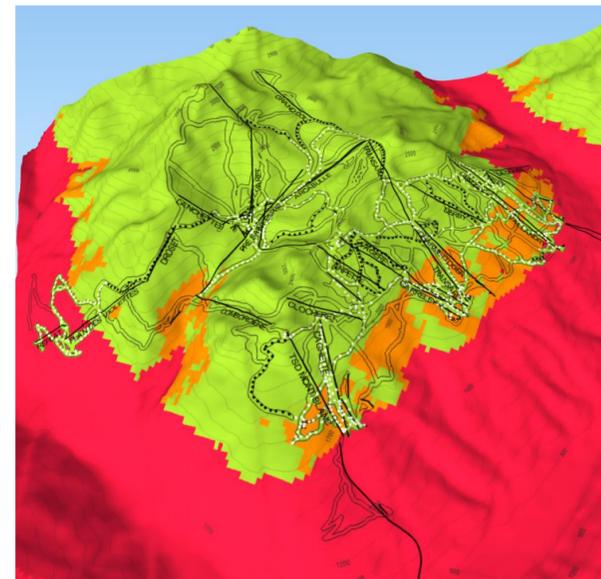
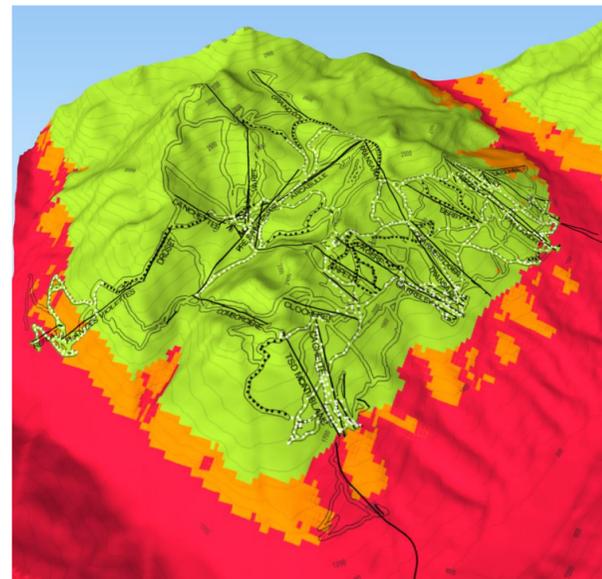
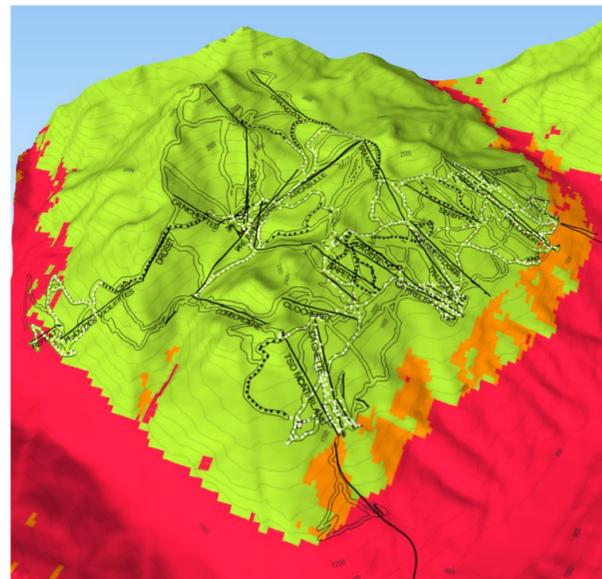
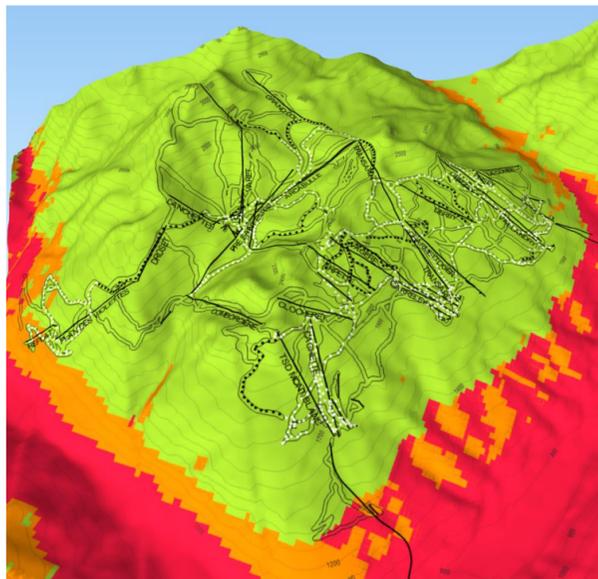
1986-2005

2021-2040

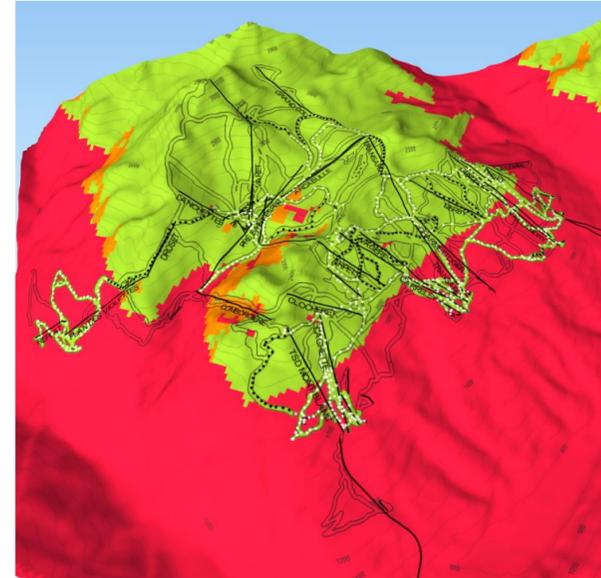
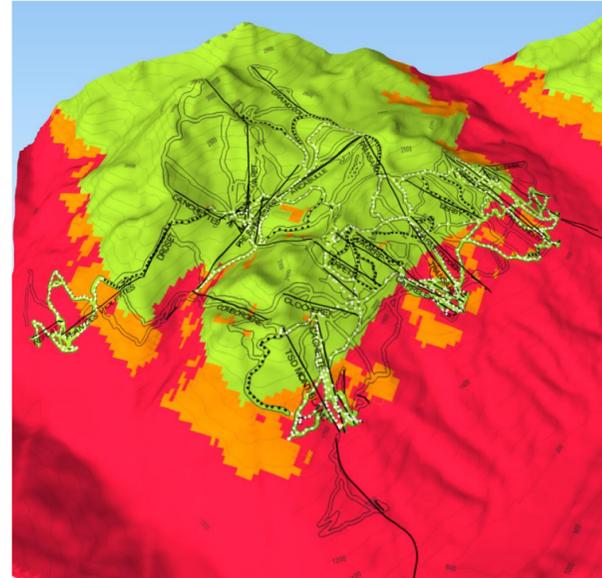
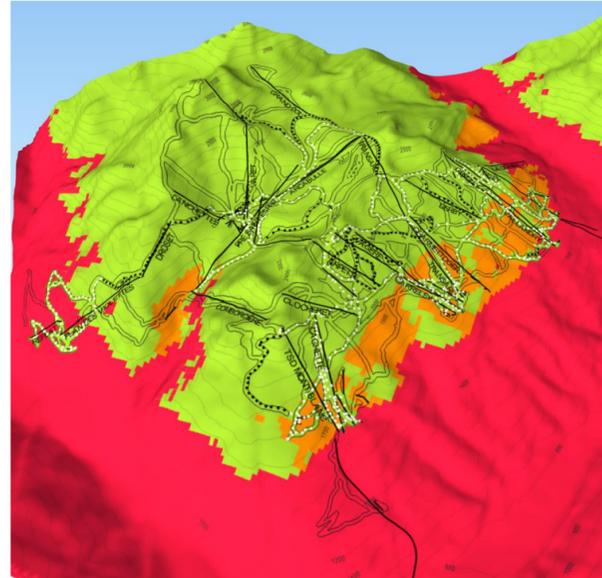
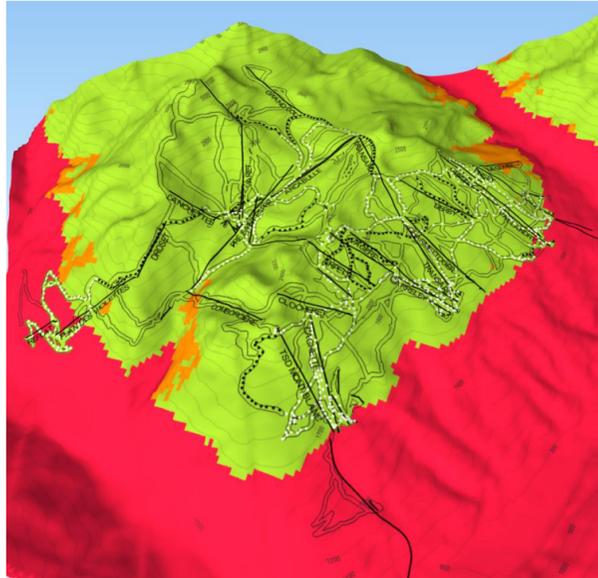
2041-2060

2081-2100

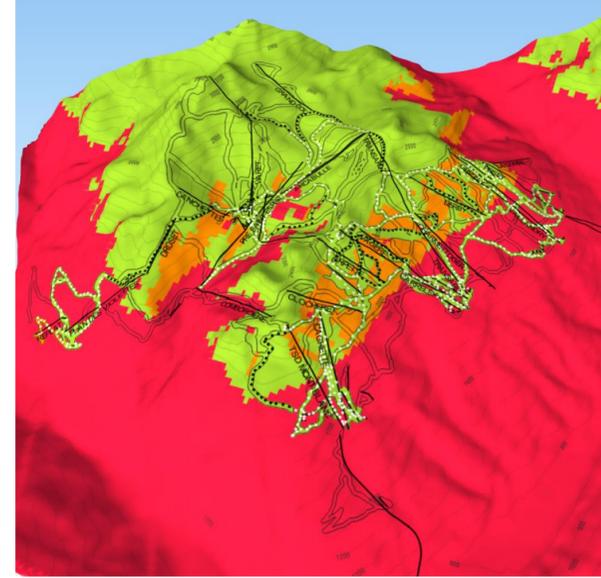
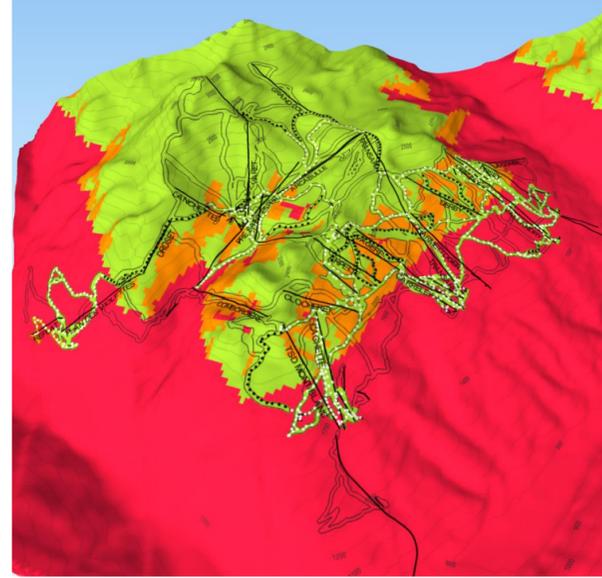
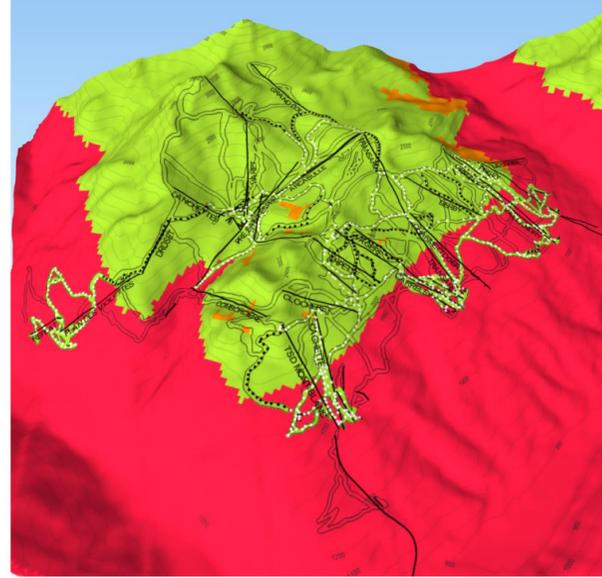
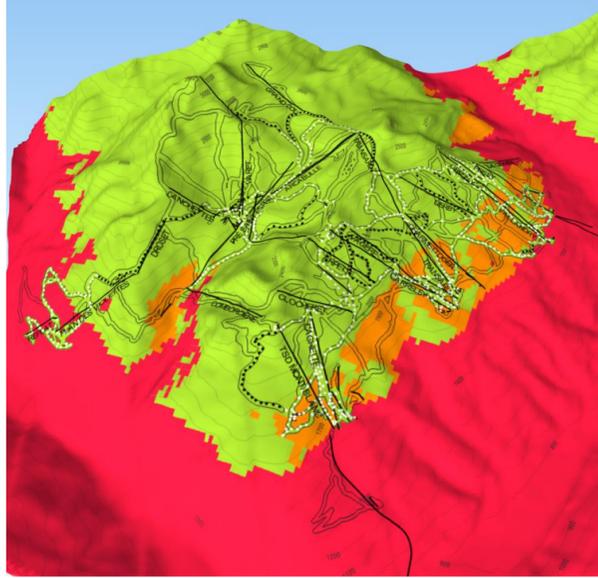
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

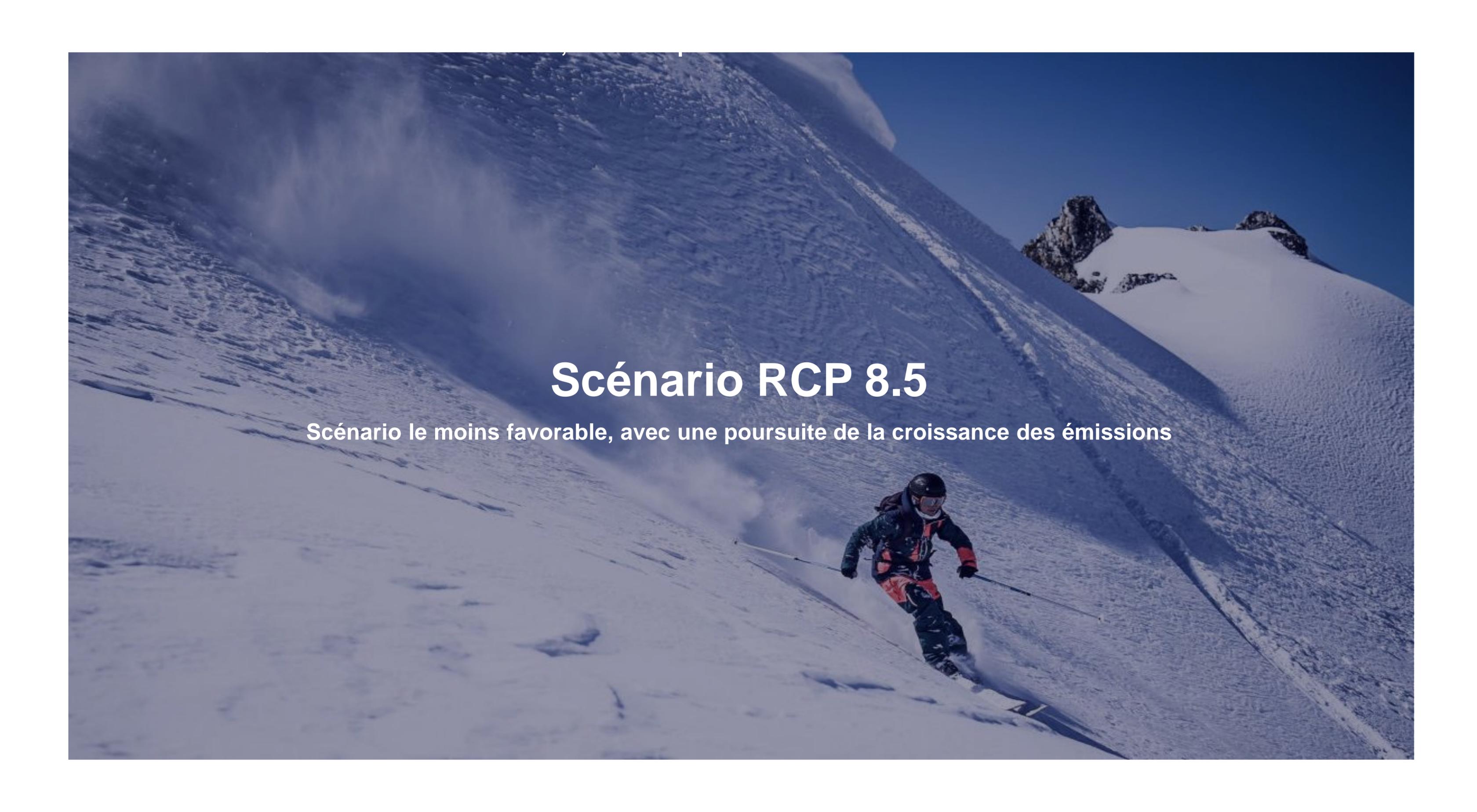
Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

- Historiquement, la fonte ne compromettait pas l'ouverture des secteurs bas.
- Dès 2020, la fonte s'intensifie en dessous de 2000 mètres d'altitude.
- L'enjeu principal portera sur la conservation de la neige produite depuis le début de saison.

A skier in a dark jacket and red pants is skiing down a snowy mountain slope. The skier is in the lower right quadrant of the frame, moving towards the bottom left. The background shows a vast, snow-covered mountain range under a clear blue sky. The overall scene is bright and clear, suggesting a sunny day.

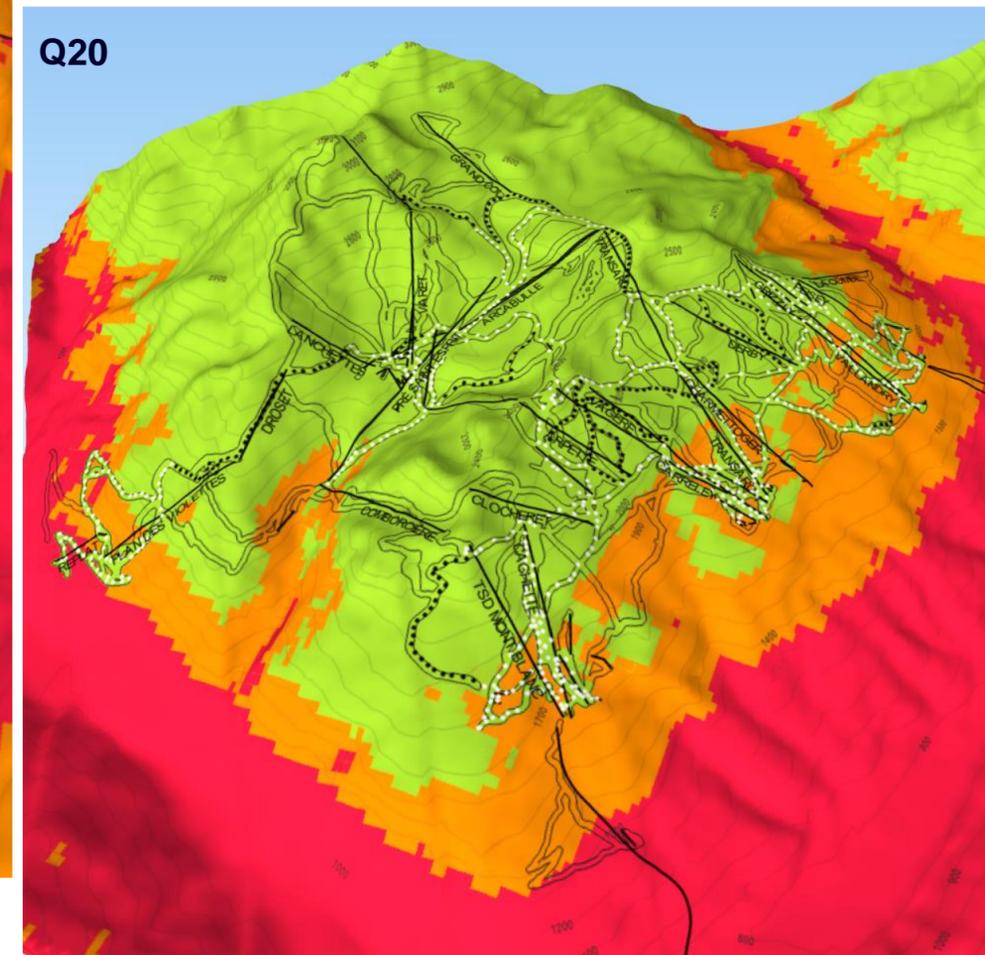
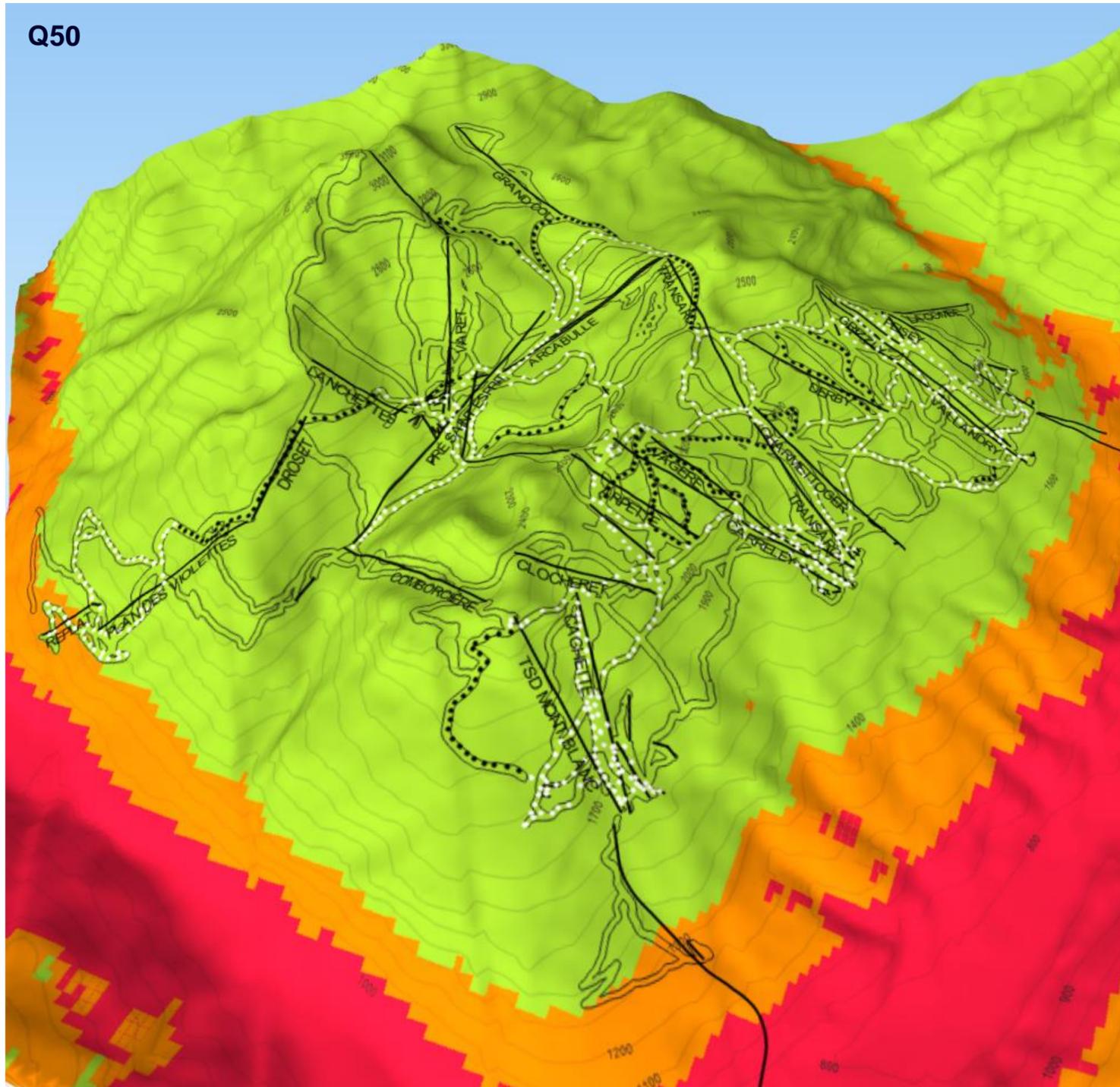
# Scénario RCP 8.5

Scénario le moins favorable, avec une poursuite de la croissance des émissions

# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 1986-2005

Historique



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

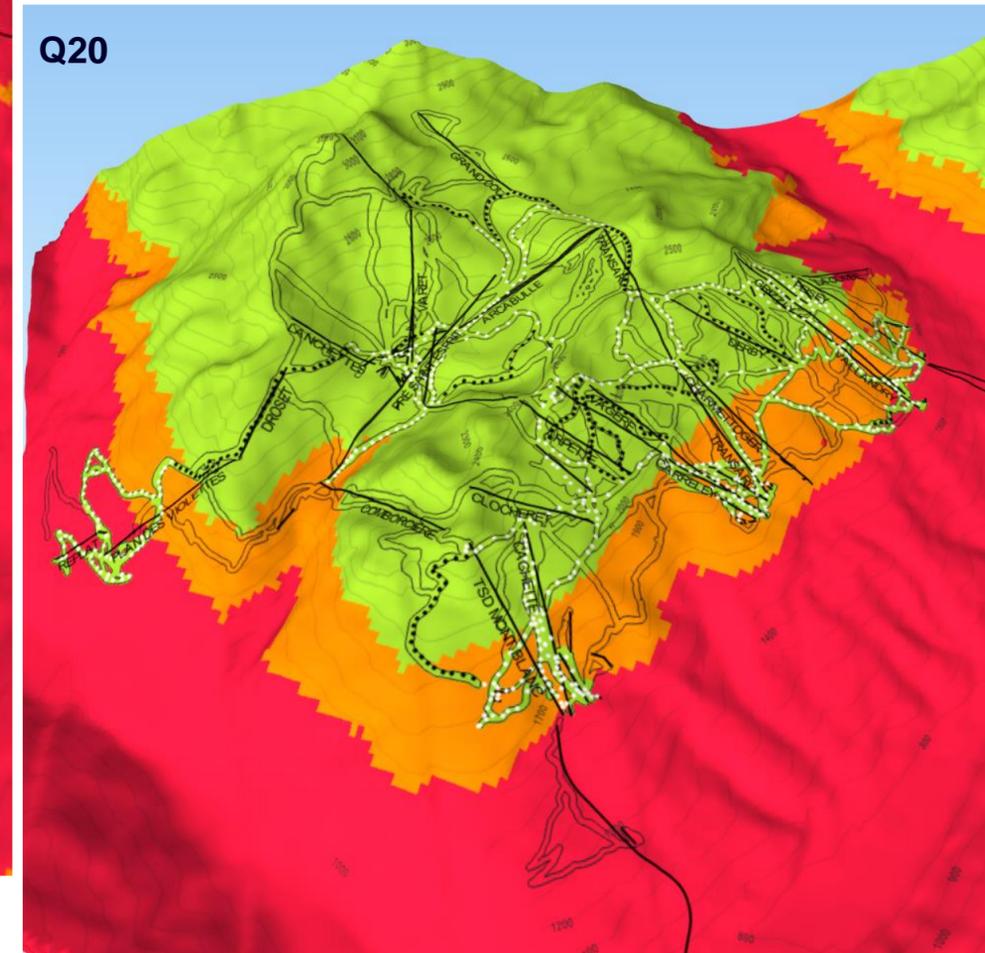
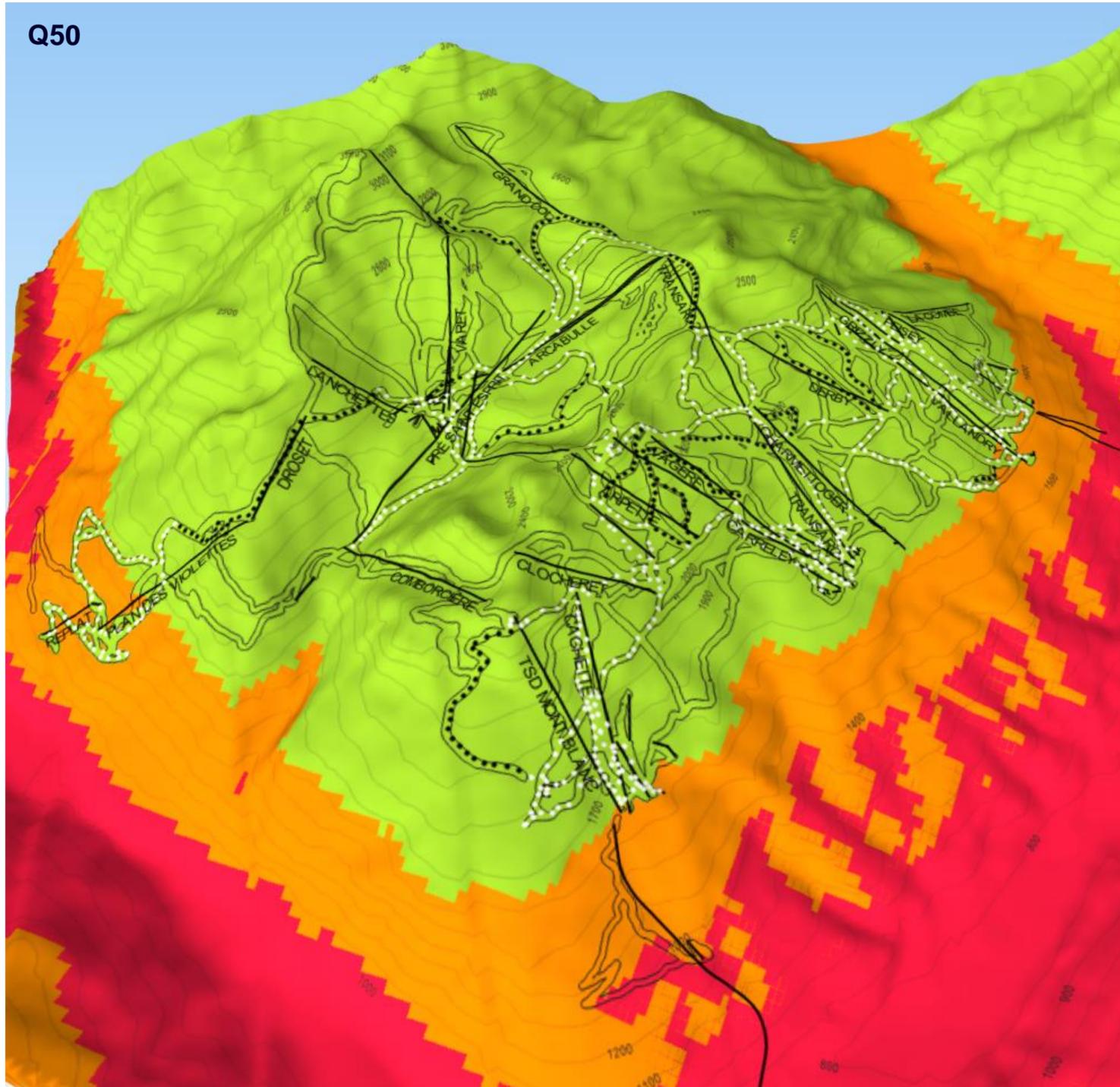
○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 2021-2040

### RCP 8.5



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

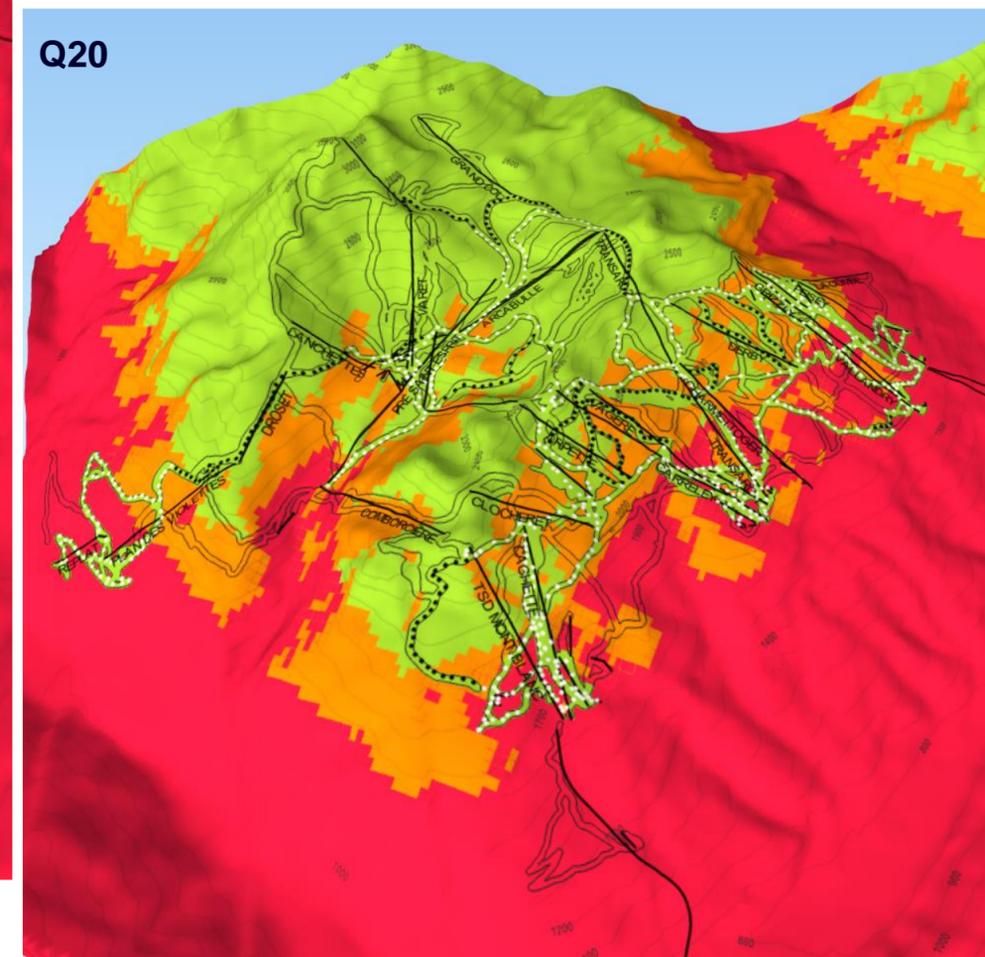
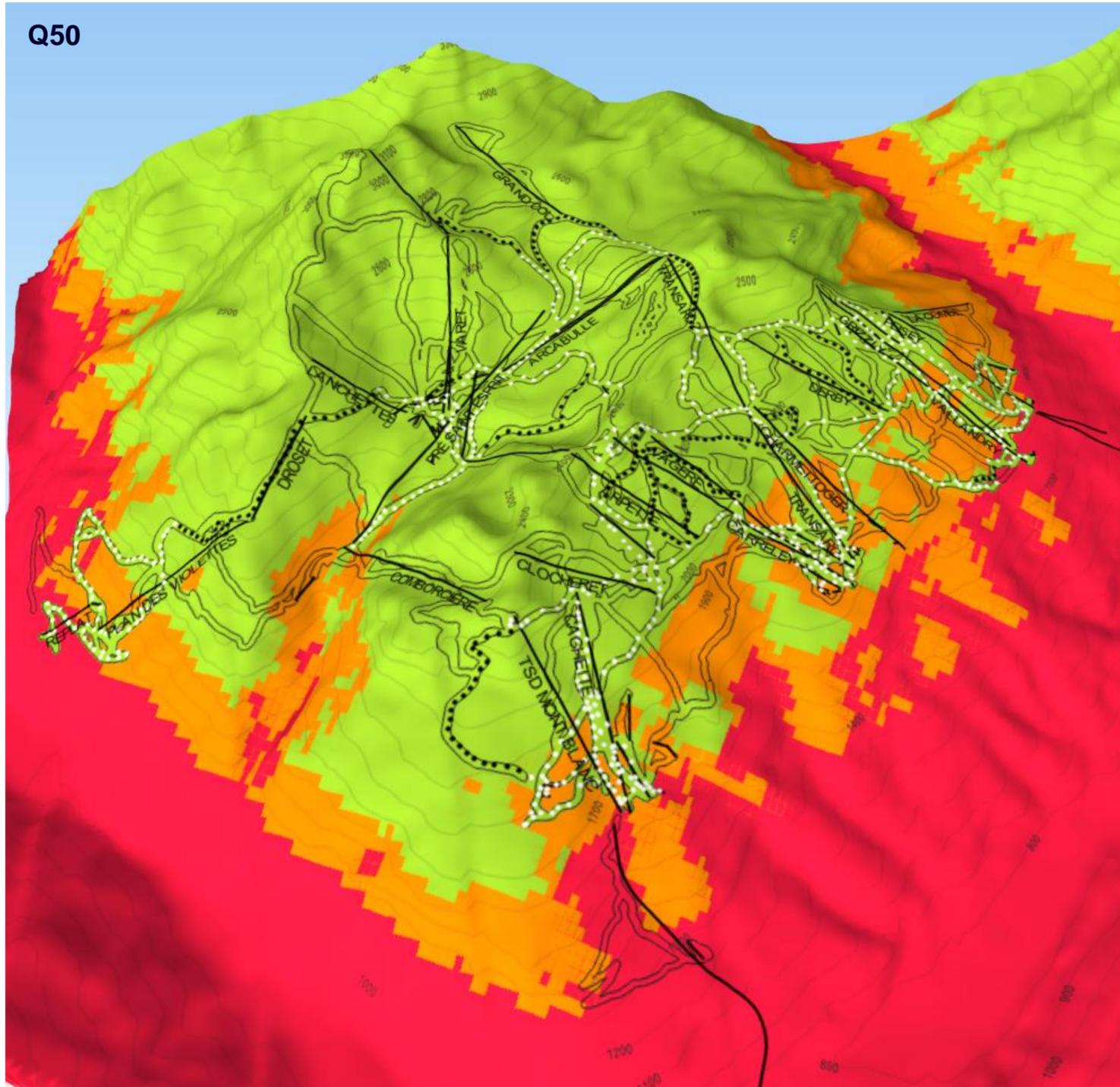
○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

# Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

## 2041-2060

### RCP 8.5



Nombre de jours d'exploitation possibles sur la saison

En année médiane



Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 50 jours

 50 à 100 jours

 > 100 jours

Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

 < 100h

 100-200h

 > 200h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet



Décembre

RCP 8.5

1986-2005

2021-2040

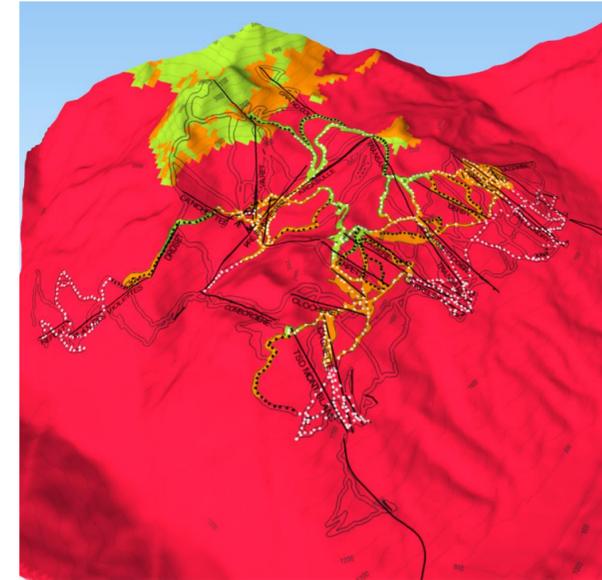
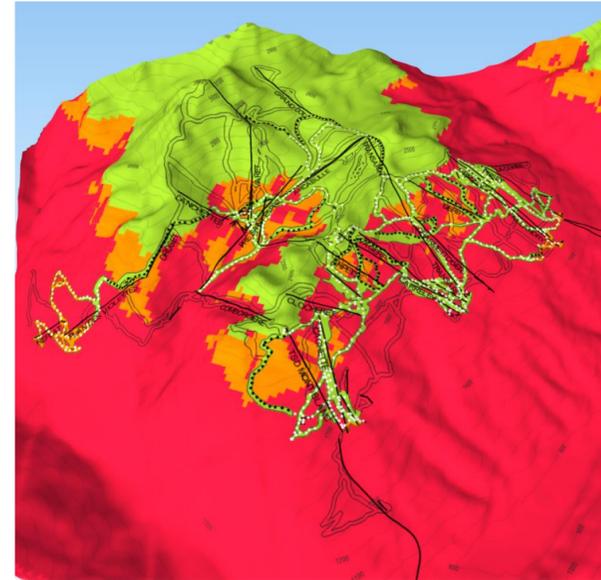
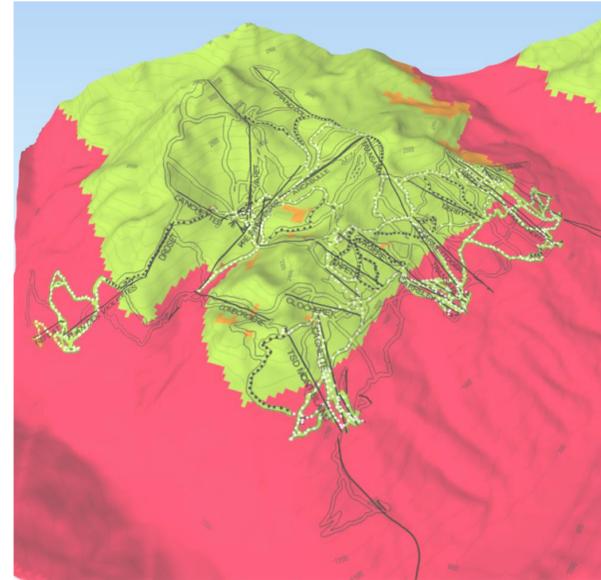
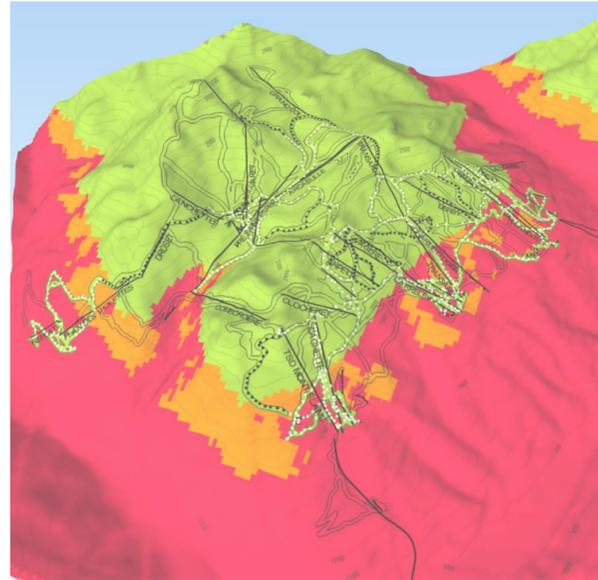
2041-2060

2081-2100

Q50

Q20

Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 5 jours  5-10 jours  > 10 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre

 < 100 h  100-200 h  > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

Janvier  
RCP 8.5

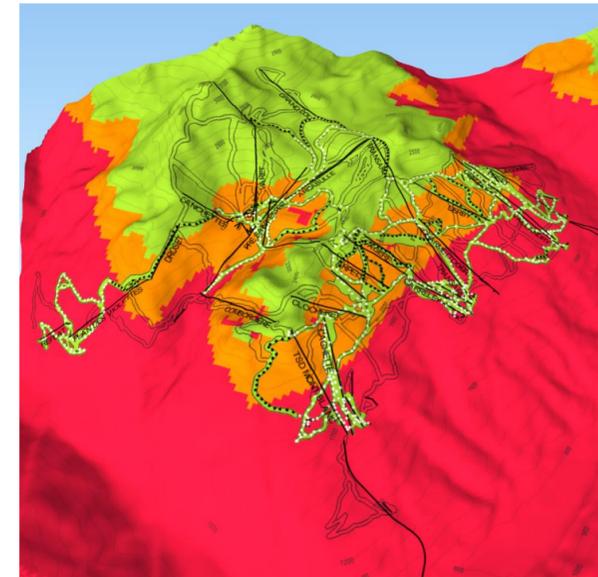
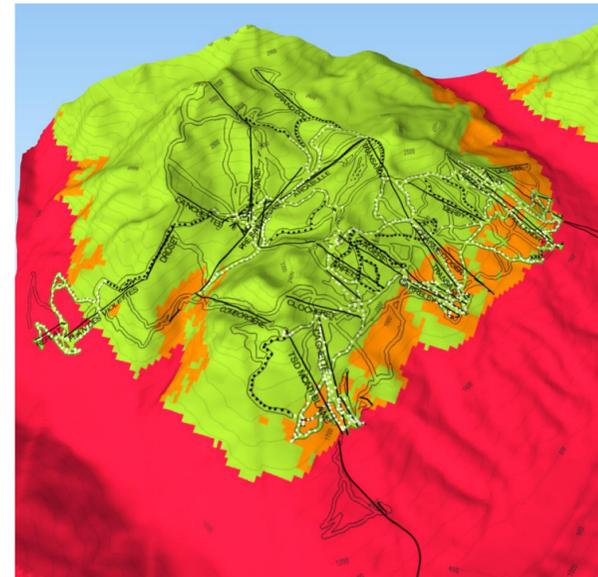
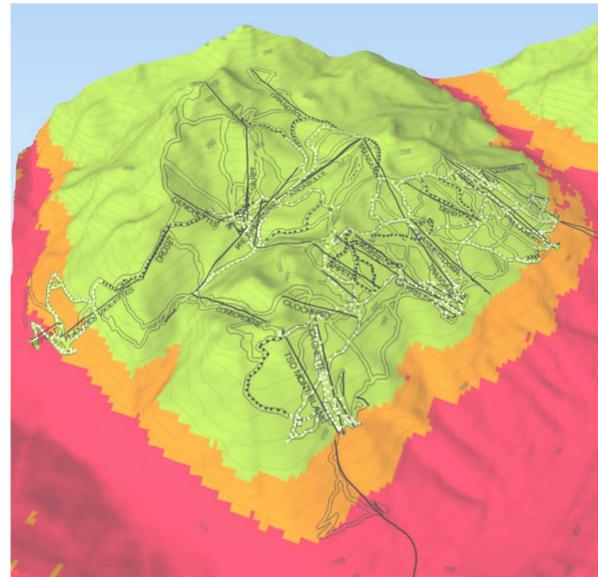
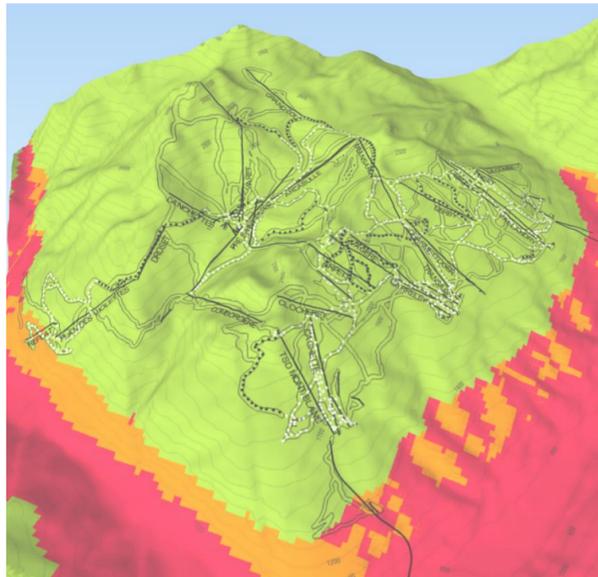
1986-2005

2021-2040

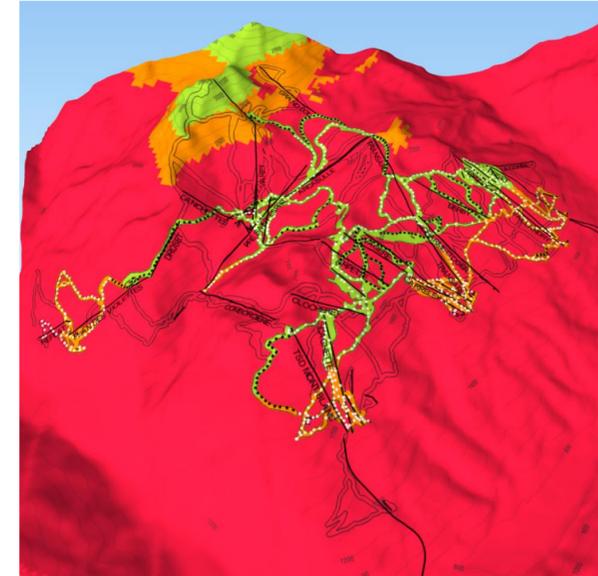
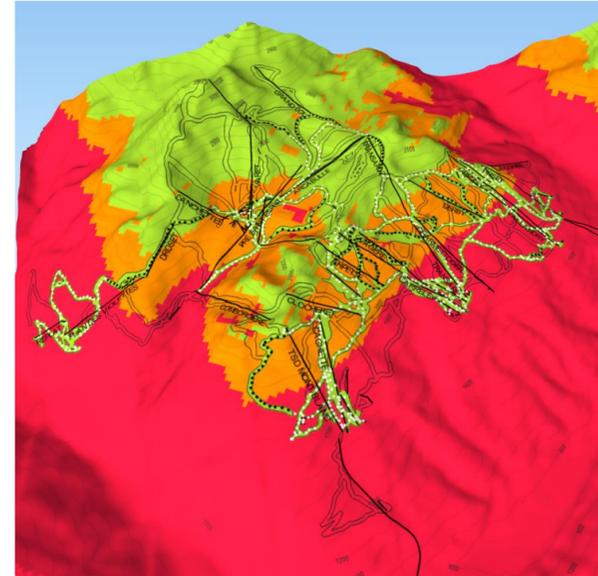
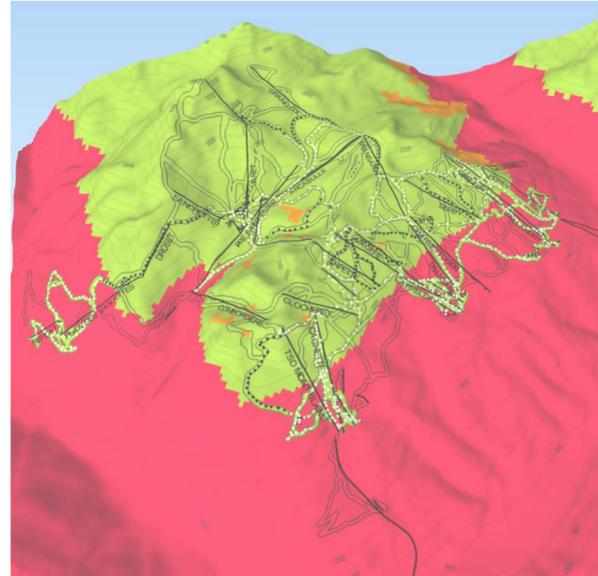
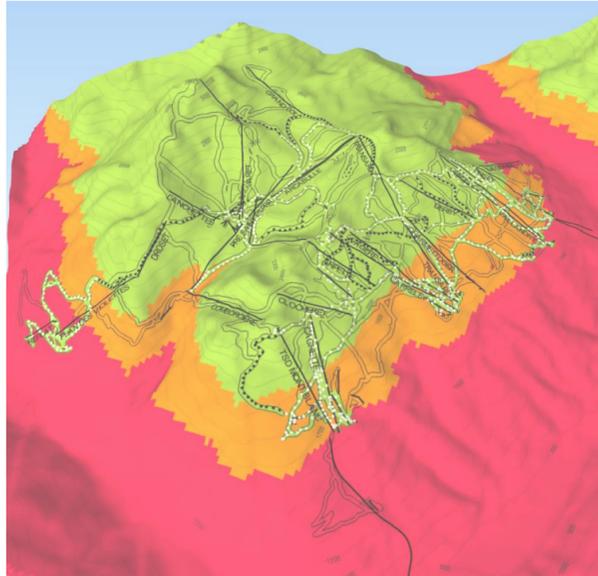
2041-2060

2081-2100

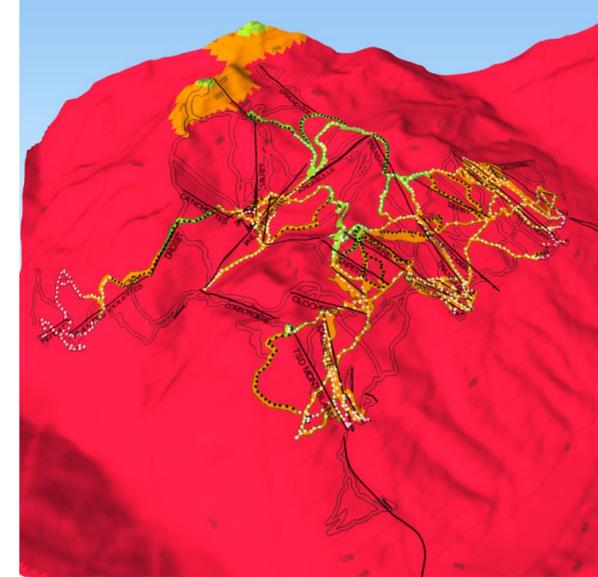
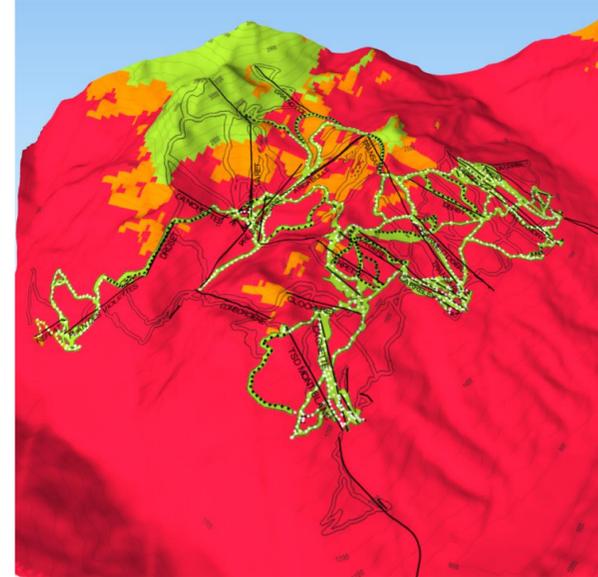
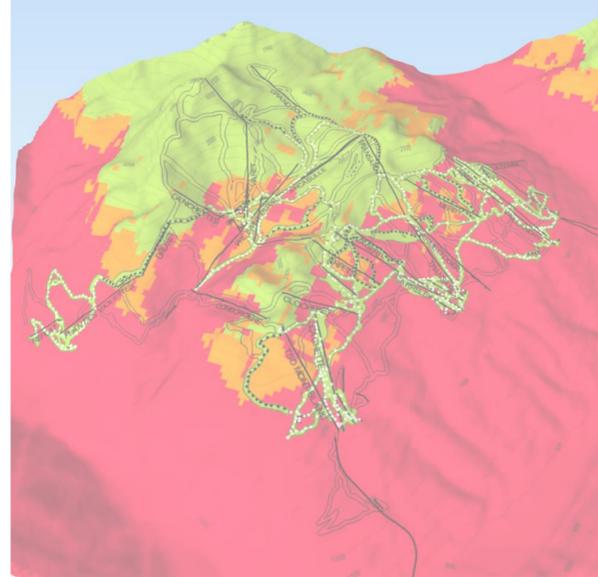
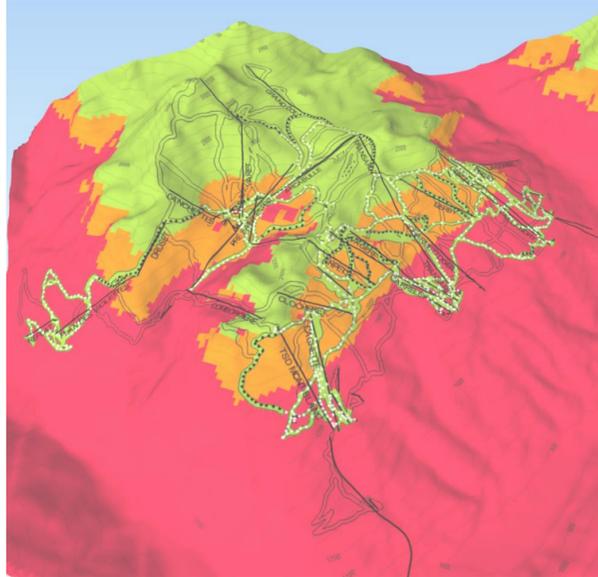
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

Février  
RCP 8.5

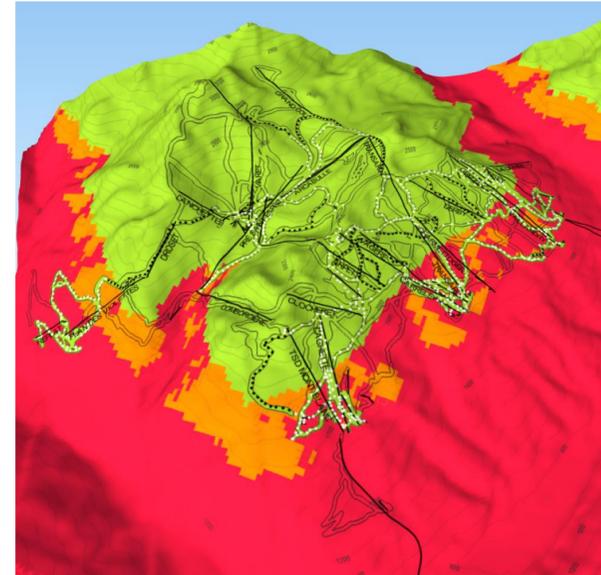
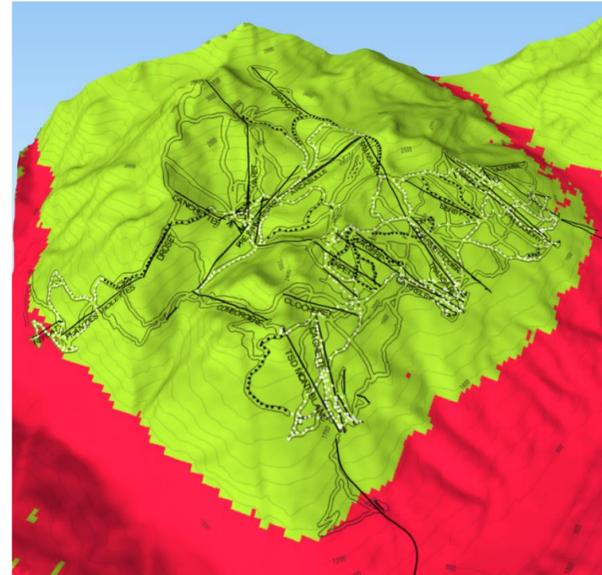
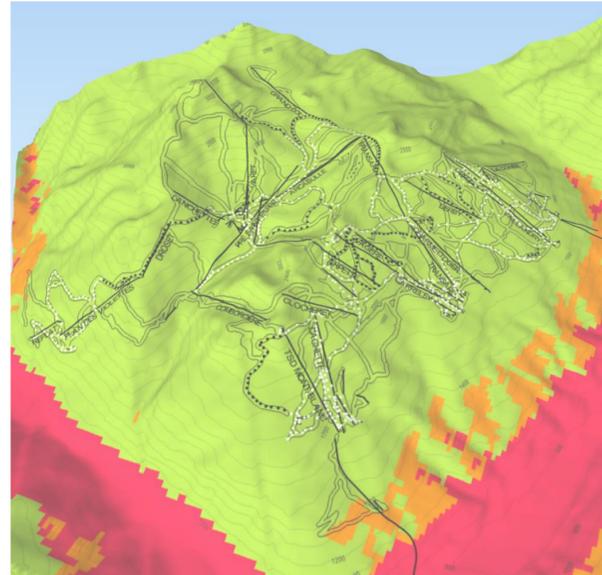
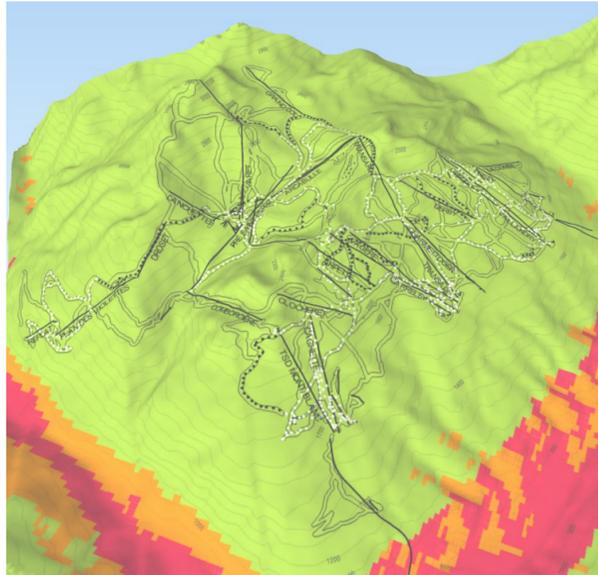
1986-2005

2021-2040

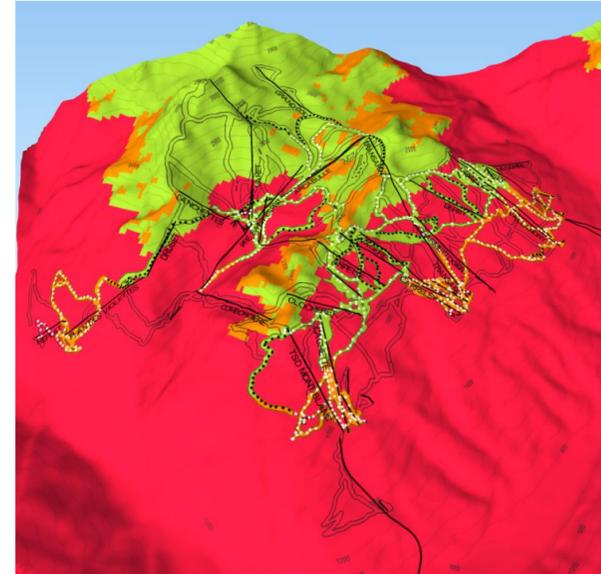
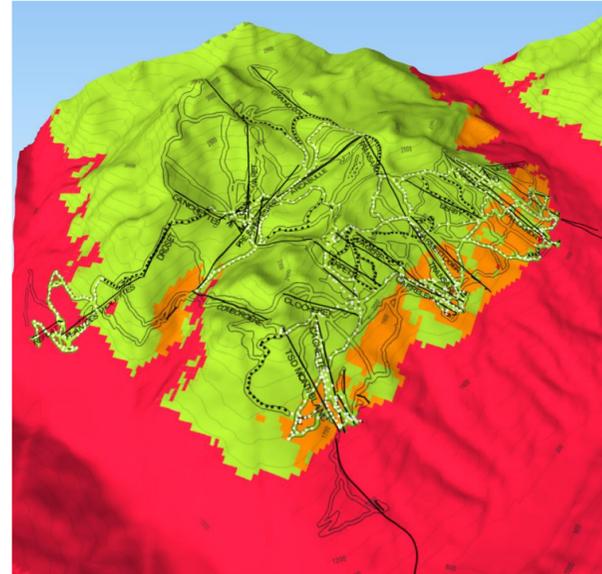
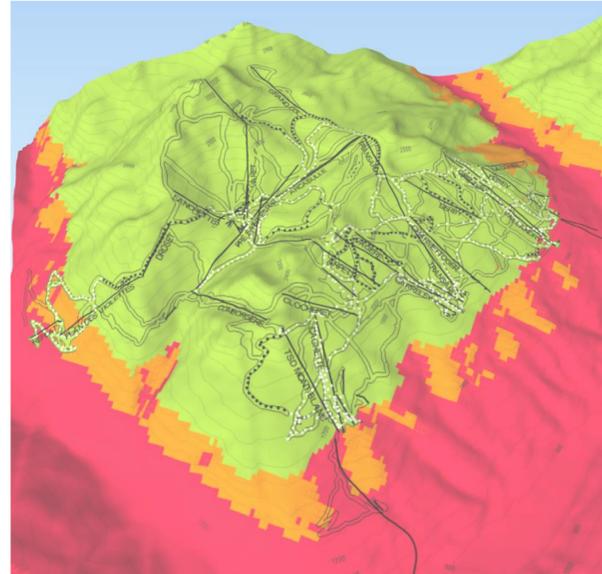
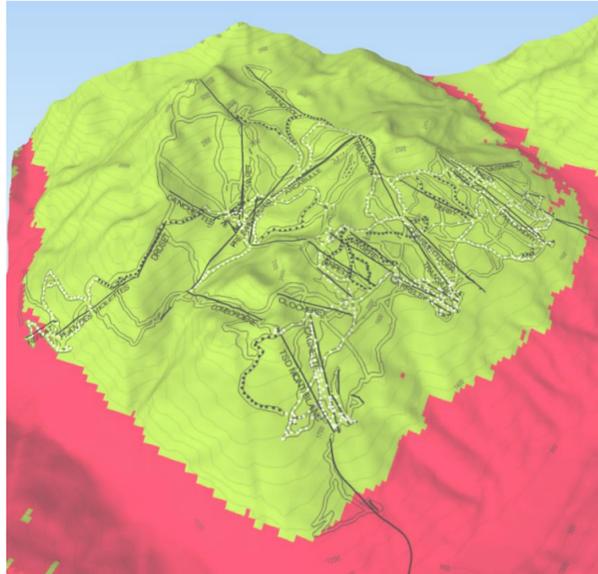
2041-2060

2081-2100

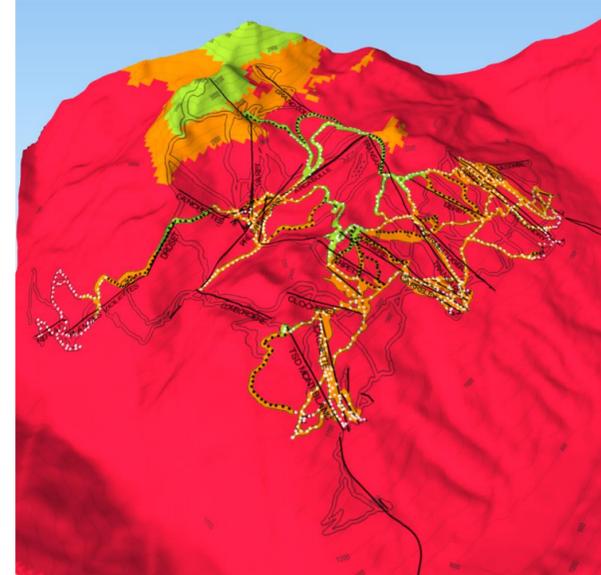
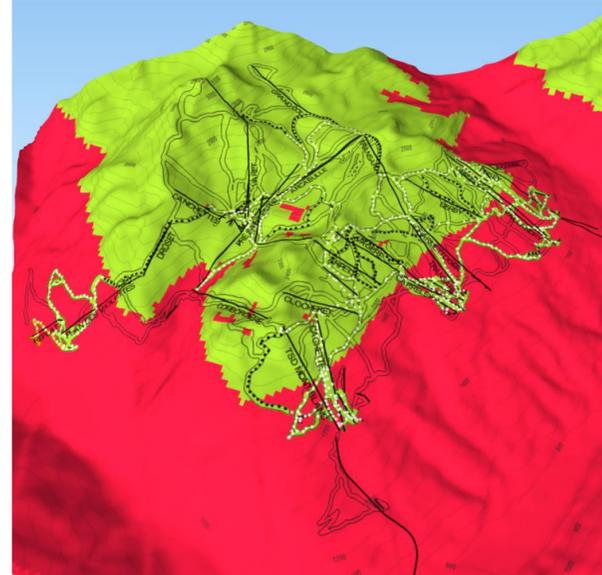
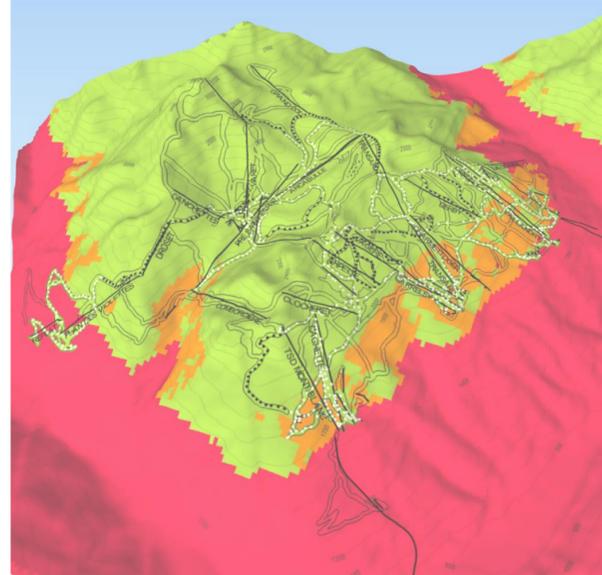
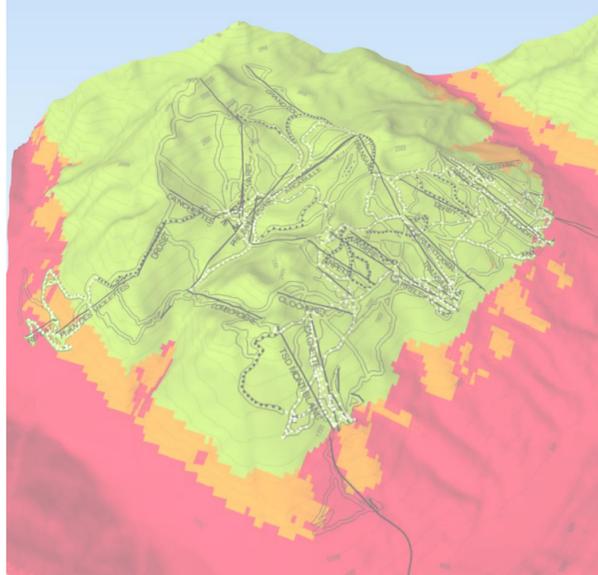
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

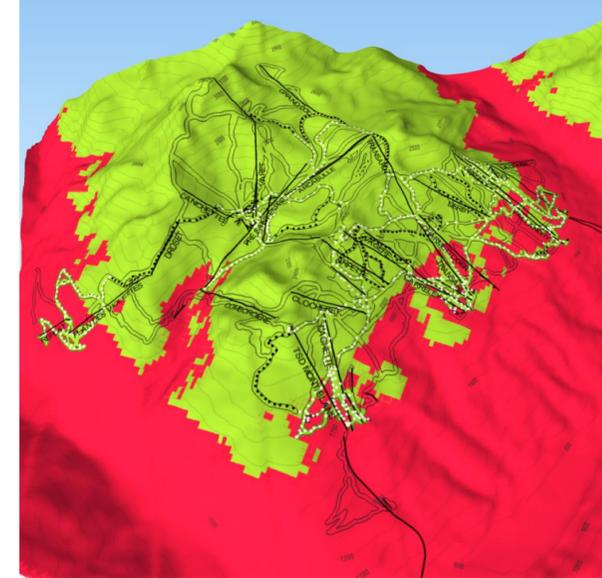
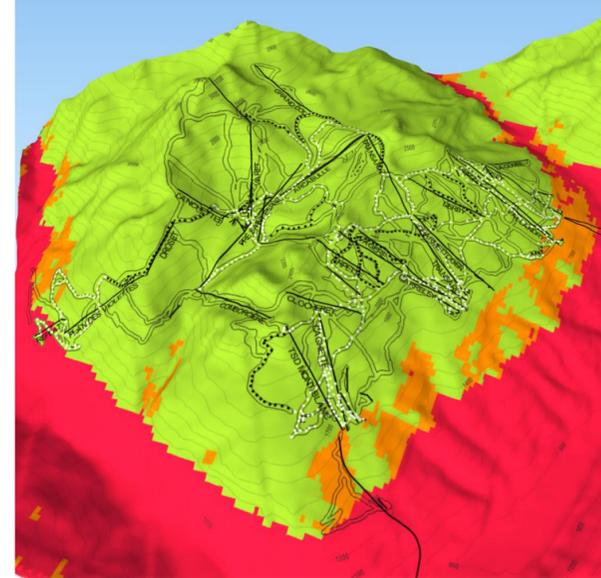
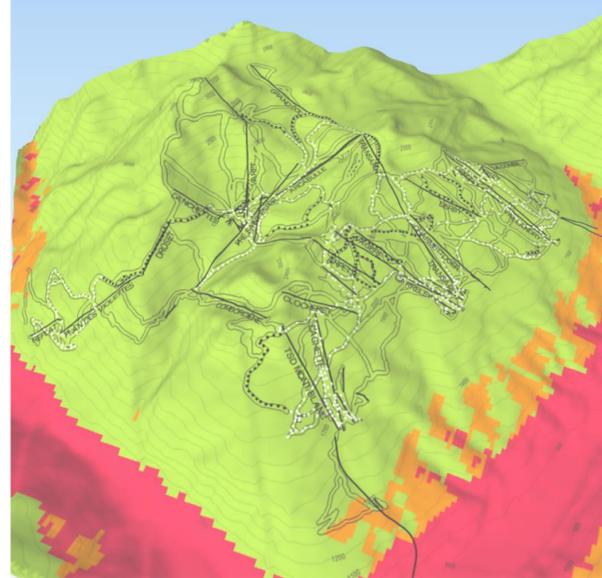
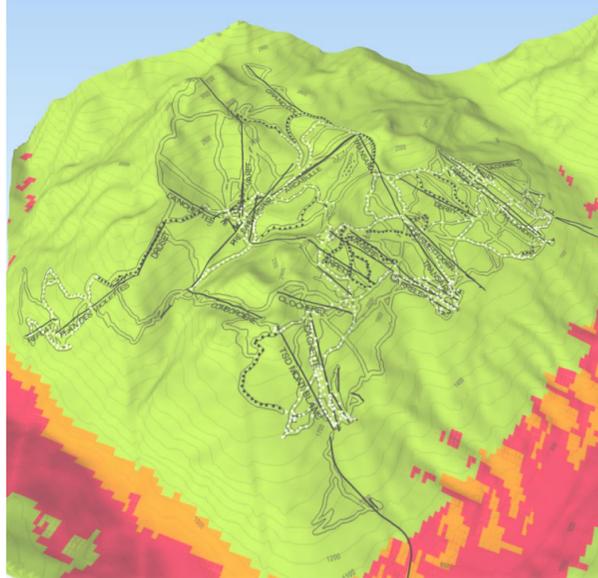
1986-2005

2021-2040

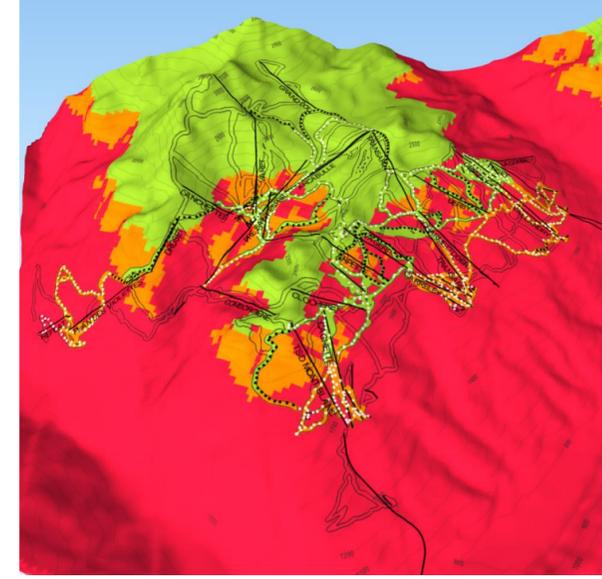
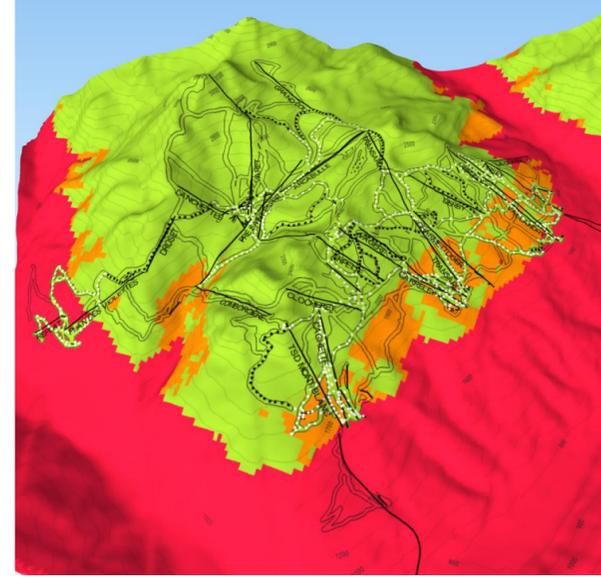
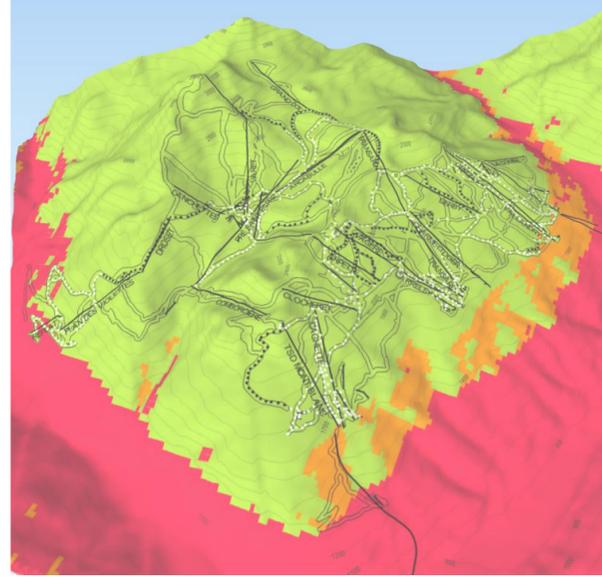
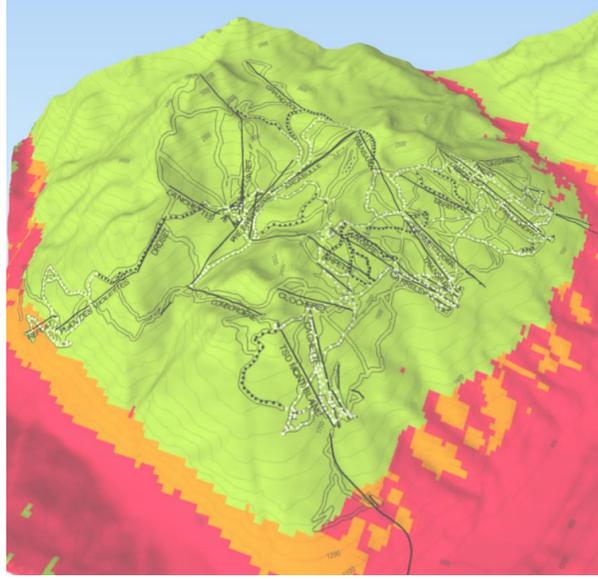
2041-2060

2081-2100

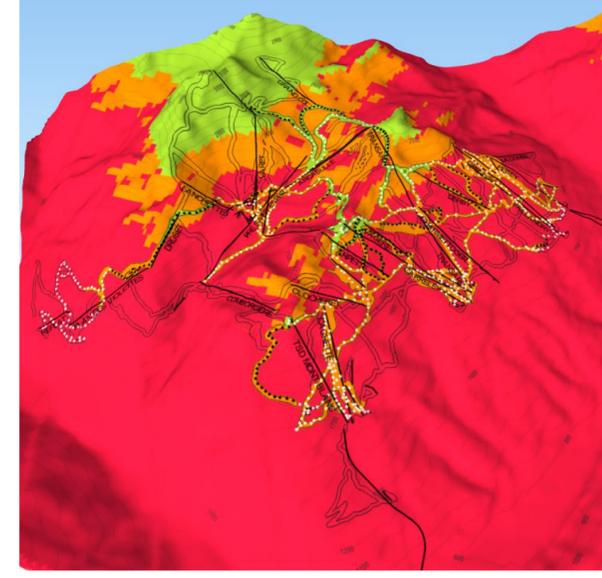
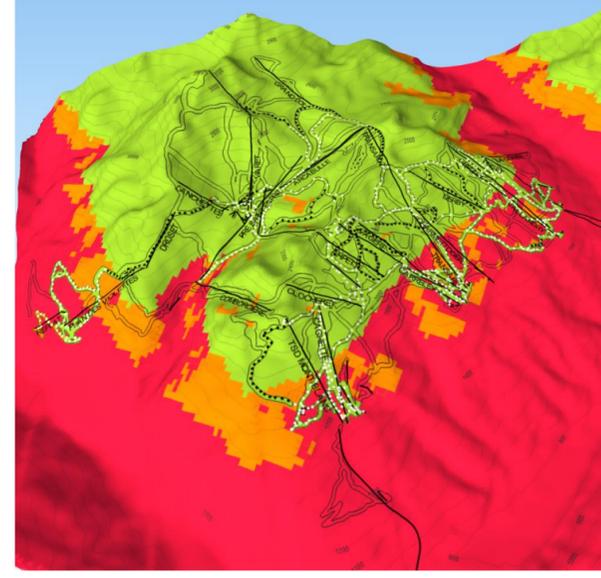
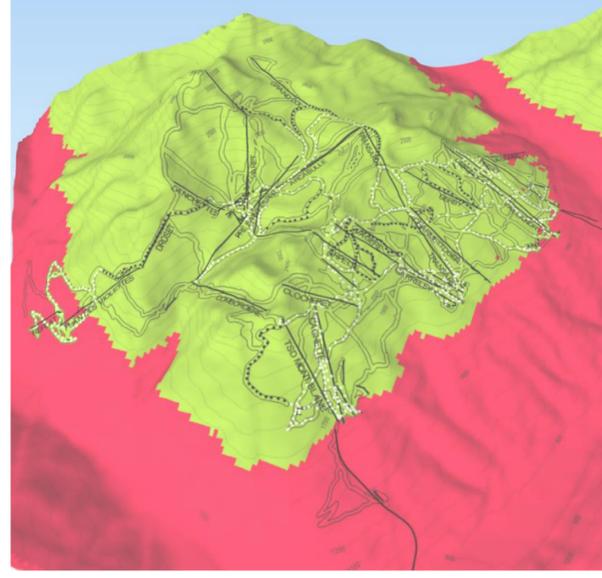
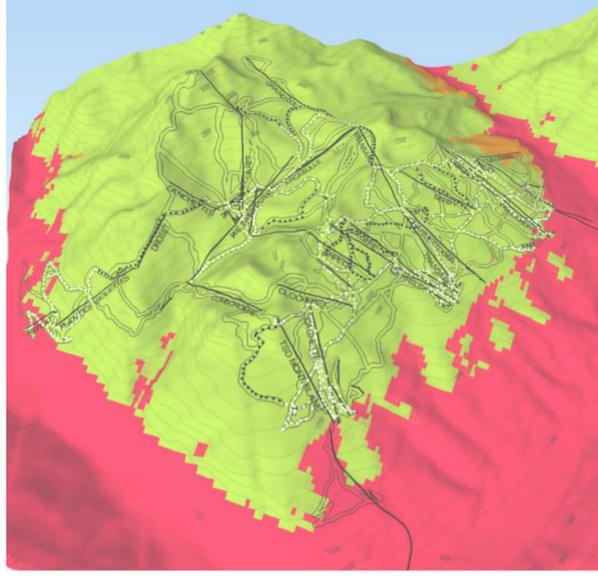
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

< 10 jours 10-20 jours > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

< 100 h 100-200 h > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

Avril  
RCP 8.5

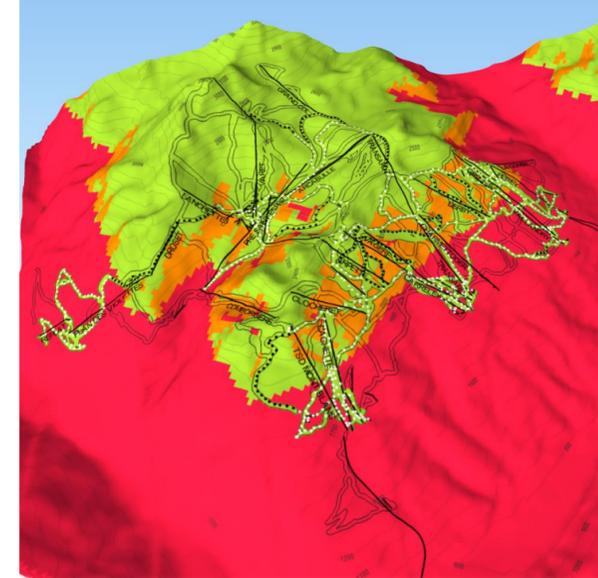
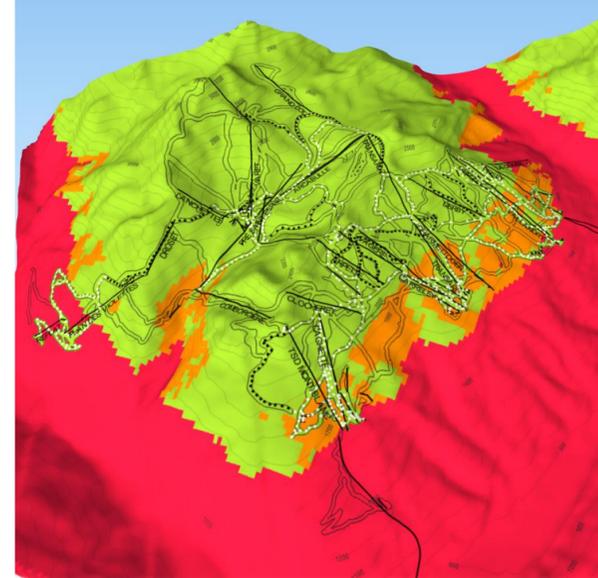
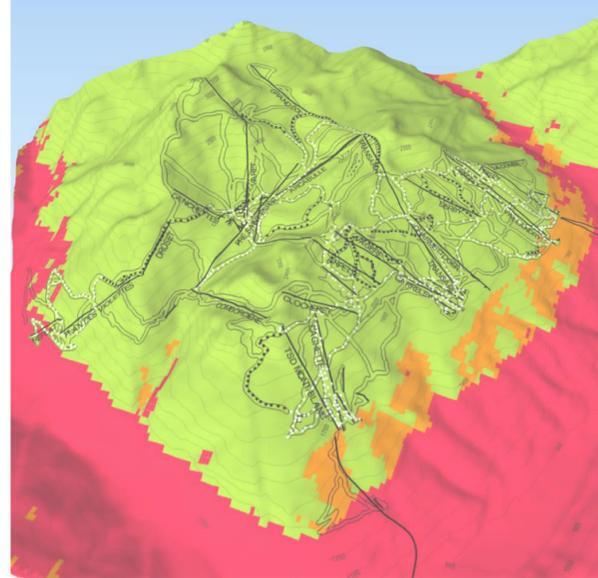
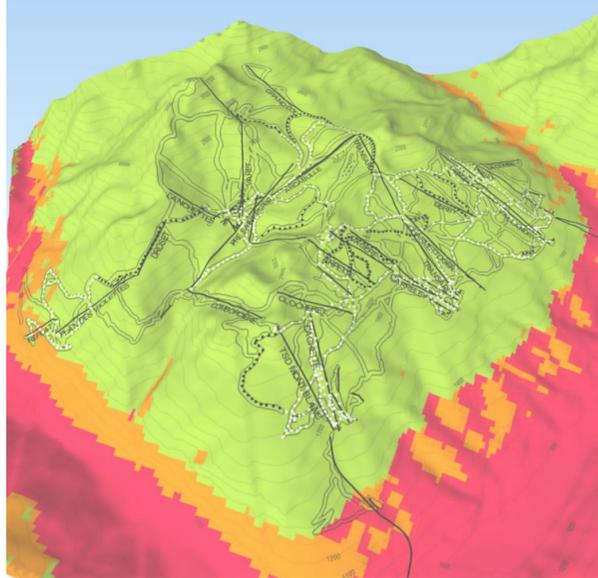
1986-2005

2021-2040

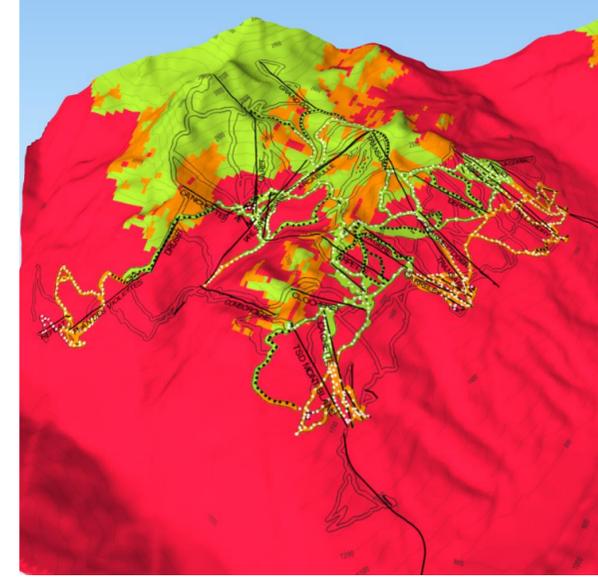
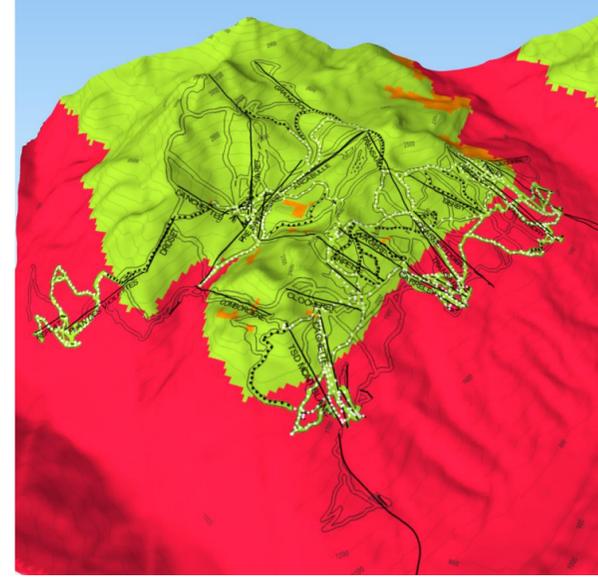
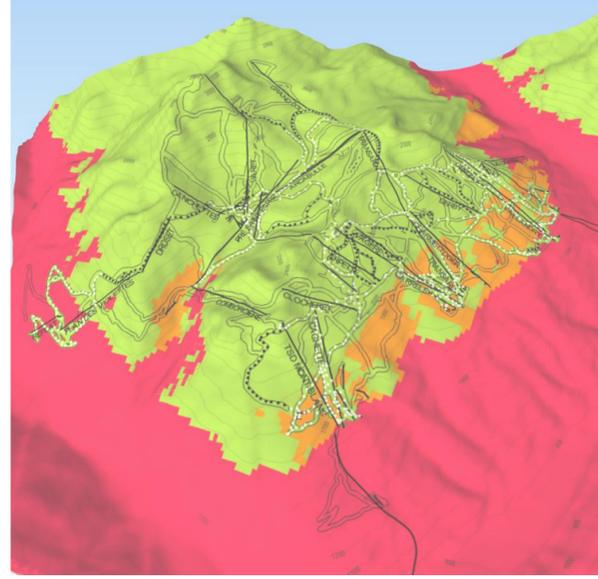
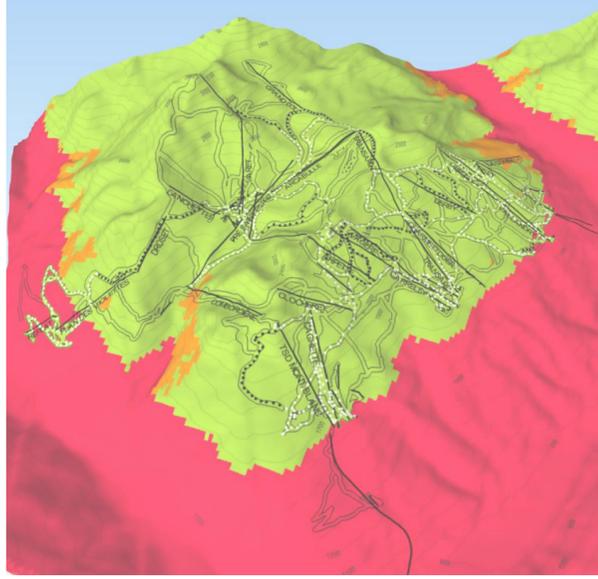
2041-2060

2081-2100

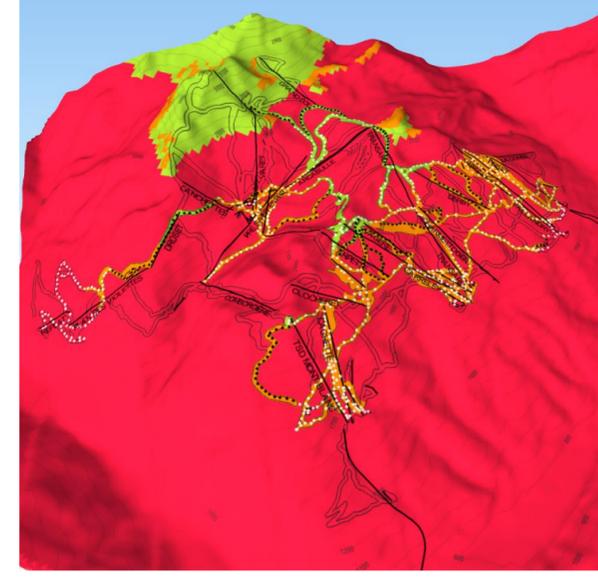
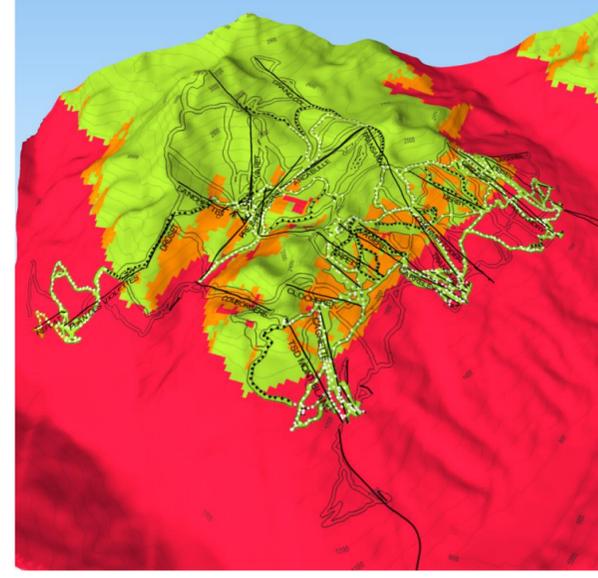
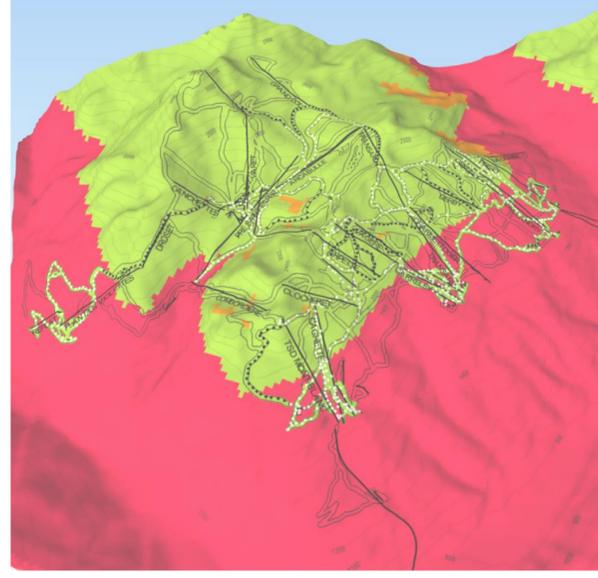
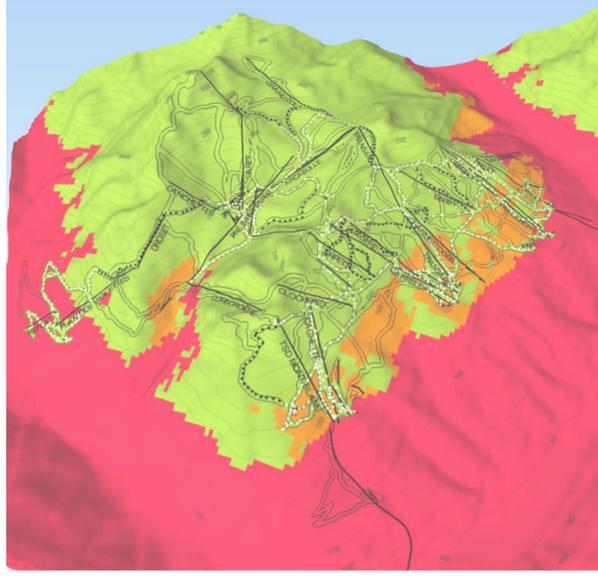
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours ■ 10-20 jours ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

■ < 100 h ■ 100-200 h ■ > 200 h

○ Enneigeurs

● Enneigeurs en projet

# #3 Focus sur Villaroger, Arcs 1950, Arcs 1600, Arcs 1800 et Vallandry



# Villaroger



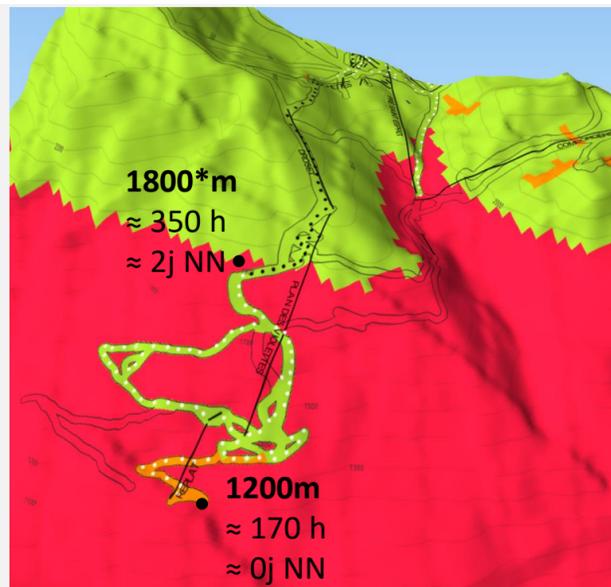
# Décembre

## Villaroger

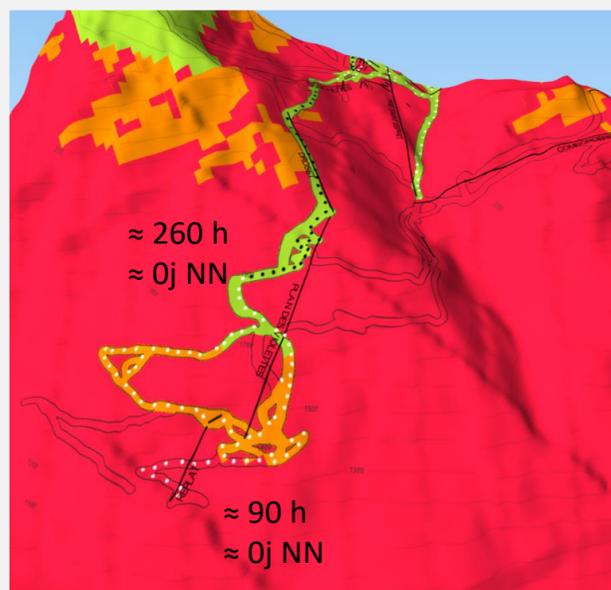
- C'est uniquement la neige de culture qui permet d'ouvrir ce secteur au moins 10 années sur 20.
- Le nombre d'heures de froid diminue et ne garantit pas un retour skis aux pieds 4 années sur 20.
- Le futur appareil devra pouvoir redescendre des skieurs ces années là.

2021-2040

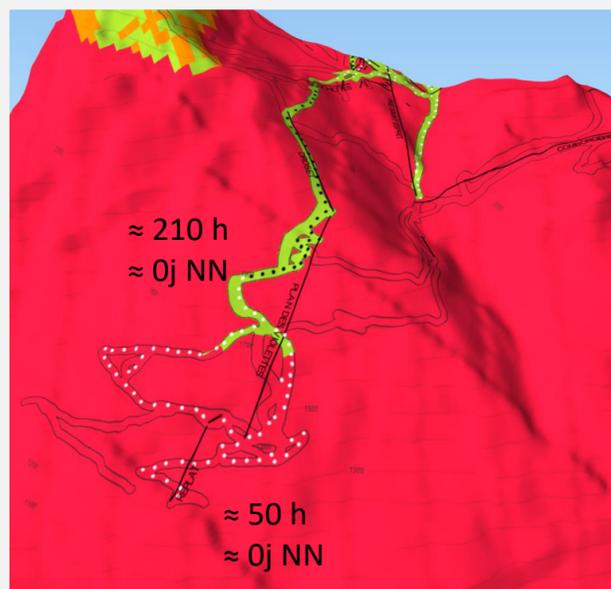
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 5 jours  
 ■ 5-10 jours  
 ■ > 10 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre

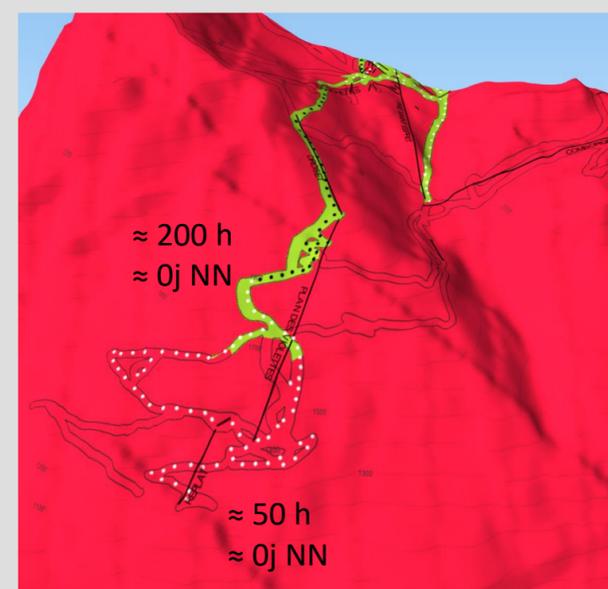
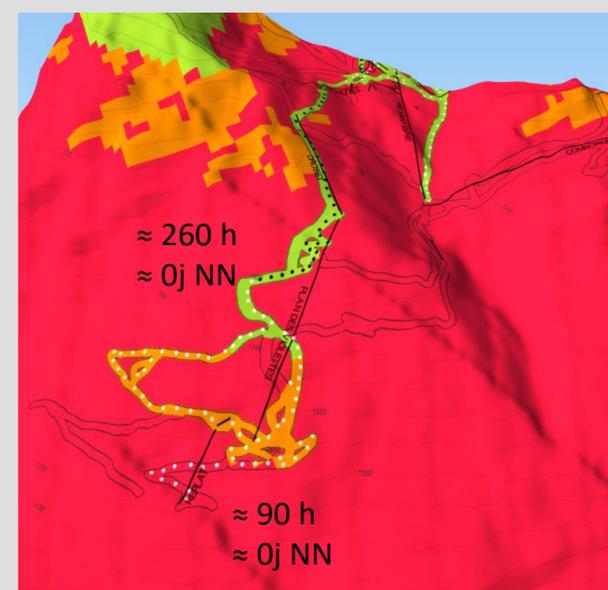
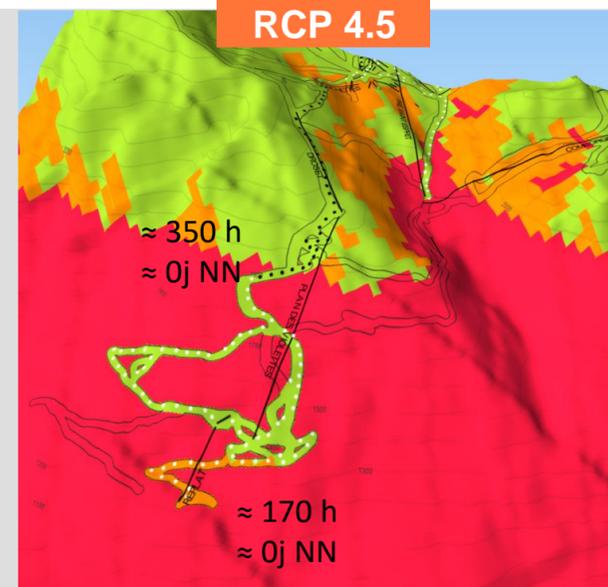
— < 100 h  
 — 100-200 h  
 — > 200 h

○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

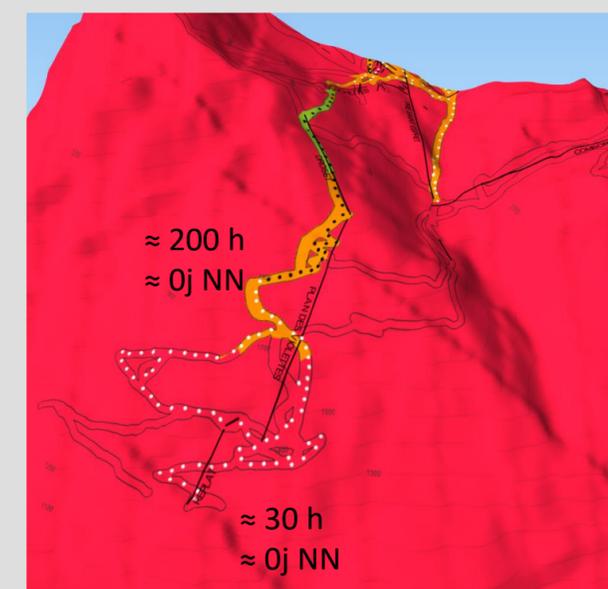
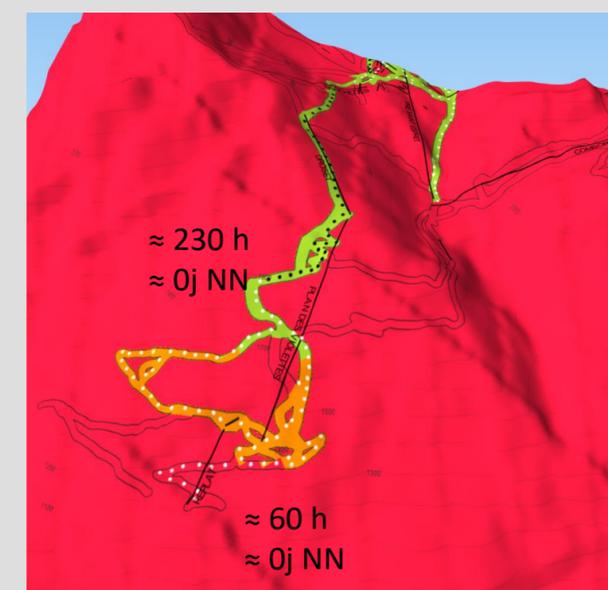
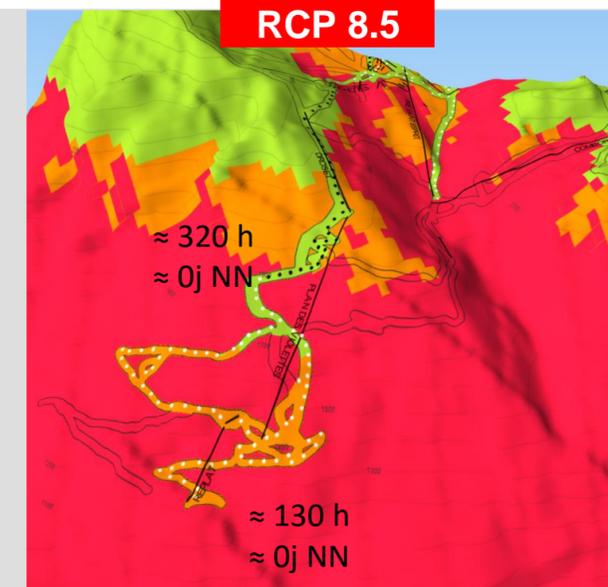
\*Altitude de référence

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



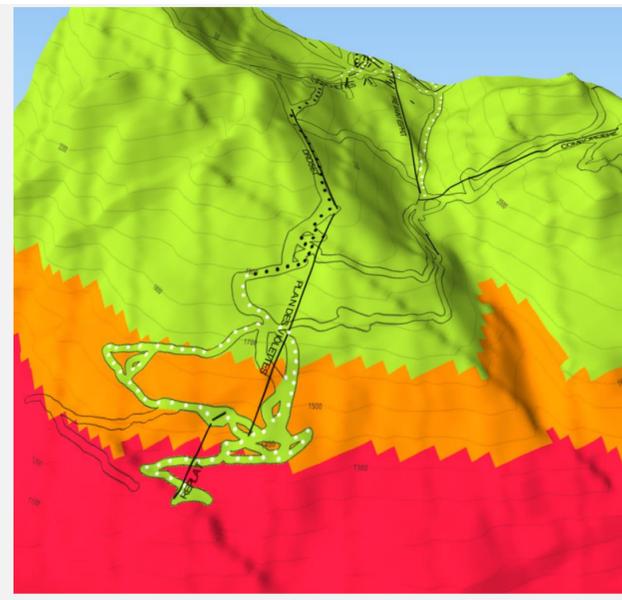
# Janvier

## Villaroger

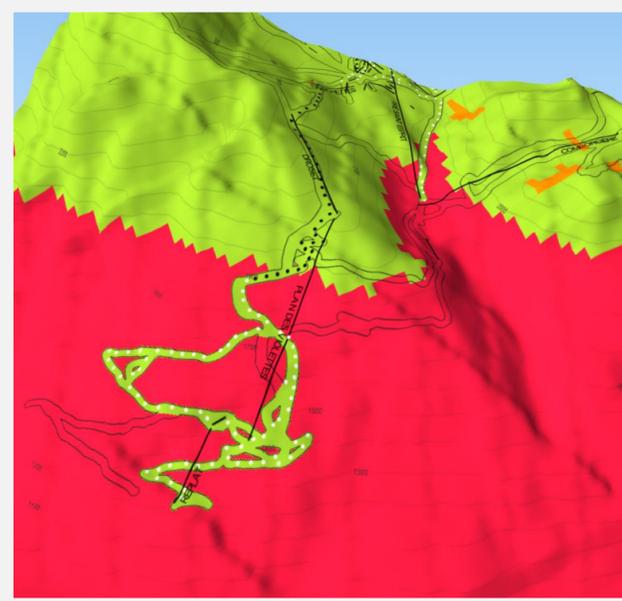
- En année médiane, on retrouve un enneigement naturel satisfaisant au-delà de 1700 m jusqu'en 2060.
- On retrouve un nombre d'heures de froid suffisant à la fin janvier qui permet d'assurer le retour skis aux pieds.

2021-2040

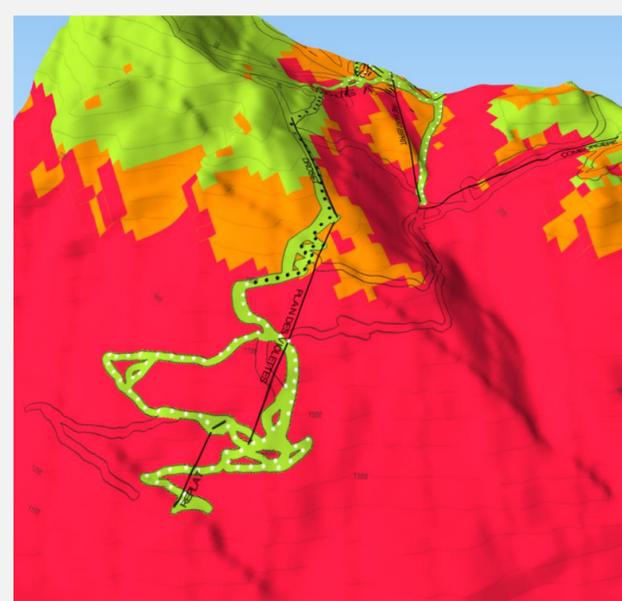
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

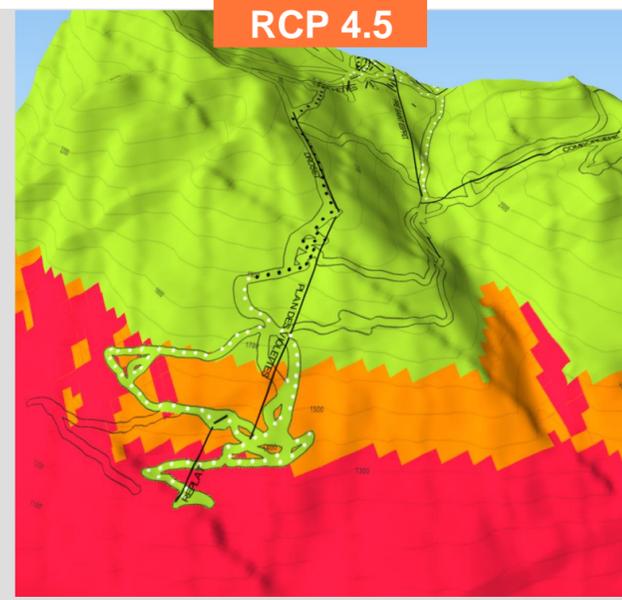
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

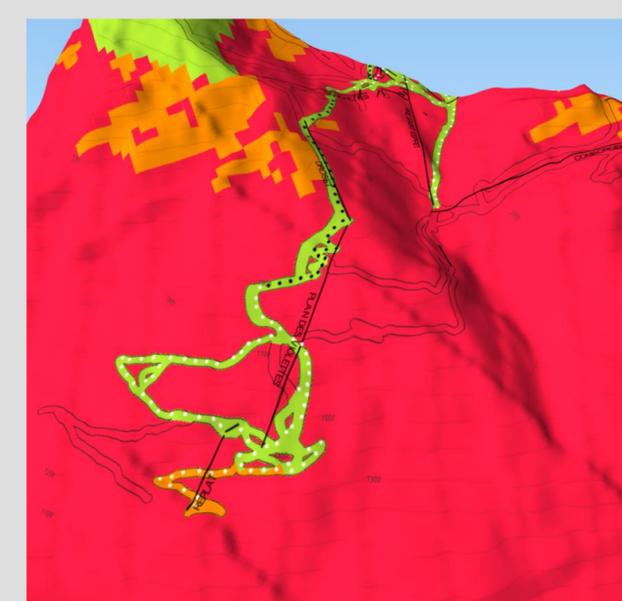
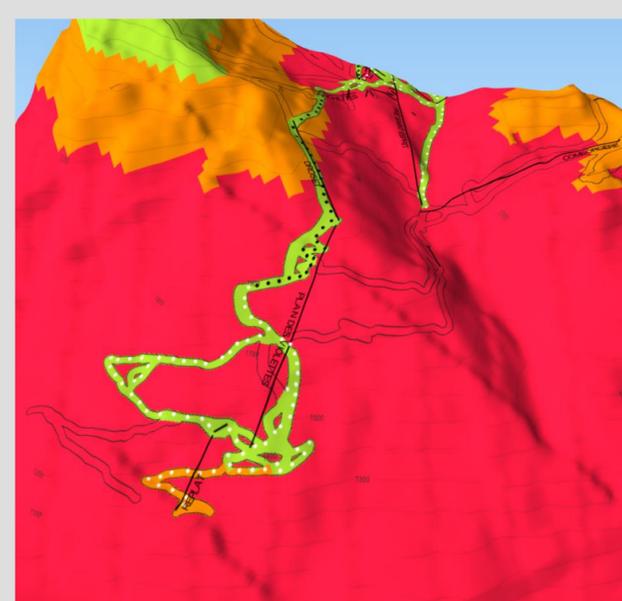
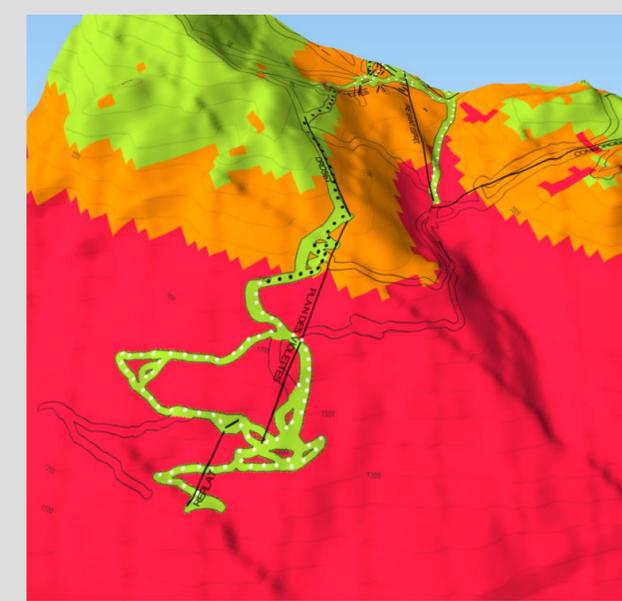
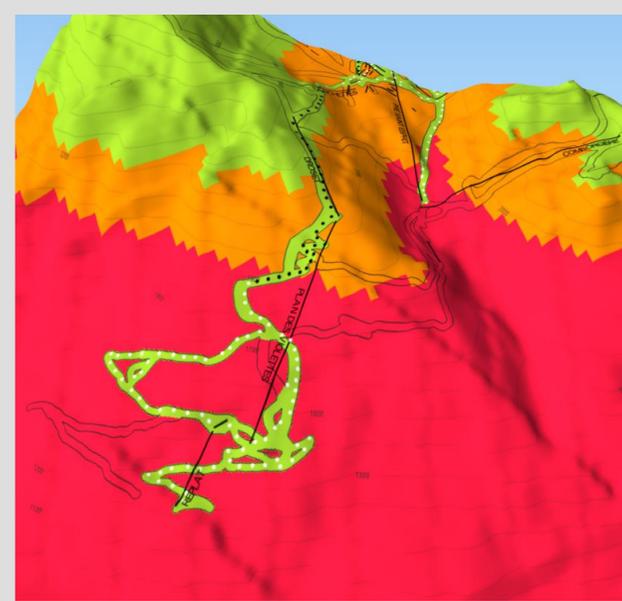
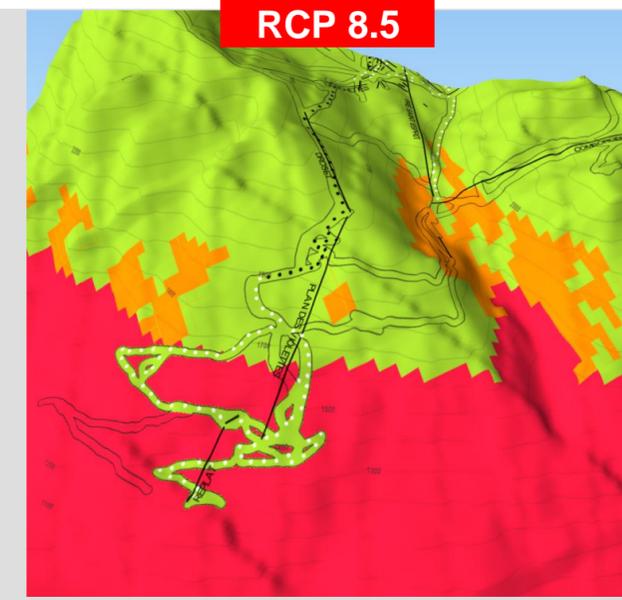
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



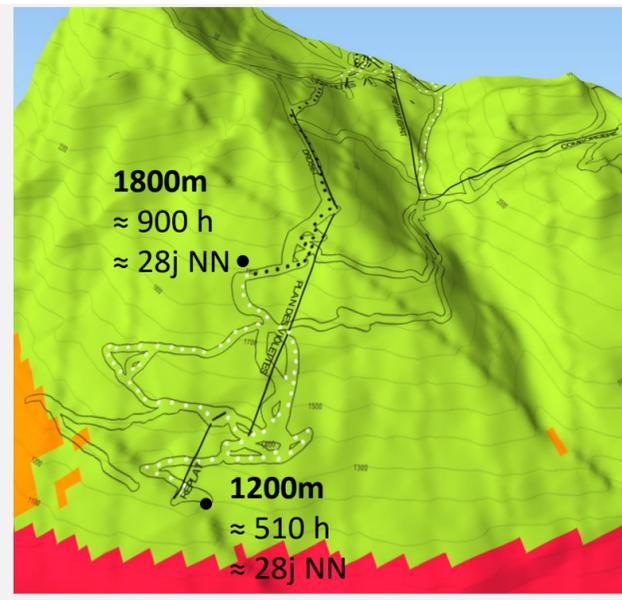
# Février

## Villaroger

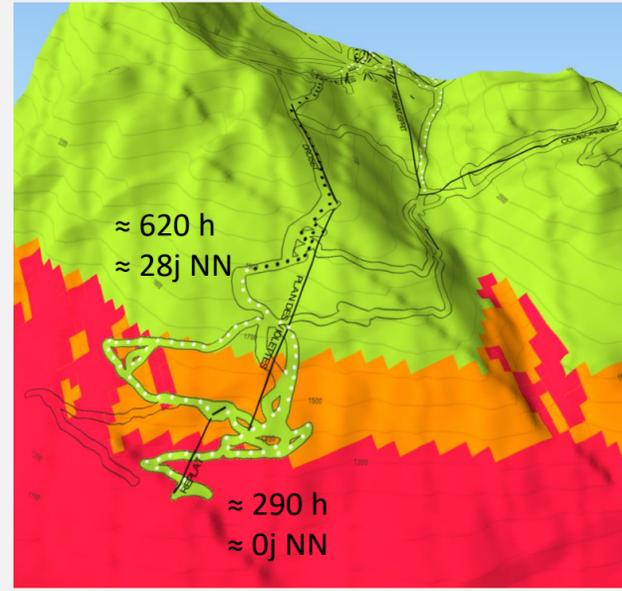
- L'enneigement naturel est suffisant même les pires années sur la partie haute jusqu'en 2060.
- Le retour skis aux pieds reste dépendant de la neige de culture :
  - 4 années sur 20 jusqu'en 2040
  - 10 années sur 20 de 2040 à 2060

2021-2040

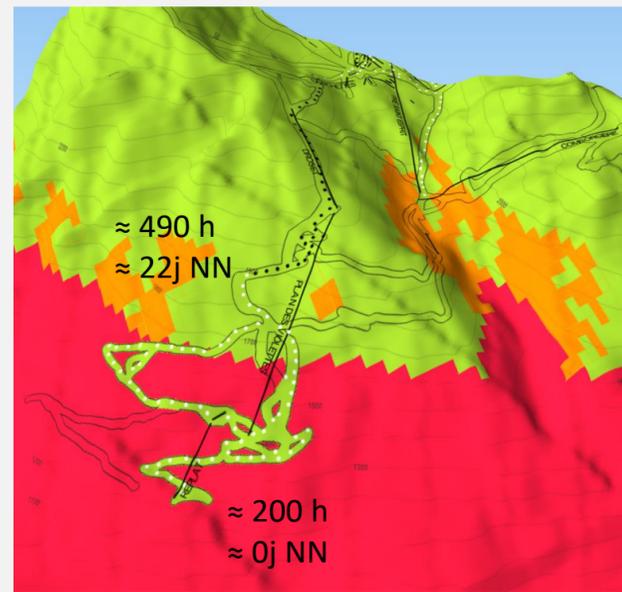
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

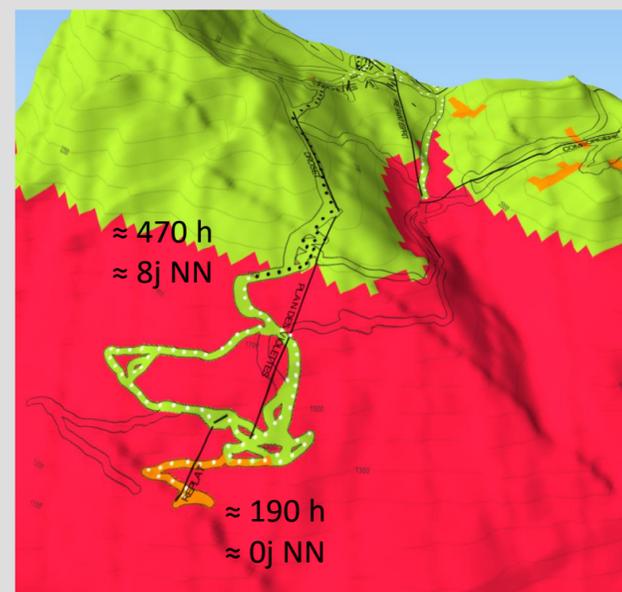
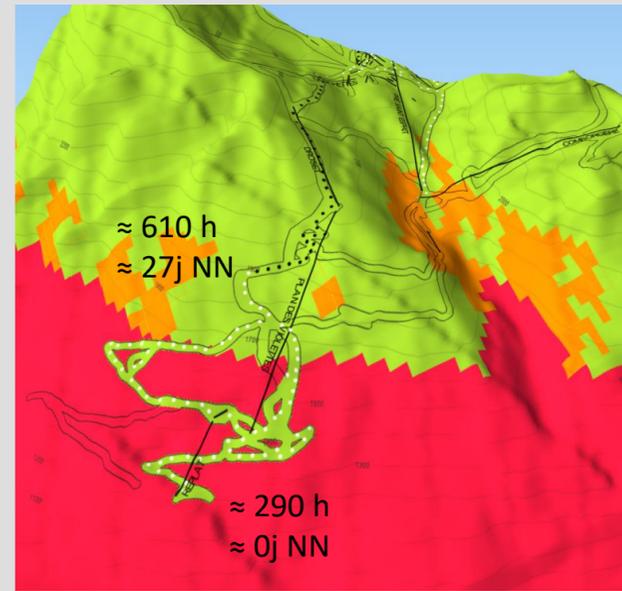
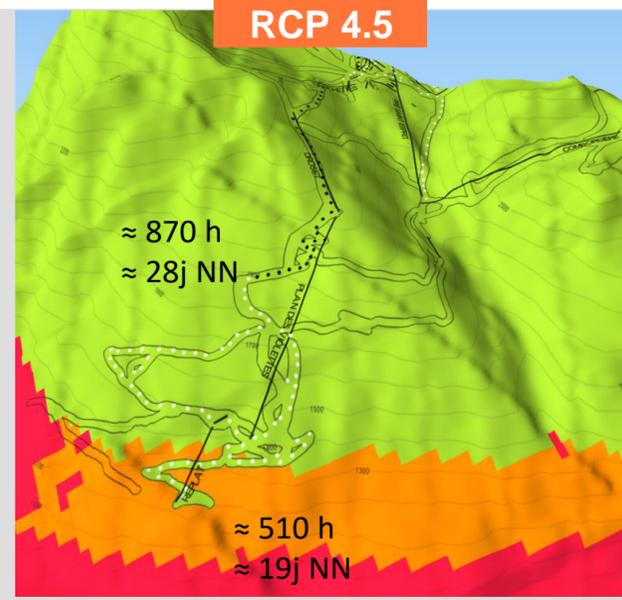
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

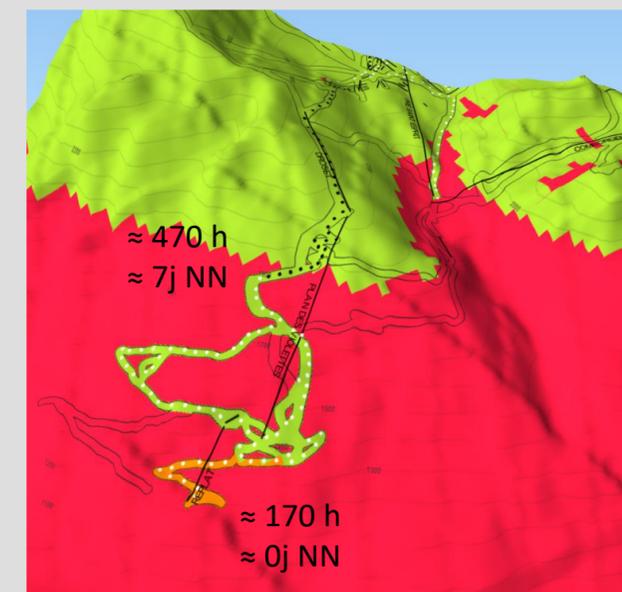
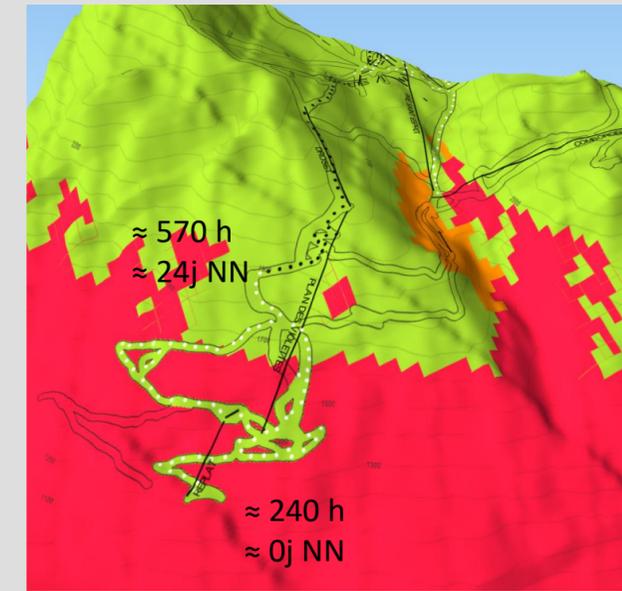
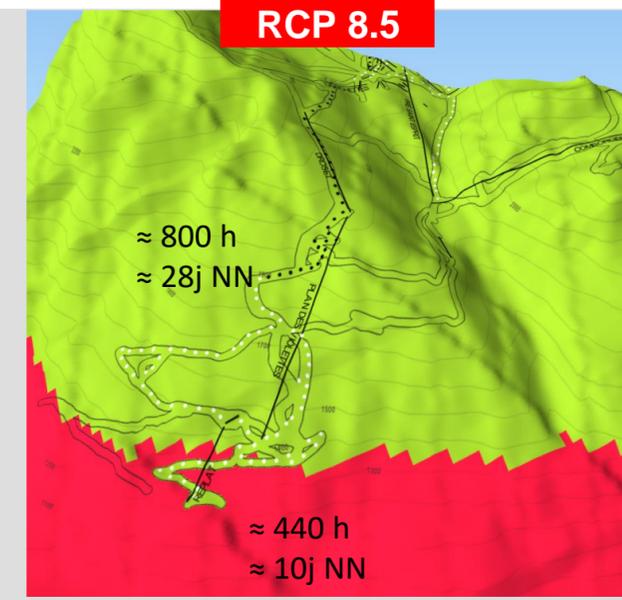
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



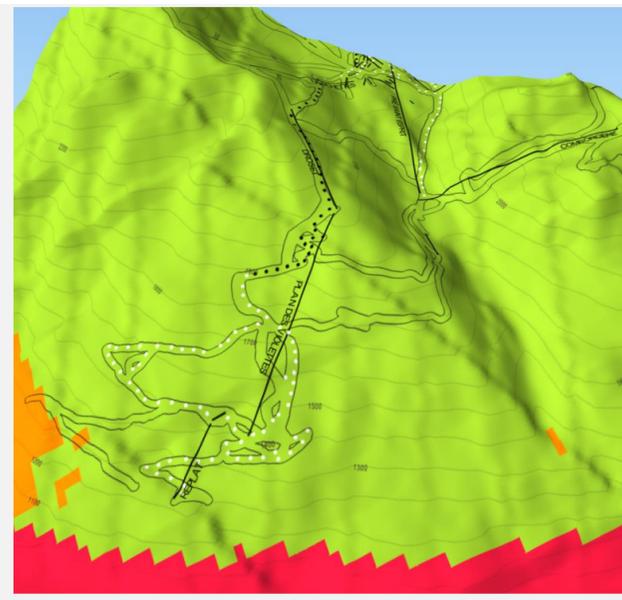
# Mars

## Villaroger

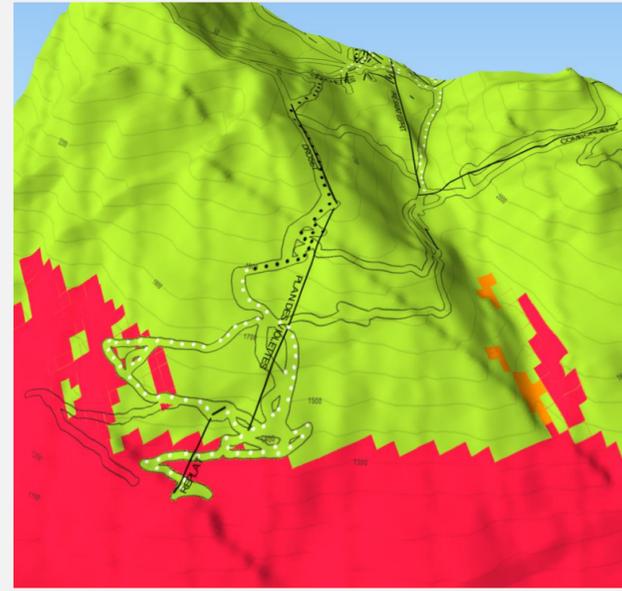
- Avec un enneigement naturel meilleur qu'en février, on observe tout de même une dépendance à la neige de culture pour assurer un retour skis aux pieds.

2021-2040

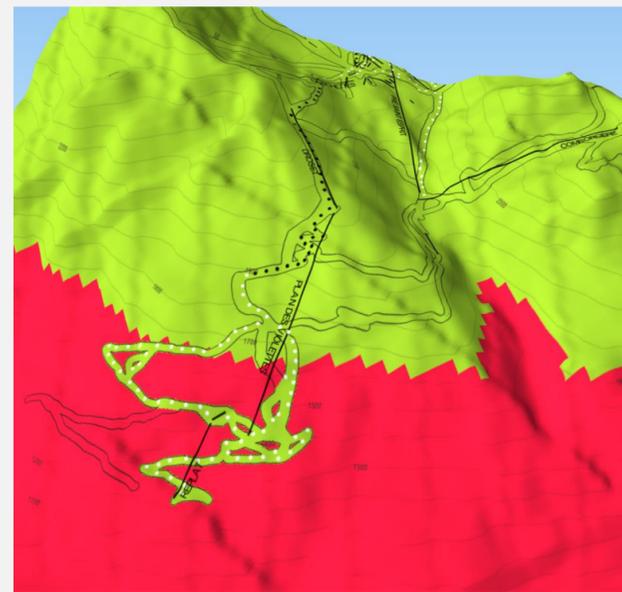
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

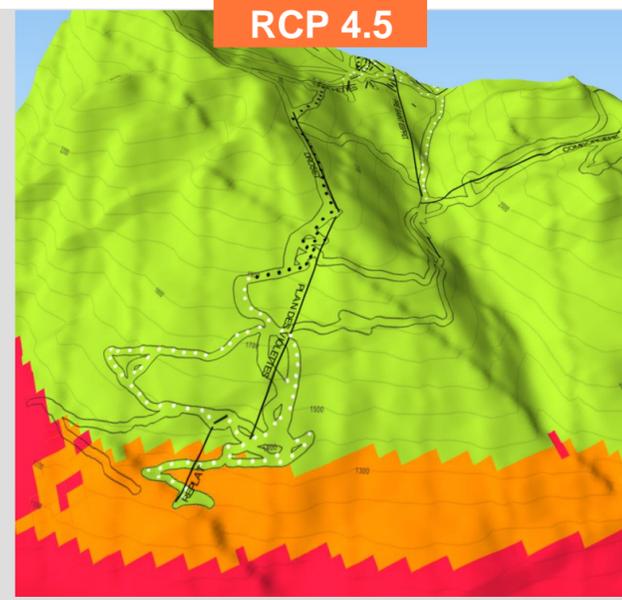
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

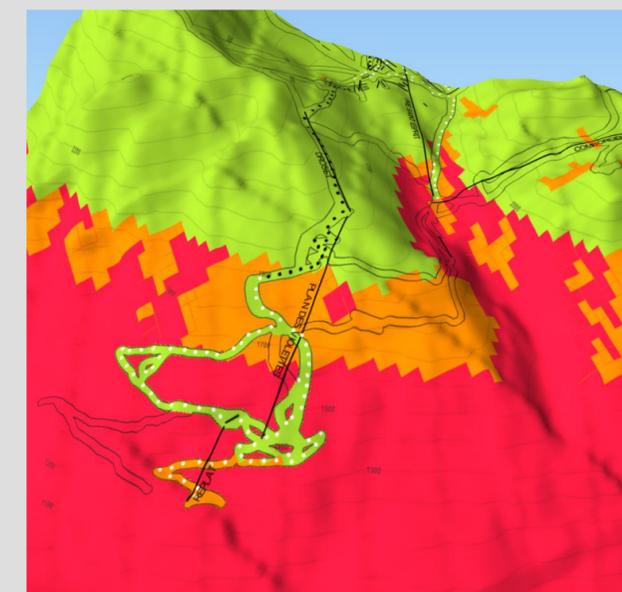
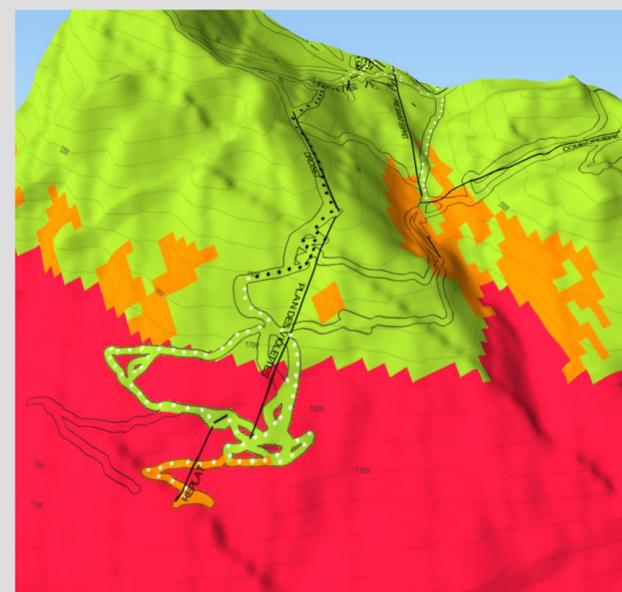
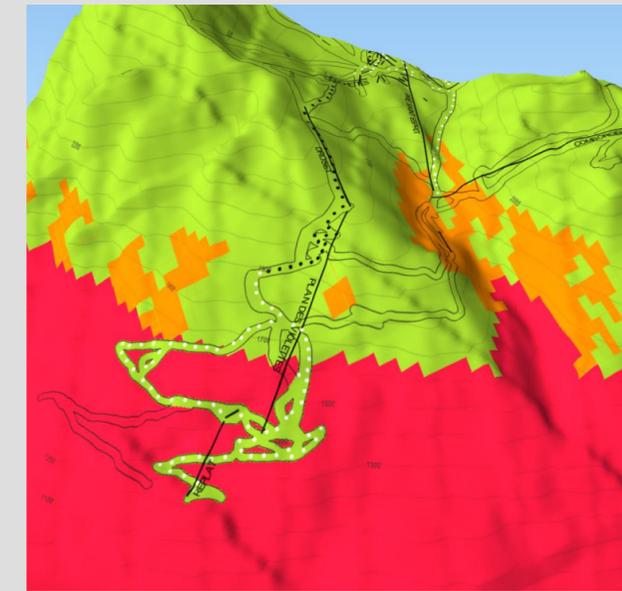
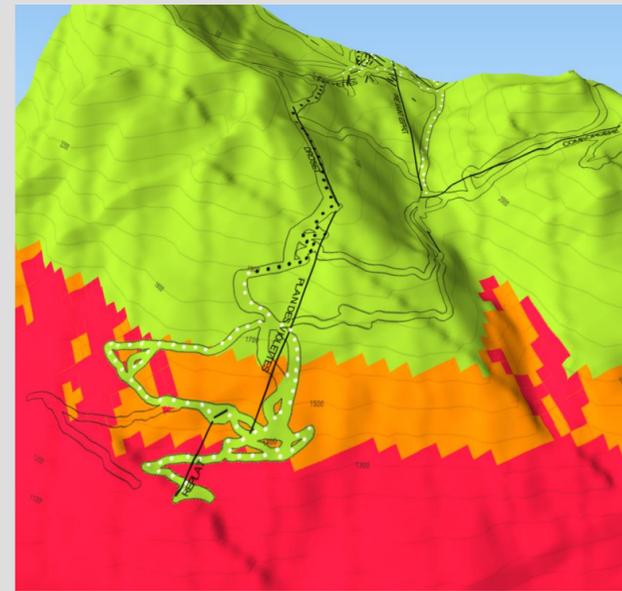
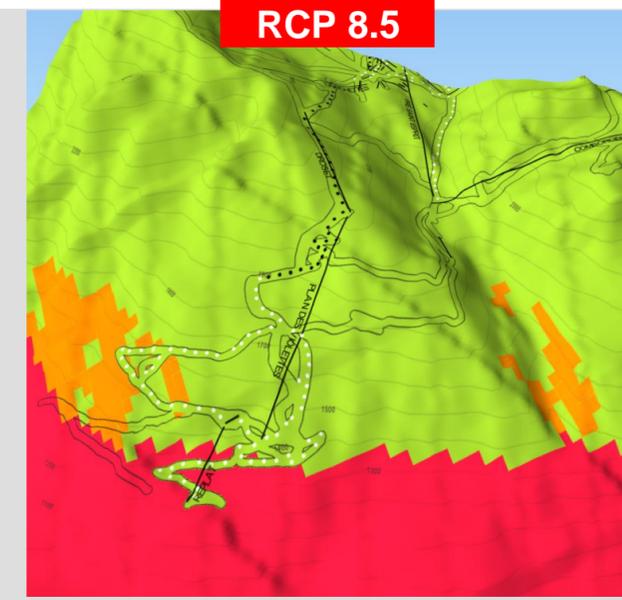
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



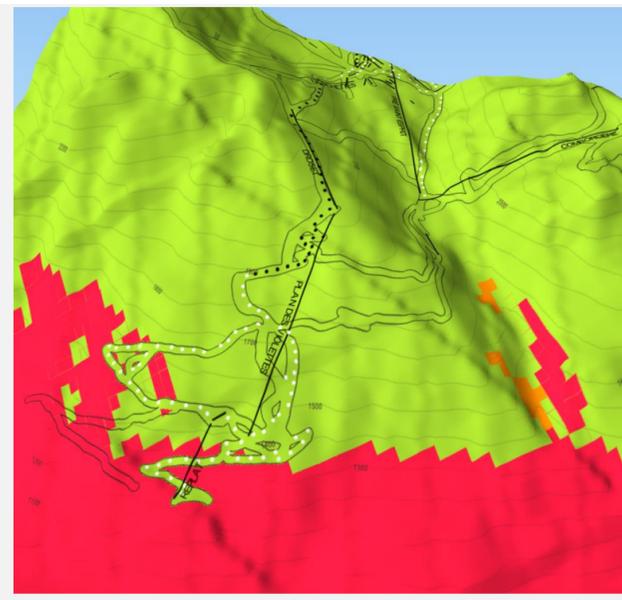
# Avril

## Villaroger

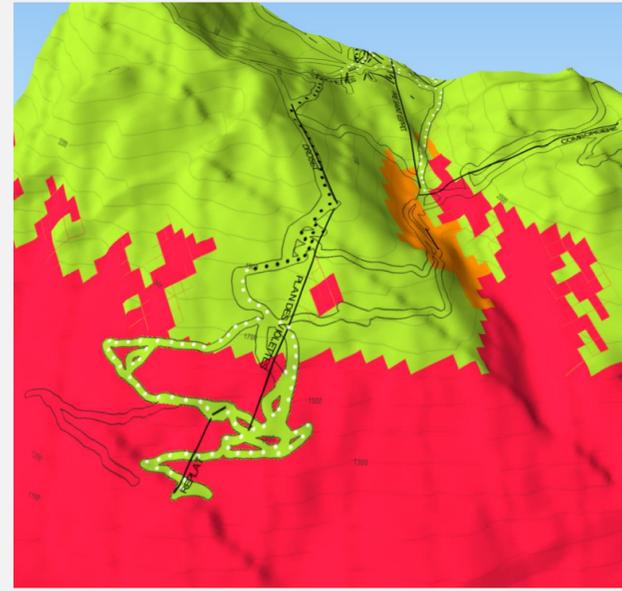
- L'ouverture du secteur jusqu'à la fin de saison est assurée en année médiane jusqu'en 2040.
- Dans les pires années, et à plus long terme, la fonte impacte fortement le secteur bas de Villaroger.
- Le retour skis aux pieds dépendra de la capacité à conserver la neige produite.
- Le futur appareil devra pouvoir redescendre des skieurs sur le mois d'avril.

2021-2040

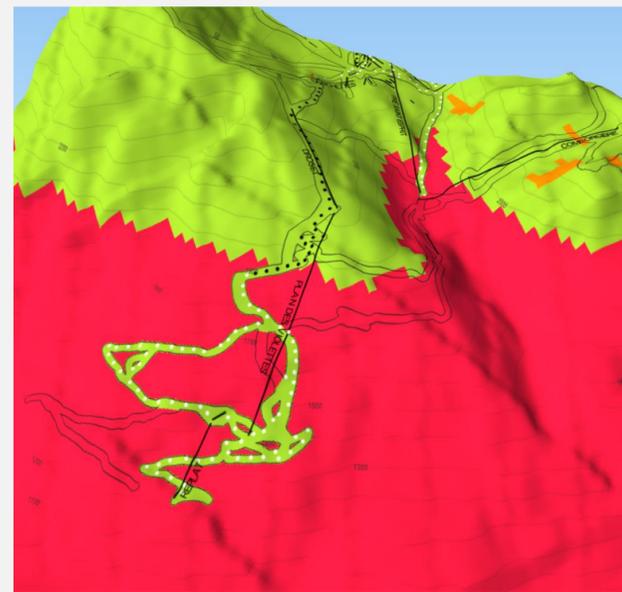
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

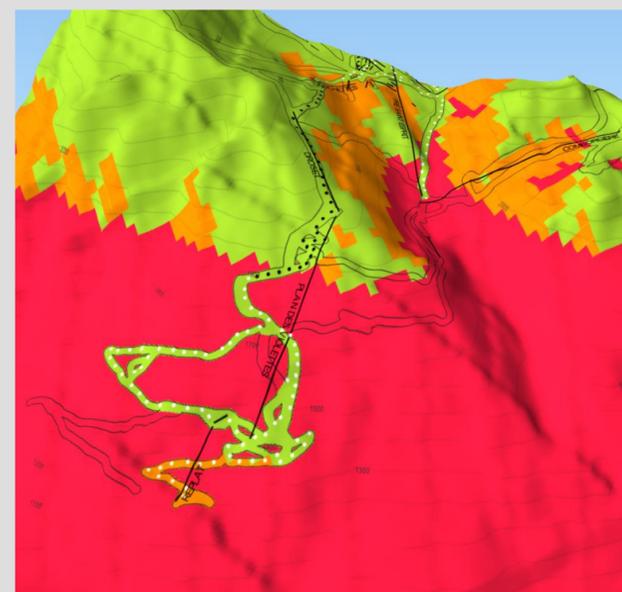
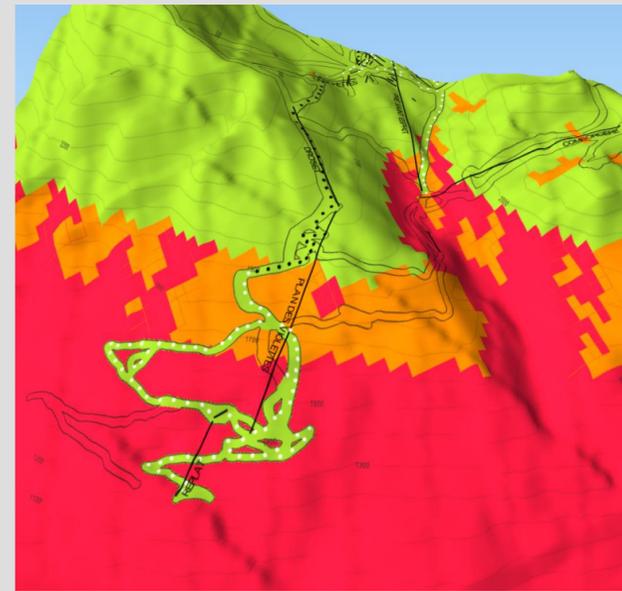
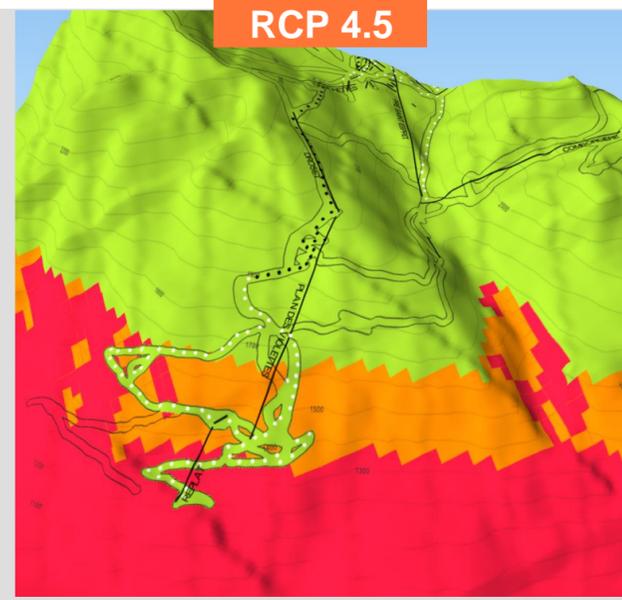
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

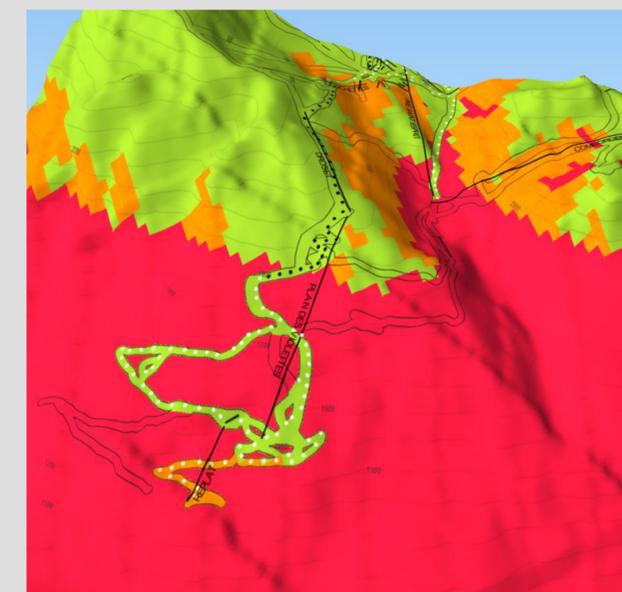
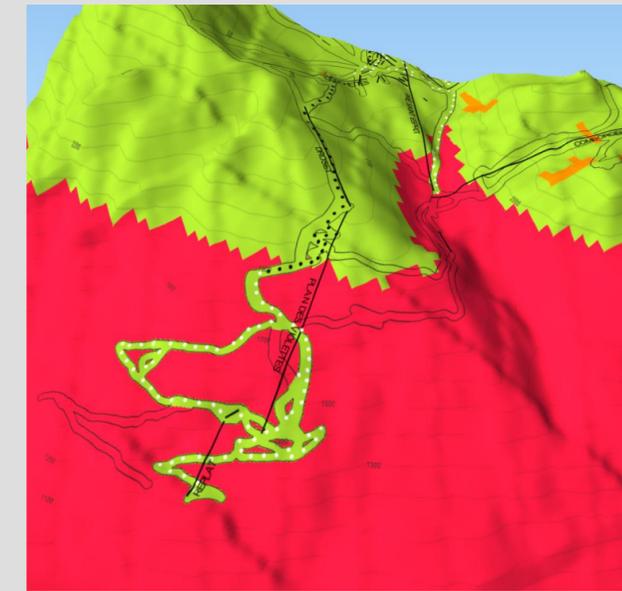
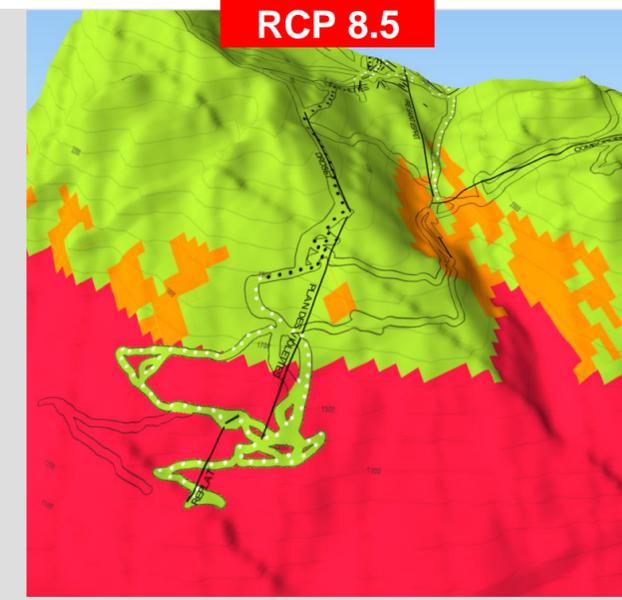
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5





Arcs 1950 | Arcs 2000

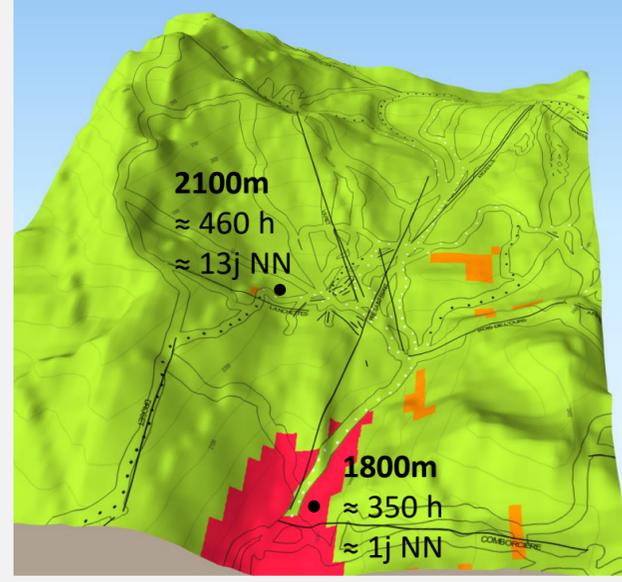
# Décembre

Arcs 1950 | Arcs 2000

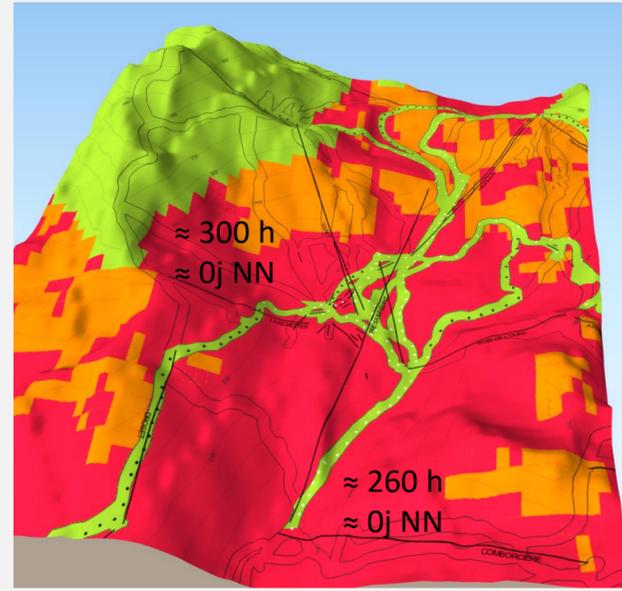
- En année médiane, l'enneigement naturel reste très satisfaisant sur le secteur jusqu'en 2040.
- L'exploitation de ce secteur est assurée jusqu'en 2060 à condition de réaliser les projets d'équipement en neige de culture.
- Dans le cas contraire, les liaisons entre les différents secteurs du domaine ne seront plus assurées.

2021-2040

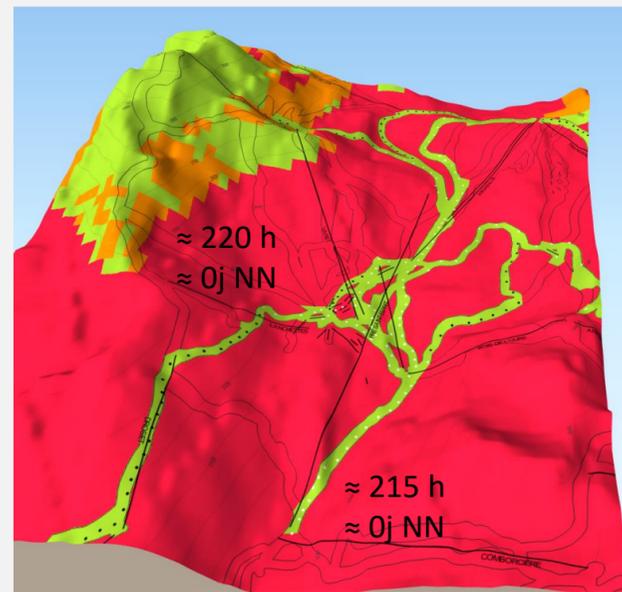
Q50



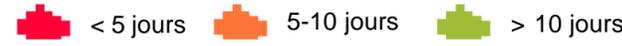
Q20



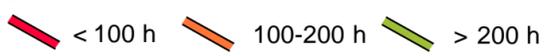
Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



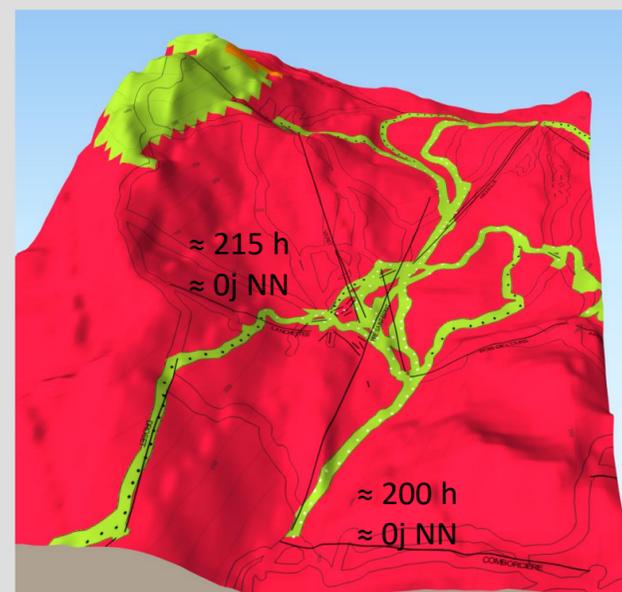
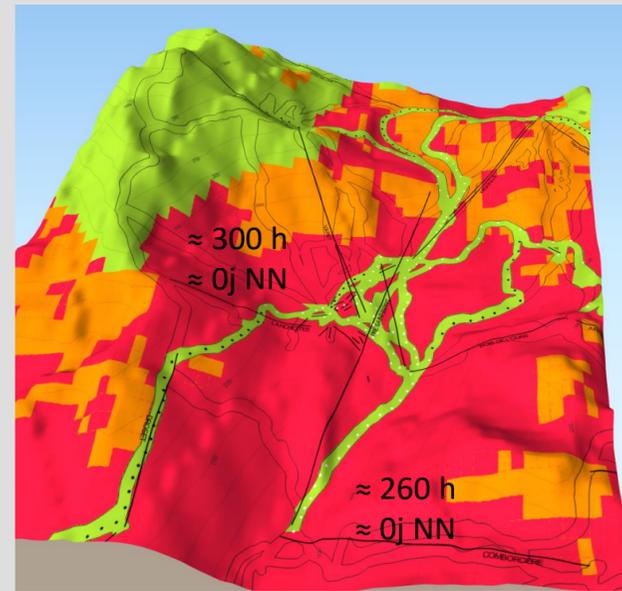
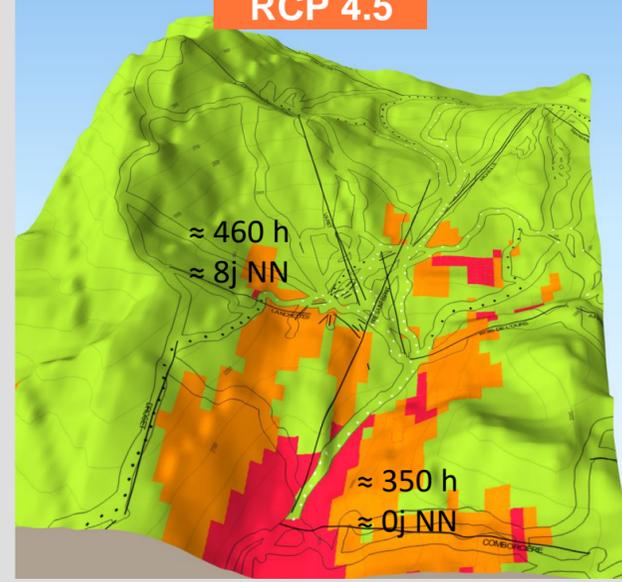
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre



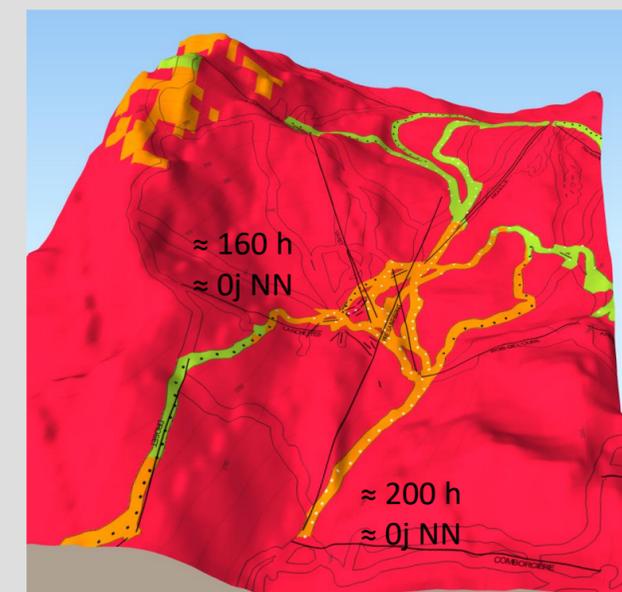
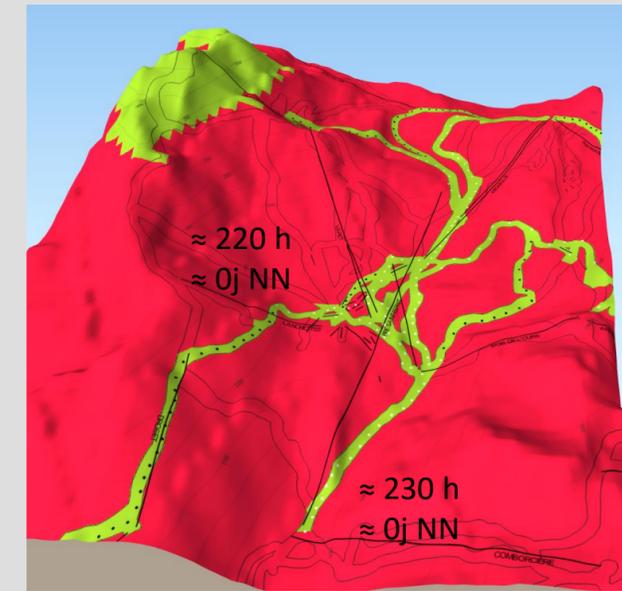
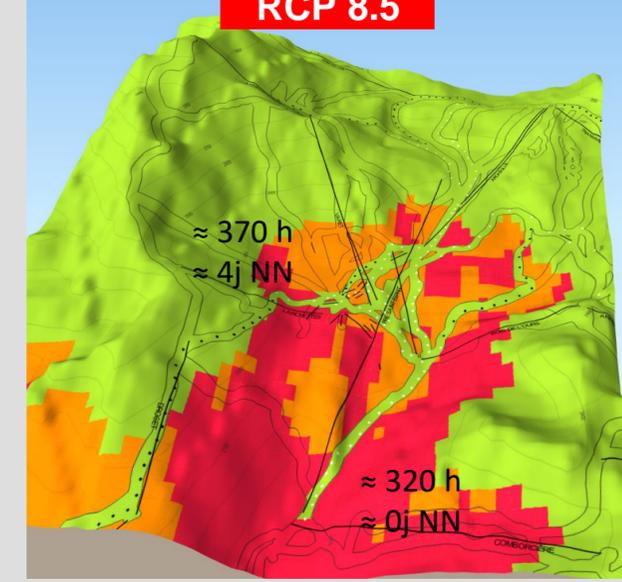
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



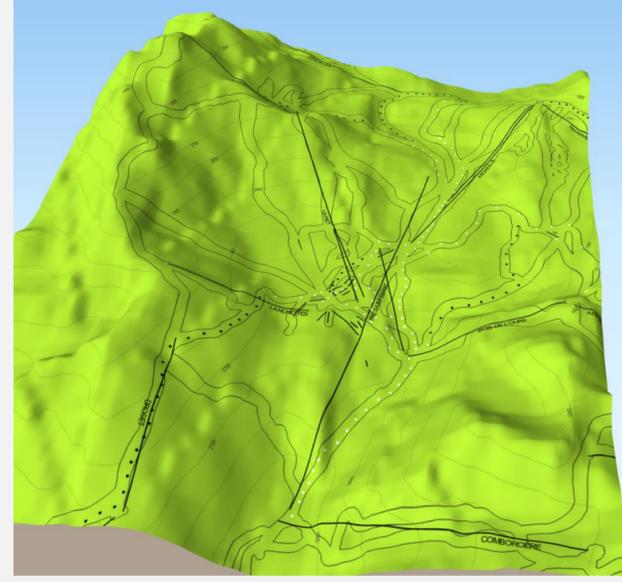
# Janvier

Arcs 1950 | Arcs 2000

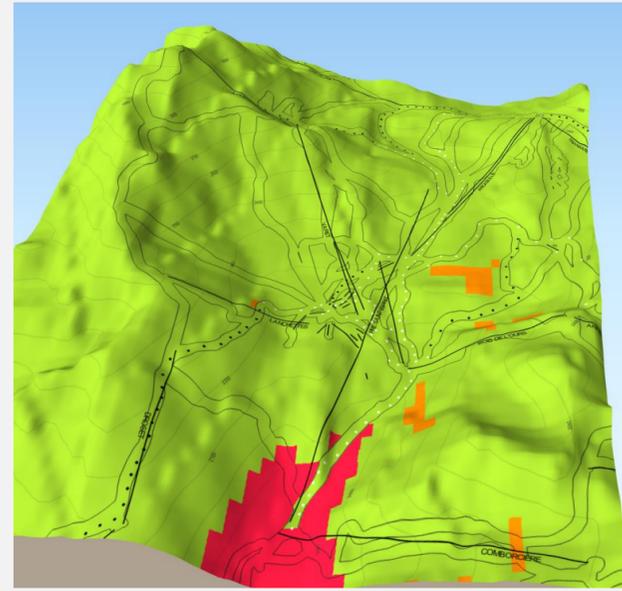
- L'enneigement naturel est très bon en année médiane jusqu'en 2060.
- Dès 2020, la neige de culture est nécessaire pour maintenir une ouverture dans les cas les plus extrêmes.

2021-2040

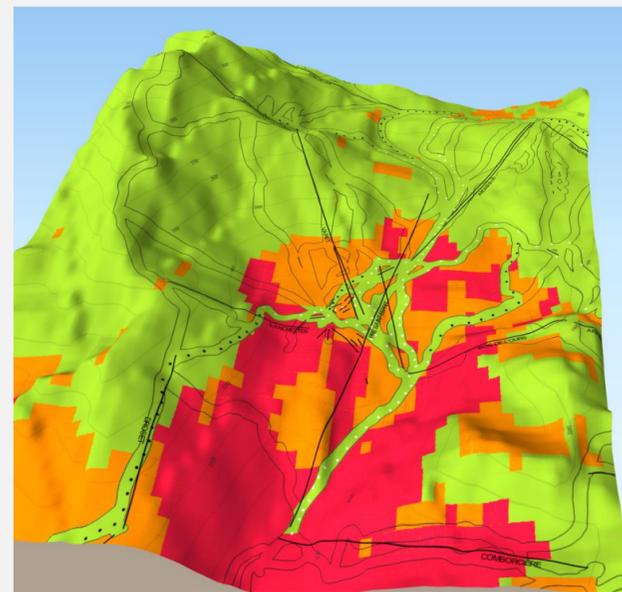
Q50



Q20



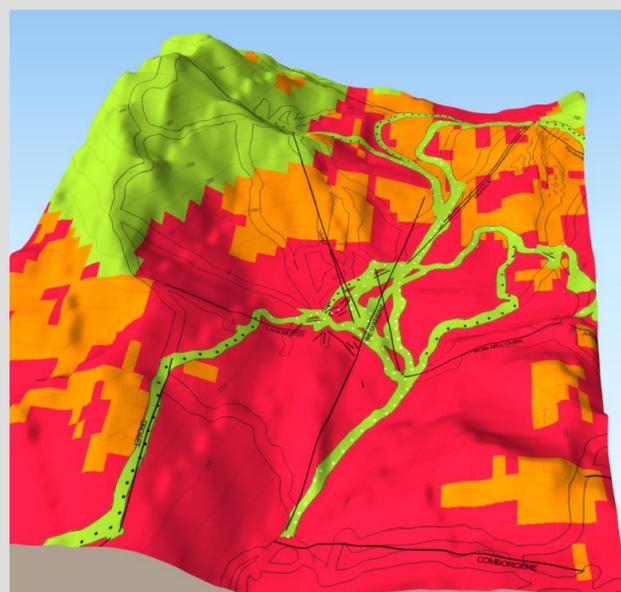
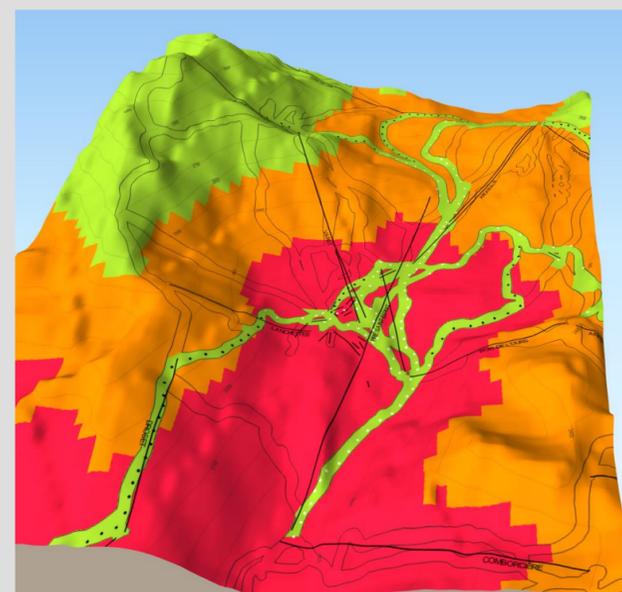
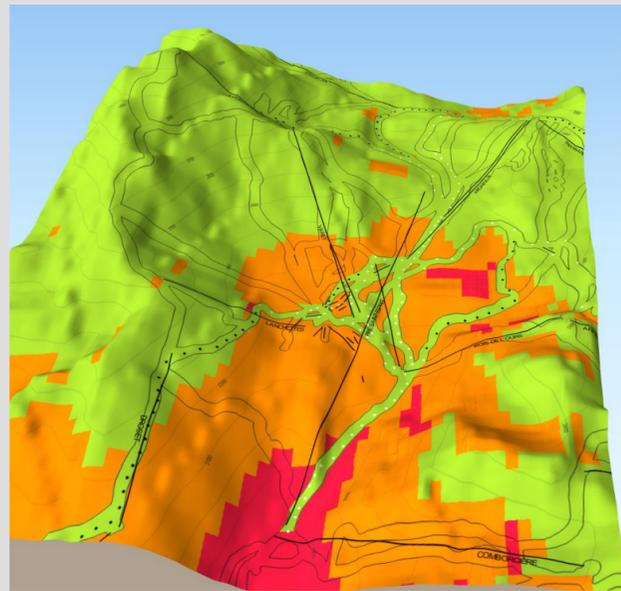
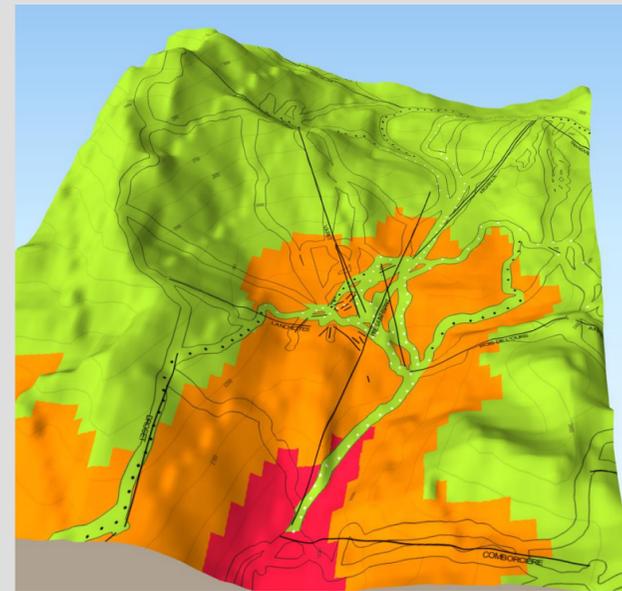
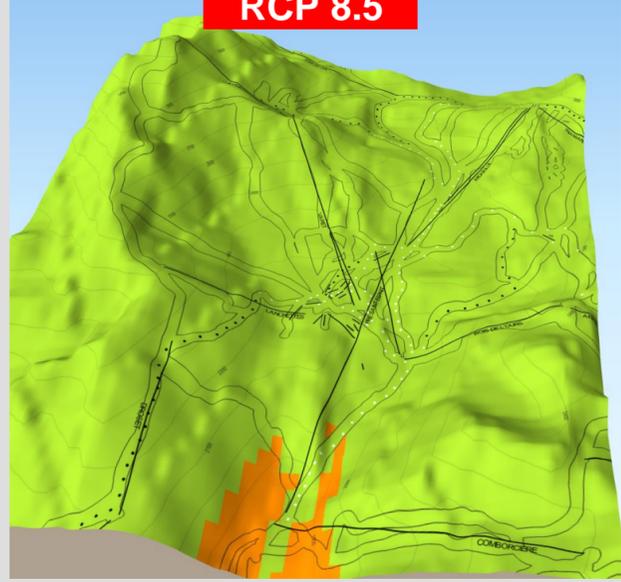
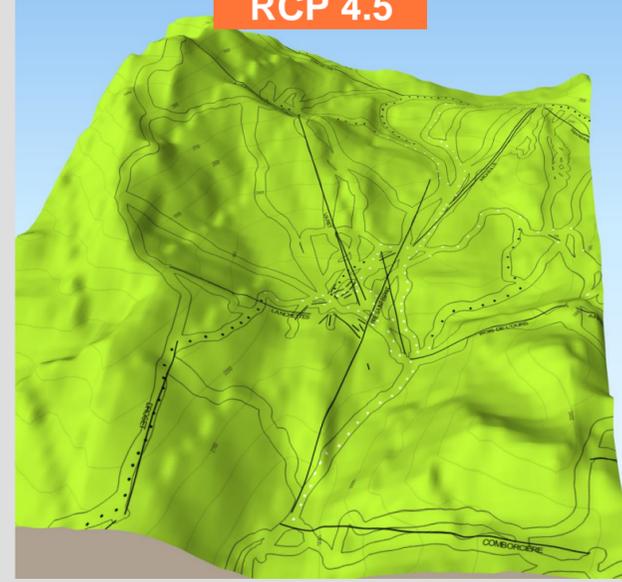
Q10



2041-2060

RCP 4.5

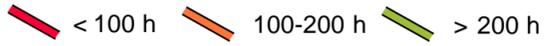
RCP 8.5



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

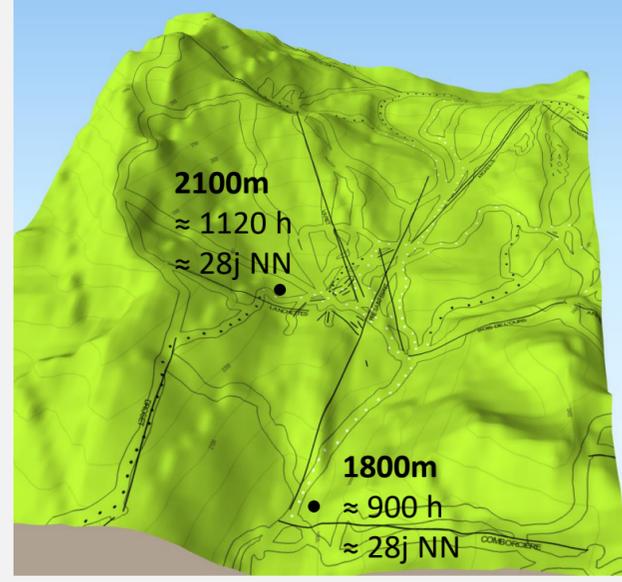
# Février

Arcs 1950 | Arcs 2000

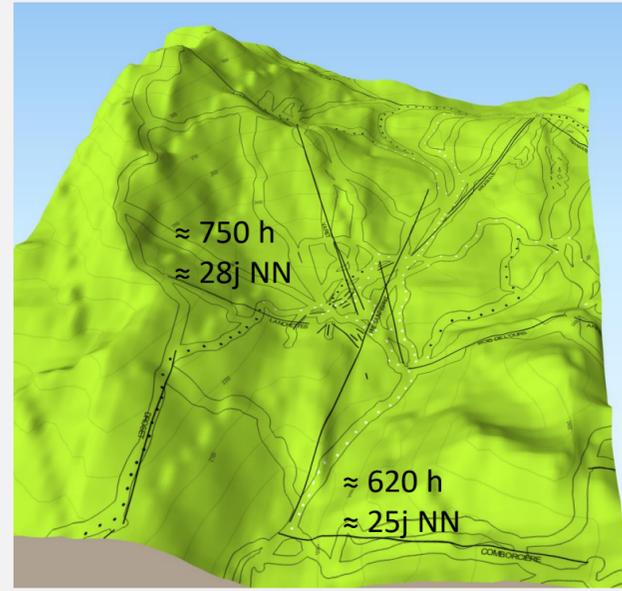
- Une exploitation dans de bonnes conditions est garantie sur ce secteur pendant le mois de février jusqu'en 2060, et ce, même les pires années.

2021-2040

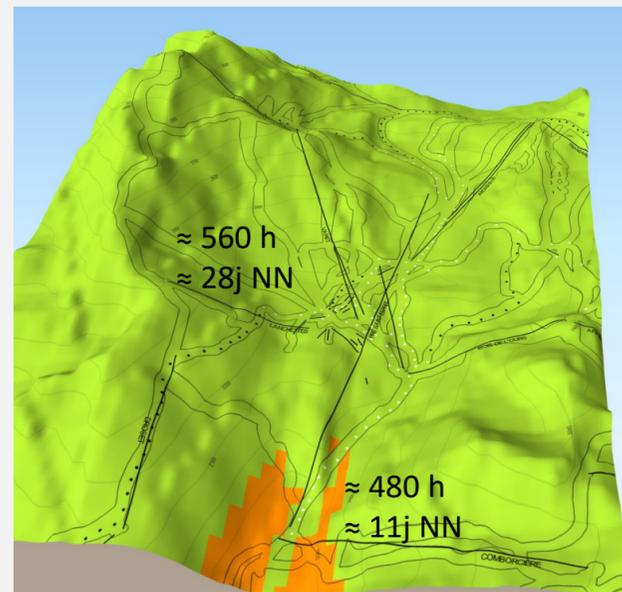
Q50



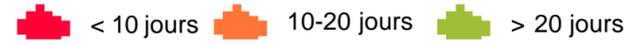
Q20



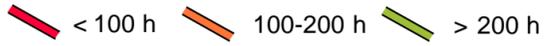
Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



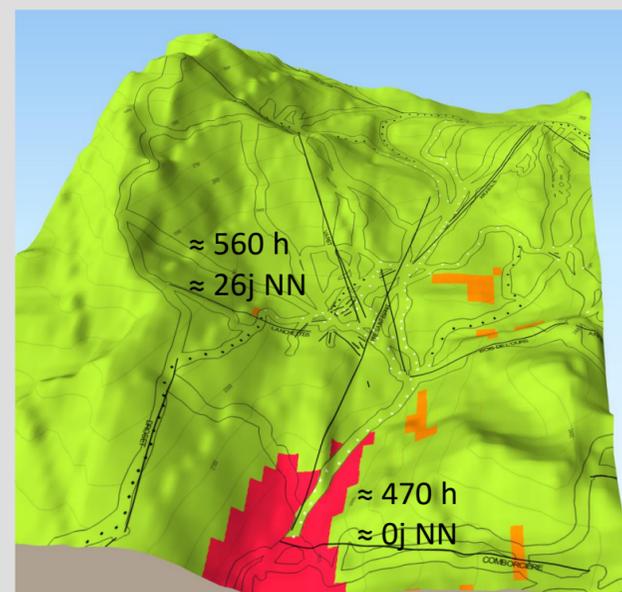
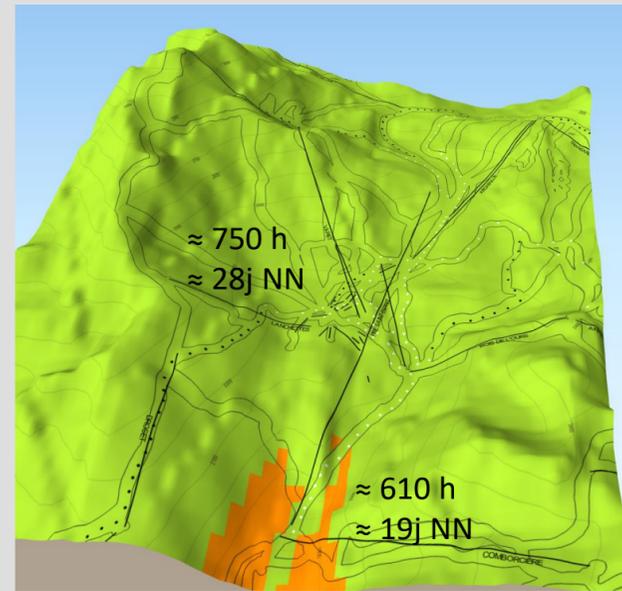
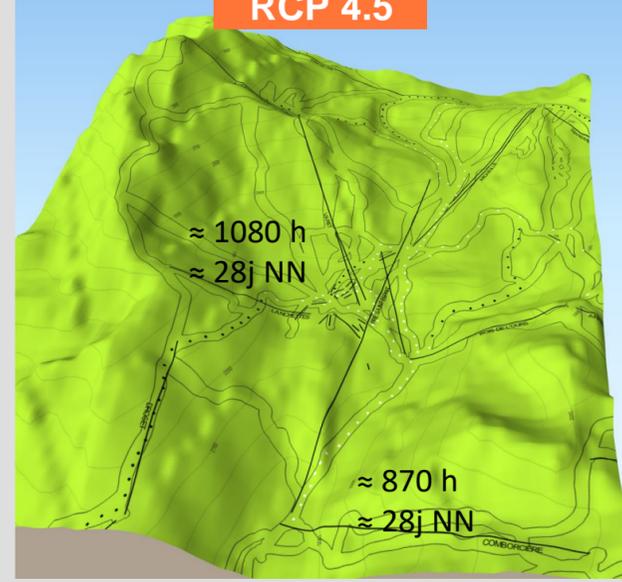
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



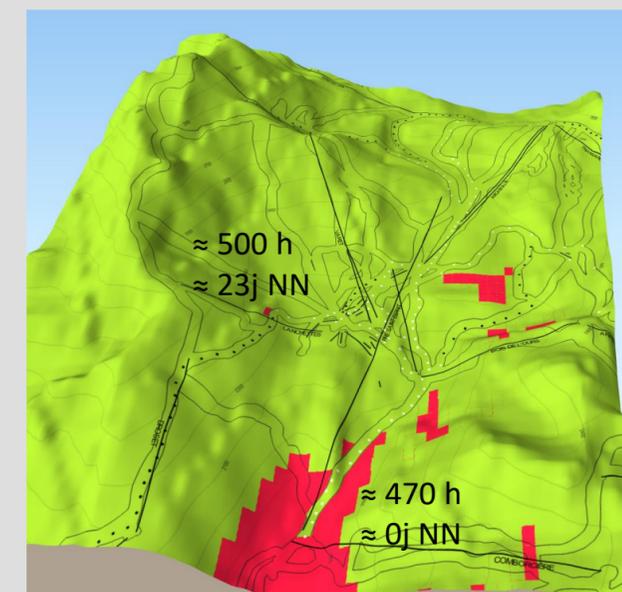
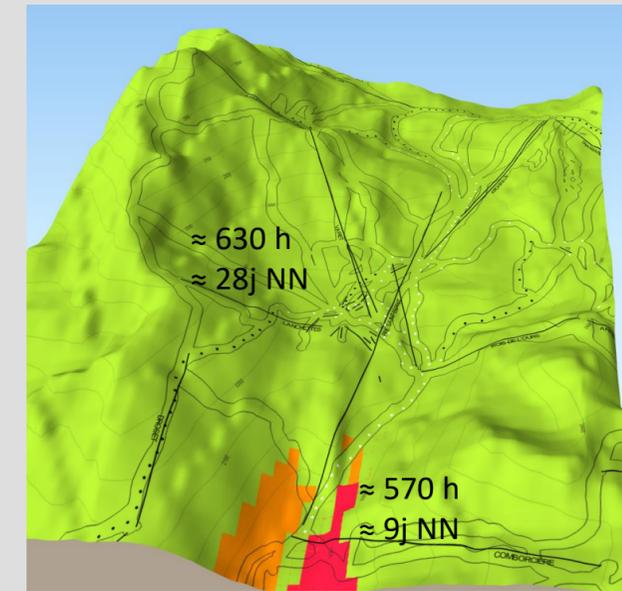
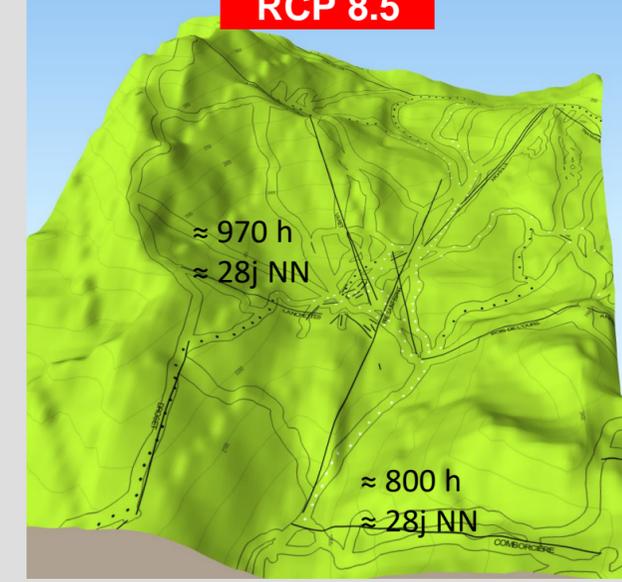
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



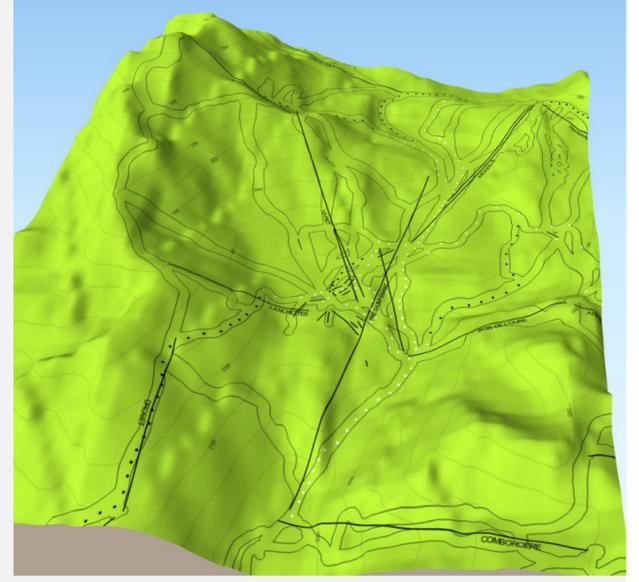
# Mars

Arcs 1950 | Arcs 2000

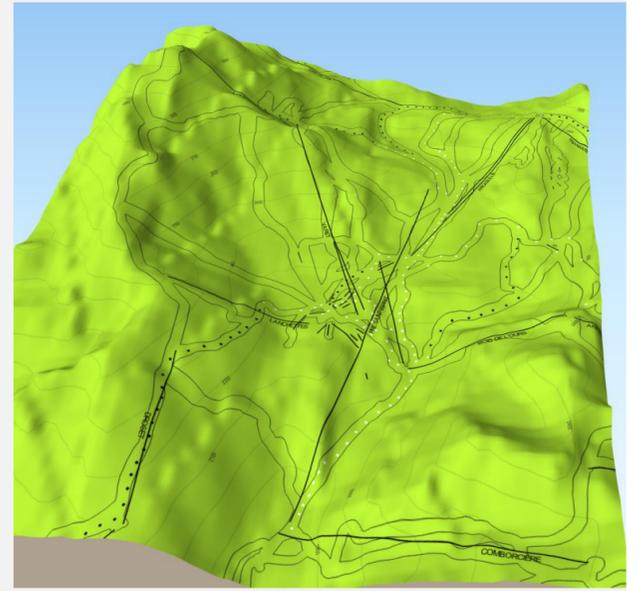
- Un très bon enneigement naturel est garanti sur ce secteur en mars même les pires années.

2021-2040

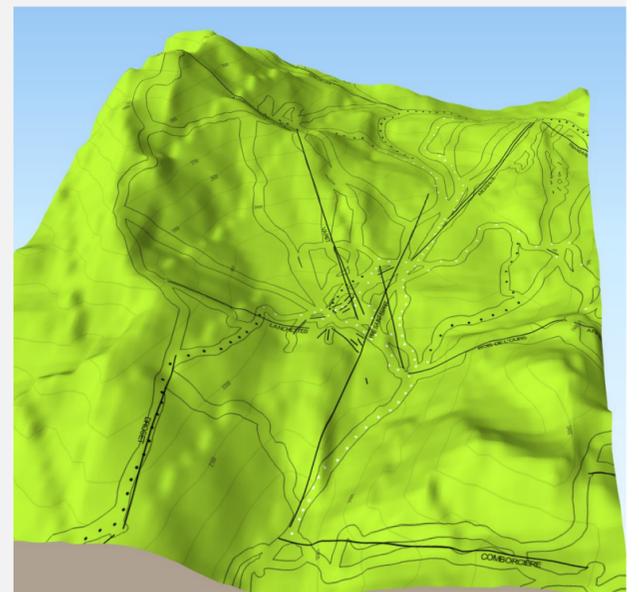
Q50



Q20



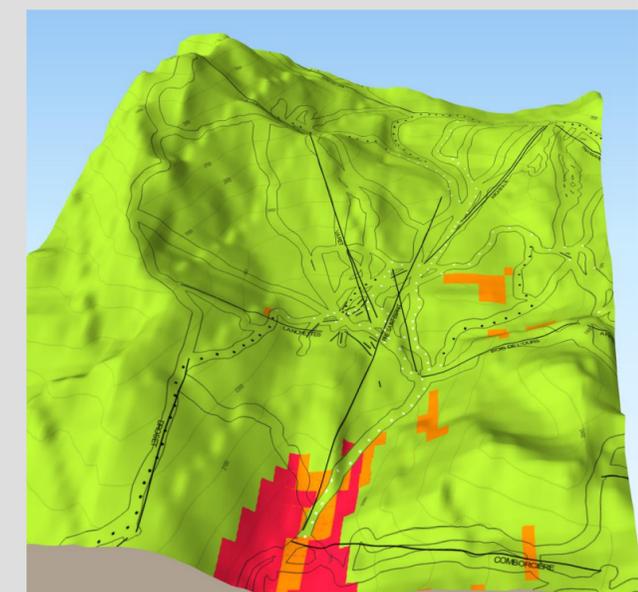
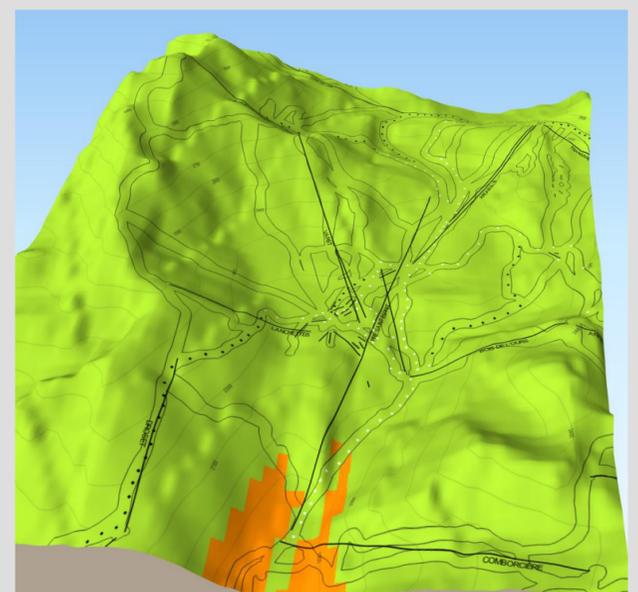
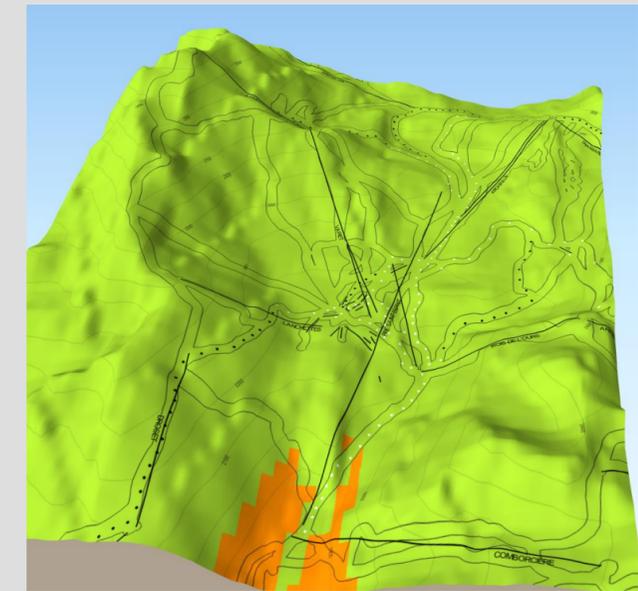
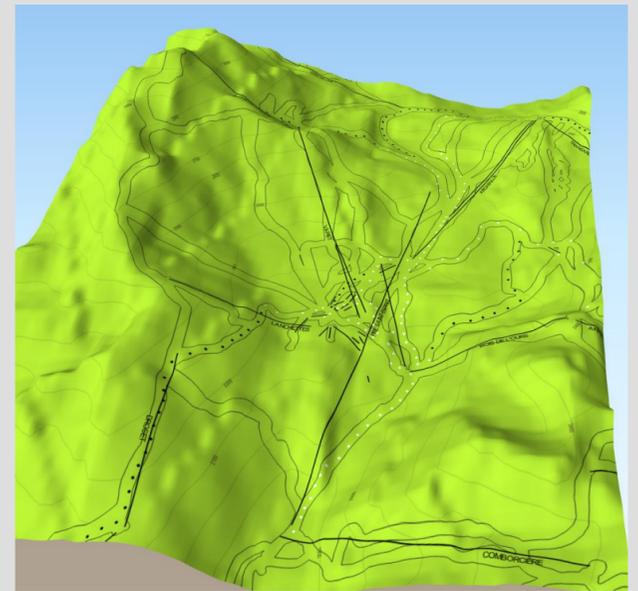
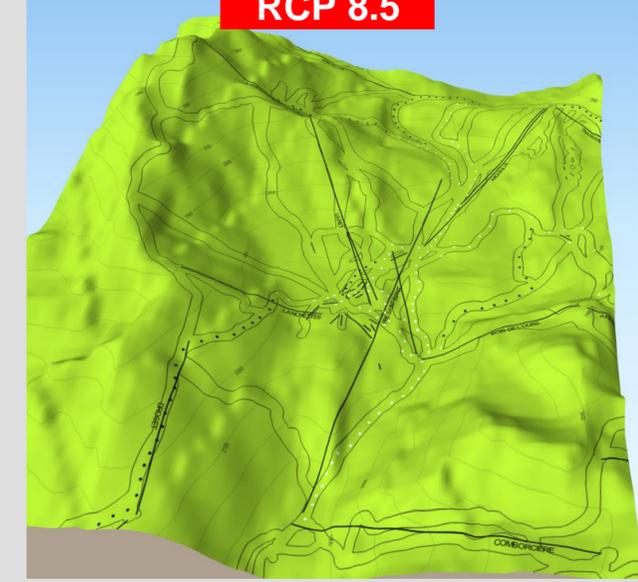
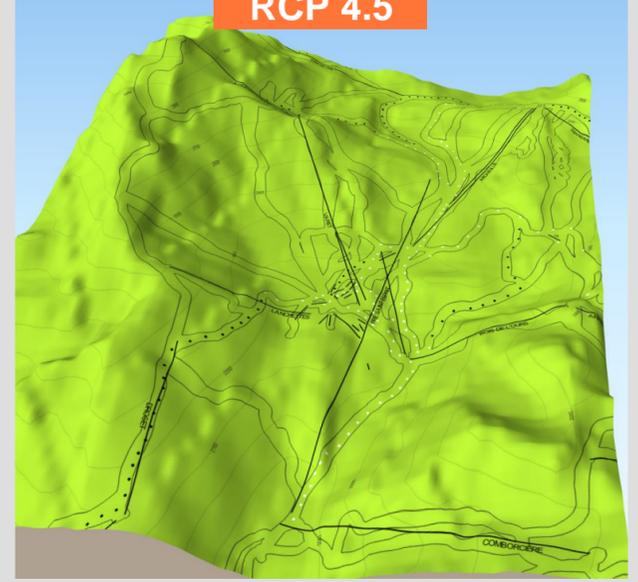
Q10



2041-2060

RCP 4.5

RCP 8.5



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

 < 10 jours  10-20 jours  > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

 < 100 h  100-200 h  > 200 h

○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

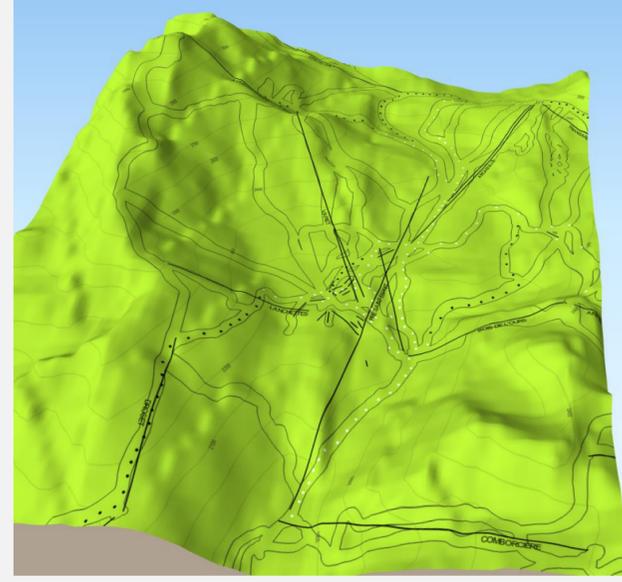
# Avril

Arcs 1950 | Arcs 2000

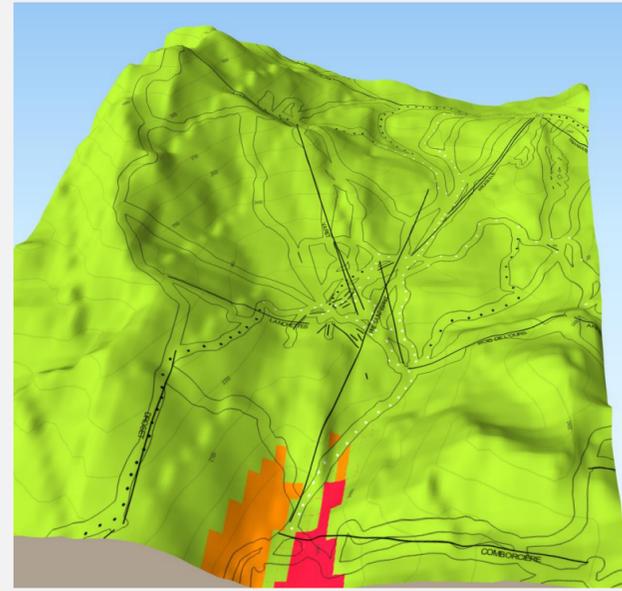
- La fonte impacte peu ce secteur sur le mois d'avril grâce à son altitude élevée.
- Les zones impactées sont consolidées par la neige de culture produite depuis le début de saison.

2021-2040

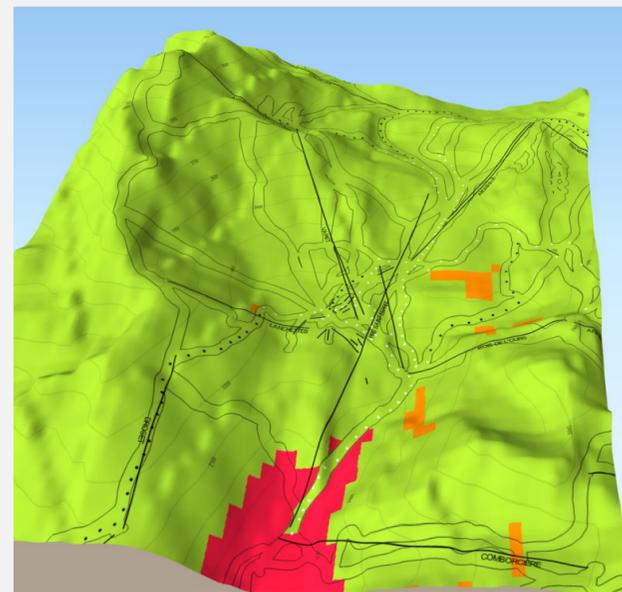
Q50



Q20



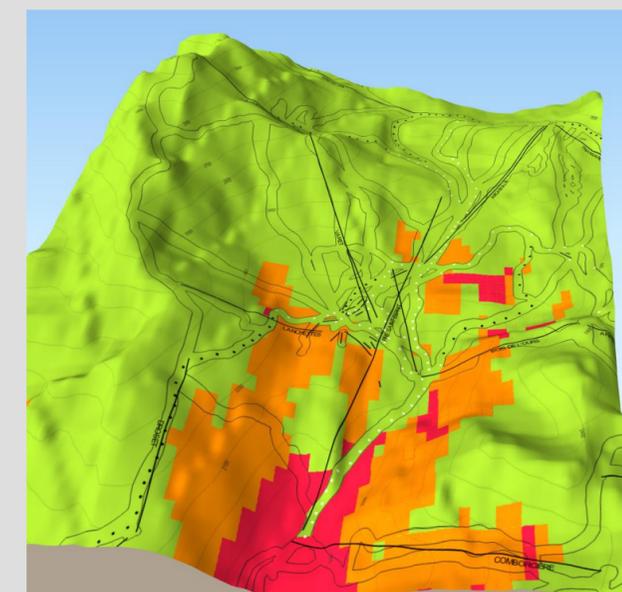
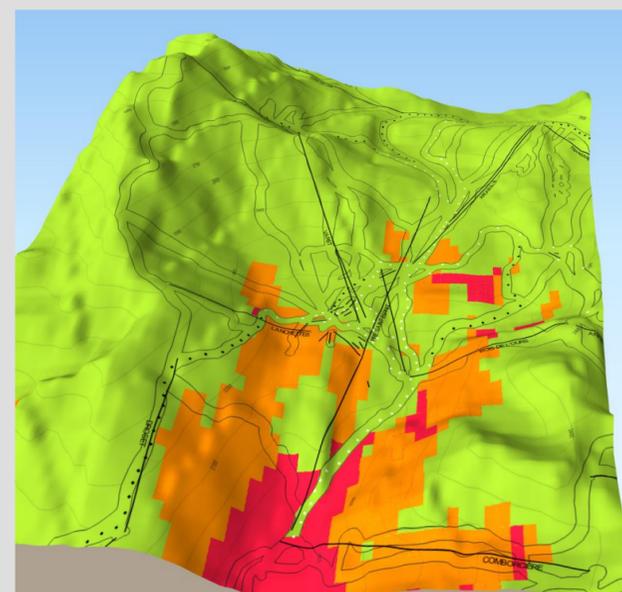
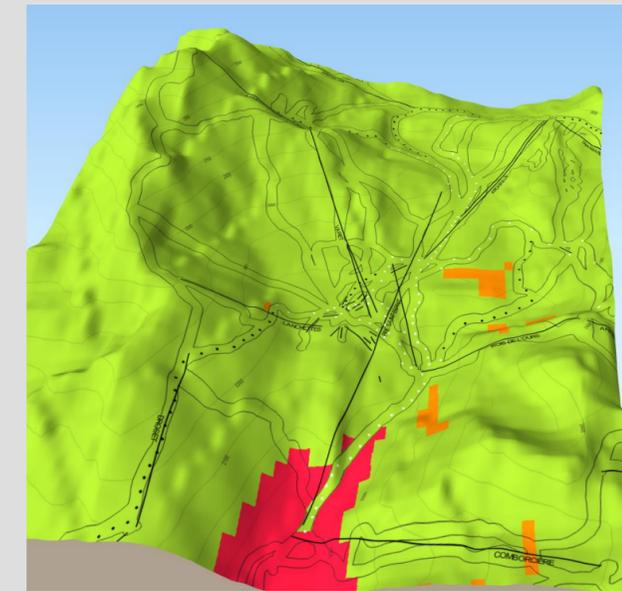
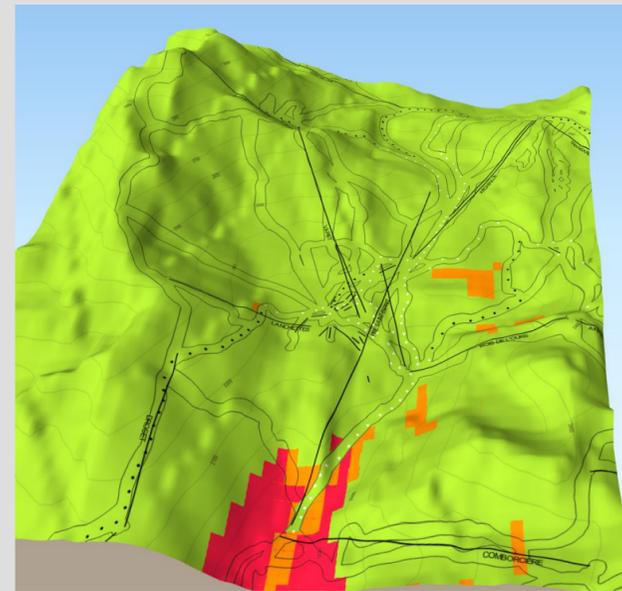
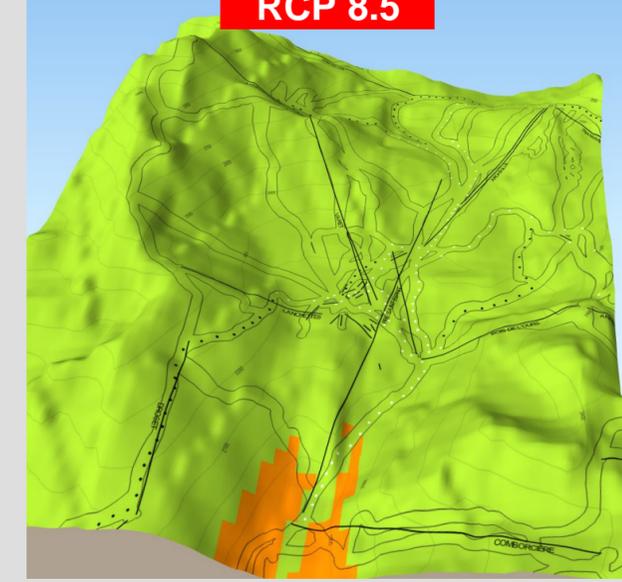
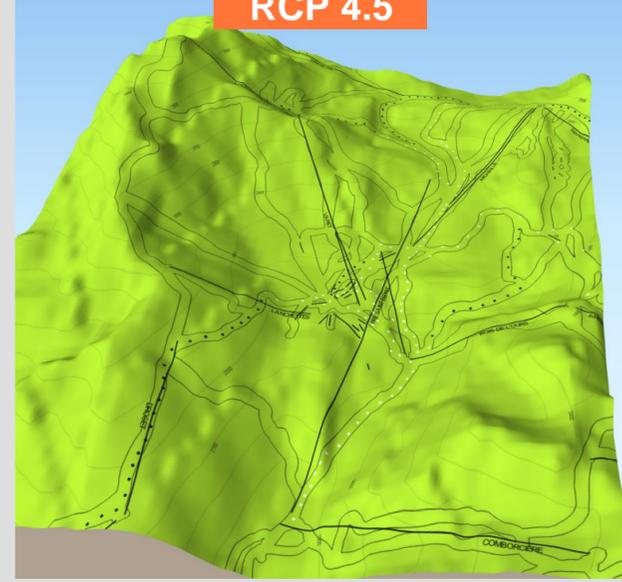
Q10



2041-2060

RCP 4.5

RCP 8.5



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

< 10 jours   10-20 jours   > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

< 100 h   100-200 h   > 200 h

○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

An aerial photograph of a ski resort nestled in a snowy mountain valley. The landscape is covered in snow and dense evergreen forests. Several large, multi-story buildings with red and white facades are visible, along with a ski lift tower and run. The sky is a clear, pale blue.

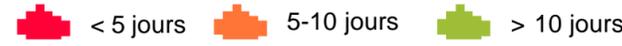
# Arcs 1600

# Décembre

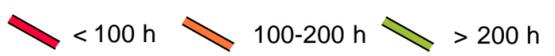
## Arcs 1600

- Dès 2021, le recours à la neige de culture est nécessaire pour exploiter la partie basse du secteur.
- Les heures de froid étant limitées, un équipement performant a déjà été mis en place (ventilateurs).
- D'ici 2060, les heures de froid pourraient venir à manquer, uniquement à l'occasion des deux pires années.
- L'ouverture de ce secteur est donc garanti dans la majorité des cas.
- Une augmentation du nombre de ventilateurs pourra être nécessaire sur la partie basse, en plus du stade de Cachette.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



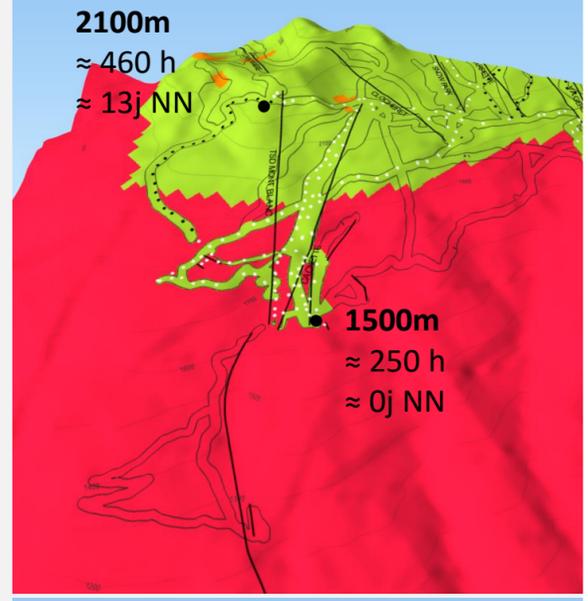
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre



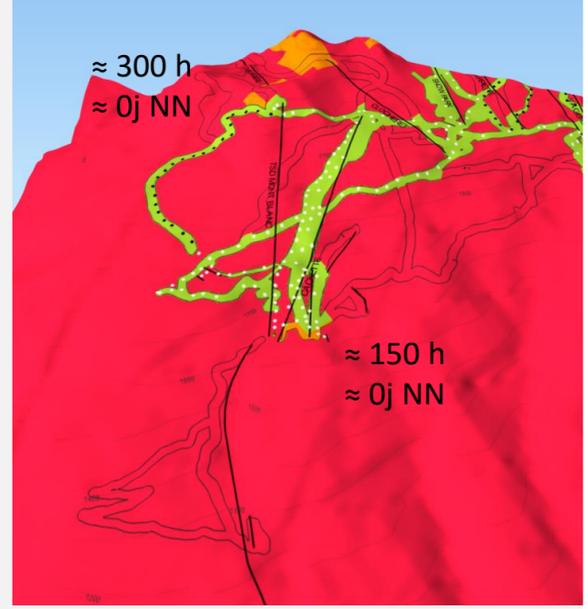
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2021-2040

Q50



Q20

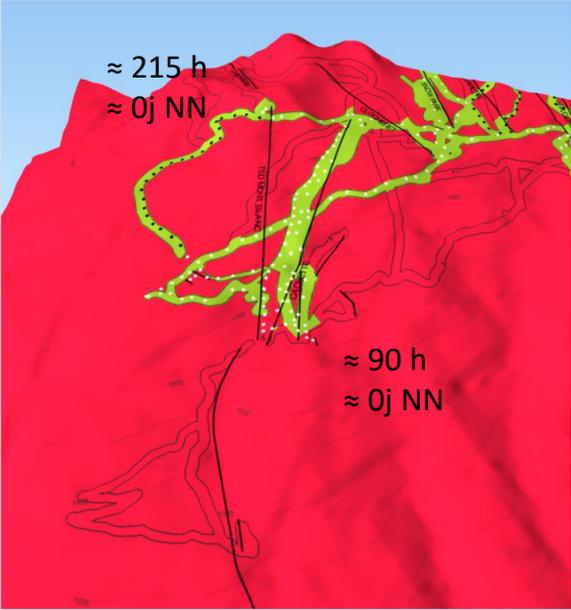
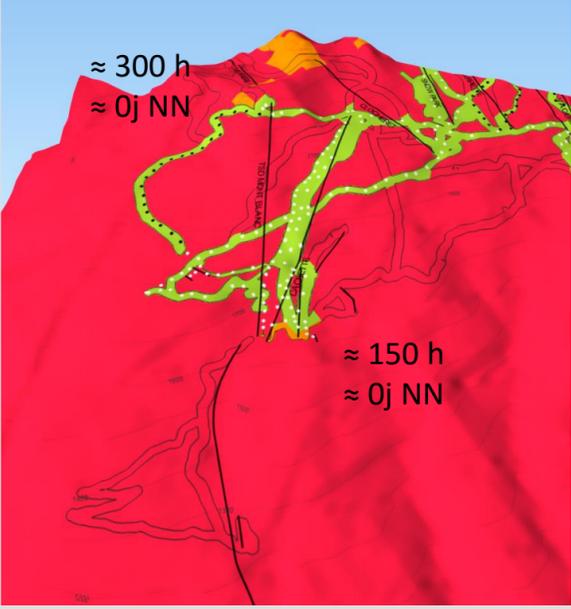
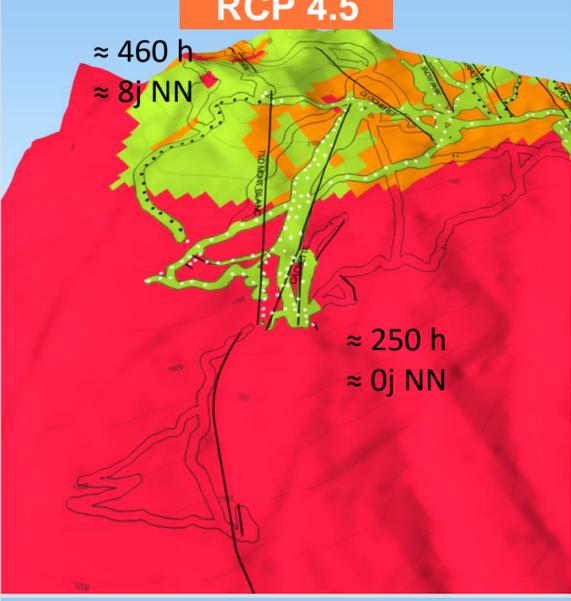


Q10

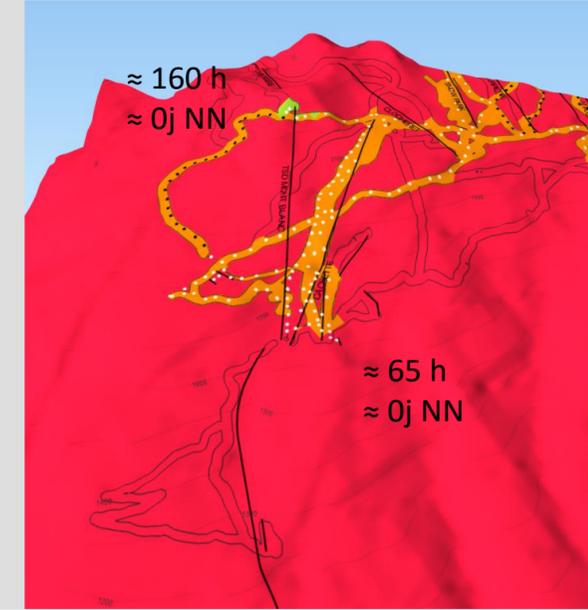
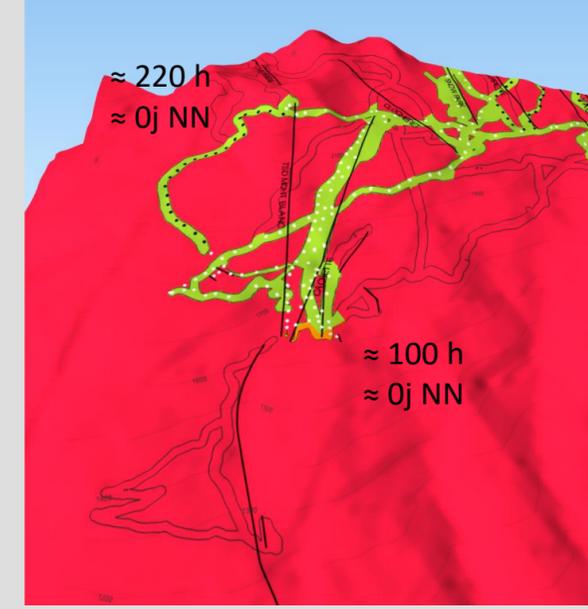
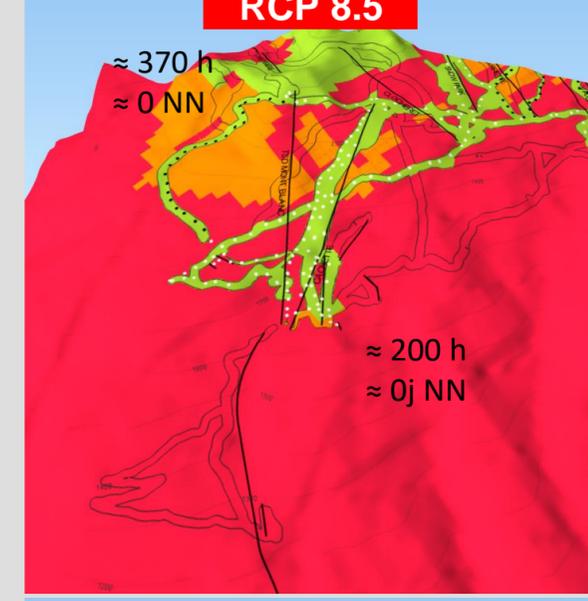


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



# Janvier

## Arcs 1600

- En année médiane, l'enneigement naturel est suffisant pour assurer l'exploitation de ce secteur.
- Les pires années, la neige de culture permet de garantir l'ouverture jusqu'à 1600m.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



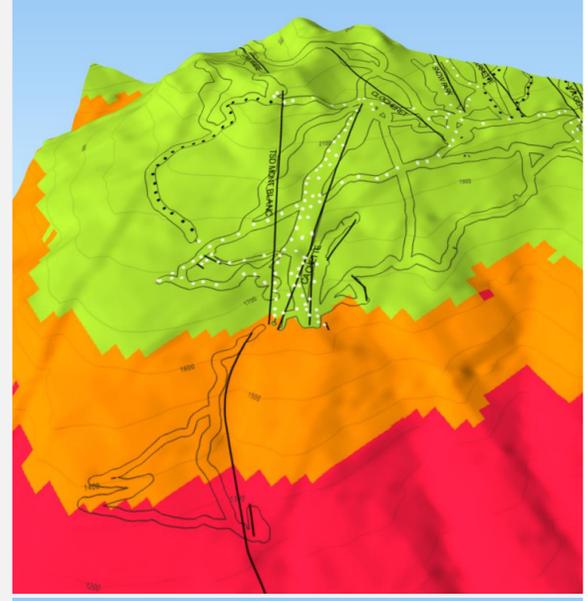
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



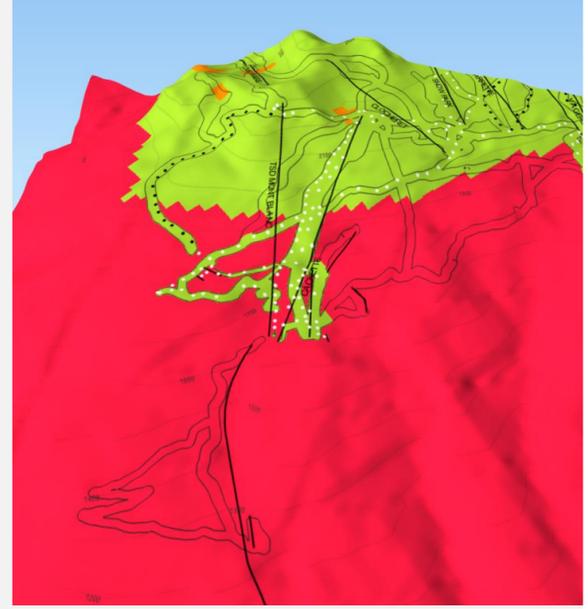
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2021-2040

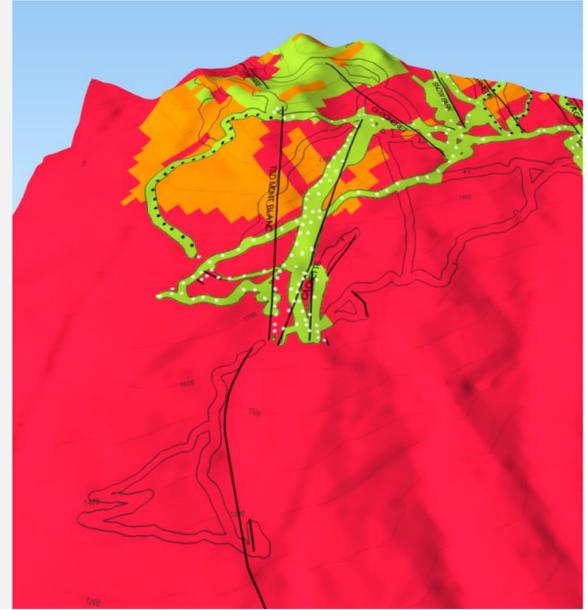
Q50



Q20

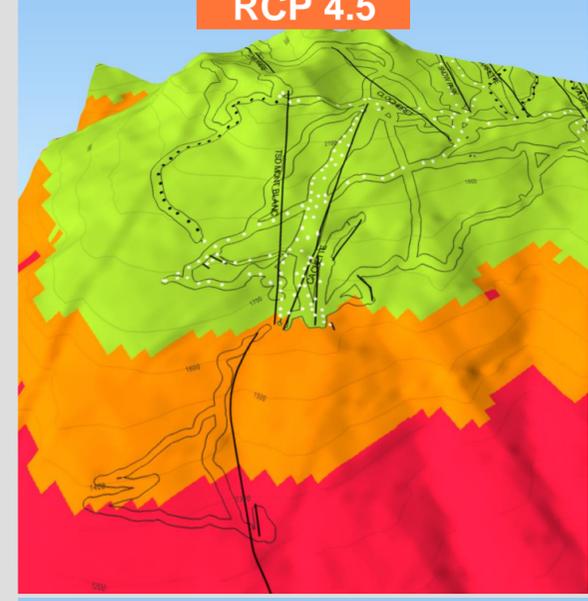


Q10

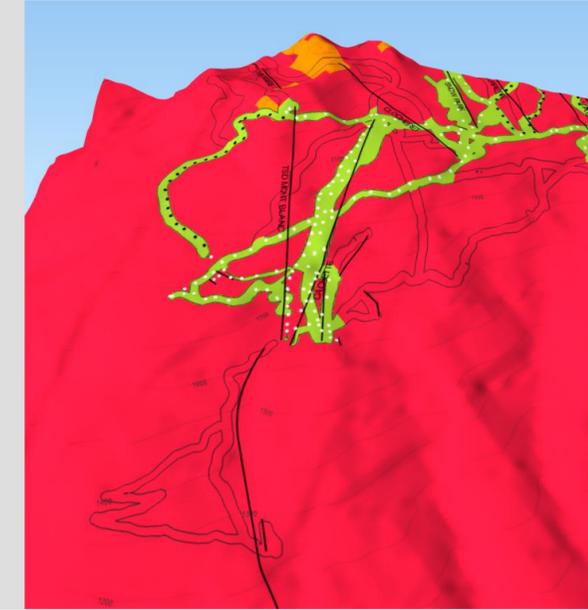
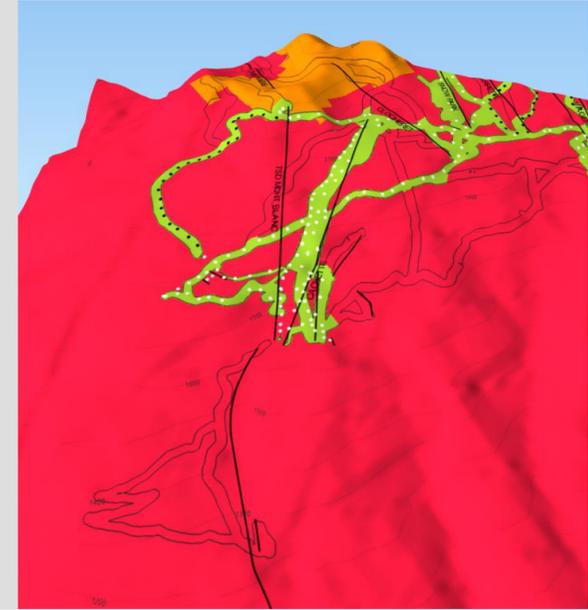
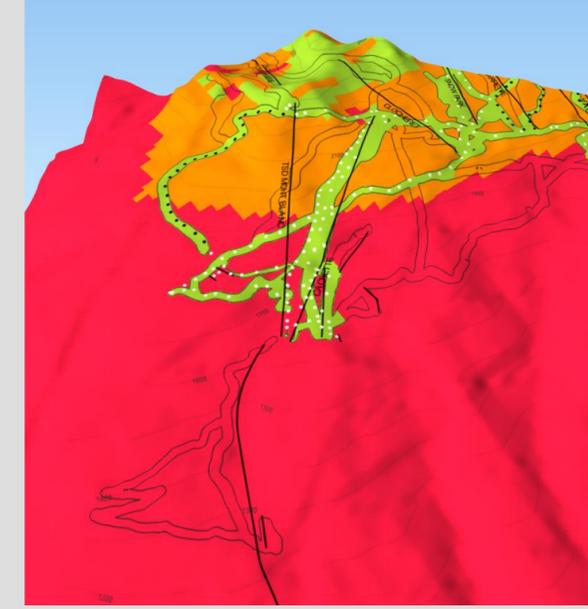
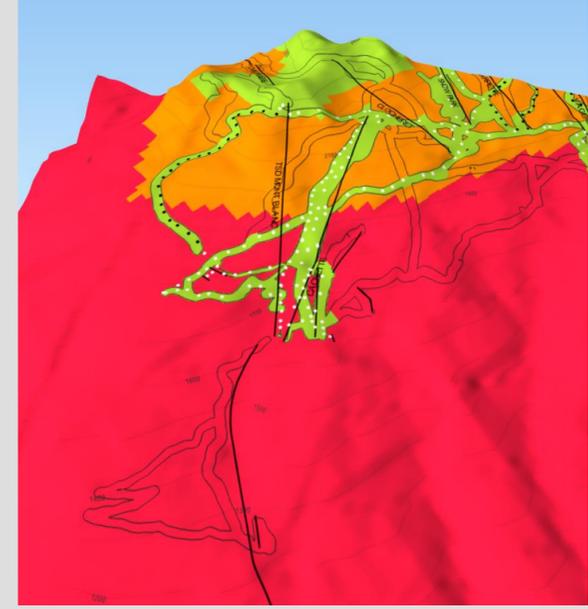
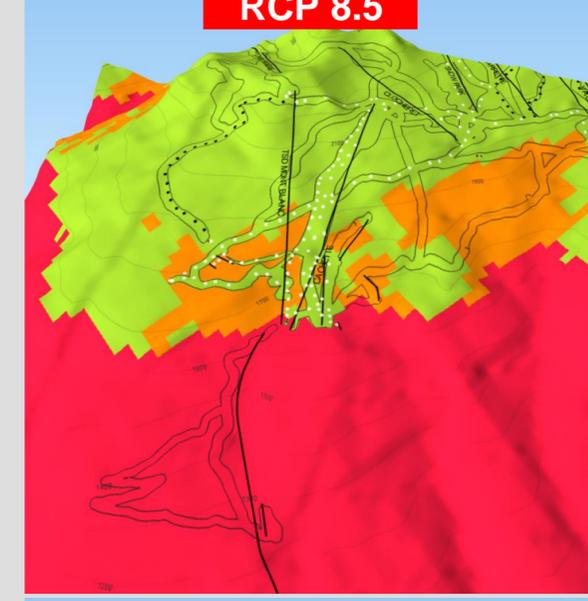


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



# Février

## Arcs 1600

- Jusqu'en 2040, l'enneigement naturel est satisfaisant, y compris les pires années.
- A partir de 2040, les pistes non équipées en neige de culture en-dessous de 1900m ne pourront pas ouvrir.
- Ce phénomène pourrait engendrer une importante concentration des skieurs sur les pistes ouvertes du fait du report des skieurs.
- Les heures de froid restent abondantes jusqu'en 2060, y compris les pires années. L'équipement d'une piste supplémentaire pourrait améliorer l'offre quand la neige naturelle n'est pas suffisante. Le projet d'équipement de la piste Mont-Blanc va dans ce sens.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

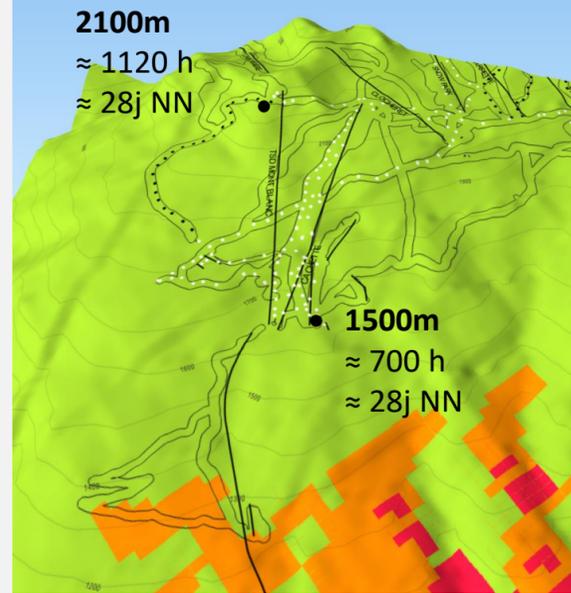
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

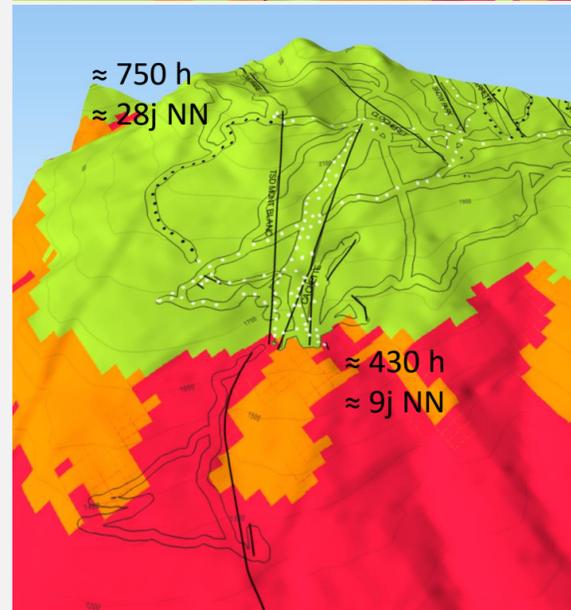
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2021-2040

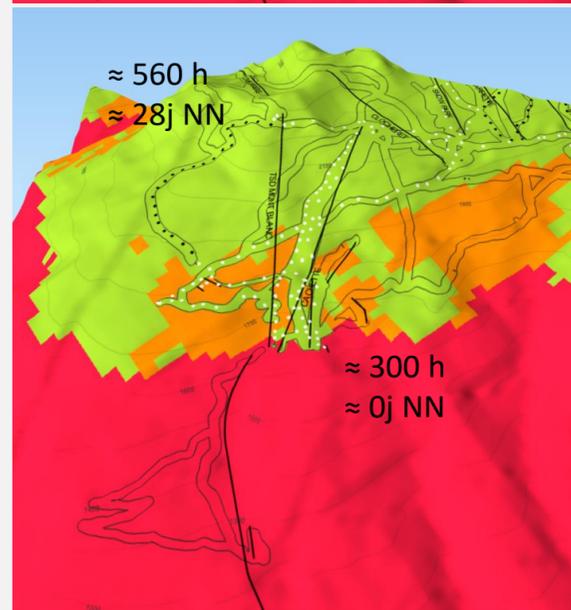
Q50



Q20

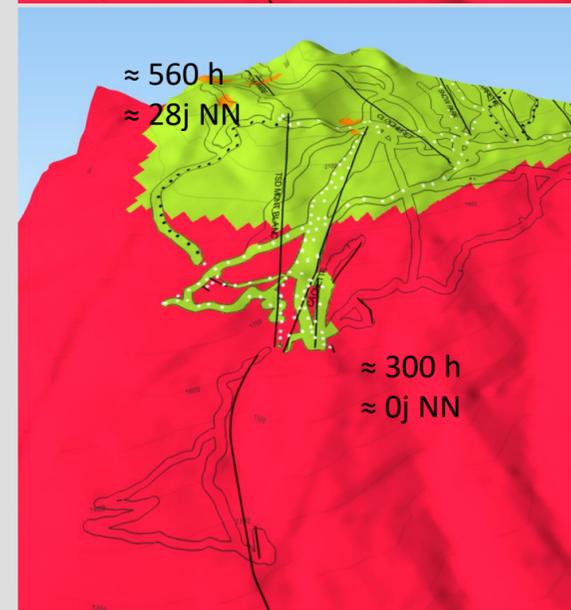
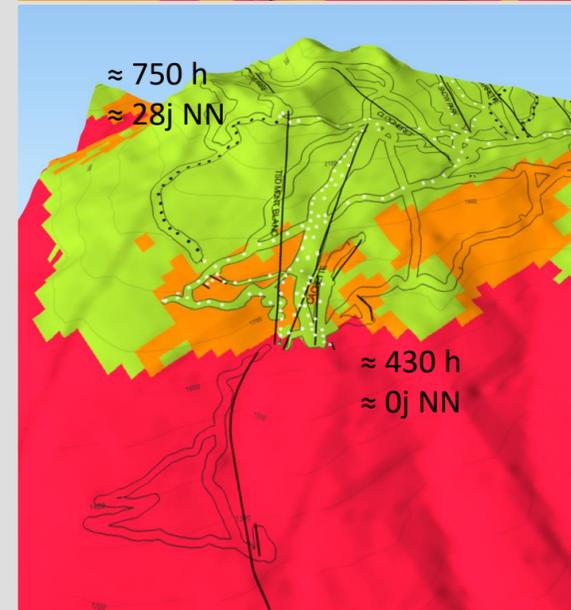
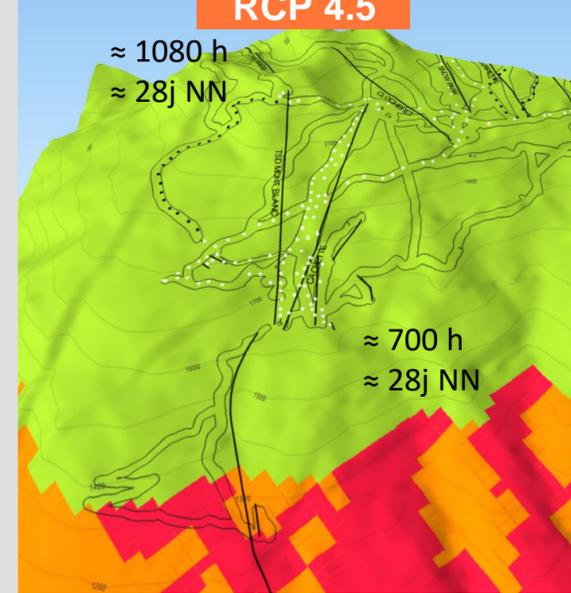


Q10

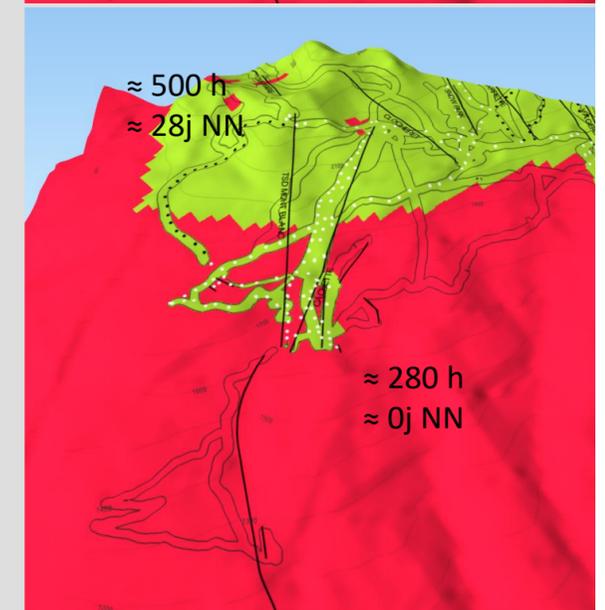
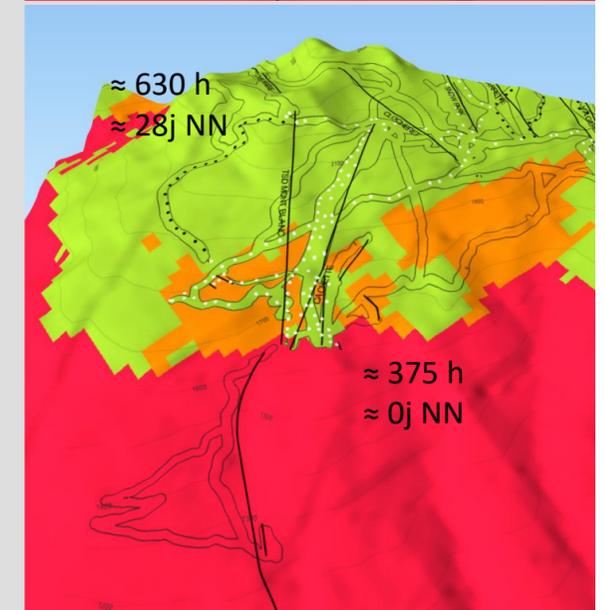
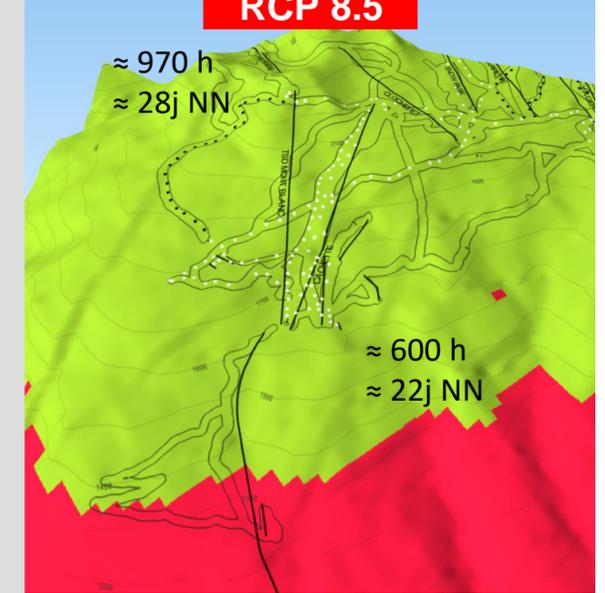


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



# Mars

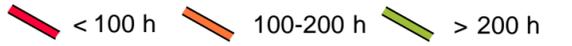
## Arcs 1600

- Mars est le mois le plus enneigé dans ce secteur.
- Seules les deux pires années de la période 2040-2060 pourraient souffrir d'un manque de neige naturelle.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



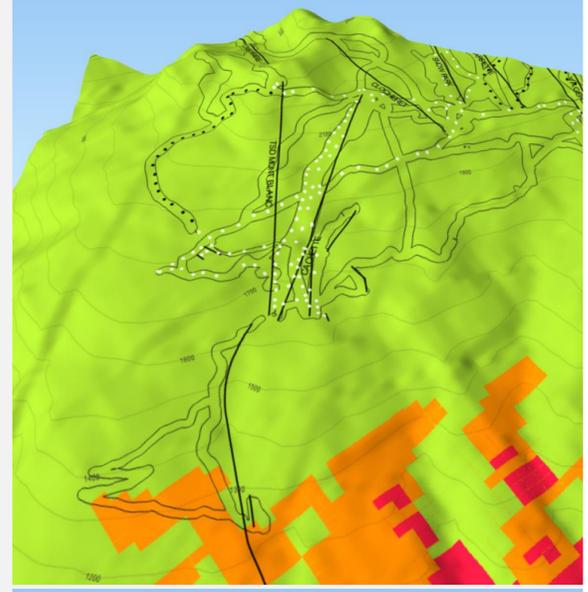
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



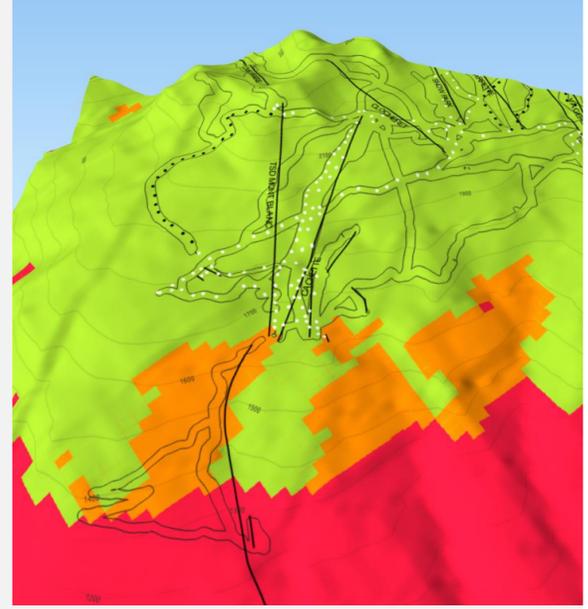
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2021-2040

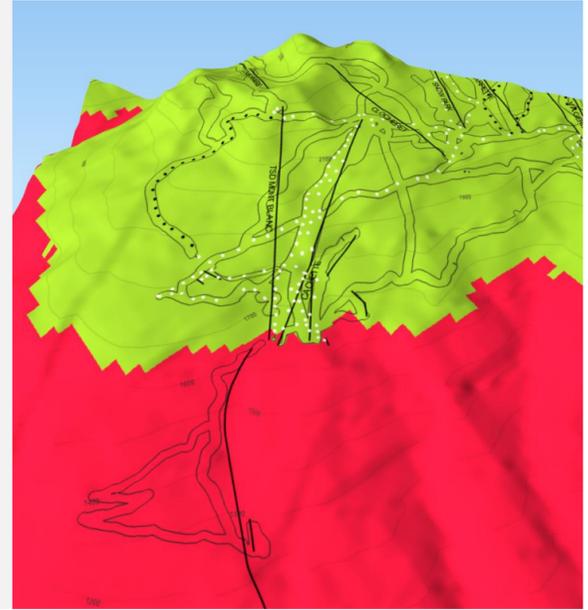
Q50



Q20

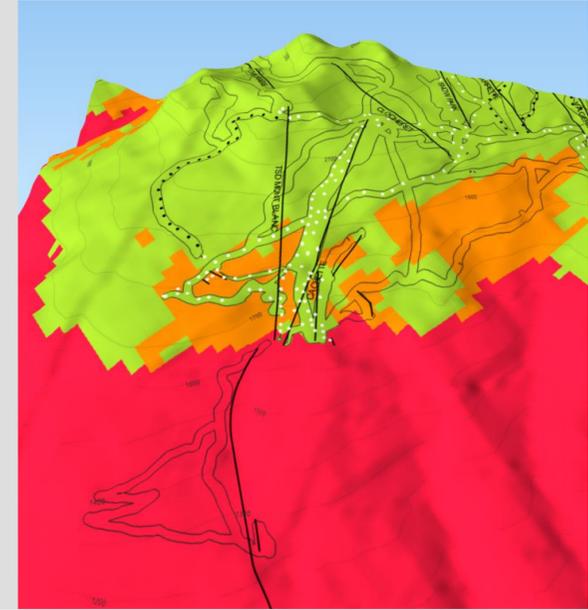
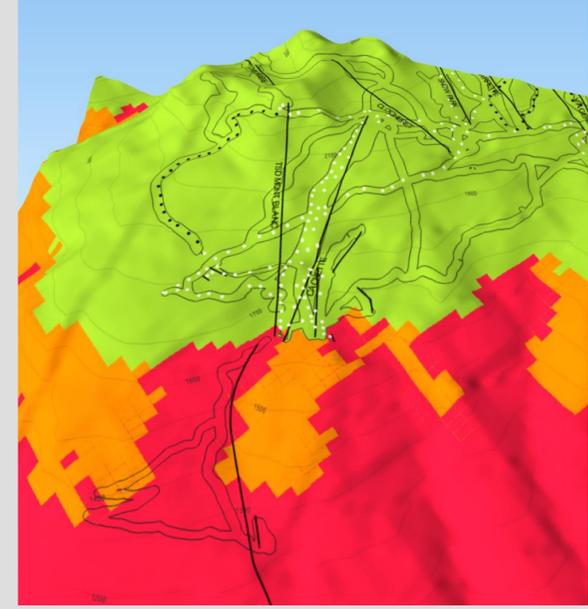


Q10

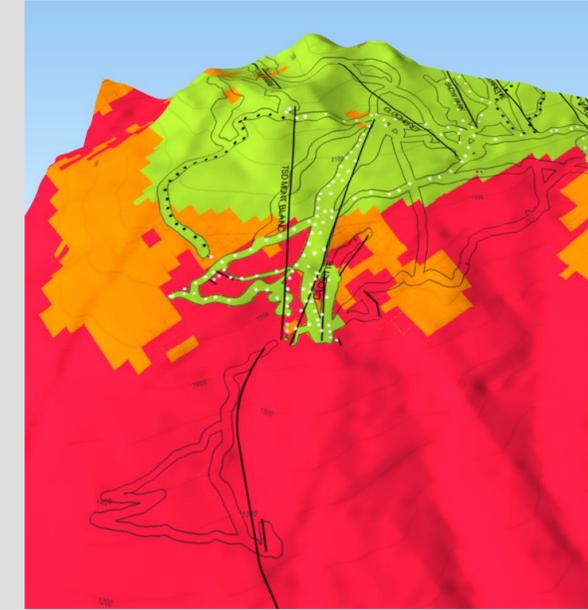
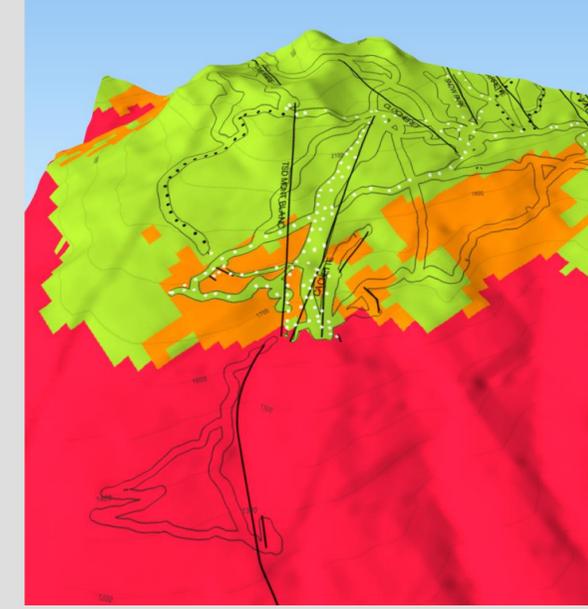
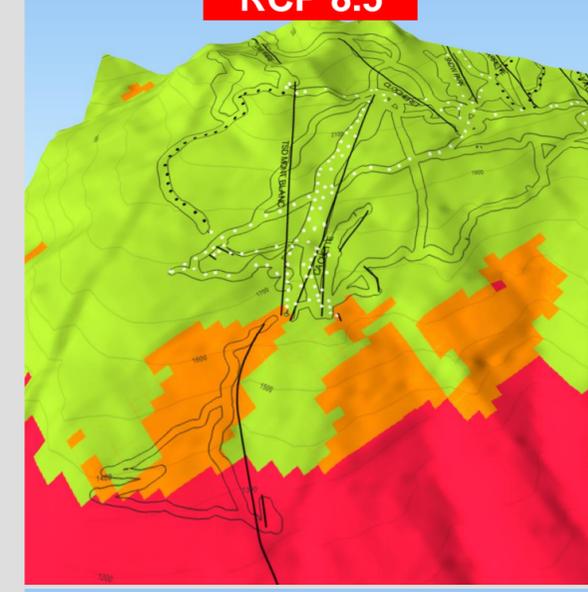


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



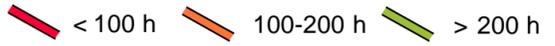
**Avril**  
**Arcs 1600**

- En année médiane, l'enneigement naturel est globalement préservé jusqu'en 2060.
- L'exploitation de la partie basse est impactée par la fonte les pires années. L'ouverture de ces pistes dépendra de la capacité à conserver la neige de culture produite depuis le début de saison.

**Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)**



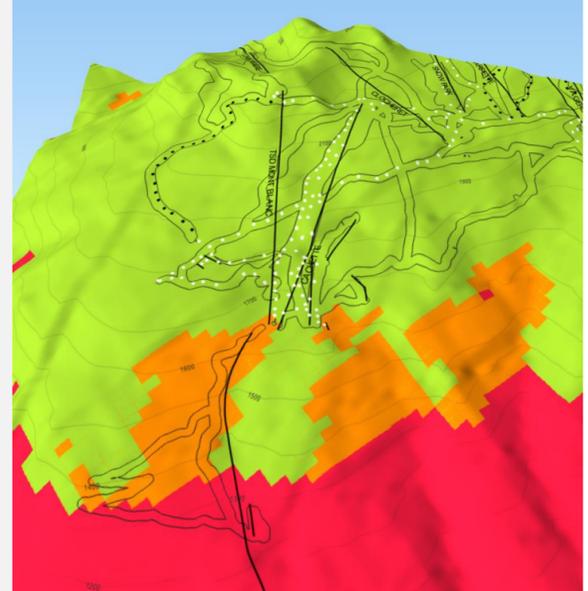
**Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier**



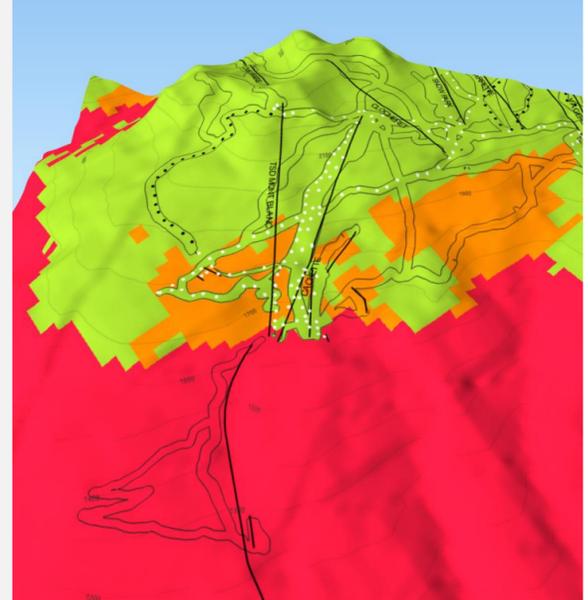
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2021-2040

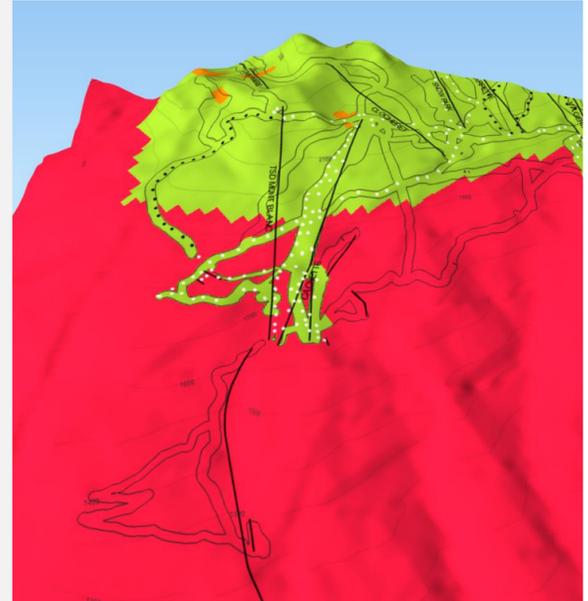
Q50



Q20

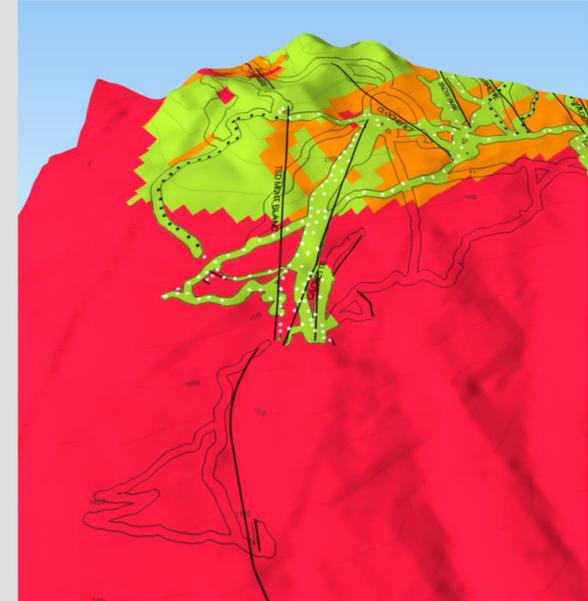
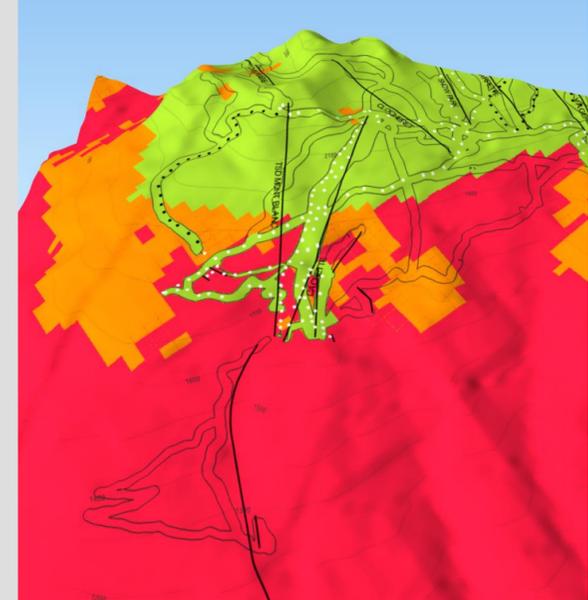
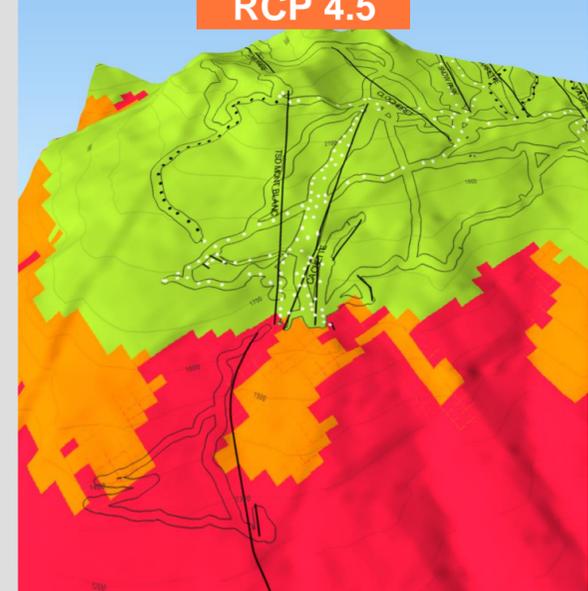


Q10

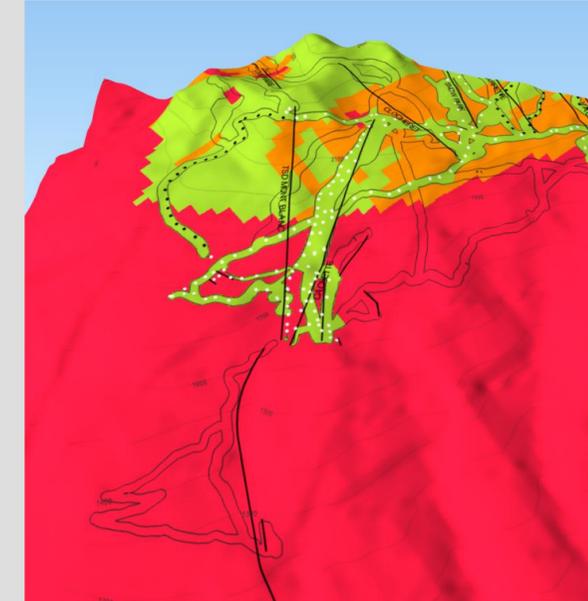
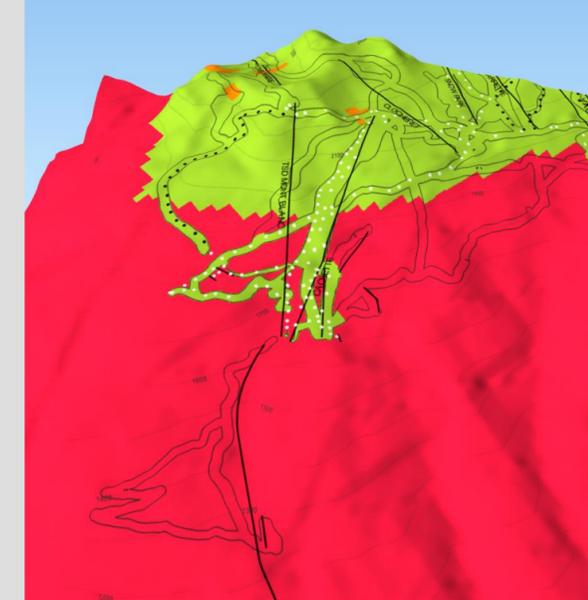
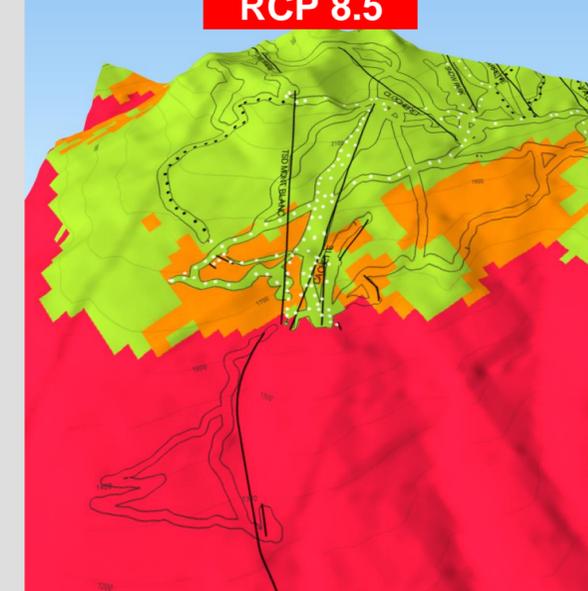


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5





# Arcs 1800

# Décembre

## Arcs 1800

- Dès 2021, le recours à la neige de culture est nécessaire pour exploiter la partie basse du secteur.
- Les heures de froid étant limitées, un équipement performant a déjà été mis en place (ventilateurs) sur certaines zones.
- D'ici 2060, les heures de froid pourraient venir à manquer, uniquement à l'occasion des deux pires années.
- L'ouverture de ce secteur est donc garanti dans la majorité des cas.
- Les projets d'équipement en neige de culture sur la tranche d'altitude de 2000 à 2300 m permettent de maintenir les liaisons et de proposer une offre de ski complète.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 5 jours   
 ■ 5-10 jours   
 ■ > 10 jours

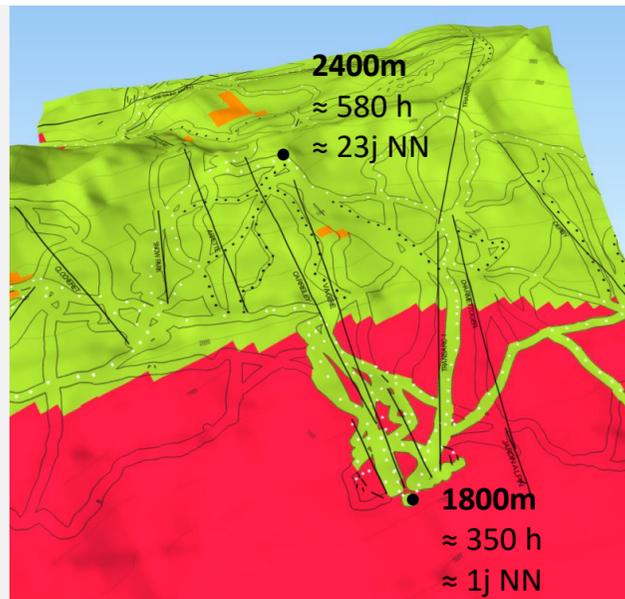
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre

▬ < 100 h   
 ▬ 100-200 h   
 ▬ > 200 h

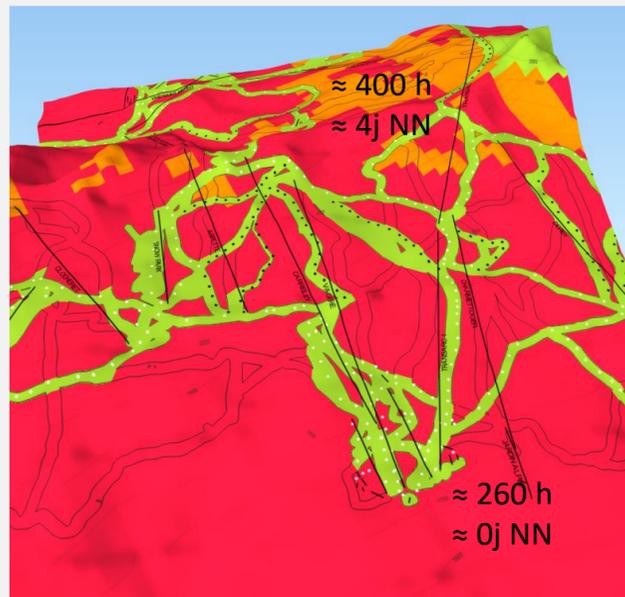
○ Enneigeurs    ● Enneigeurs en projet

2021-2040

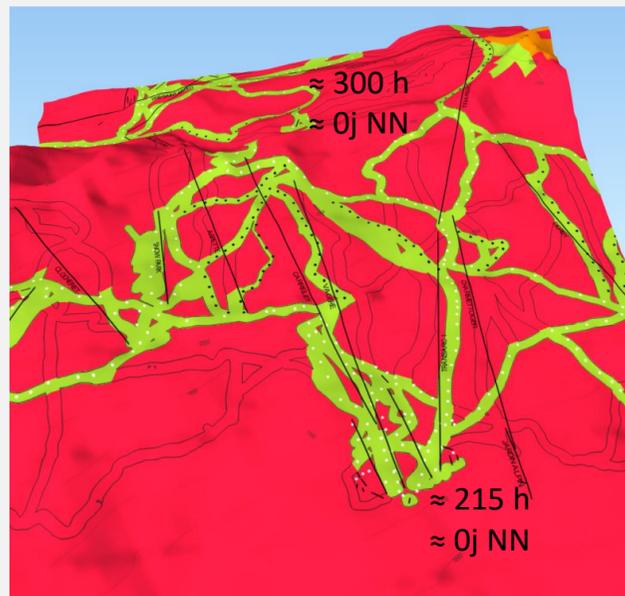
Q50



Q20

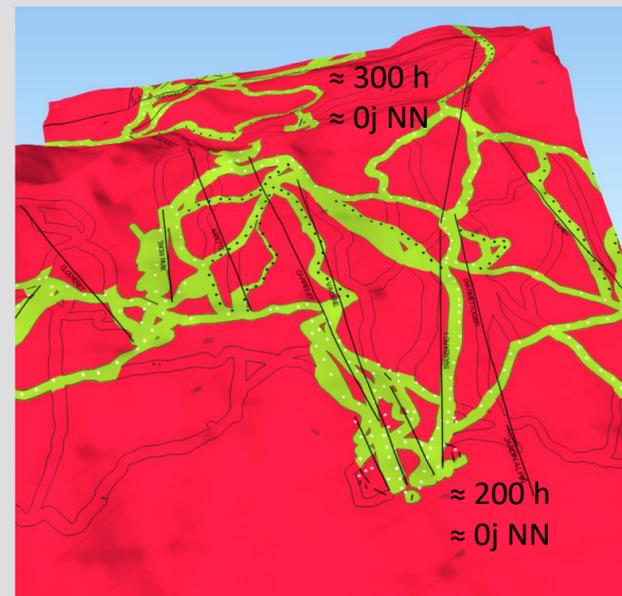
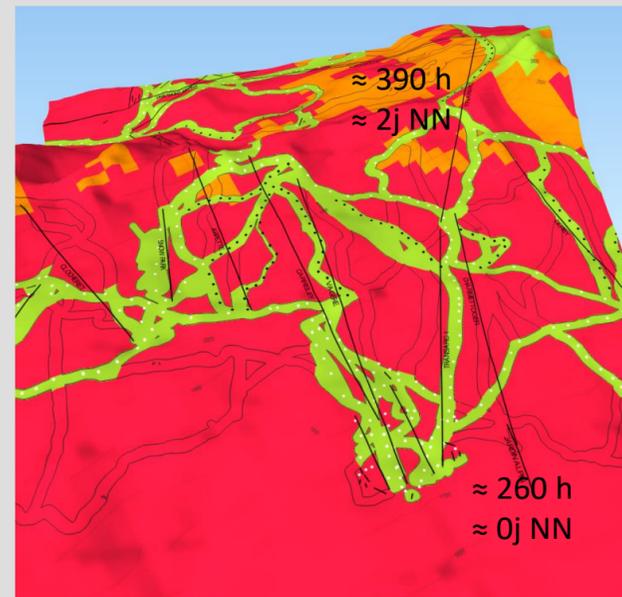
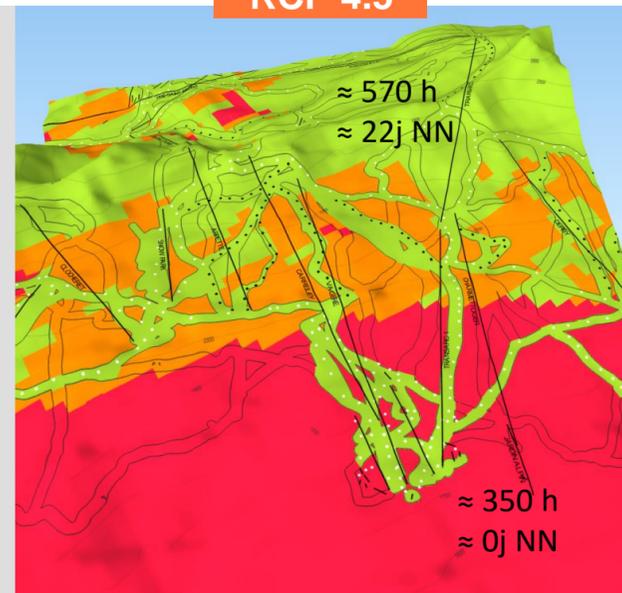


Q10

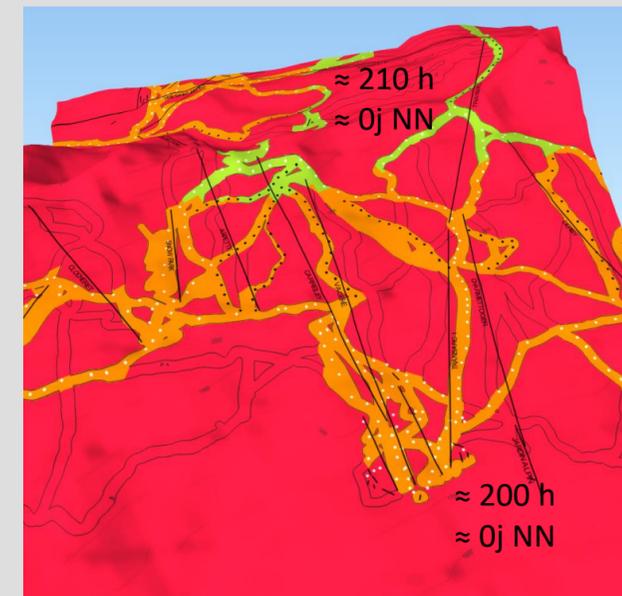
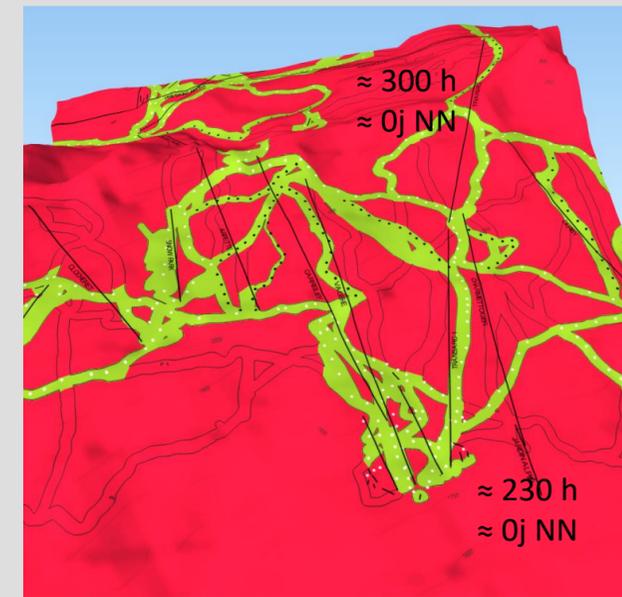
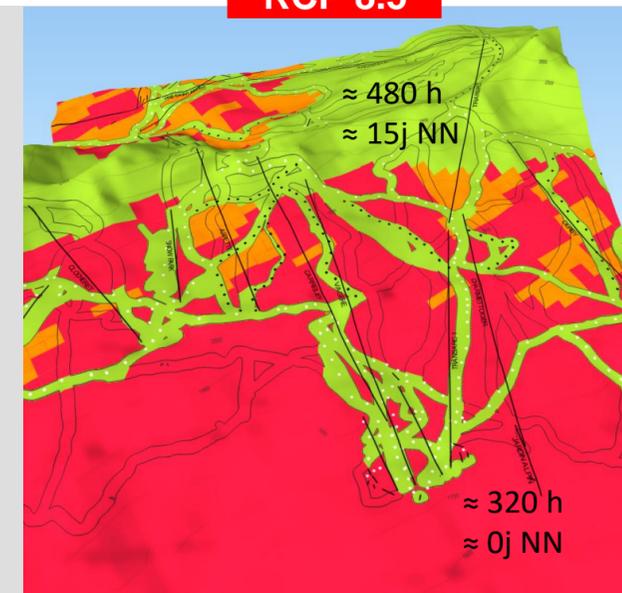


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



# Janvier

## Arcs 1800

- En année médiane, l'enneigement naturel est suffisant pour assurer l'exploitation de ce secteur.
- Les pires années, la neige de culture permet de garantir l'ouverture jusqu'à 1800 m.
- Même en janvier, à partir de 2040, entre 2000 et 2300 m la neige naturelle viendra à manquer. Les projets d'équipement sur cette tranche d'altitude permettent d'assurer l'exploitation sur le mois de janvier les pires années.

**Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)**

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

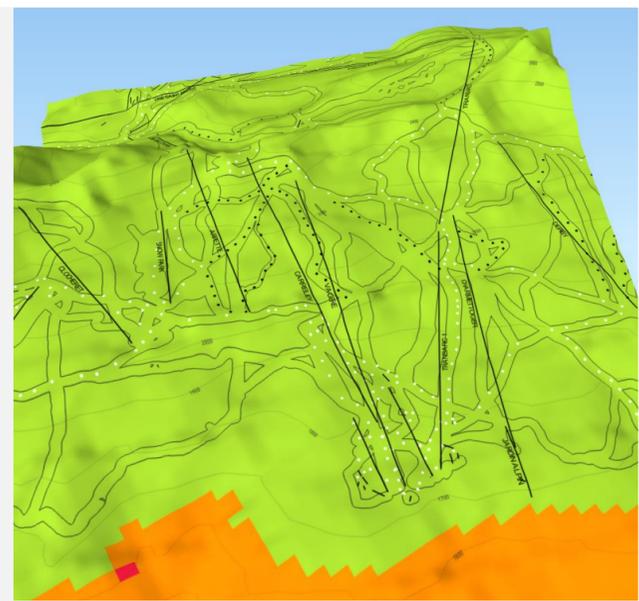
**Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier**

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

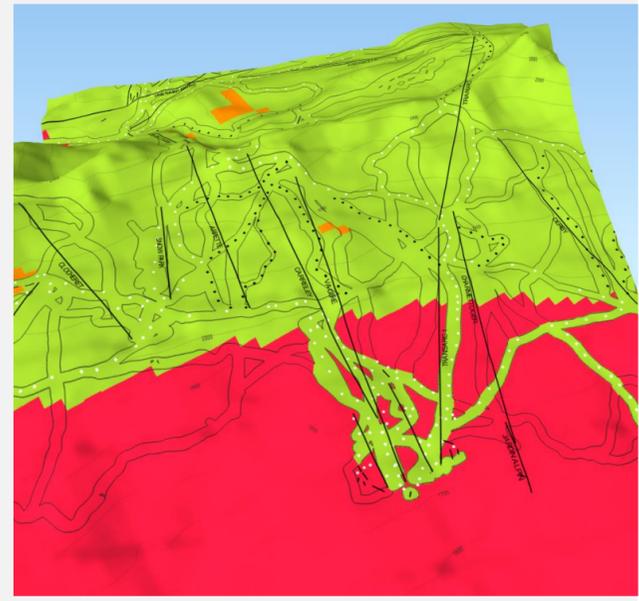
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2021-2040

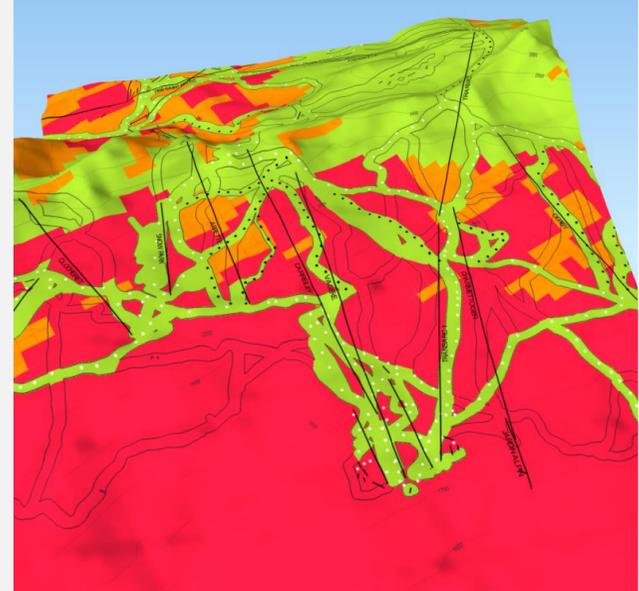
Q50



Q20



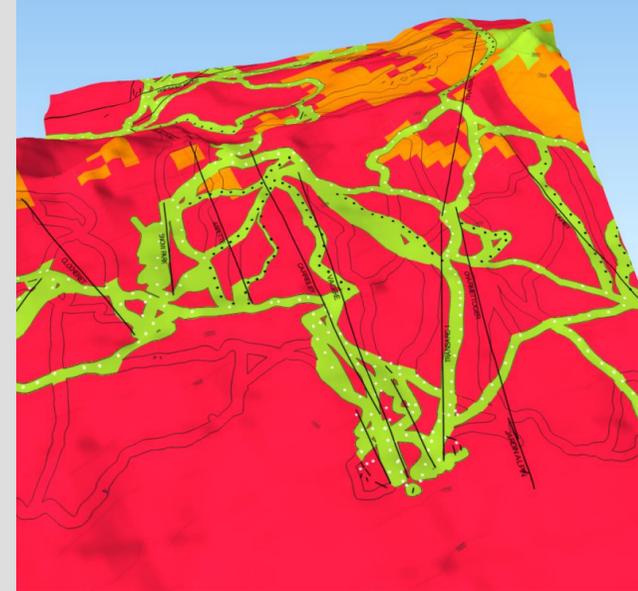
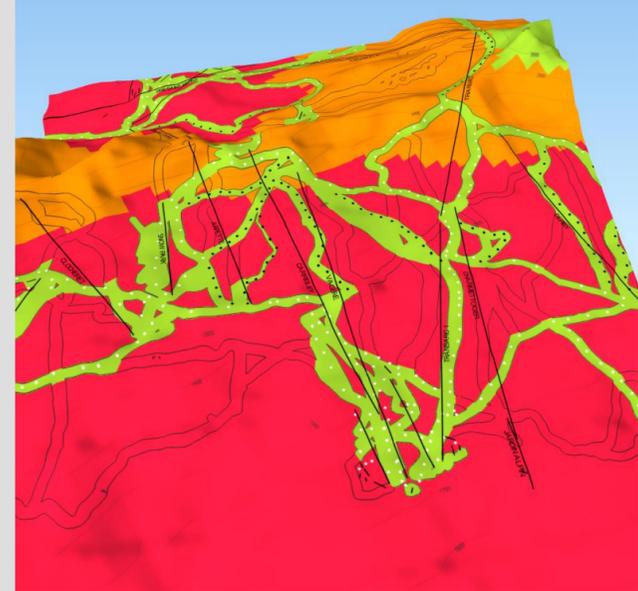
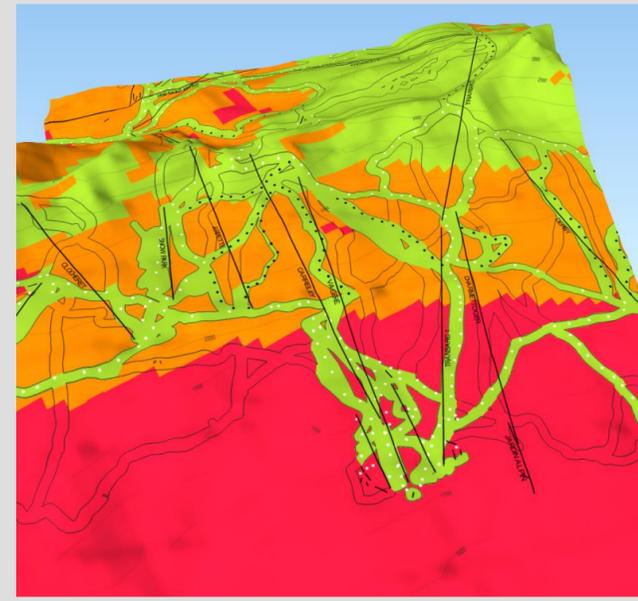
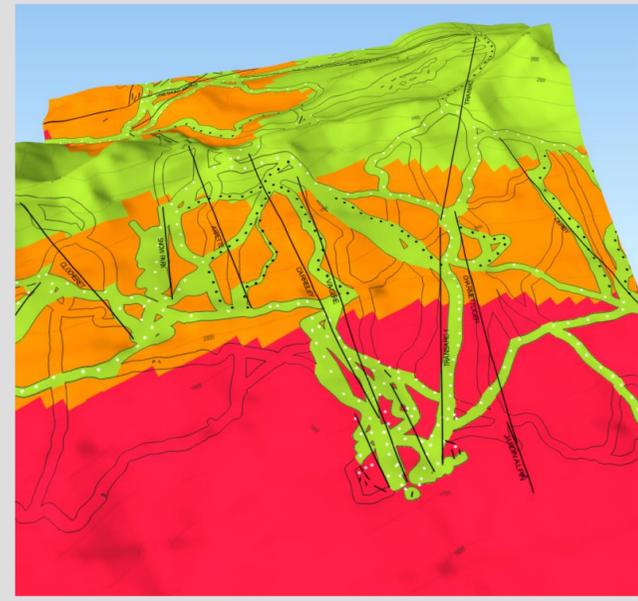
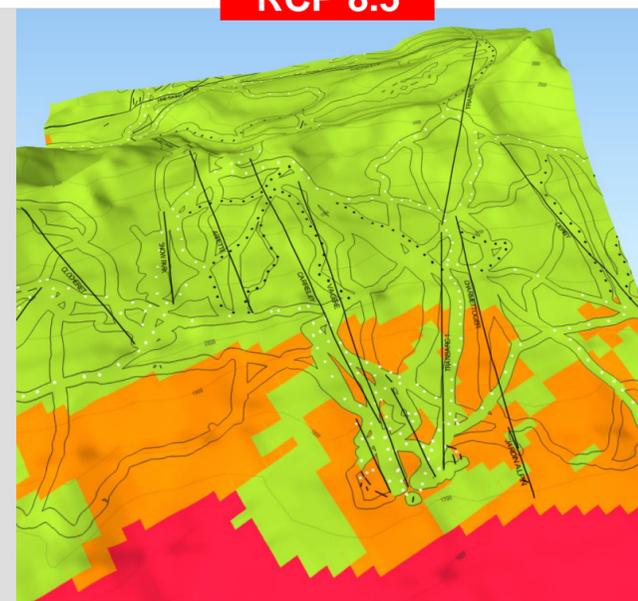
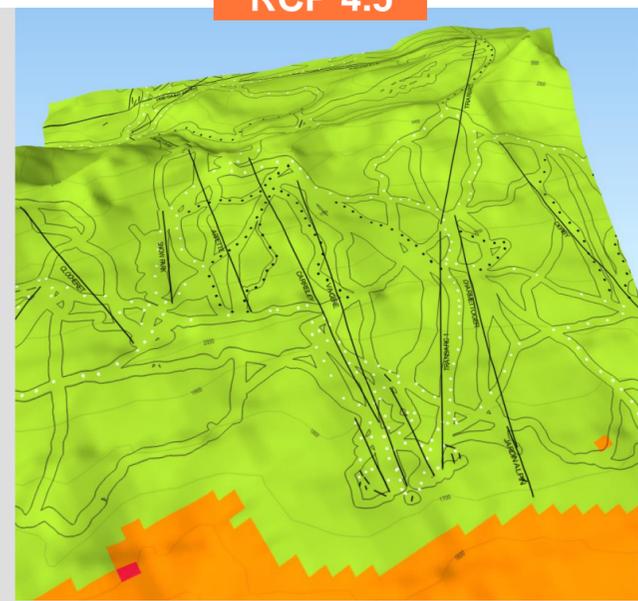
Q10



2041-2060

RCP 4.5

RCP 8.5

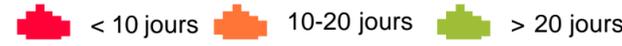


# Février

## Arcs 1800

- Jusqu'en 2040, l'enneigement naturel est satisfaisant, y compris les pires années.
- Avec l'équipement actuel, l'ouverture du secteur est assurée jusqu'en 2060.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



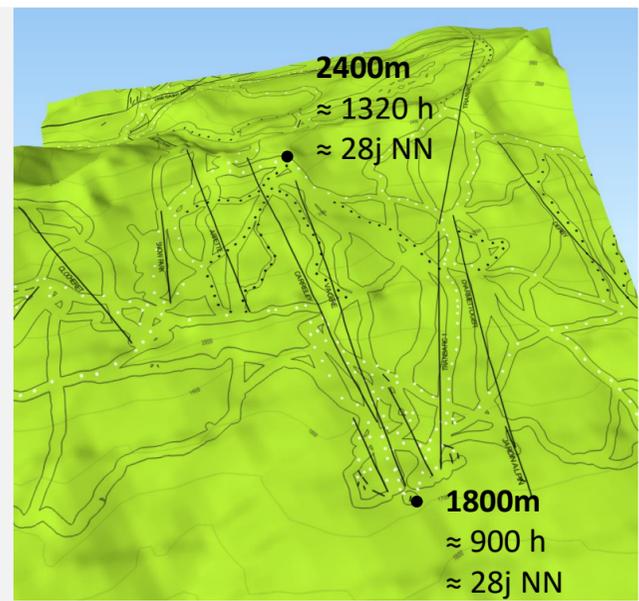
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



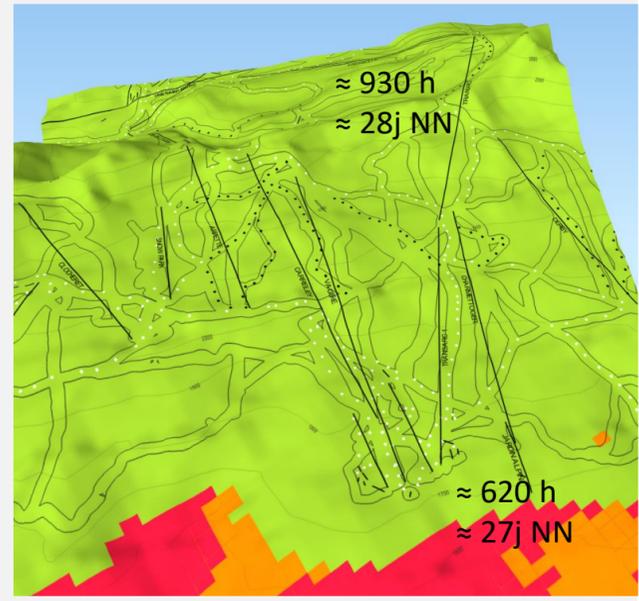
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2021-2040

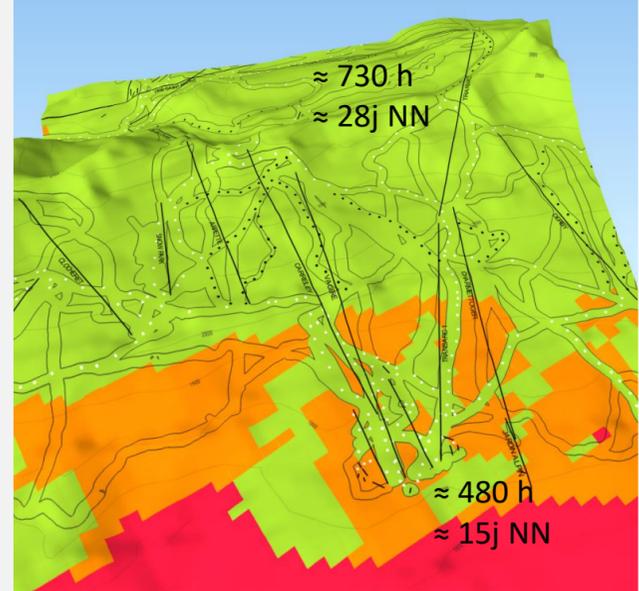
Q50



Q20

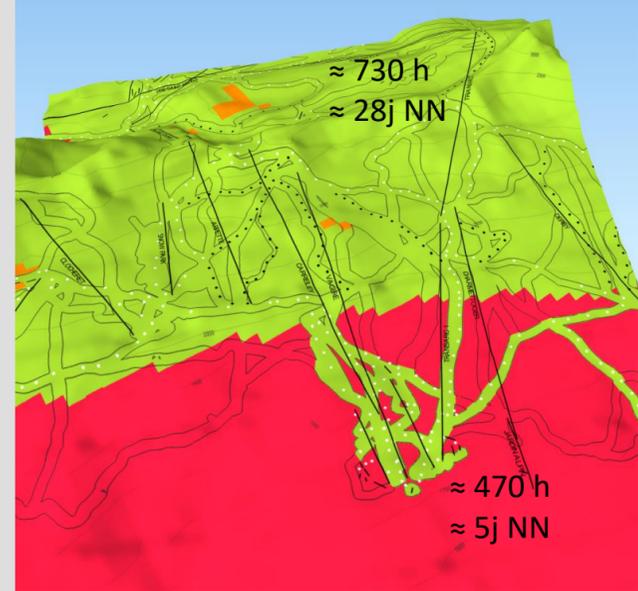
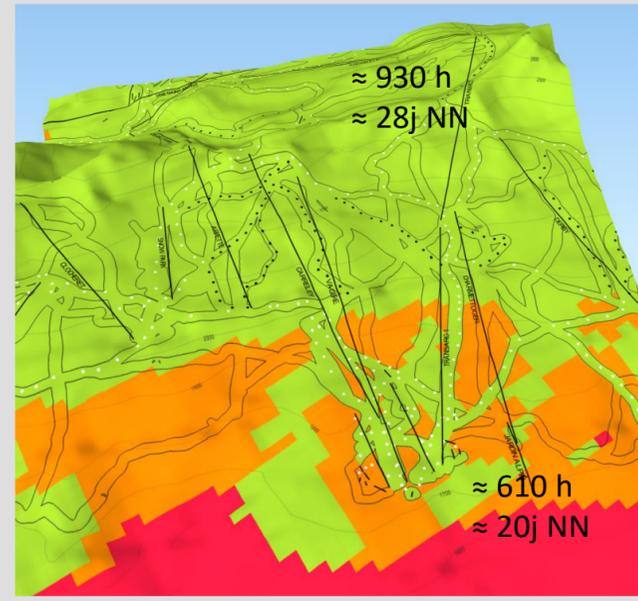
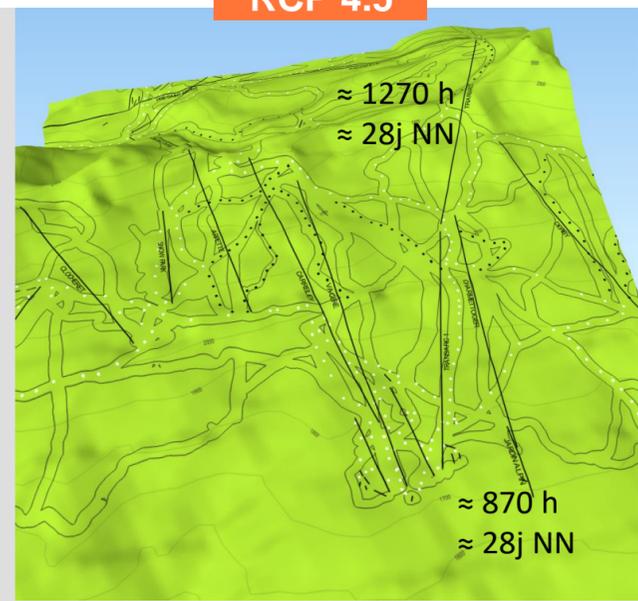


Q10

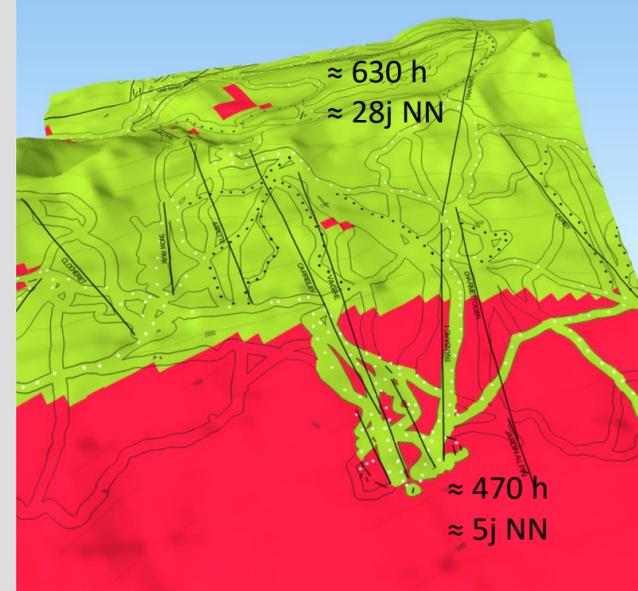
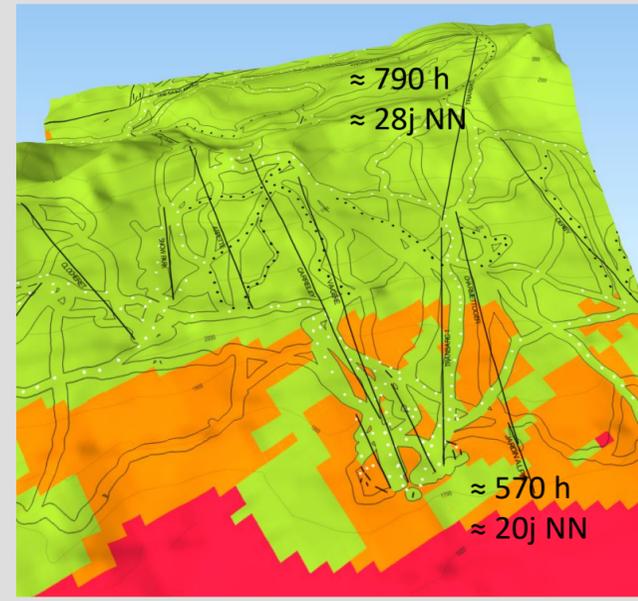
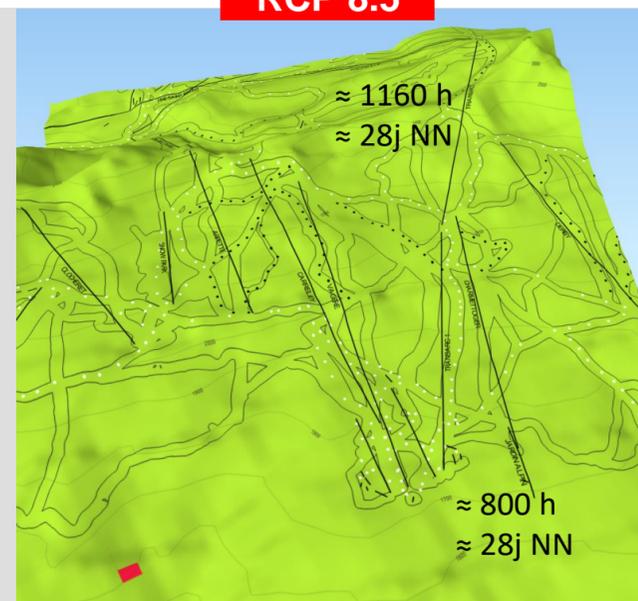


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



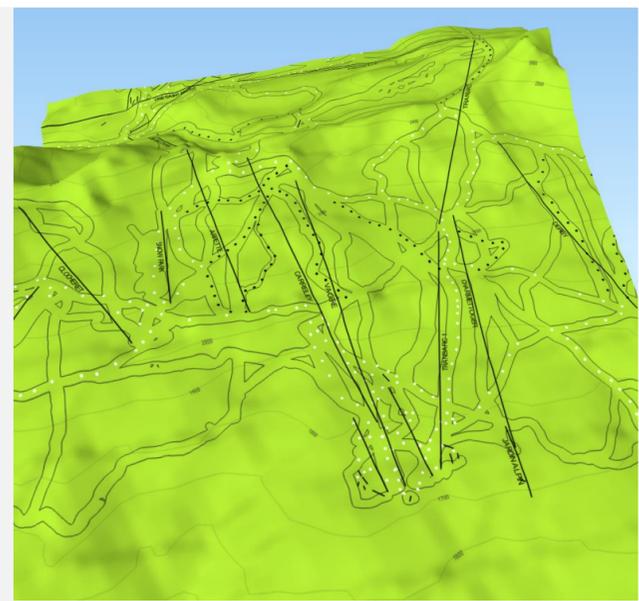
# Mars

## Arcs 1800

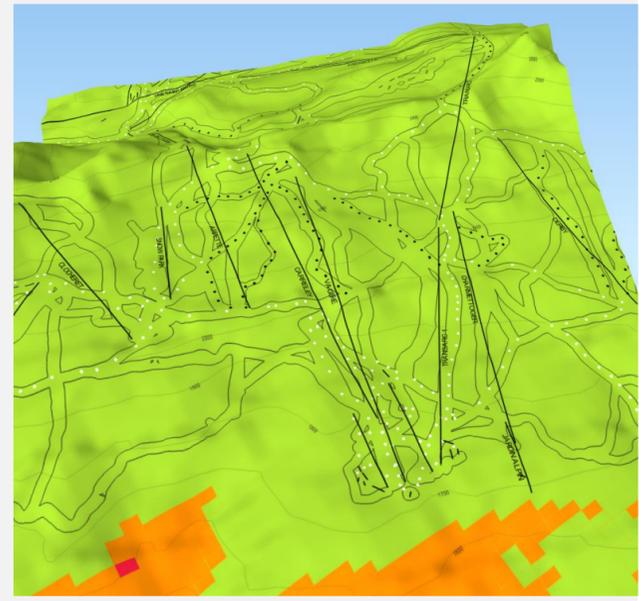
- Mars est le mois le plus enneigé.
- Après 2040, la neige naturelle pourrait manquer uniquement dans le scénario le moins favorable les deux pires années sur la partie basse du secteur.

2021-2040

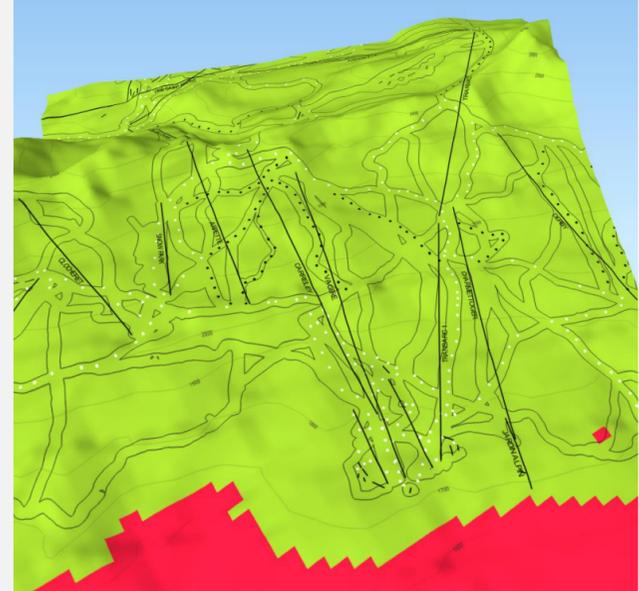
Q50



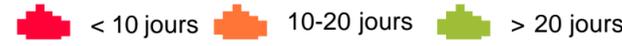
Q20



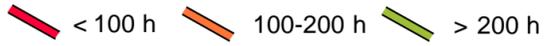
Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

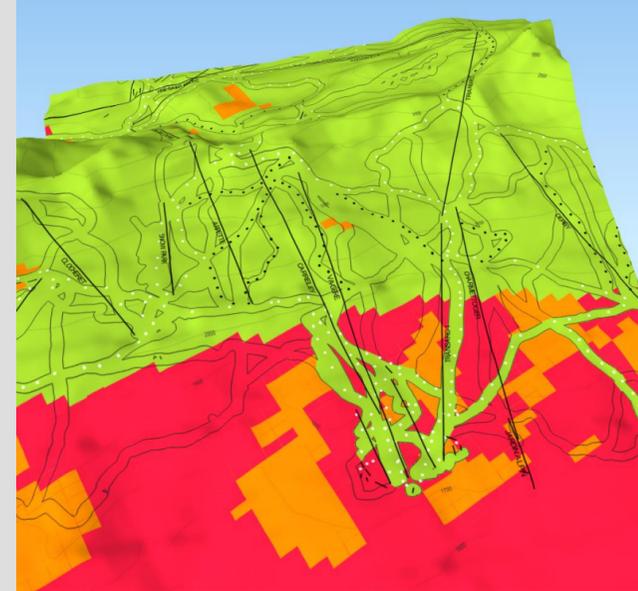
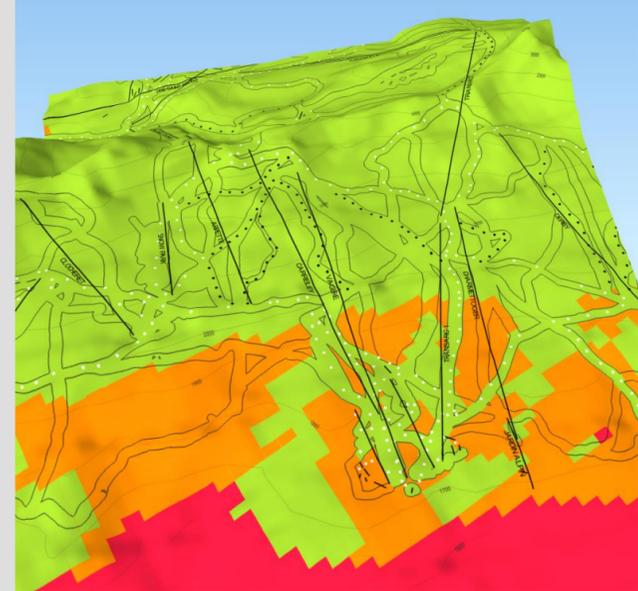
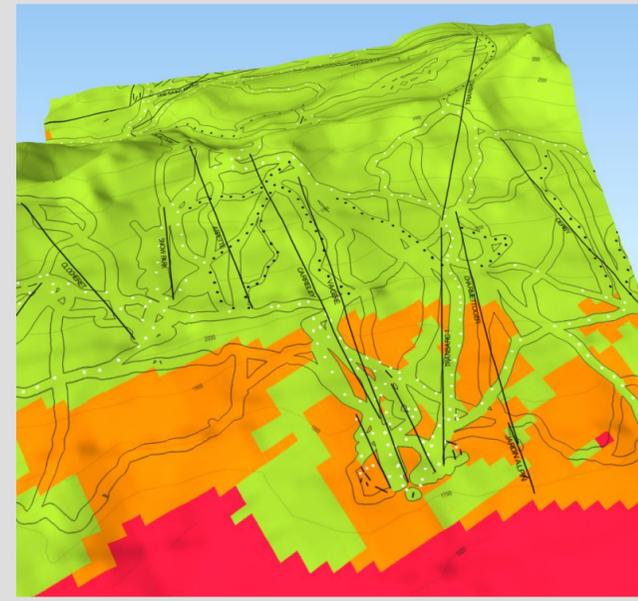
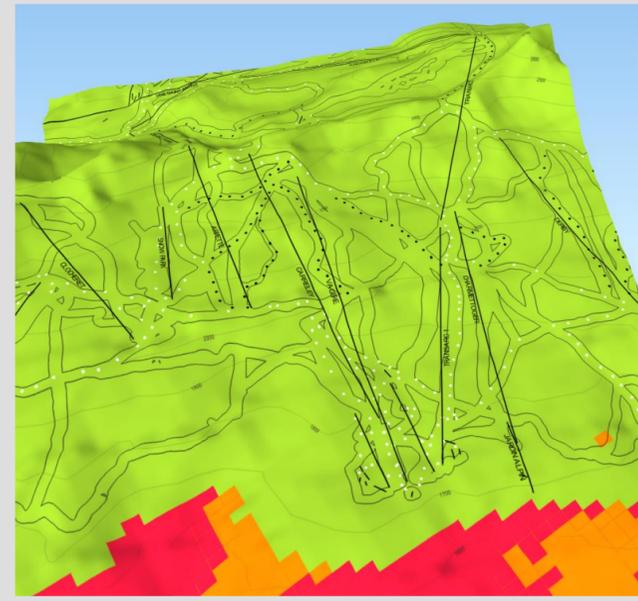
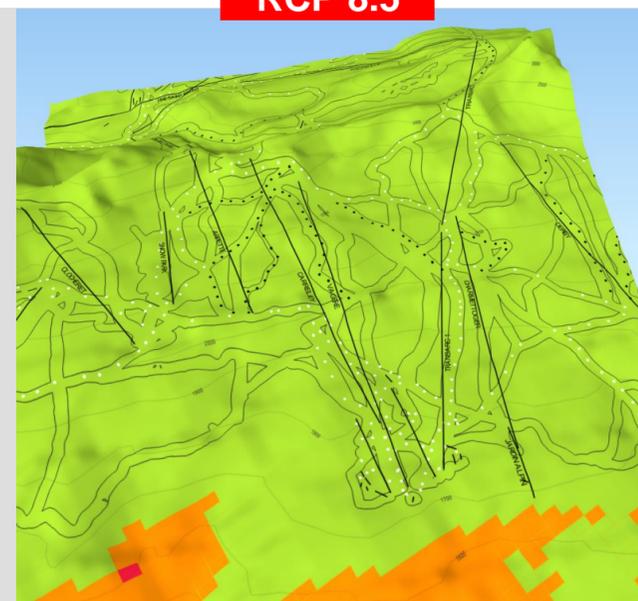
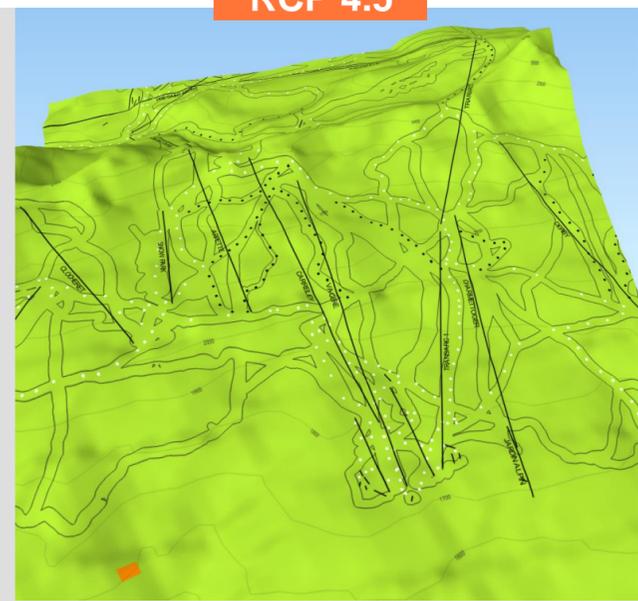


○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5

RCP 8.5

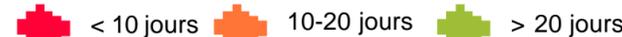


# Avril

## Arcs 1800

- En année médiane, l'enneigement naturel est globalement préservé jusqu'en 2060.
- La fonte impacte fortement l'enneigement naturel les pires années en-dessous de 2000 m d'altitude. Ce phénomène s'intensifie sur la période 2040-2060.
- Le couvert forestier pourrait atténuer cet impact.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



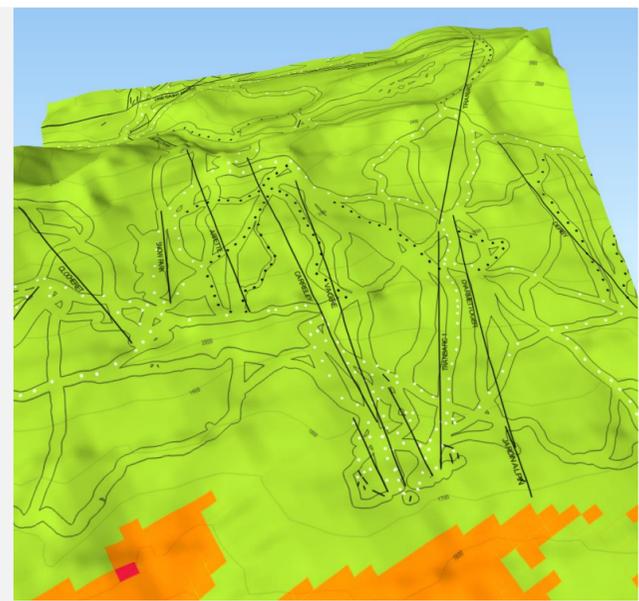
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier



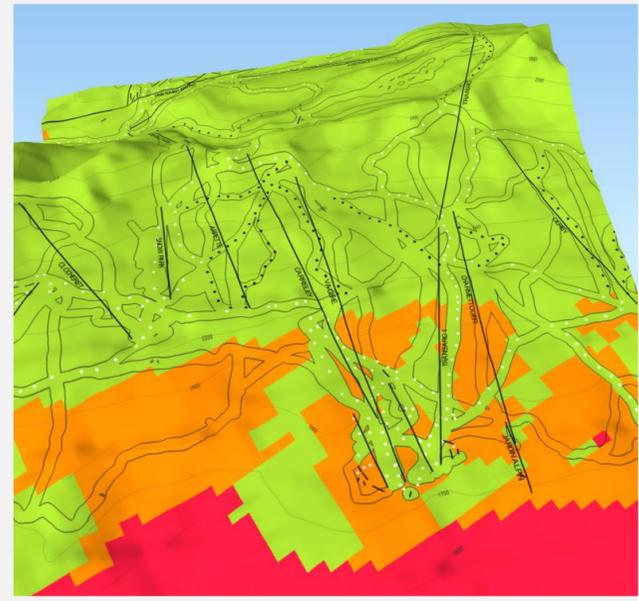
○ Enneigeurs ● Enneigeurs en projet

2021-2040

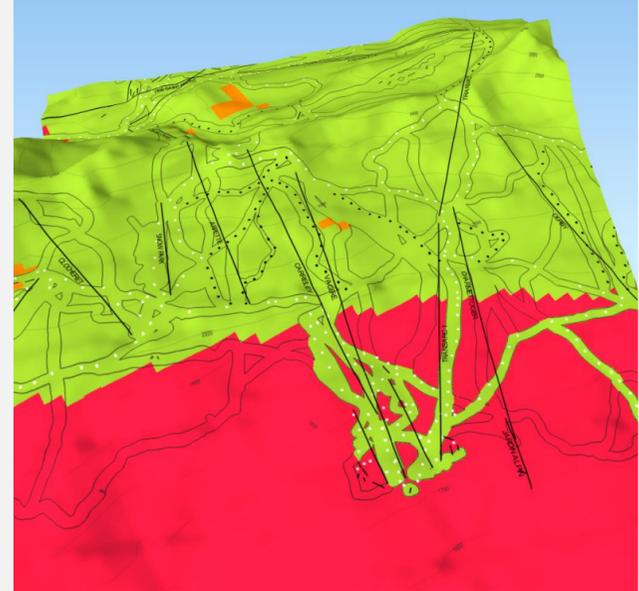
Q50



Q20



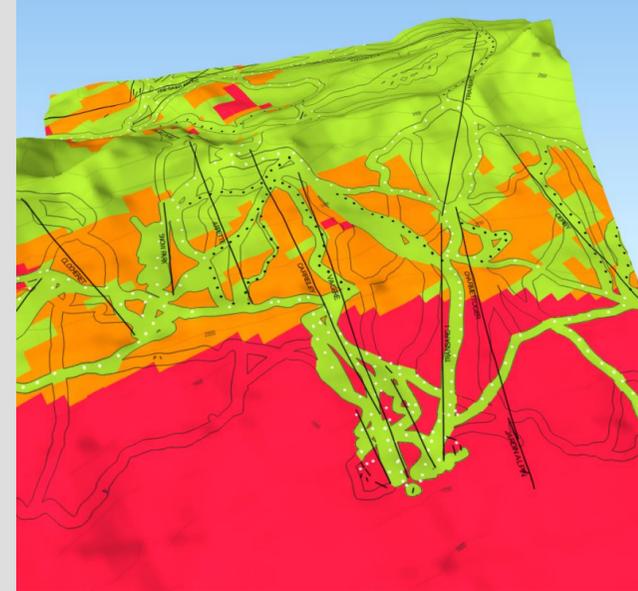
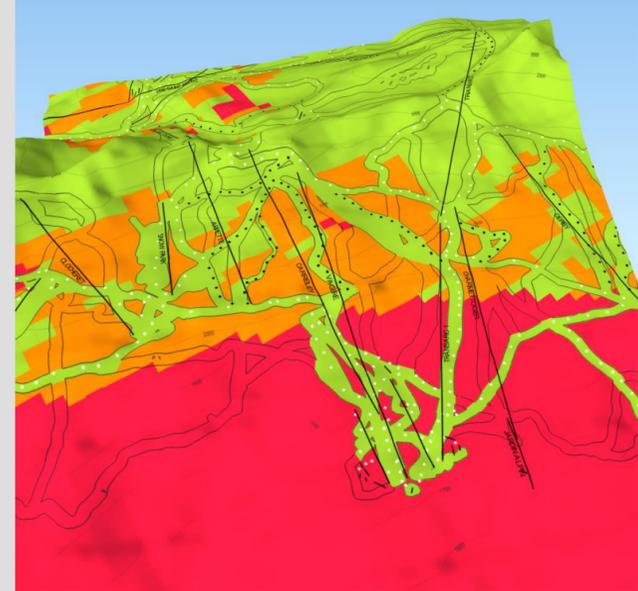
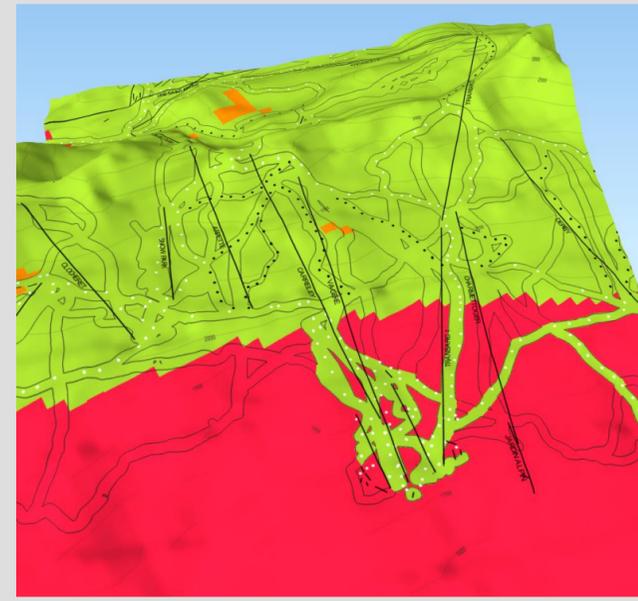
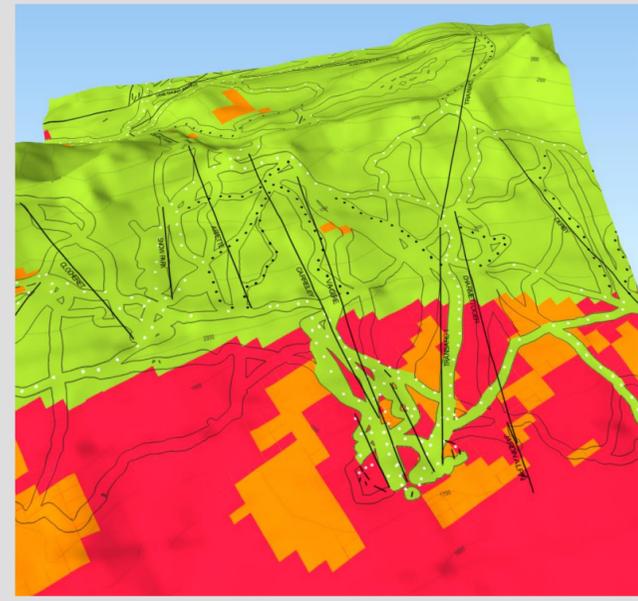
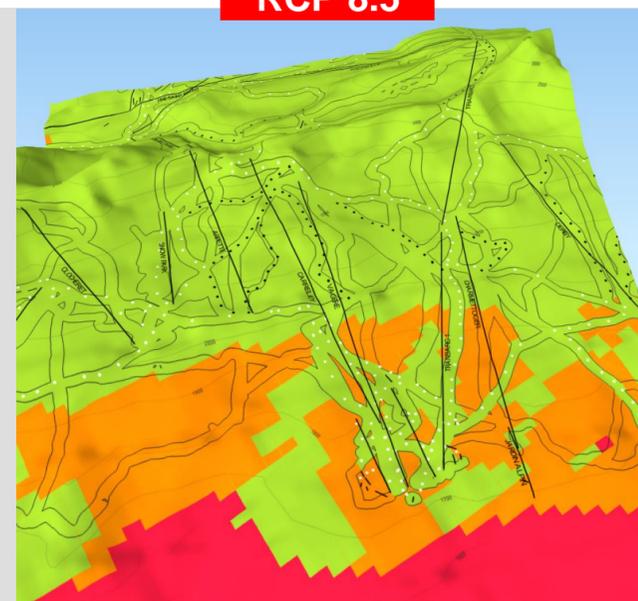
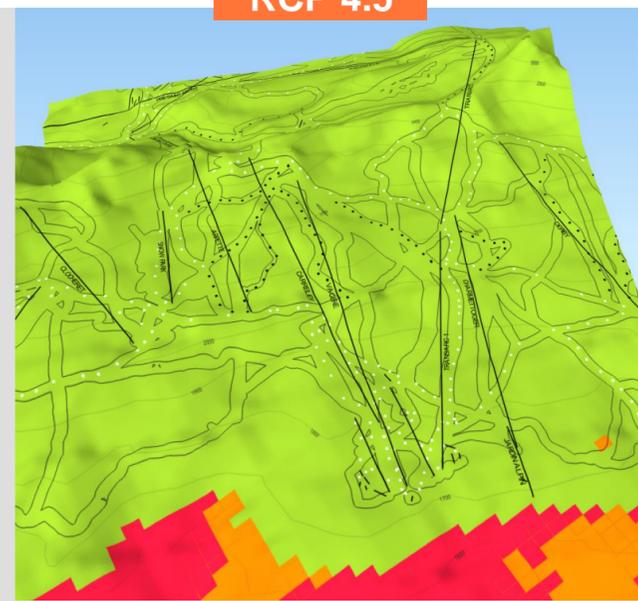
Q10



2041-2060

RCP 4.5

RCP 8.5



A panoramic view of a snowy mountain village, Vallandry. The scene is dominated by a thick layer of snow covering the ground, rooftops, and the surrounding landscape. In the foreground, a snow-covered path leads through the village, flanked by traditional wooden buildings with steeply pitched roofs. A large, multi-story building is visible on the left side of the frame. In the background, a range of rugged mountains with snow-capped peaks stretches across the horizon under a clear blue sky with scattered white clouds. The overall atmosphere is serene and picturesque, typical of a winter resort.

# Vallandry

# Décembre

## Vallandry

- L'équipement en neige de culture permet d'assurer un retour skis aux pieds à Vallandry 80% du temps, notamment grâce à une installation existante déjà performante (quelques ventilateurs en front de neige). Le même équipement pourrait être nécessaire pour conforter le retour skis aux pieds au télésiège de Peisey.
- Les projets sur les pistes Renard et Belette permettent de diversifier l'offre ski en début de saison.
- Dès 2020, le retour skis aux pieds n'est pas garanti les deux pires années dû à un manque d'heures de froid (90h). Dans ces cas les plus extrêmes, la télécabine de Vallandry pourra jouer le rôle d'ascenseur vers le haut du domaine.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 5 jours   
 ■ 5-10 jours   
 ■ > 10 jours

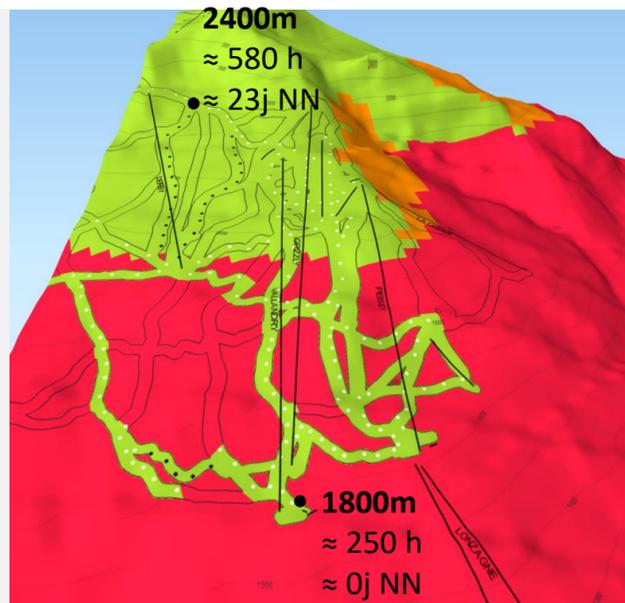
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 21 décembre

▬ < 100 h   
 ▬ 100-200 h   
 ▬ > 200 h

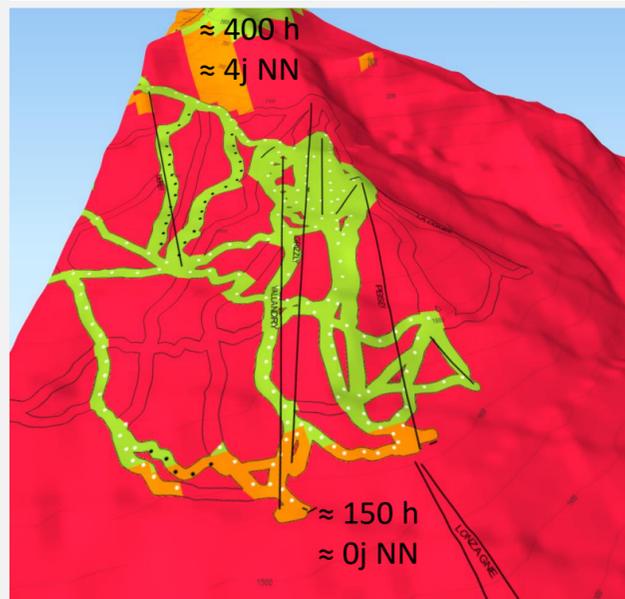
○ Enneigeurs    ● Enneigeurs en projet

2021-2040

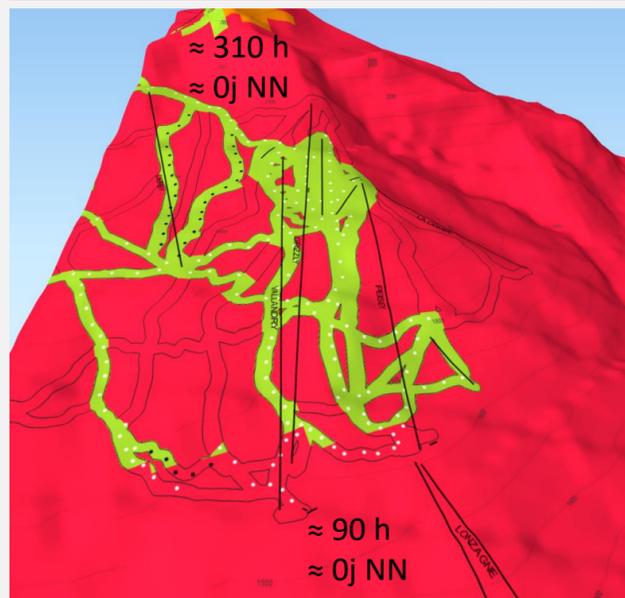
Q50



Q20



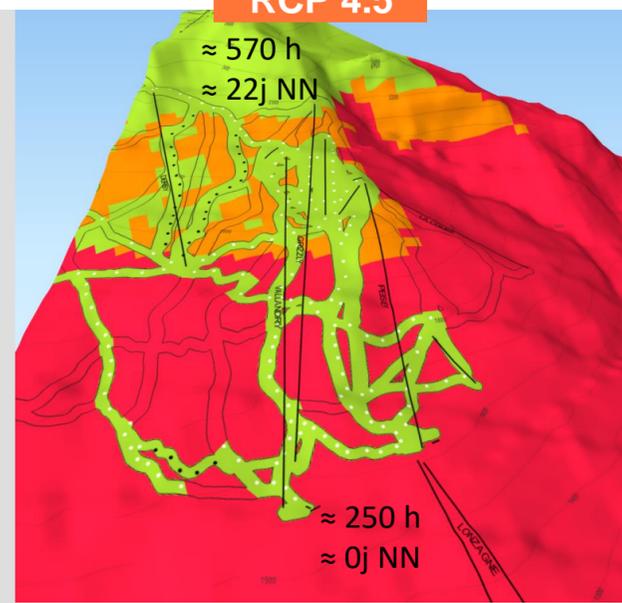
Q10



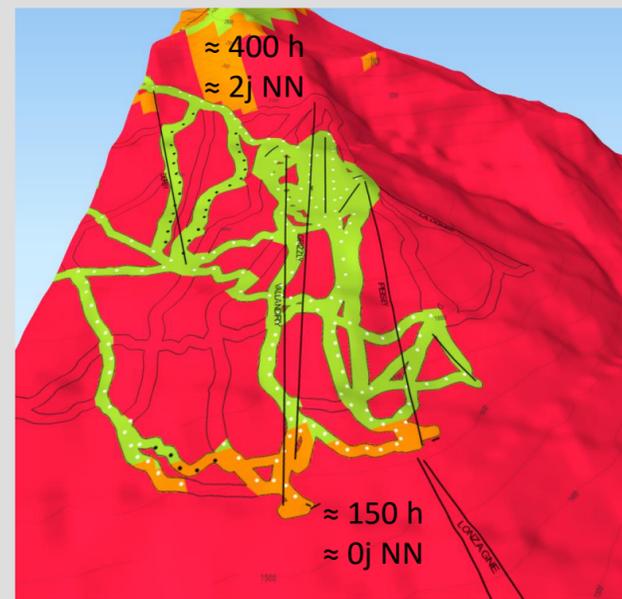
2041-2060

RCP 4.5

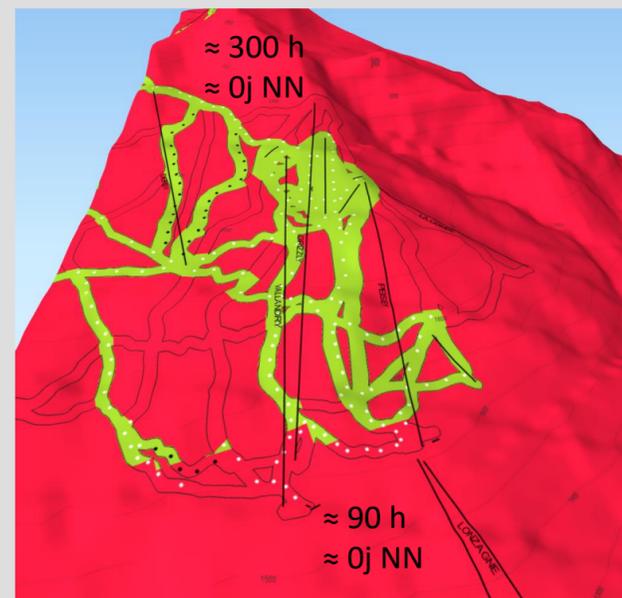
Q50



Q20

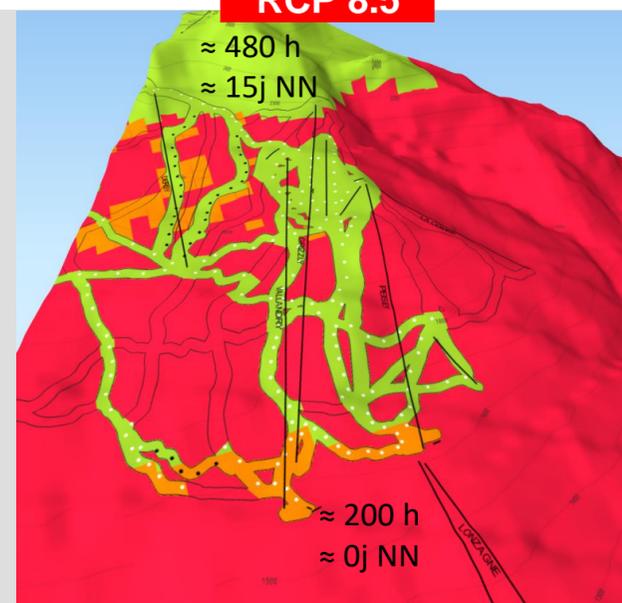


Q10

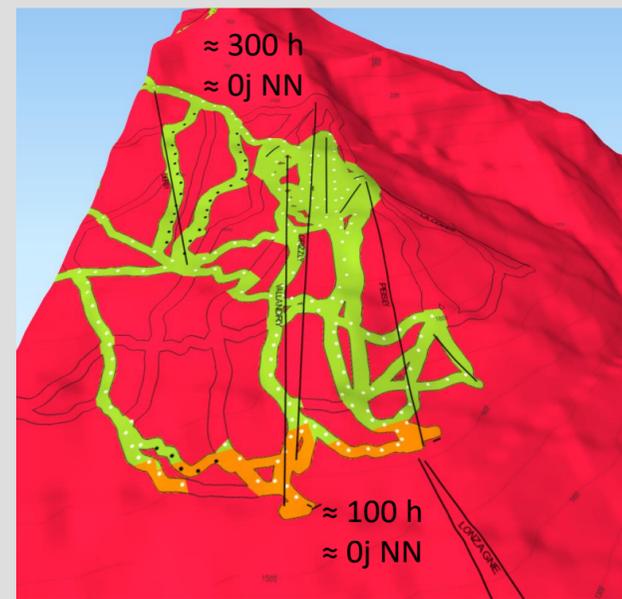


RCP 8.5

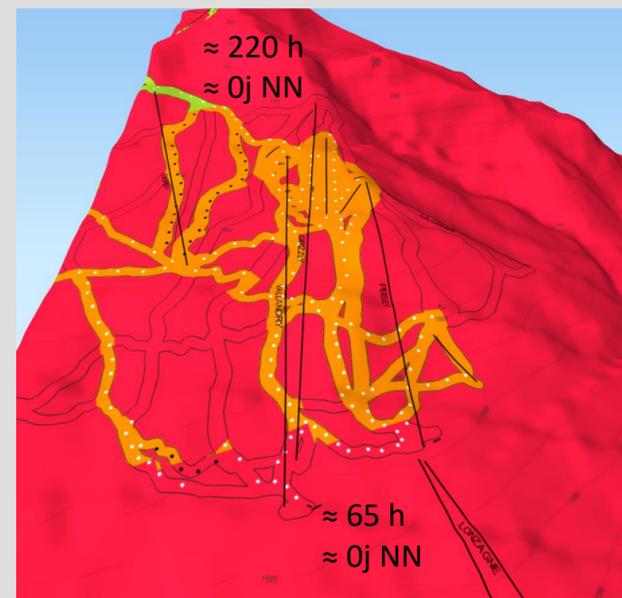
Q50



Q20



Q10



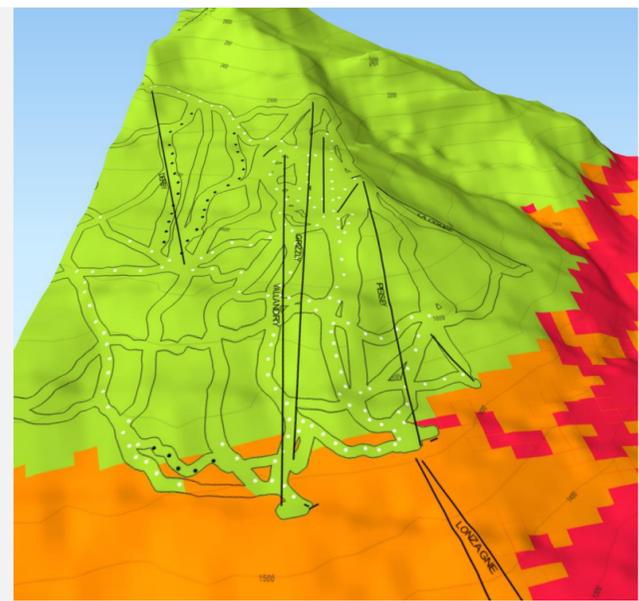
# Janvier

## Vallandry

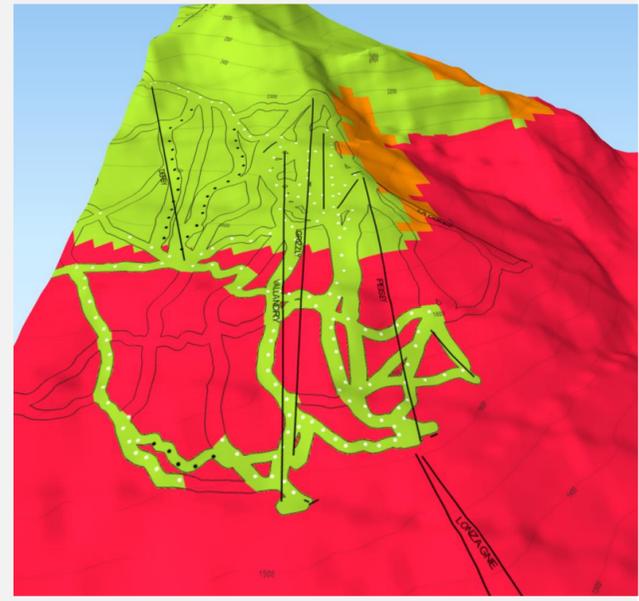
- En année médiane, l'enneigement naturel est globalement suffisant pour assurer l'exploitation de ce secteur (sauf dans le scénario le moins favorable).
- Les pires années, la neige de culture permet de garantir l'ouverture jusqu'au bas de Vallandry.
- Le projet d'équipement sur le bas de la piste Barmont permet de maintenir la liaison dans ces cas là.

2021-2040

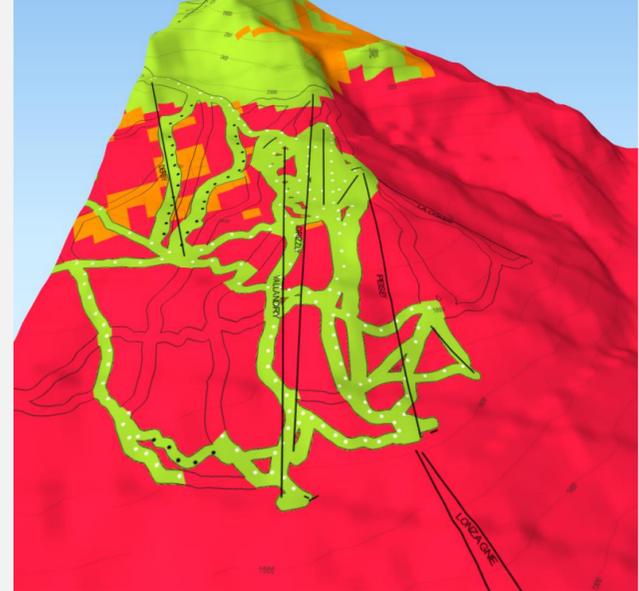
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

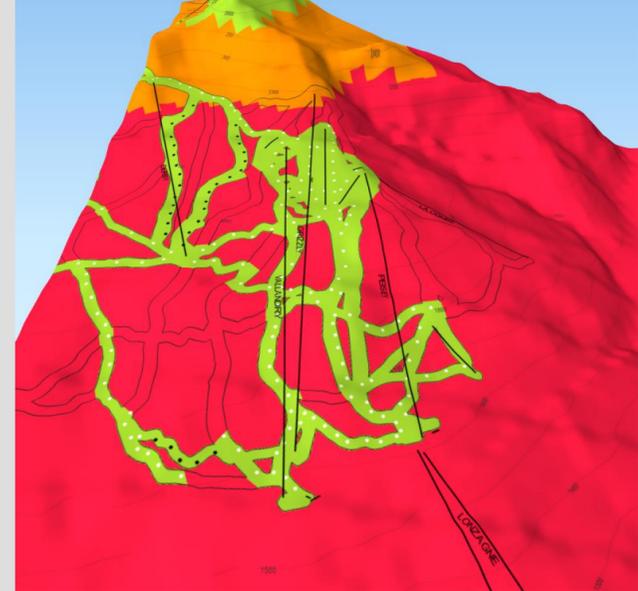
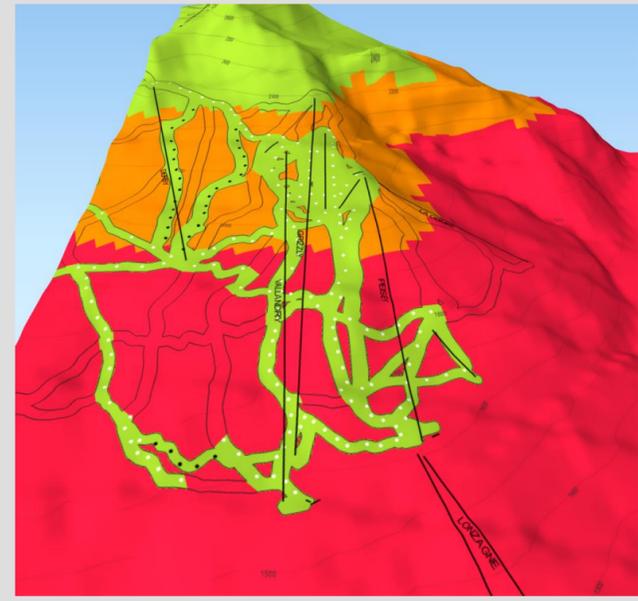
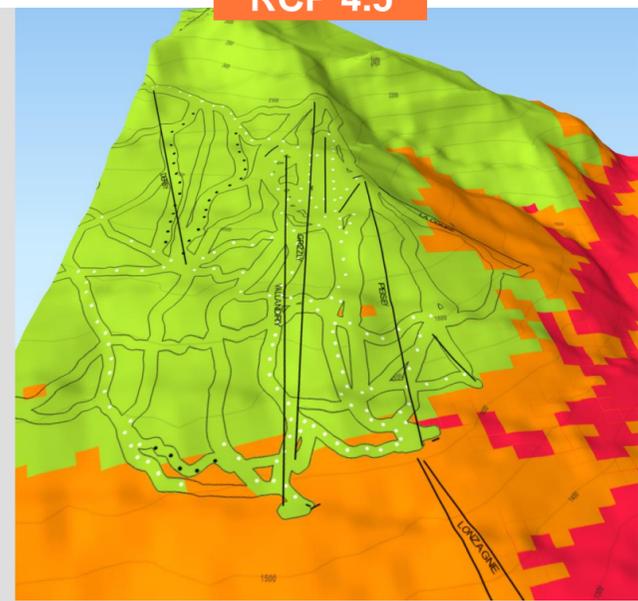
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

— < 100 h  
 — 100-200 h  
 — > 200 h

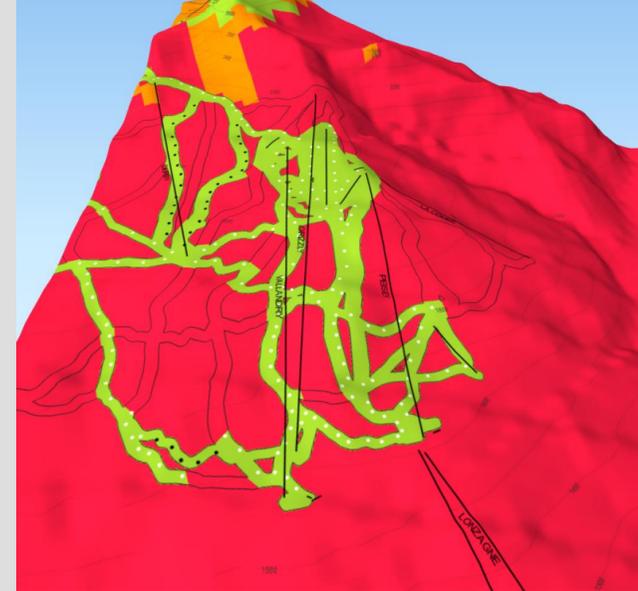
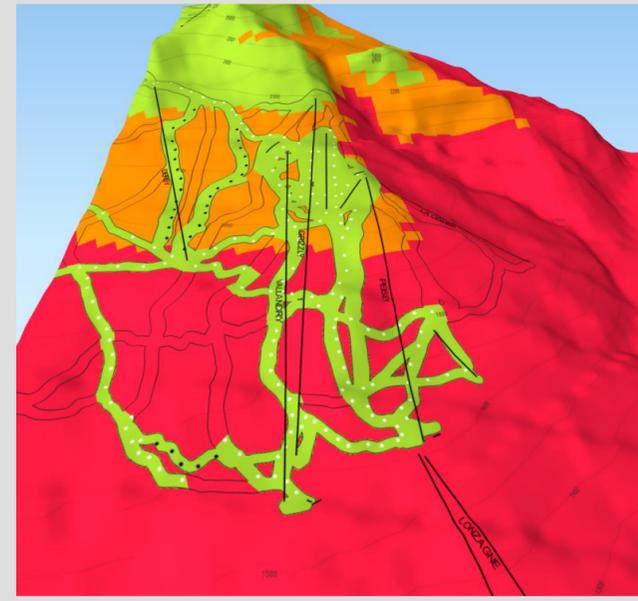
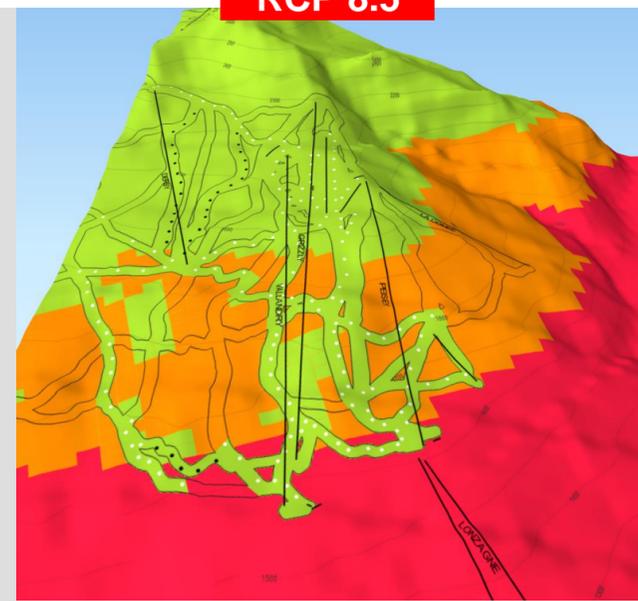
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



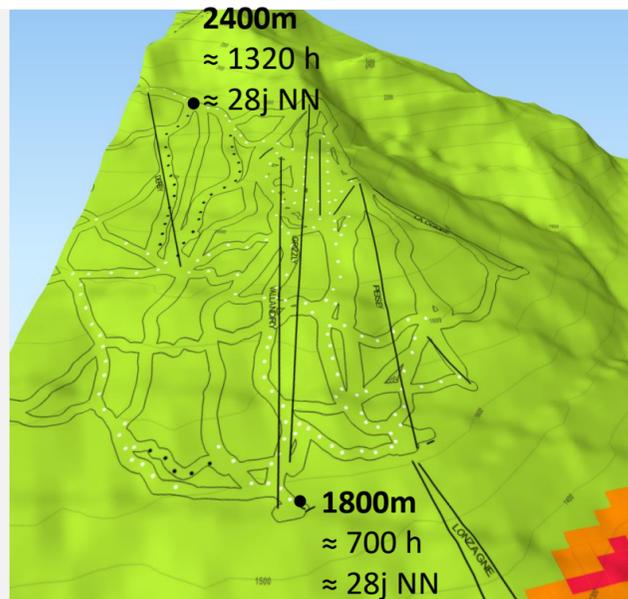
# Février

## Vallandry

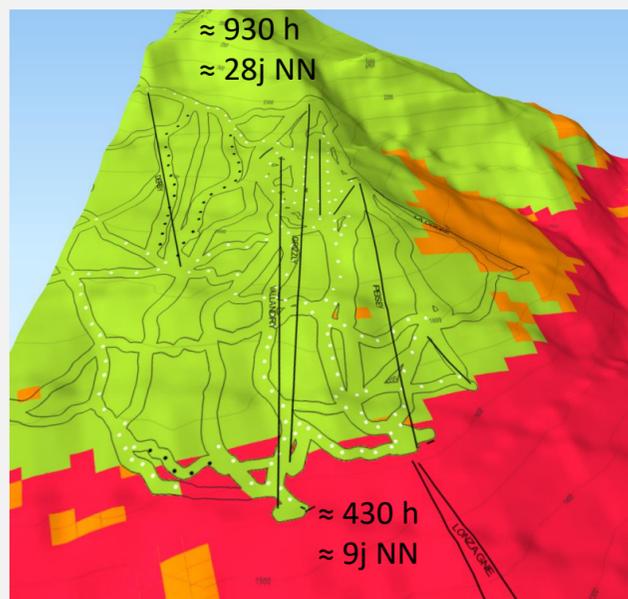
- En année médiane, l'enneigement naturel est satisfaisant jusqu'en 2060.
- Les pires années, le bas du secteur deviendra de plus en plus dépendant de la neige de culture, mais le nombre d'heures de froid est suffisant pour ouvrir l'ensemble des pistes équipées 100% du temps.

2021-2040

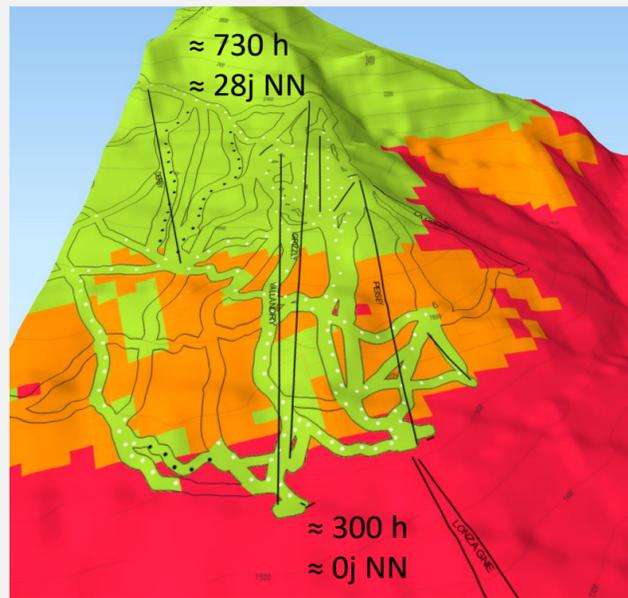
Q50



Q20

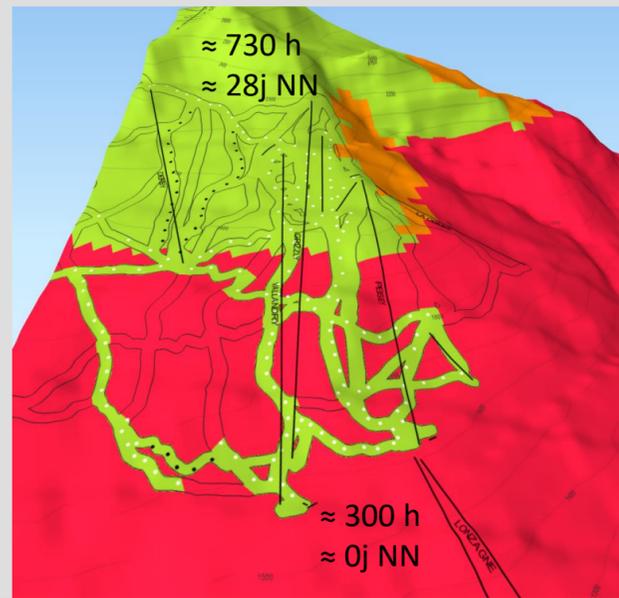
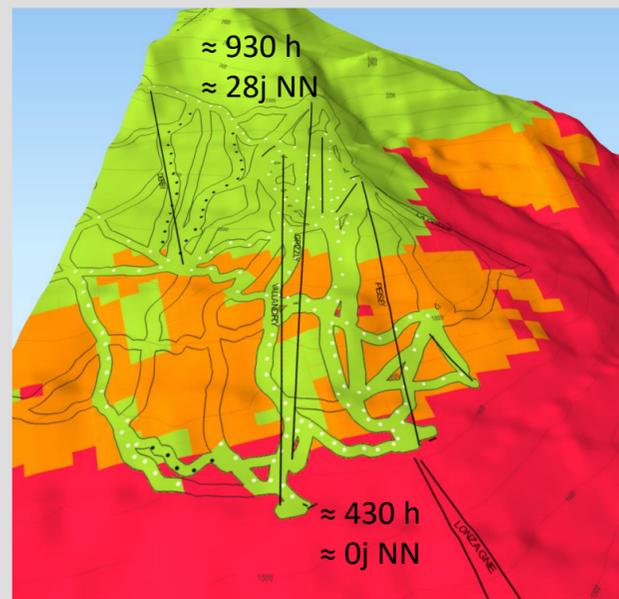
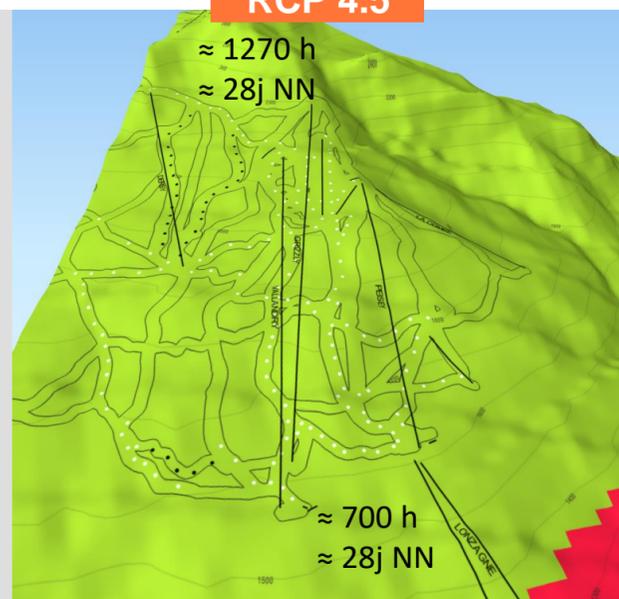


Q10

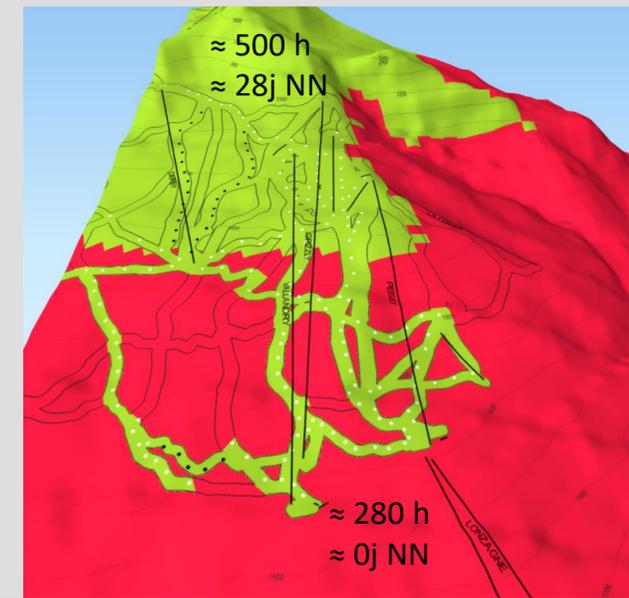
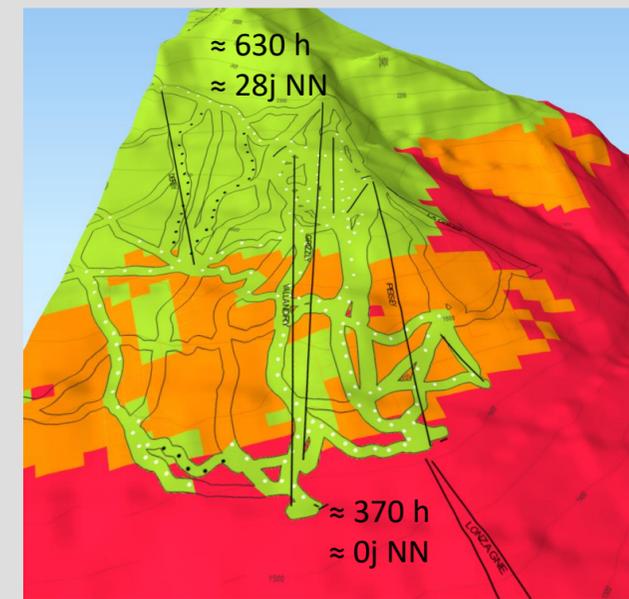
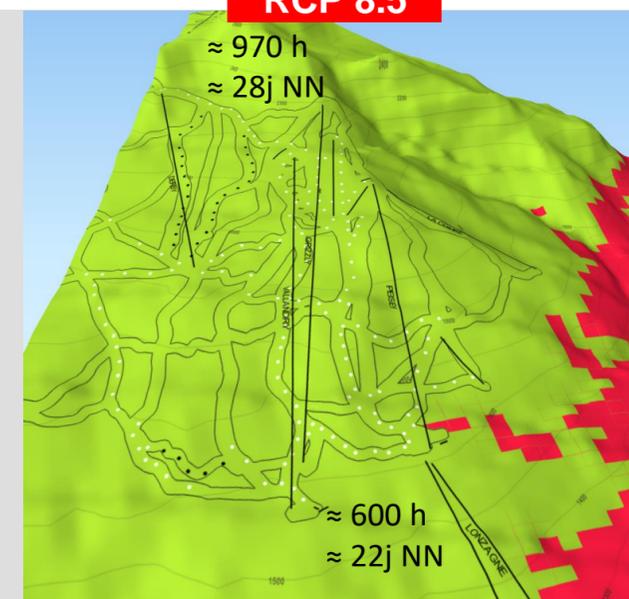


2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

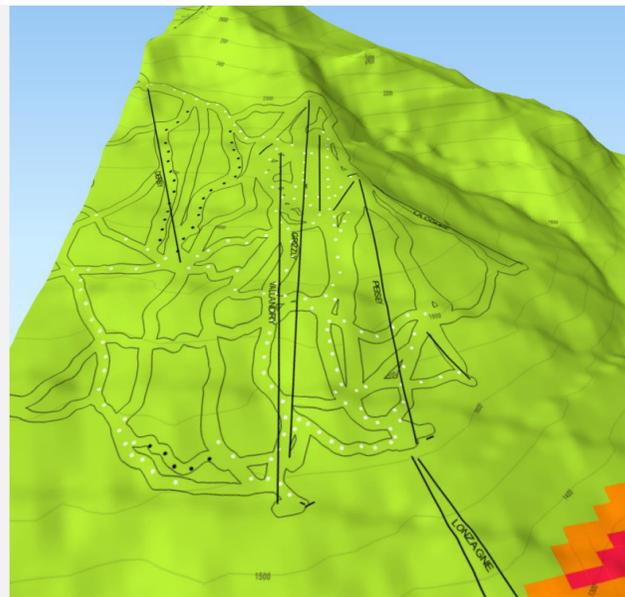
# Mars

## Vallandry

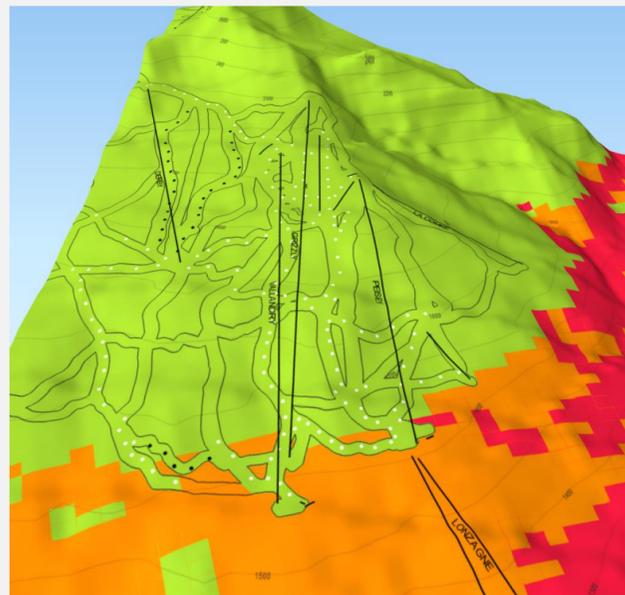
- Même s'il s'agit du mois le plus enneigé, la neige naturelle pourra venir à manquer sur les parties basses dans les cas les plus extrêmes.
- A partir de 2040, le bas du domaine est impacté, notamment dans le scénario 8.5. Les heures de froid cumulées depuis le début de saison permettent néanmoins d'assurer l'ouverture du secteur jusqu'en 2060.

2021-2040

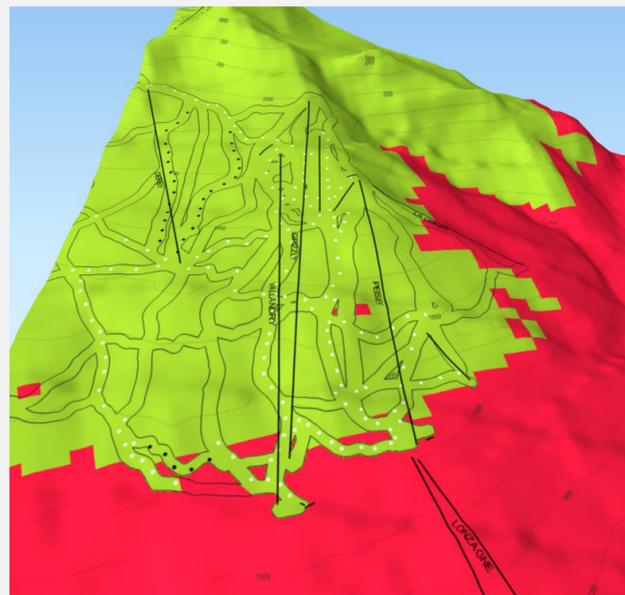
Q50



Q20



Q10



Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

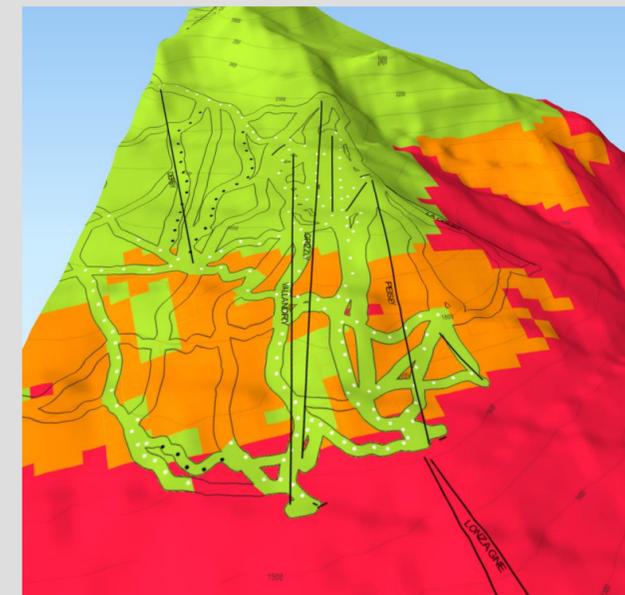
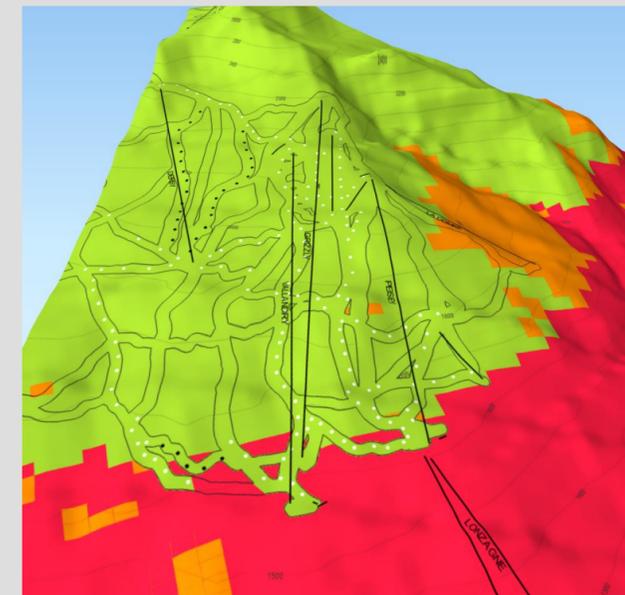
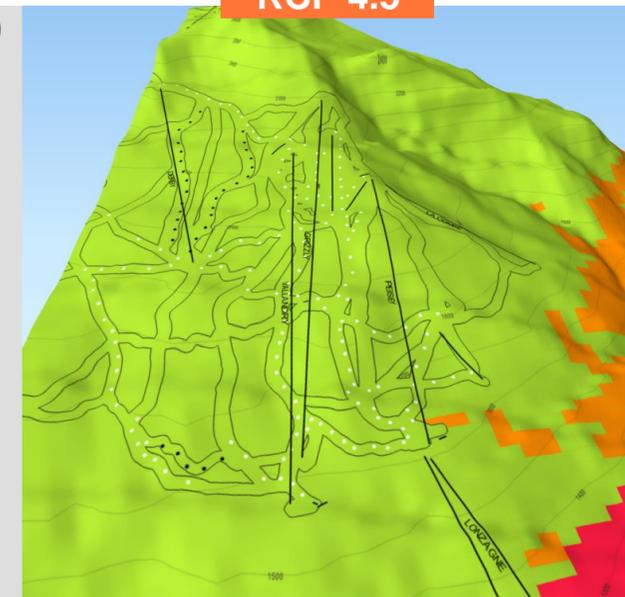
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

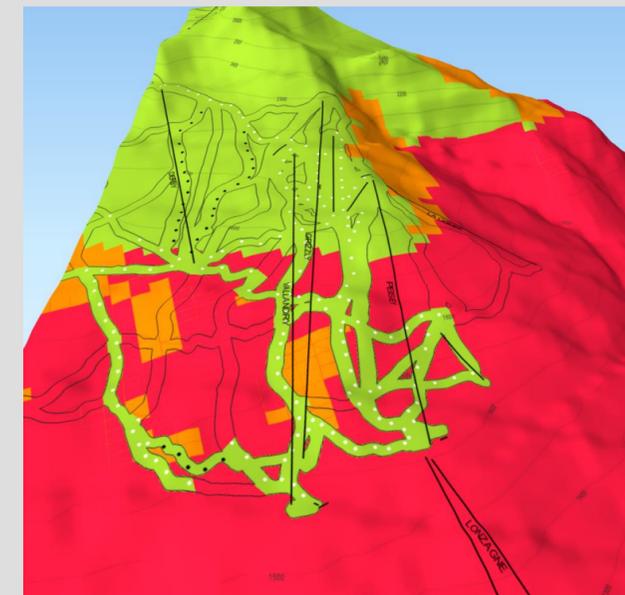
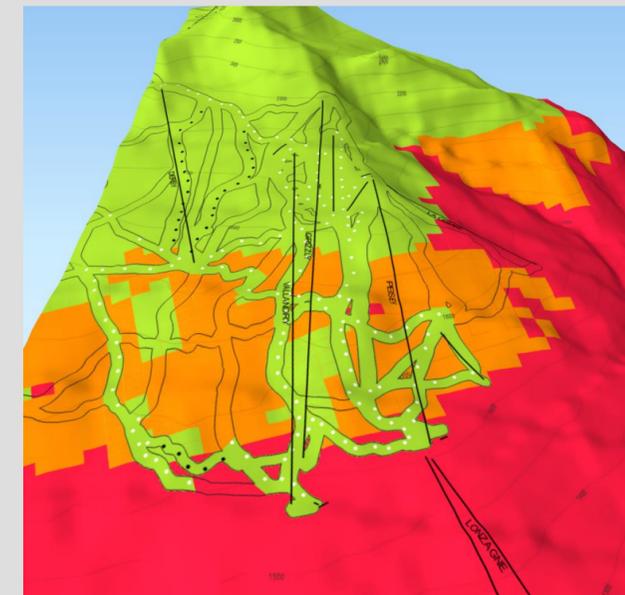
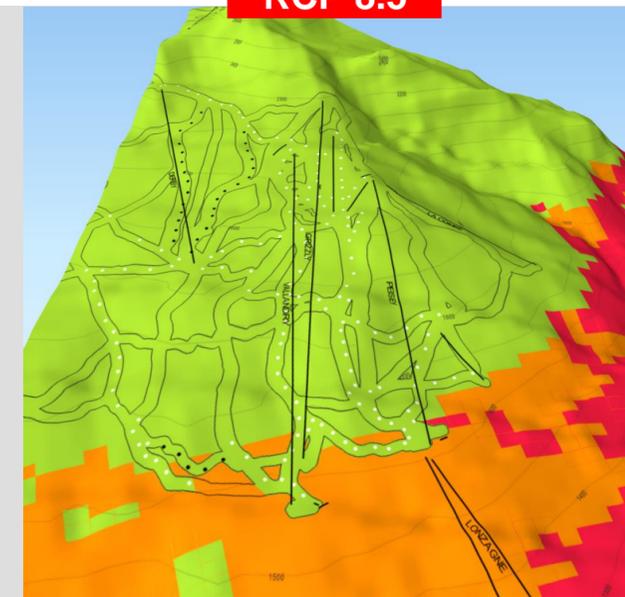
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

RCP 4.5

2041-2060



RCP 8.5



# Avril

## Vallandry

- En année médiane, l'enneigement naturel est globalement préservé jusqu'en 2060, à l'exception du scénario 8.5.
- L'exploitation de la partie basse est impactée par la fonte les pires années en-dessous de 2000 m. L'ouverture des pistes retours dépendra de la capacité à conserver la neige de culture produite depuis le début de saison. La présence de forêt dans ce secteur permettra de faciliter la conservation de la neige.
- Dans les cas les plus extrêmes, là aussi la télécabine de Vallandry permettra d'assurer le retour à la station.

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)

■ < 10 jours  
 ■ 10-20 jours  
 ■ > 20 jours

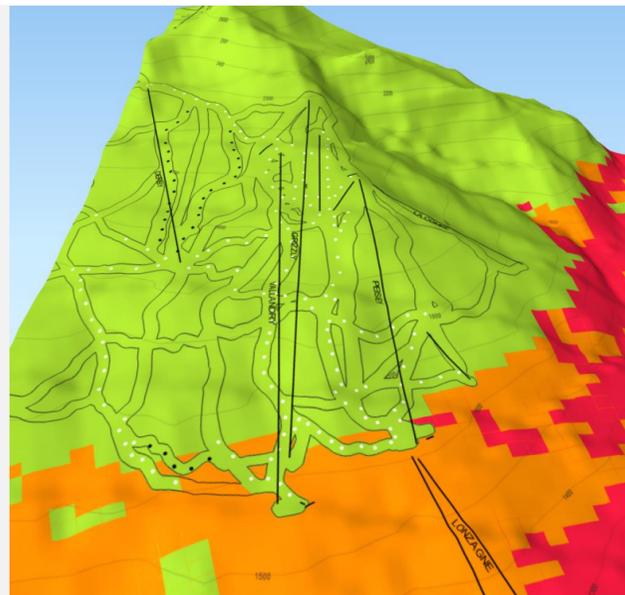
Nombre d'heures de froid cumulées <-4°C avant le 31 janvier

▬ < 100 h  
 ▬ 100-200 h  
 ▬ > 200 h

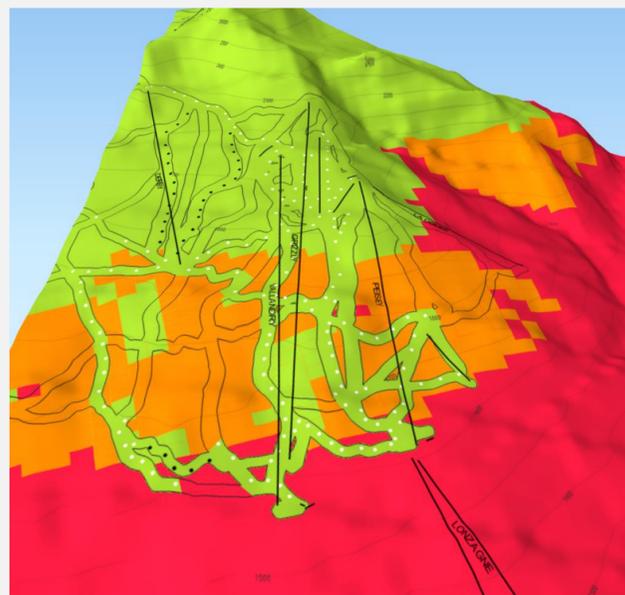
○ Enneigeurs   ● Enneigeurs en projet

2021-2040

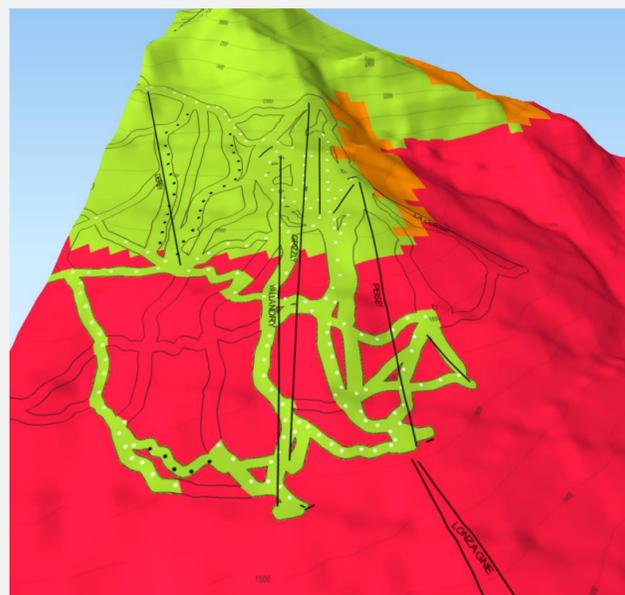
Q50



Q20

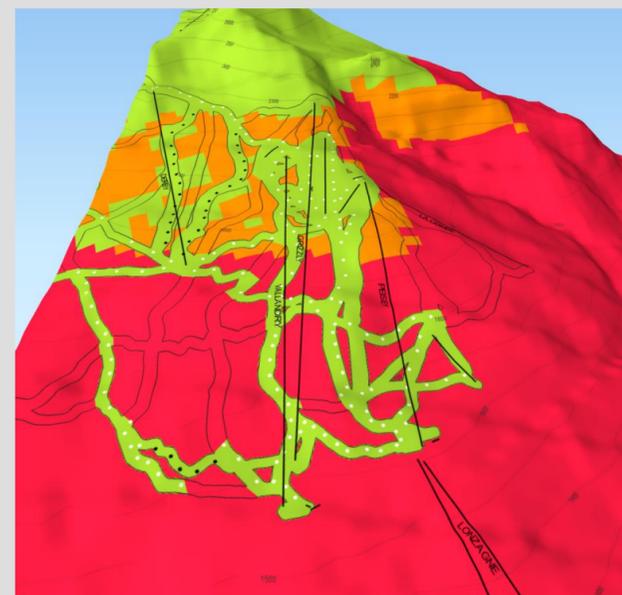
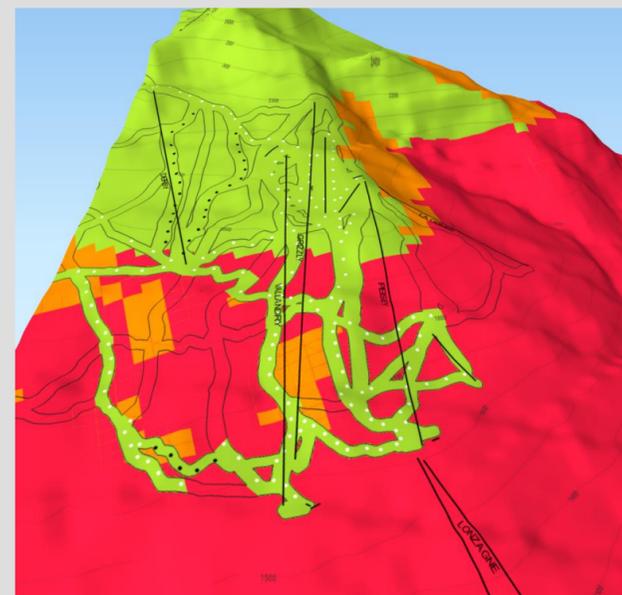
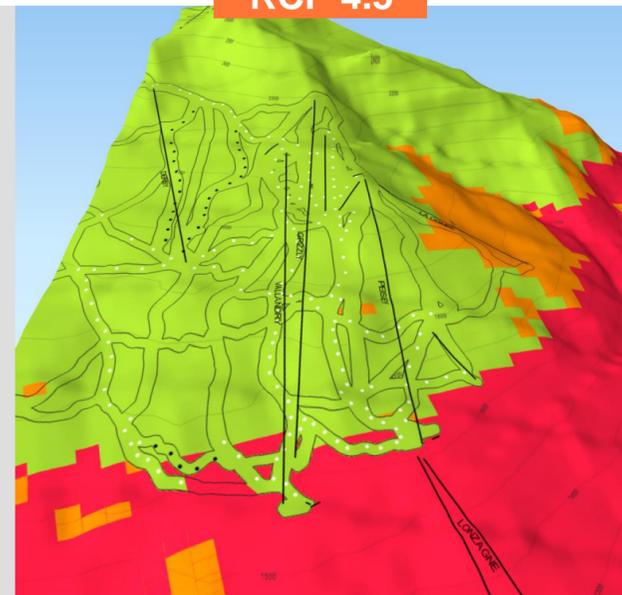


Q10

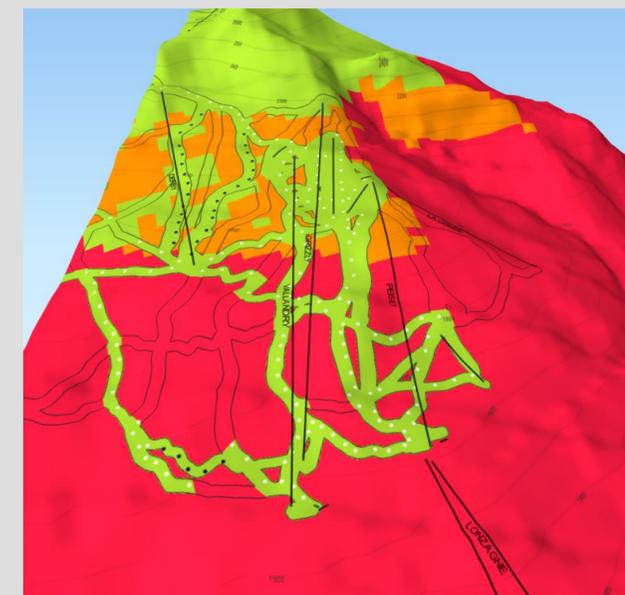
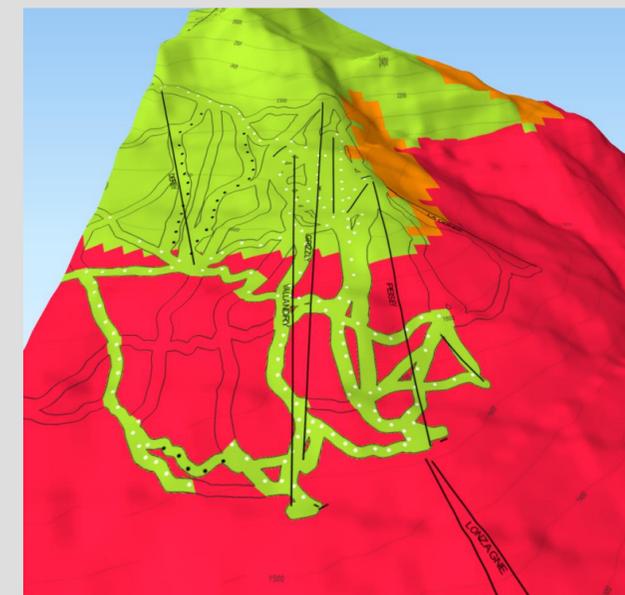
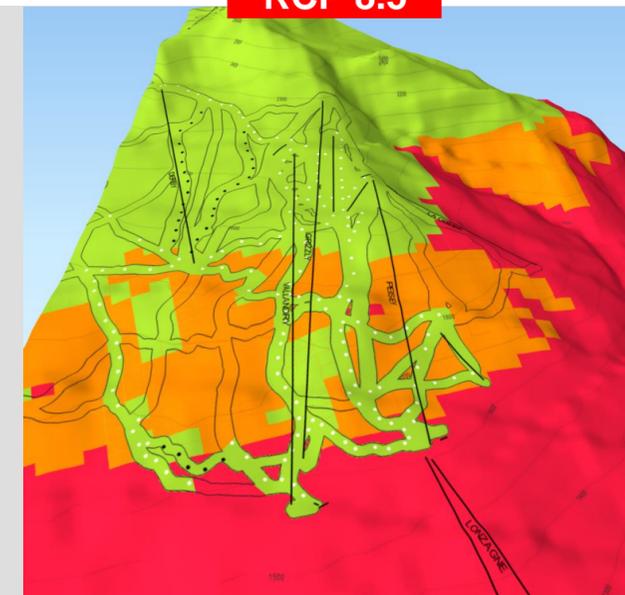


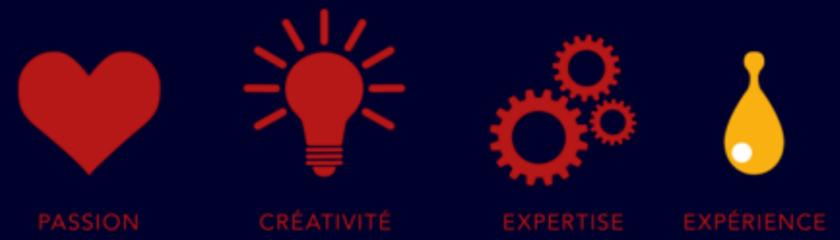
2041-2060

RCP 4.5



RCP 8.5





PASSION

CRÉATIVITÉ

EXPERTISE

EXPÉRIENCE

TOUTES NOS EXPÉRIENCES AU SERVICE DE LA VÔTRE



## ANNEXE 4 : ETUDE GEOTECHNIQUE – SAGE



# TC10 VILLAGE (REPLACEMENT TC LONZAGNE) PEISEY-NANCROIX (73)

## ÉTUDE GEOTECHNIQUE PREALABLE – ANALYSE DES RISQUES NATURELS G1 ES+PGC

		SOCIETE ALPINE DE GEOTECHNIQUE 2, rue de la Condamine – B.P. 17 - 38610 GIERES ☎ 04.76.44.75.72				
n°RP	Ind.	Date	Commentaires	Établi par	Vérifié par	Approuvé par
11880-1	A	29/03/2022	Établissement du rapport	C.BELLET	M.CAMUS	F.BLANCHET
	B					
	C					
	D					
	E					



# SOMMAIRE

1.	INTRODUCTION .....	3
2.	CONTEXTE GENERAL.....	5
2.1.	PRESENTATION DU PROJET.....	5
2.2.	CONTEXTE GEOLOGIQUE .....	6
2.3.	CONTEXTES HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE .....	7
2.4.	ZIG .....	7
3.	DESCRIPTION DU TRACE .....	8
4.	DOCUMENTS D'ARCHIVES – DONNEES EXISTANTES .....	13
4.1.	ÉTUDE DE LIGNE DE LA TELEBENNE EXISTANTE <sup>[1]</sup> .....	13
4.2.	DEPLACEMENT DE LA GARE G2 DE LA TELEBENNE EXISTANTE <sup>[2][3]</sup> .....	13
4.3.	DESORDRES SUR MUR EN ENROCHEMENT EN G2 <sup>[4]</sup> .....	14
5.	ANALYSE DES RISQUES NATURELS.....	15
5.1.	PPRN .....	15
5.2.	MOUVEMENTS DE TERRAIN .....	15
5.2.1.	Glissement de terrain .....	15
5.2.2.	Chutes de blocs.....	15
5.2.3.	Affaissements, effondrements.....	15
5.3.	CRUES TORRENTIELLES, INONDATIONS .....	15
5.4.	ALEA AMIANTE ENVIRONNEMENTALE .....	15
5.5.	ALEA RETRAIT-GONFLEMENT DES ARGILES .....	15
5.6.	POTENTIEL RADON.....	15
5.7.	SISMICITE.....	16
6.	IMPLICATION SUR LA CONCEPTION DE L'APPAREIL .....	17
6.1.	MASSIFS DE LIGNE .....	17
6.2.	GARE AVAL.....	17
6.2.1.	Fondation des massifs fonctionnels .....	17
6.3.	GARE AMONT.....	18
7.	CONCLUSIONS .....	19

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site sur fond de plan IGN .....	5
Figure 2 : Vue aérienne du site .....	6
Figure 3 : Extrait de la carte géologique du BRGM.....	6
Figure 4 : Talus à l'arrière de la gare aval .....	8
Figure 5 : Vue de la ligne depuis la gare aval .....	9
Figure 6 : Vue de la ligne depuis le P3 actuel.....	9
Figure 7 : Affleurement rocheux proche de la ligne .....	9
Figure 8 : Affleurement rocheux à l'altitude 1 442 m.....	10
Figure 9 : Terrains raides sur la gauche de la ligne (en regardant vers l'amont) .....	10
Figure 10 : Vue depuis le P07 actuel.....	10
Figure 11 : Talus à l'amont de la RD226 .....	11
Figure 12 : Vue depuis le P09 actuel.....	11
Figure 13 : Gare G2 actuelle .....	12
Figure 14 : Dislocation des blocs.....	12
Figure 15 : Affaissement sous la longrine béton .....	12
Figure 16 : extrait plan de reconnaissance 2002 .....	13
Figure 17 : Extrait coupe géotechnique 2002 .....	13
Figure 18 : Terrassement du Vanoise Express.....	14
Figure 19 : Positionnement des points d'auscultation - source GEODE .....	14
Figure 20 : Coupe schématique des fondations pouvant être mises en œuvre en gare amont G2	18

## LISTE DES ANNEXES

- Annexe 1 : Profil et vue en plan avec observations de terrain
- Annexe 2 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500
- Annexe 3 : Conditions générales de vente et d'utilisation de la SAGE

# 1. INTRODUCTION

## Objet :

Le présent rapport est réalisé pour le compte d'ADS. Il porte sur le projet de construction de la Télécabine Village, en remplacement de la Télébenne de Lonzagne, sur la station de Peisey-Vallandry, sur la commune de Peisey-Nancroix (73).

Cette étude réalisée sur la base d'une analyse documentaire et d'observations de terrain a pour objectifs :

- D'identifier les risques naturels à prendre en compte pour le projet ;
- D'établir une synthèse géotechnique sur la base des observations de terrain ;
- De définir une première adaptation du projet aux spécificités du site et les grands principes de réalisation des travaux.

Il s'agit d'une mission de type **G1 ES+PGC** selon la classification de l'Union Syndicale Géotechnique (Annexe 2 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500).

Cette étude ne concerne pas l'analyse des risques avalanches.

## Intervenants pour la conception du projet :

Maître d'ouvrage	<b>ADS Domaine Skiable Les Arcs Peisey-Vallandry</b> Le chalet des Villards Arc 1800 73700 BOURG-SAINT-MAURICE
Maître d'œuvre RM	<b>DCSA</b> 43, boulevard des Alpes 38240 MEYLAN

## Lexique - abréviations

TA = cote du terrain actuel

TN = cote du terrain naturel

TF = cote du terrain fini après aménagement

ELS = état limite de service (terme Eurocodes)

ELU = état limite ultime (terme Eurocodes)

**Profondeur de fondation ( $H_f$ )**\* : il s'agit d'une première estimation de la profondeur du fond de fouille donnée à l'axe du massif, en tenant compte des hypothèses de semelle suivantes en première approche :

Pylône : 4,0 m x 5,0 m Pied avant gare : 6 m x 5 m Pied arrière gare : 10 m x 5 m	<p>PROFIL SELON PLUS GRANDE PENTE</p>
---	---------------------------------------

$q_{a\ ELS}$ \* : il s'agit de la contrainte admissible estimée à l'ELS.

\* Ces données ( $H_f$  et  $q_{a\ ELS}$ ) indiquées dans notre rapport correspondent à une première estimation basée sur nos observations de terrain, sur les données bibliographiques et sur les sondages éventuellement disponibles à ce stade du projet. Elles sont fournies comme hypothèses préliminaires afin d'aider le Maître d'Ouvrage et le Maître d'œuvre pour la consultation des entreprises. Elles doivent dans tous les cas être précisées et validées par des reconnaissances géotechniques spécifiques dans le cadre d'une étude de conception (*mission G2 AVP/PRO*).

## Documents consultés :

Docs	Désignation	Origine	Référence	Date
[1]	Étude de reprise du Télépulsé de la Lonzagne	SOL ETUDE	CM/89/1943	1989
[2]	Télébenne de la Lonzagne à PEISEY/VALLANDRY	SAGE	RP2160	2002
[3]	Téléphérique de liaison LES ARCS – LA PLAGNE – Gare G1 – Étude géotechnique (Indice A à E)	SAGE	RP2083 RP2165	2002
[4]	Contrôle de stabilité mur de soutènement - Opération n°1	GEODE	23771	Août 2020
[5]	Élargissement du front de neige du TSD de Peisey – Étude géotechnique G1 ES+PGC	SAGE	RP11451-1	17/01/2022
[6]	Plan et profil du projet	DCSA	PSY220.2289 003 A	29/03/2022

## Conditions d'utilisation du rapport et annexes associées

Cette étude est la propriété du client : ADS. Elle ne peut être ni reproduite ni diffusée en dehors du consentement de ce dernier. Le rapport et ses annexes sont indissociables.

Nos conditions d'utilisation du rapport sont rappelées en annexe. En particulier :

- Ce document doit être transmis à l'ensemble des intervenants du projet. Toute modification apportée au projet ou à son environnement (aménagements de proximité, terrassements...) après l'étude nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission pour étudier leur impact.
- L'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension.
- Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution et non détectés lors de la mission d'origine (failles, remblais anciens, karsts, venues d'eau, hétérogénéités localisées...), ainsi que tout incident survenu au cours des travaux (éboulements, glissement...), pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport géotechnique G2 ou G3, doivent immédiatement être signalés aux bureaux d'études géotechniques en charge du suivi géotechnique des travaux (missions G3 et G4) afin qu'ils en analysent les conséquences sur les conditions d'exécution et la conception de l'ouvrage.

## 2. CONTEXTE GENERAL

### 2.1. Présentation du projet

Le projet prévoit la construction de la TC10 Village en remplacement de la Télécabine pulsée de Lonzagne, sur la station des Arcs, secteur Peisey-Vallandry, sur la commune de Peisey-Nancroix (73).

L'appareil permet de relier le village de Peisey-Nancroix au front de neige de Plan-Peisey.

Il est implanté dans un versant de pente générale orientée vers l'Ouest.

Le projet prévoit un remplacement en lieu et place de l'existant.

La gare aval G1 sera située à l'altitude 1 313 m au droit de la gare existante, et la gare amont G2 à l'altitude 1 596 m, quelques mètres en avant (aval) de la gare existante.

La longueur horizontale de la ligne est de 705 m, pour un dénivelé de 283 m et une longueur suivant la pente de 750 m.

Selon le profil DCSA, il est prévu 8 pylônes de ligne.

À ce stade des études, les aménagements en gare aval et en gare amont ne sont pas définis.

Le maître d'ouvrage nous a indiqué que des terrassements pourraient être réalisés en gare aval pour la création d'un parking.

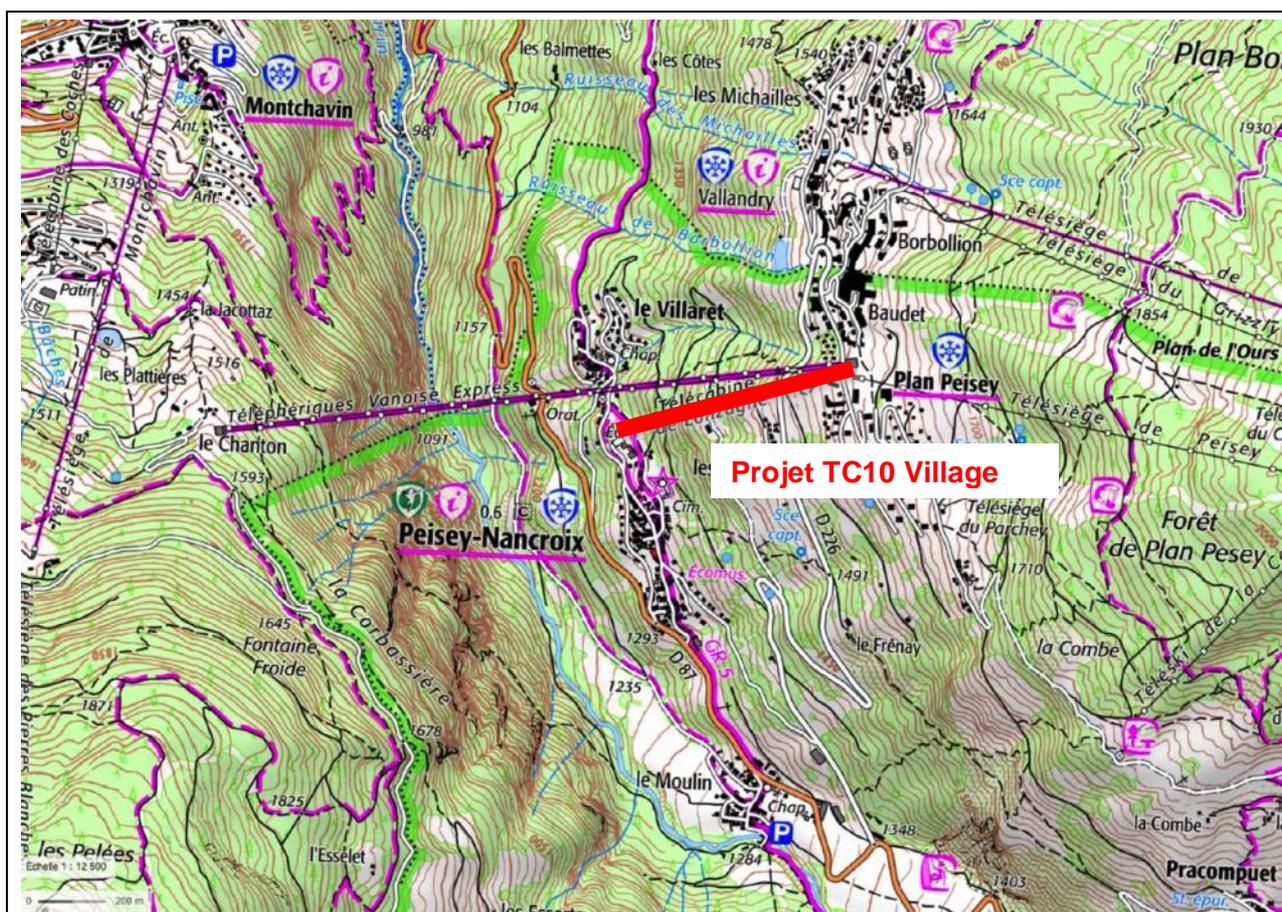


Figure 1 : Localisation du site sur fond de plan IGN

Source : [www.geoportail.gouv.fr](http://www.geoportail.gouv.fr)

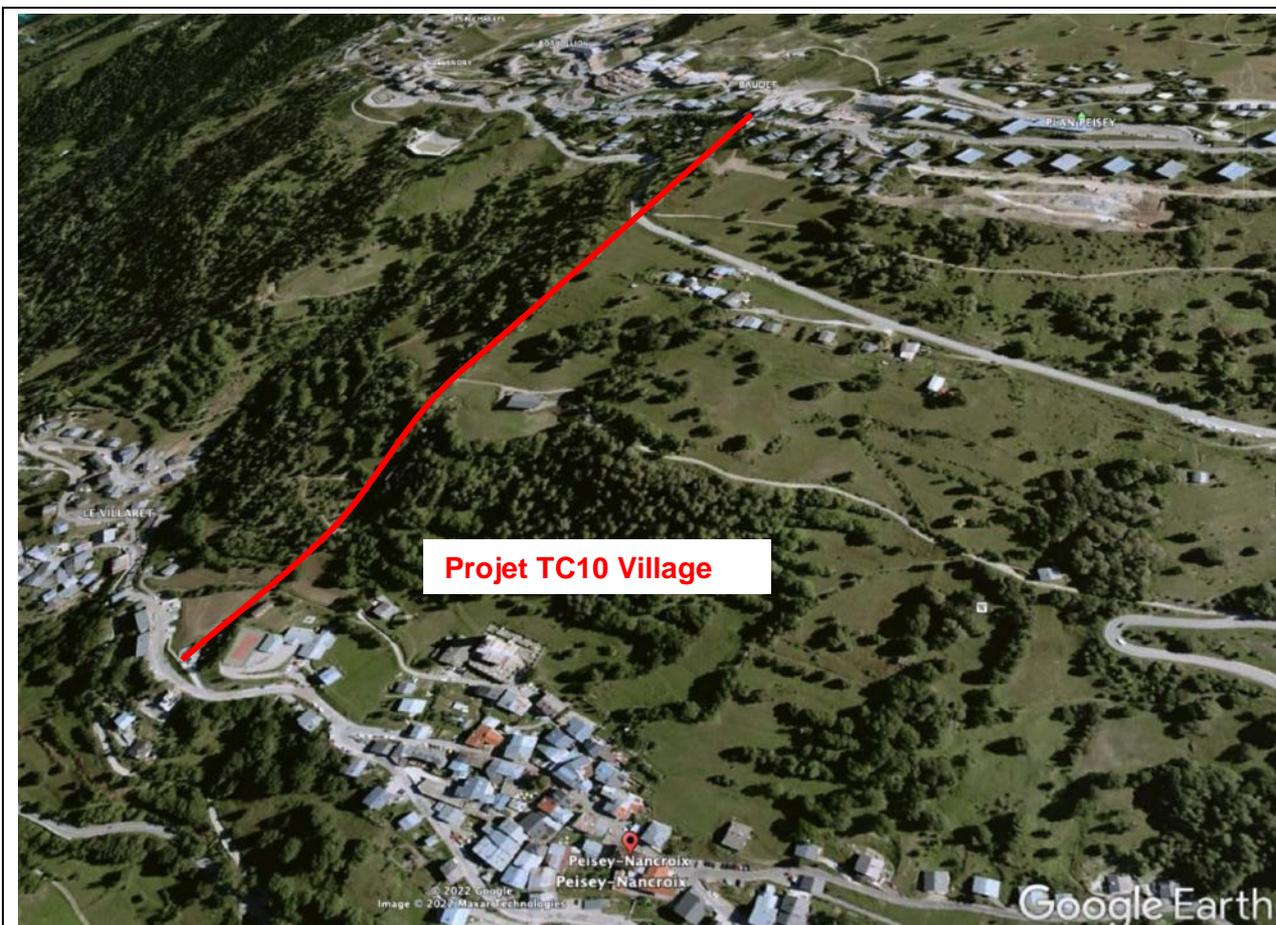


Figure 2 : Vue aérienne du site

Source : Google Earth

## 2.2. Contexte géologique

D'après la carte géologique du BRGM, le versant étudié est largement recouvert par des formations glaciaires würmiennes (noté Gy sur la carte). Ces formations surmontent le substratum rocheux du houiller briançonnais (noté h4-5a sur la carte). Il se compose d'arkoses, de grès micacés, de siltites et de charbon.

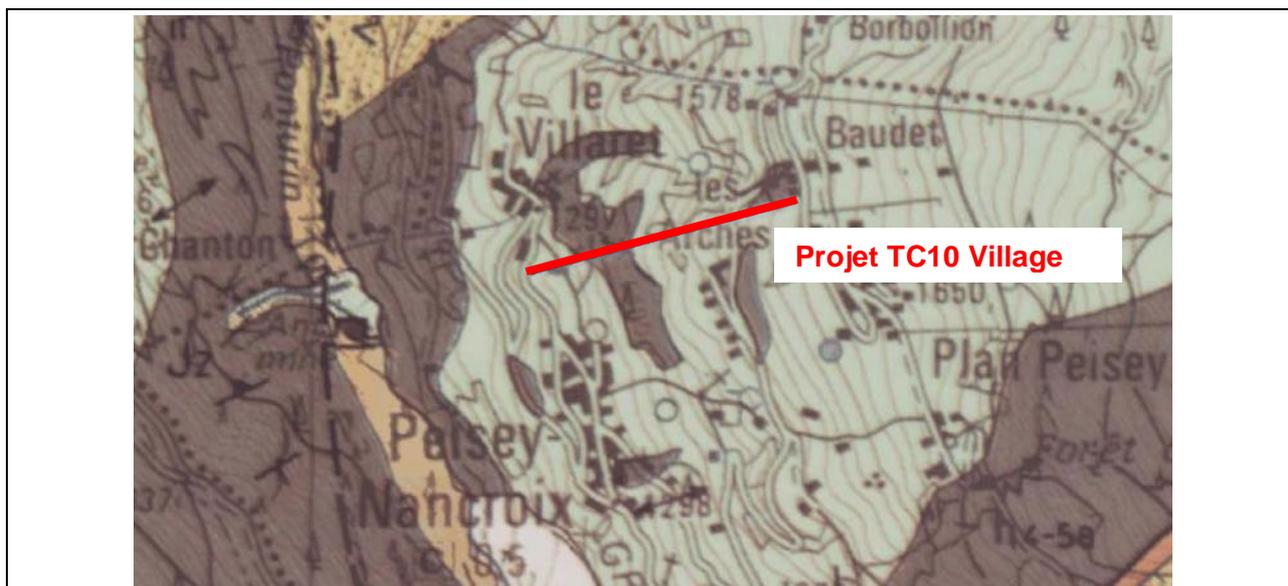


Figure 3 : Extrait de la carte géologique du BRGM

Source : <http://infoterre.brgm.fr/>

### **2.3. Contextes hydrologique et hydrogéologique**

D'après la carte IGN, un ruisseau temporaire prend naissance à 70 m au Nord du projet vers le sommet de la ligne.

De nombreuses sources captées sont mentionnées sur la carte IGN dans le versant étudié, indiquant l'existence de circulations d'eau souterraines.

### **2.4. ZIG**

*Définition de la ZIG selon la NF P 94-500 : Volume du terrain au sein duquel il y a interaction entre l'ouvrage ou l'aménagement du terrain (du fait de sa réalisation et de son exploitation) et l'environnement (sols et ouvrages environnants).*

La Zone d'Influence Géotechnique du projet comprend :

- La gare aval G1 existante ;
- Une route et ses réseaux associés à 15 m à l'aval de la G1
- Des terrains de sport à 30 m au Sud de la G1 ;
- La route départementale RD226 survolée par le projet vers l'altitude 1 550 m ;
- La gare amont G2 existante ;
- Des bâtiments d'habitation à 30 m au Sud et 40 m au Nord de la G2 ;
- Une voirie communale et ses réseaux associés à 15 m à l'amont de la G2 ;
- Un tunnel piéton sous cette voirie ;
- La gare du téléphérique du Vanoise Express à l'amont de la voirie ( $\approx$  30 m de la G2).

### 3. DESCRIPTION DU TRACE

Le tracé se développe entre les altitudes 1 313 et 1 596 m pour une longueur suivant la pente de 750 m.

Des observations de terrain ont été réalisées le 10/03/2022.

De la gare aval G1 à l'altitude 1 330 m : La gare actuelle est implantée en tête d'un talus réalisé vraisemblablement en déblais. La pente de ce talus est comprise entre 35 et 38° pour une hauteur de 4 à 5 m. Au pied du talus, on retrouve une route communale.

En sortie de gare, la partie droite de la ligne est bordée par un talus de déblais. Ses pentes sont de l'ordre de 34° mais peuvent atteindre localement 38°. Un bâtiment (habitation ?) est implanté au sommet de ce talus.

Sous la ligne, les pentes sont faibles, aux alentours de 15°.

Les futurs pylônes P01, P02 et P03 du profil DCSA sont implantés sur ce tronçon.



Figure 4 : Talus à l'arrière de la gare aval



Figure 5 : Vue de la ligne depuis la gare aval

De l'altitude 1 330 à l'altitude 1 430 m : Le tracé traverse une zone de forêt avec plus ou moins d'éboulis en surface.

La pente est soutenue, de l'ordre de 30° en moyenne et peut atteindre localement 45°. Elle est orientée suivant l'axe de la ligne. Le substratum rocheux a été observé ponctuellement à une vingtaine de mètres de la ligne au droit d'un pointement rocheux formant une falaise de 5-6 m de hauteur.

Le pylône P04 du profil DCSA est implanté à environ 5 m en amont du P3 actuel.



De l'altitude 1 430 (P5 actuel) à l'altitude 1 520 m (P7 actuel) : Le tracé s'établit au sein de prairies. La pente, orientée dans l'axe du projet, reste soutenue, de l'ordre de 25° en moyenne. Ponctuellement, elle peut dépasser 30 voire 35°.

La partie gauche de la ligne (en regardant vers l'amont) longe une rupture de pente au-delà de laquelle les terrains sont boisés et raides (de l'ordre de 40 à 50°). Le substratum rocheux fracturé est présent au droit d'un talus de déblais au pied de cette croupe vers l'altitude 1 442 m. Plus en amont, le substratum n'a pas été observé.

Il faut noter que de cales de 2 cm à la base du pylône P5. Toutefois, l'exploitant, présent lors de la visite, ne nous a pas indiqué avoir de problème avec cet appareil. Il se peut que ce calage soit d'origine.

Le pylône P05 du profil DCSA est implanté à environ 4 m en aval du P05 actuel.



Figure 8 : Affleurement rocheux à l'altitude 1 442 m



Figure 9 : Terrains raides sur la gauche de la ligne (en regardant vers l'amont)

De l'altitude 1 520 (P07 actuel) à l'altitude 1 540 m : Les pentes s'adoucissent. Elles sont de l'ordre de 15 à 20°. La rupture de pente sur la gauche du projet qui longeait le tronçon précédent s'éloigne de l'axe de la ligne et est moins marquée.

A l'altitude 1 540 m, le tracé coupe la route départementale RD226.

Le pylône P06 du profil DCSA est implanté dans ce secteur, à environ 5 m en amont du P07 actuel.



Figure 10 : Vue depuis le P07 actuel

De l'altitude 1 540 à l'altitude 1 600 m : Une fois traversée la route départementale RD226, les pentes forçissent et sont de l'ordre de 25°. Sur 50m depuis la RD, elles sont orientées suivant l'axe de la ligne, ensuite elles forment un dévers à gauche de l'ordre de 40° par rapport à l'axe de la ligne. Le talus amont de la RD a été terrassé pour la RD et pour un chemin. Ce talus présente une pente de 45° environ sur 3 à 4 m de hauteur, sans signe marqué d'instabilité.

Les pylônes P07 et P08 du profil DCSA sont implantés dans ce secteur.



Figure 11 : Talus à l'amont de la RD226



Figure 12 : Vue depuis le P09 actuel

Altitude 1 600 m (Gare G2) : La gare G2 actuelle se situe en aval d'une route communale. Elle est située dans la pente, et la machinerie se situe sous le quai d'embarquement (environ -3 m). La zone a déjà été fortement remaniée.

Le dénivelé entre la gare et la route actuelle s'effectue via un mur en enrochement de 3 m de hauteur environ, surmonté par une longrine béton et une barrière bois. Cet enrochement a subi quelques désordres qui se matérialisent par de la fissuration le long des joints maçonnés voire une dislocation des blocs, et un déchaussement sous la longrine de 20 à 25 cm de hauteur. On observe également un flache sur l'enrobé du trottoir situé directement en tête du mur.

Enfin, il faut noter que ce mur en enrochement abrite l'entrée d'un tunnel piéton qui permet de traverser la route et d'atteindre un ascenseur menant au front de neige du Vanoise Express.



Figure 13 : Gare G2 actuelle



Figure 14 : Dislocation des blocs



Figure 15 : Affaissement sous la longrine béton

## 4. DOCUMENTS D'ARCHIVES – DONNEES EXISTANTES

### 4.1. Étude de ligne de la télébenne existante<sup>[1]</sup>

En 1989, une étude pour la reprise de la télébenne avait été réalisée par le bureau SOL ETUDE.

Des sondages au pénétromètre dynamique léger avaient été réalisés au droit de chaque massif Hormis P11, aucun de ces essais n'est descendu au-delà de 1 m de profondeur. Les contraintes admissibles fournies à l'époque étaient comprises entre 250 et 500 kPa.

Le contrôle de fouille du P8 (le seul contrôle de fouille fourni) situé directement à l'amont de la RD avait mis en évidence des moraines à blocs en fond de fouille, avec une contrainte admissible à prendre en compte de 250 kPa.

### 4.2. Déplacement de la gare G2 de la télébenne existante<sup>[2] [3]</sup>

Pour permettre la construction du Vanoise Express (situé à l'amont de la route communale), la ligne du télébenne Lonzagne a été raccourcie en 2002. La gare G2 a été implantée à l'aval de la route communale, et le pylône P10 a également été reconstruit.

Des sondages avaient été réalisés en 2002 en vue du déplacement de la gare au droit de son emplacement actuel. Ils avaient mis en évidence des limons bruns foncés peu à moyennement compacts sur 0,7 à 1,1 m d'épaisseur, reposant sur des limons sablo-graveleux brun beige, à blocs, compacts.

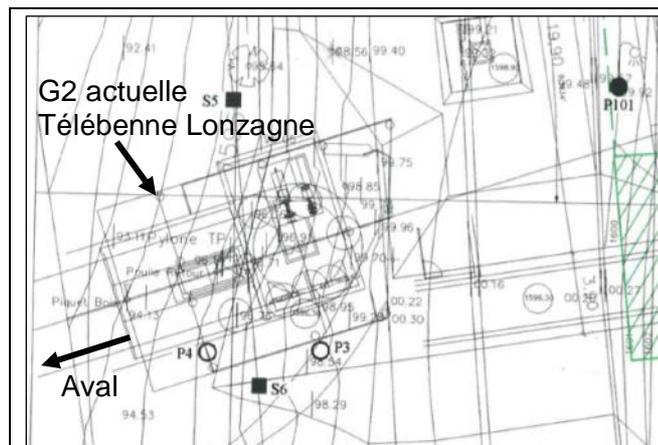


Figure 16 : extrait plan de reconnaissance 2002

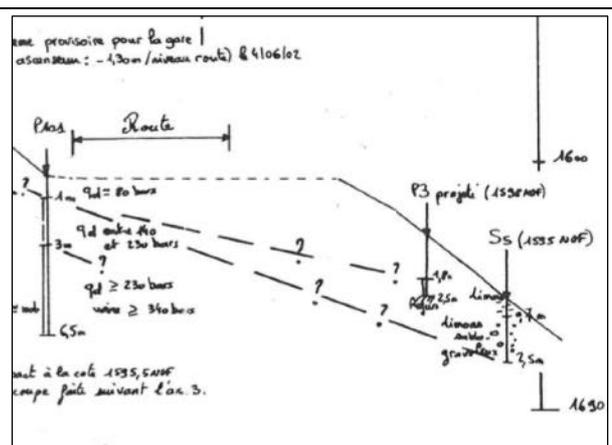


Figure 17 : Extrait coupe géotechnique 2002

Les contrôles de fouille réalisés à l'époque avaient mis en évidence :

- G2 : moraines en fond de fouille, avec une contrainte validée à l'ELS de 300 kPa ;
- P10 : éboulis à très gros blocs beiges, très compacts (moraine ?) avec une contrainte validée à l'ELS de 300 kPa.

Les forages profonds (10 à 13 m) réalisés pour le projet du Vanoise Express en 2002, et plus récemment pour le projet d'élargissement du front de neige de Peisey<sup>[5]</sup> n'ont pas recoupé le substratum rocheux dans le secteur de la G2.

Il faut noter que lors de la construction du Vanoise Express, les terrassements avaient mis en évidence des terrains morainiques compacts. En revanche, des venues d'eau dans un des talus amont avaient engendrées des glissements importants dans ce talus, conduisant à mettre en œuvre un confortement du talus (drainage, blocs d'enrochements en pied) et à adapter le projet de fondation du Vanoise Express (approfondissement des fondations avec des puits gros béton).



Figure 18 : Terrassement du Vanoise Express

#### 4.3. Désordres sur mur en enrochement en G2<sup>[4]</sup>

Tel que précisé au §3, le mur en enrochement entre la gare amont actuelle et la route subit des désordres. Il fait l'objet d'un suivi topographique, avec une mesure 0 réalisée en octobre 2019 et la mesure 1 réalisée en août 2020.

En dehors des points 106, 108 et 109, les déplacements planimétriques et altimétriques sont tous proches de l'incertitude de mesure de 0,3 cm.

Les points 106, 108 et 109 présentent des déplacements en plan de l'ordre de 1 cm, et des déplacements altimétriques compris entre 0,4 et 0,9 cm.

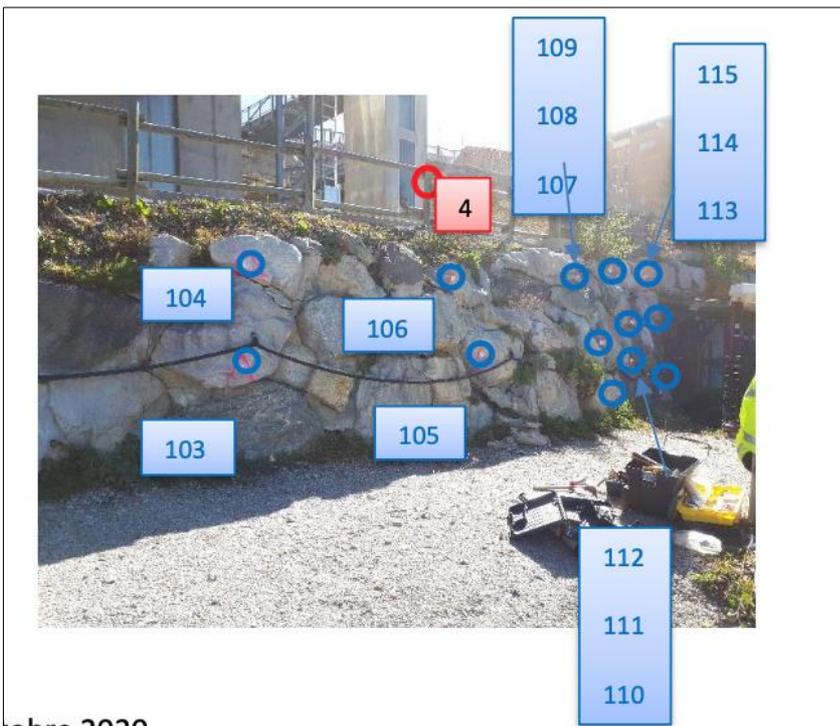


Figure 19 : Positionnement des points d'auscultation - source GEODE

## 5. ANALYSE DES RISQUES NATURELS

### 5.1. PPRn

La commune dispose d'un PPRn partiel approuvé le 01 décembre 1999. Ce PPRn ne concerne que le risque avalanches sur les hameaux des Lanches et de Beaupraz.

### 5.2. Mouvements de terrain

#### 5.2.1. Glissement de terrain

Aucun indice marqué de glissement de terrain n'a été relevé le long du projet.

Le mur en enrochement situé à l'amont de la gare G2 subi des déformations. En revanche, nous n'avons pas observé d'autres indices de mouvements autour de la gare G2, et l'exploitant nous a indiqué ne pas connaître de problématique de réglage de la gare. Ces déformations sont vraisemblablement intrinsèques au mur (dimension, mise en œuvre, assise, etc...).

L'étude de conception géotechnique en phase G2 AVP / G2 PRO comportera des sondages en gare amont (sondage à la pelle mécanique, sondage pressiométrique) afin de confirmer l'absence de risque de glissement au droit de la gare.

L'aléa de glissement de terrain peut être considéré comme faible à très faible pour le projet.

#### 5.2.2. Chutes de blocs

Le projet n'est pas concerné par la problématique de chutes de blocs

#### 5.2.3. Affaissements, effondrements

Le projet n'est pas concerné par la problématique d'affaissements et / ou d'effondrements.

### 5.3. Crues torrentielles, inondations

Nous n'avons pas identifié de risques de crues torrentielles ou d'inondation au droit du projet.

### 5.4. Aléa amiante environnementale

Le projet se situe en zone de susceptibilité nulle à très faible vis-à-vis du risque de présence d'amiante environnementale.

### 5.5. Aléa retrait-gonflement des argiles

Le projet se situe en zone d'exposition faible au retrait-gonflement des argiles

### 5.6. Potentiel radon

D'après les données de l'IRSN, la commune de Peisey-Nancroix est classée en potentiel de catégorie 3 (fort).

Le risque radon concerne les bâtiments et les lieux clos (local commande par exemple).

## 5.7. Sismicité

Le projet est situé en zone d'aléa modéré (*Zone 3*) du point de vue sismique selon la révision du zonage sismique de la France (*article R563-1 à R563-8 du Code de l'Environnement*).

Selon les éléments issus du groupe de travail STRMTG du début d'année 2020 sur la refonte du guide RM2 :

- Les massifs de gare sont considérés comme des ouvrages de classe III.
- Les massifs de ligne sont considérés comme des ouvrages de classe II.

En première approche, sur la base de données disponibles, les classes de sol suivantes peuvent être retenues :

P03, P04	Gare aval G1, P01, P02, P05, P06, P07, P08 et Gare amont G2
Classe de sol A	Classe de sol B

## 6. IMPLICATION SUR LA CONCEPTION DE L'APPAREIL

*Remarque* : Les profondeurs et contraintes admissibles fournies dans les paragraphes suivants sont données en première estimation. Ces données doivent impérativement être validées par une étude géotechnique de conception (mission G2 AVP/PRO) associée à une visite de pré-implantation des pylônes une fois le constructeur retenu.

### 6.1. Massifs de ligne

Tronçon	Contrainte de sol admissible ELS estimée	Profondeur fondation estimée(*)	Terrains de fondation supposés	Préconisations, remarques
De la G1 à l'altitude 1 330 m (P01, P02, P03)	$\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$	2,0 à 2,5 m	Moraines ou éboulis	/
De 1 330 à 1 430 m (P04)	$\sigma_{a,ELS} = 250 \text{ à } 300 \text{ kPa}$	2,7 à 3,2 m	Éboulis ou substratum rocheux	Éviter l'implantation de pylônes sur ce tronçon, terrains raides (P03 ok, sur un léger replat)
De 1 430 à 1 520 m (P05)	$\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$	2,5 à 3,0 m	Moraines ou substratum rocheux	Éviter l'implantation de pylônes le long de la rupture de pente (alt. 1455 à 1500 m)
De 1 520 à 1 540 m (P06)	$\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$	2,0 à 2,5 m	Moraines	/
De 1 540 à 1 600 m (P07, P08)		2,5 à 3,0 m		/

(\*) Profondeur de fondation à l'axe, avec l'hypothèse d'une semelle de 4,0 x 5,0 m

De manière générale et en première approche, on respectera les préconisations techniques suivantes, à valider lors des études de conception puis en phase exécution (suivi de chantier) :

- Respect de la profondeur hors-gel allant de 1,0 m / Terrain Fini pour les massifs proches de la gare aval à 1,1 m / Terrain Fini pour les massifs proches de la gare amont ;
- Densité des remblais des massifs de ligne  $\gamma = 17 \text{ kN} / \text{m}^3$  ;
- Dispositifs drainants en cas de venues d'eau ;
- Substitutions graveleuses et/ou rattrapages gros béton en cas d'altération et/ou décompression des matériaux en fond de fouille ;
- Rattrapages en gros béton afin d'assurer la profondeur hors-gel et / ou une assise homogène sous la semelle en cas de besoin ;
- Veiller à bien descendre au-delà des terrains remaniés pour les pylônes implantés à proximité des massifs existants.

### 6.2. Gare aval

#### 6.2.1. Fondation des massifs fonctionnels

La gare aval G1 sera implantée au droit de la gare existante. Les fondations devront être impérativement descendues au-delà des éventuels remblais.

En première approche, on peut retenir :

- Pied Arrière :  $\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$  à -2,5 m/Terrain Actuel au minimum ;
- Pied Avant :  $\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$  à -2,5 m/Terrain Actuel au minimum ;

Les terrains de fondation attendus seront de type moraines et/ou éboulis.

Des substitutions graveleuses pourront être nécessaires en cas de d'altération et de décompression des matériaux en fond de fouille.

Un drainage périphérique des fondations sera prévu, avec un exutoire gravitaire en aval à définir.

Sous réserve d'un compactage soigné au compacteur, par couches successives, il sera possible de retenir une densité des remblais de  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ .

### 6.3. Gare amont

La gare amont sera fondée dans des terrains pentus, avec présence d'un dévers à gauche.

De plus, des remblais sont attendus, liés à la construction de la gare actuelle, mais également à d'autres aménagements à proximité (chemins, bâtiments).

En première approche, compte tenu des pentes fortes et afin de respecter la règle des 3H/2V entre arêtes de fondations, on peut retenir, dans l'hypothèse d'un pied avant de dimension 6 x 5 m et d'un pied arrière de dimension 10 x 5 m :

- Pied Arrière :  $\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$  à -3,5 m/Terrain Actuel au minimum ;
- Pied Avant :  $\sigma_{a,ELS} = 200 \text{ à } 250 \text{ kPa}$  à -3,5 m/Terrain Actuel au minimum ;

Les terrains de fondation attendus seront de type moraines.

On s'assurera que le niveau de fondation soit situé au-delà des éventuels remblais existants, et sous le niveau des fondations existantes.

Des substitutions graveleuses pourront être nécessaires en cas d'altération et de décompression des matériaux en fond de fouille.

Un drainage périphérique des fondations sera prévu, avec un exutoire gravitaire en aval à définir.

Sous réserve d'un compactage soigné, par couches successives, il sera possible de retenir une densité des remblais de  $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$ .

La règle des 3H/2V entre arêtes de fondation devra être respectée, entre massifs fonctionnels mais également avec les aménagements annexes (local commande, murs en enrochements). S'il n'est pas possible d'assurer le 3H/2V, une étude spécifique d'interaction devra être menée.

Nous attirons également l'attention sur le fait que, compte tenu des pentes fortes, la chandelle du pied avant sera de forte hauteur.

Pour l'aménagement du débarquement, nous préconisons de prévoir un quai métallique (ou équivalent) afin d'éviter la réalisation de remblais. Si des remblais devaient être mis en œuvre, une étude spécifique devra être réalisée pour déterminer leur assise, leur nature, leur type (remblai renforcé à parement raidi, remblai avec soutènement, etc...) et leur méthodologie de mise en œuvre.

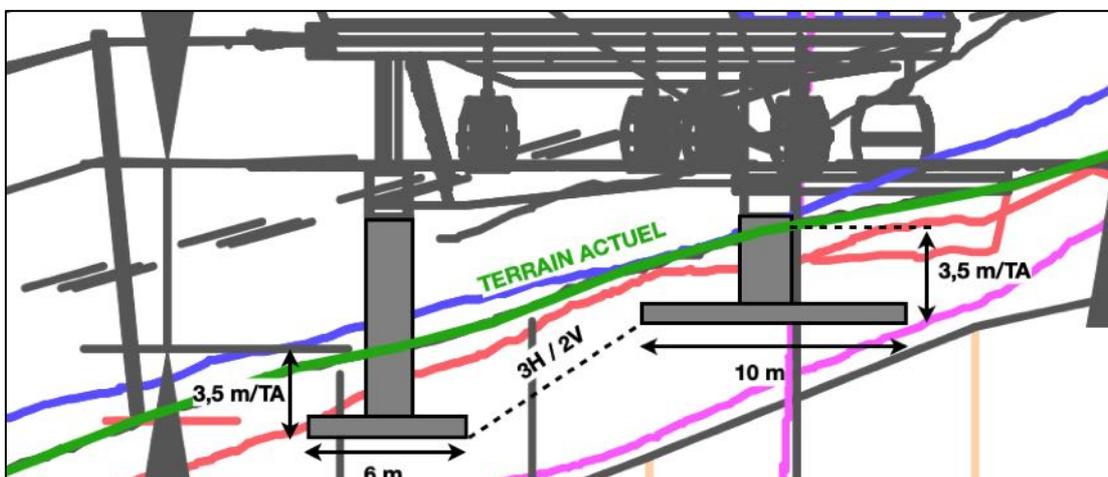


Figure 20 : Coupe schématique des fondations pouvant être mises en œuvre en gare amont G2

## 7. CONCLUSIONS

La synthèse géotechnique préliminaire basée sur l'étude des documents existants et des observations de terrain montre que le projet de TC10 Village, sur la station des ARCS-PEISEY-VALLANDRY (73), est envisageable sous réserve de suivre les prescriptions techniques préalable du présent rapport.

Concernant les préconisations indiquées pour les fondations des massifs, il convient de bien considérer ces données comme des principes constructifs (mission G1) établis sur la base de notre expérience et des observations de terrain. Elles ne peuvent être utilisées pour le dimensionnement définitif des ouvrages.

Une étude géotechnique de conception (mission G2 AVP/PRO), basée sur des observations complémentaires (visite de pré-implantation) et des reconnaissances géotechniques (sondages à la pelle, sondages au pénétromètre et pressiométriques) devra être réalisée afin de :

- valider l'implantation des pylônes et des gares,
- préciser le contexte géotechnique au droit des ouvrages,
- dimensionner précisément les fondations des ouvrages (profondeur de fondation, contrainte admissible de sol, préconisations techniques à adopter...),

En fonction des terrassements à réaliser en gare aval G1 et en gare amont G2, il pourra s'avérer nécessaire de prévoir la réalisation d'études spécifiques.

Les travaux devront faire l'objet d'un suivi géotechnique (mission G4). Dans le cas de la réalisation d'une mission G3, les bureaux d'études G3 et G4 devront être distincts.

■ ■ ■

*La Société SAGE se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire ou assistance technique relative à cette étude.*

# LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Profil et vue en plan avec observations de terrain

Annexe 2 : Classification des missions géotechniques selon la NF P 94-500

Annexe 3 : Conditions générales de vente et d'utilisation de la SAGE

# **Annexe 1 : Profil et vue en plan avec observations de terrain**

TC 10 VILLAGE  
IMPLANTATION DES OUVRAGES

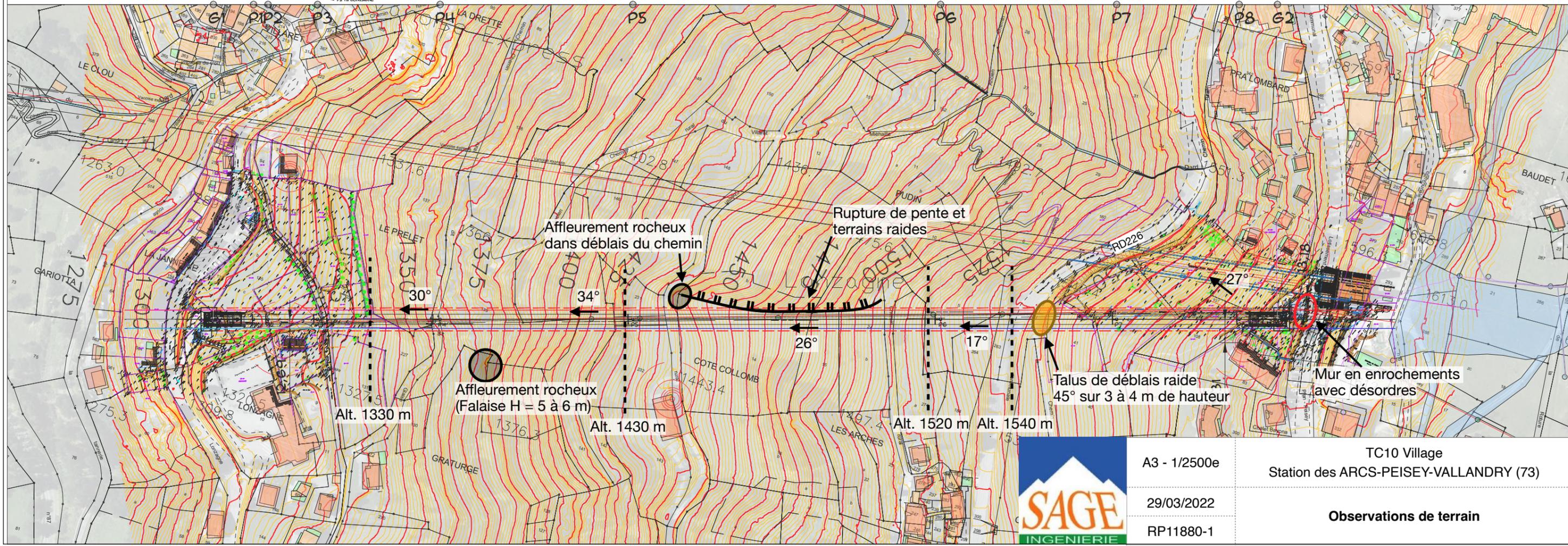
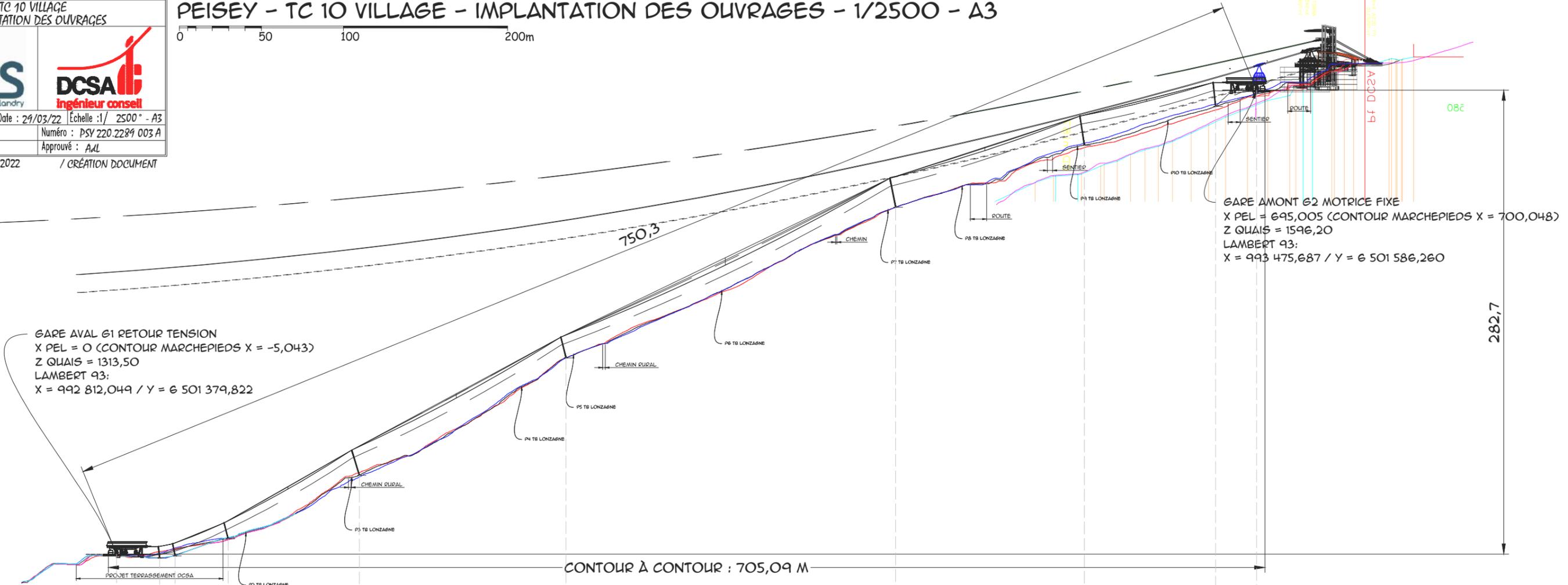
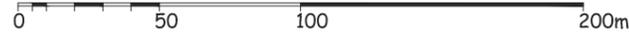
**ADS**  
DOMAINE SKIABLE  
Les Arcs / Peisey-Vallandry

**DCSA**  
Ingénieur conseil

Phase : DCE | Date : 29/03/22 | Echelle : 1/2500 - A3  
Émetteur : GEFF | Numéro : PSY 220.2289 003 A  
Vérifié : GEFF | Approuvé : AAL

INDICE A / 29 MARS 2022 / CRÉATION DOCUMENT

PEISEY - TC 10 VILLAGE - IMPLANTATION DES OUVRAGES - 1/2500 - A3



A3 - 1/2500e	TC10 Village Station des ARCS-PEISEY-VALLANDRY (73)
29/03/2022	Observations de terrain
RP11880-1	

# ANNEXE 5 : CALCUL DES ÉMISSIONS DE GES DU PROJET

## 1.1. PHASE TRAVAUX

### ÉMISSIONS LIÉES AU DEMONTAGE DE L'ANCIENNE REMONTEE MECANIQUE

Le démontage de l'ancienne remontée mécanique est émetteur de GES. En effet, il est souvent nécessaire d'utiliser des engins de chantier souvent très émetteurs et pratiquement systématiquement un hélicoptère pour le retrait, notamment des pylônes.

#### ÉMISSIONS LIÉES À L'UTILISATION DE L'HÉLICOPTÈRE

Les hélicoptères sont généralement alimentés au carburant de type JetA1 dont le facteur d'émission est de 3 kgCO<sub>2</sub>/l<sub>JetA1</sub><sup>1</sup>. La consommation de JetA1 dépend du type d'hélicoptère utilisé :

- > Hélicoptère type Super-Puma : entre 500 et 800 l/h<sup>2</sup> ;
- > Hélicoptère type B3 : 180 l/h<sup>3</sup>.

En considérant les informations ci-dessus et le nombre d'heures d'utilisation de l'hélicoptère, le calcul d'émissions de GES est le suivant.

$$\text{Émissions de CO2 Super-Puma (kgCO2e)} = 800 \text{ (l/h)} * \text{nb heures d'utilisation (h)} * 3 \text{ (kgCO2/l}_{\text{JetA1}})$$

$$\text{Émissions de CO2 B3 (kgCO2e)} = 180 \text{ (l/h)} * \text{nb heures d'utilisation (h)} * 3 \text{ (kgCO2/l}_{\text{JetA1}})$$

#### ÉMISSIONS LIÉES A L'UTILISATION DES ENGIN DE CHANTIER

Le calcul des émissions de GES des engins de chantier nécessite de connaître le nombre d'heures d'utilisation ainsi que la consommation de carburant de chaque engin. En considérant un facteur d'émission (FE) des engins de chantier au Gazole Non Routier (GNR) de 3,17 kgCO<sub>2</sub>/l<sub>GNR</sub><sup>4</sup>, une consommation de carburant d'environ 10 l/h pour un camion-grue et d'environ 4 l/h<sup>5</sup> pour un chariot élévateur le calcul est le suivant.

$$\text{Émissions de CO2 (kgCO2e)} = 3 \text{ ou } 10 \text{ (l/h)} * \text{nb heures d'utilisation (h)} * 3,17 \text{ (kgCO2/l}_{\text{GNR}})$$

### ÉMISSIONS LIÉES A LA PRODUCTION DES MATERIAUX NECESSAIRE A LA REALISATION DU PROJET

La production des matériaux nécessaires à la réalisation des travaux est une partie importante des émissions de GES du projet en phase travaux.

#### EMISSIONS LIÉES A LA PRODUCTION DE L'ACIER

Le calcul des émissions de GES de la production de l'acier nécessite de connaître le poids d'acier utilisé pour le projet. En considérant un facteur d'émission (FE) de la production d'acier neuf de 2210 kgCO<sub>2</sub>e/tonne ou d'acier recyclé de 938 kgCO<sub>2</sub>e/tonne, le calcul est le suivant.

$$\text{Emissions de CO2 (kgCO2e)} = \text{quantité d'acier (tonne)} * 2210 \text{ ou } 938 \text{ (kgCO2/tonne)}$$

<sup>1</sup> Base Carbone ADEME, 2022.

<sup>2</sup> Faqfra.online.fr ; site d'amateurs et professionnels de l'aviation.

<sup>3</sup> Swisshelicopter.ch

<sup>4</sup> Base Carbone ADEME, 2022.

<sup>5</sup> Manutrucs.fr

## ÉMISSIONS LIÉES A LA PRODUCTION DU BETON

Le calcul des émissions de GES du béton nécessite de connaître le poids de béton utilisé pour le projet. En considérant un facteur d'émission (FE) du béton armé de 155 kgCO<sub>2</sub>e/tonne ou de béton type C25/30CEM II de 88 kgCO<sub>2</sub>e/tonne, le calcul est e suivant.

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{e)} = \text{quantité de béton (tonne)} * 155 \text{ ou } 88 \text{ (kgCO}_2\text{/tonne)}$$

## **ÉMISSIONS LIÉES AUX TRAVAUX DE GENIE CIVIL**

Les travaux de génie civil consistent à mettre en place les fondations des gares de remontée mécanique ainsi que les fondations des pylônes.

Les travaux de génie civil utilisent des hélicoptères, des chariots élévateurs dont le calcul des émissions a été décrit précédemment. Ils utilisent aussi des pelles mécaniques et de la fourniture béton qui a été acheminée sur le chantier. Pour ces 2 aspects, les calculs sont détaillés par la suite.

Il a été estimé qu'une pelle mécanique consomme environ 15 l/h<sup>6</sup>, en considérant le facteur d'émission des engins de chantier de 3,17 kgCO<sub>2</sub>/l<sub>GNR</sub><sup>7</sup> et en sachant le nombre d'heures d'utilisation :

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{e)} = 15 \text{ (l/h)} * \text{nb heures d'utilisation (h)} * 3,17 \text{ (kgCO}_2\text{/l}_{\text{GNR}})$$

## **ÉMISSIONS LIÉES AUX TRAVAUX DE MONTAGE DE LA NOUVELLE REMONTEE MECANIQUE**

Les travaux de montage de la nouvelle remontée mécanique nécessitent les mêmes engins que pour le démontage de l'ancienne.

Les calculs d'émission sont décrits dans cette même partie.

## **ÉMISSIONS LIÉES AU TRANSPORT DES MATERIAUX ET ENGINs VERS LE LIEU DE CHANTIER**

Les matériaux et engins nécessaires aux travaux doivent être acheminés jusqu'au lieu du chantier. Le transport de tous ces éléments est émetteur de GES notamment lorsque le transport a lieu par camion.

L'acheminement des engins et matériaux sur le chantier nécessite l'utilisation de camion de transport. En utilisant le nombre de kilomètres parcouru par le(s) camion(s) et un facteur d'émission de 1,31 kgCO<sub>2</sub>/camion/km<sup>8</sup> :

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ (kgCO}_2\text{e)} = \text{distance parcourue (km)} * \text{nb de camions} * 1,31 \text{ (kgCO}_2\text{/km/camion)}$$

---

<sup>6</sup> Liebherr.com ou casec.com

<sup>7</sup> Base Carbone ADEME, 2022.

<sup>8</sup> Base Carbone ADEME, 2022.

## 1.2. PHASE EXPLOITATION

### ÉMISSIONS LIÉES A LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DES REMONTEES MECANIQUES

La consommation électrique d'une remontée mécanique (télésiège, télécabine, télésiège) émet du CO<sub>2e</sub> en fonction de la puissance électrique qu'elle développe, du temps d'utilisation annuel et enfin de la provenance de l'électricité qu'elle utilise.

En France, l'électricité provient généralement du mix énergétique français. Bien que considérée comme décarbonée, l'électricité française émet tout de même du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Le facteur d'émission à prendre en compte dans les calculs est celui de 57 g<sub>CO<sub>2e</sub></sub>/kWh produit<sup>9</sup>.

$$\text{Émissions de CO}_2 \text{ (gCO}_2\text{e)} = \text{Puissance électrique (kWh)} * \text{nb d'heures d'utilisation annuelle (h)} * 57 \text{ (gCO}_2\text{/kWh)}$$

---

<sup>9</sup> Base Carbone ADEME, 2022.