



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

Méthodologie et terminologie

Résultats généraux

Fiches stations



7 septembre 2021

5.4 LA-FOUX

5.4.1 Caractéristiques du domaine : RM, pistes, neige de culture

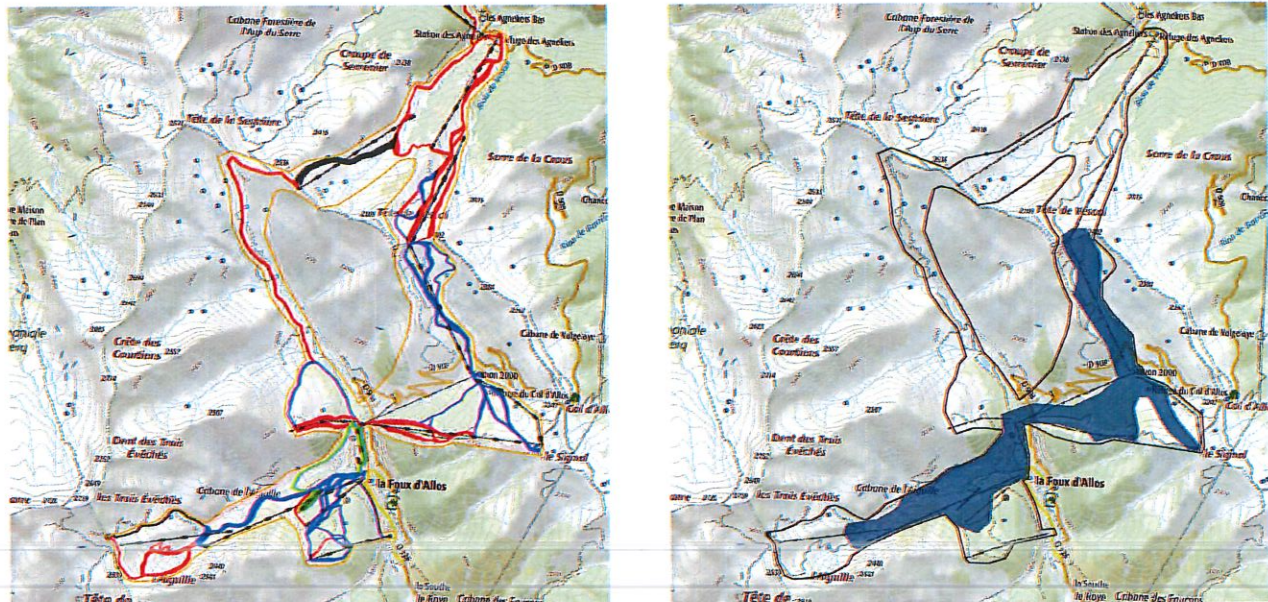


FIGURE 350 – A gauche : carte de la station, avec ses remontées mécaniques et ses pistes (si présentes, les couleurs correspondent aux niveaux de difficulté). A droite : zones couvertes par la neige de culture (comprenant les projets futurs).

Station : La Foux d'Allos

Synthèse pistes		
Surface de pistes	102.2	ha
Longueur de pistes	43.9	km
Synthèse remontées mécaniques		
Longueur de RM	16.6	km
Dénivelée cumulée	4 580	m
Moment de puissance	5 890	km³pers./h
➤ couvert en neige de culture à :	51%	
Capacité totale du DS (en situation de confort)	5 690	pers.
Synthèse neige de culture		
Volume d'eau disponible dans les retenues	39 000	m³
Consommation moyenne par saison (2012 - 2020)	66 000	m³
Surface de pistes couverte en neige de culture	28.6	ha
➤ proportion de pistes avec neige de culture	28%	

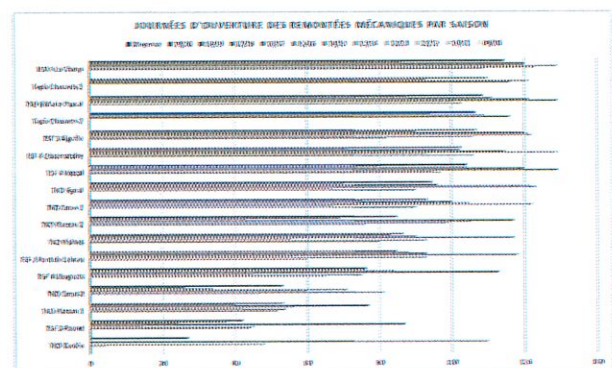


FIGURE 351 – A gauche : caractéristiques principales de la station. A droite : journées d'ouverture des remontées mécaniques pendant les dernières saisons.

5.4.2 Caractéristiques du domaine : consommations énergétiques



FIGURE 352 – Consommations énergétiques totales pendant les dernières saisons.

5.4.3 Indice de fiabilité de l'enneigement

L'indice de fiabilité de l'enneigement est calculé chaque année pour l'ensemble du domaine skiable. Il traduit les conditions d'exploitation, en prenant en compte les caractéristiques topographiques des pistes et la répartition des remontées mécaniques en fonction de l'altitude. Cet indicateur peut être interprété comme la part du domaine skiable exploitable (entre 0% et 100%) et dépend donc non seulement du scénario d'émission de gaz à effet de serre, mais aussi des équipements de la station et des techniques de gestion de la neige (damage, production de neige de culture).

Les graphiques représentent l'évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement (pourcentage du domaine skiable qui peut être ouvert aux clients pendant toute la saison) sur une période de 15 années centrée sur l'année considérée (soit 2013-2027 pour l'année 2020). Le Q20 de l'indice de fiabilité de l'enneigement est calculé sur la période de référence passée (1986-2015) et correspond aux conditions d'enneigement qui permettent de séparer les 20 pires saisons sur un échantillon de 100. Par exemple, un Q20 de 33% signifie que, 1 saison sur 5, on a pu ouvrir moins de 1/3 du domaine. Les éléments représentés dans tous les graphiques de ces rapports sont les suivants :

- Courbes grises : analyses historiques
- Courbes noires : **observations**
- Courbes en couleurs : projections (**RCP2.6**, **RCP4.5**, **RCP8.5**)
- Traits en gras : 1 chance sur 2 (moyennes)
- Enveloppes : 1 chance sur 5 (meilleures et pires saisons)
- Lignes horizontales en pointillé : Q20 de la période de référence 1986- 2015

5.4.4 Taux de retour des mauvaises saisons

Plus que l'évolution de l'indice de fiabilité en tant que telle, la récurrence des saisons difficiles peut avoir un impact sur la possibilité de maintenir l'exploitation du domaine skiable. Le taux de retour des mauvaises saisons est donc un indicateur clé pour évaluer les effets du changement climatique dans les stations de ski : il représente la fréquence à laquelle les hivers faiblement enneigés (pires conditions susceptibles de se reproduire 1 année sur 5 durant la période de référence 1986-2015) vont se reproduire dans le futur.

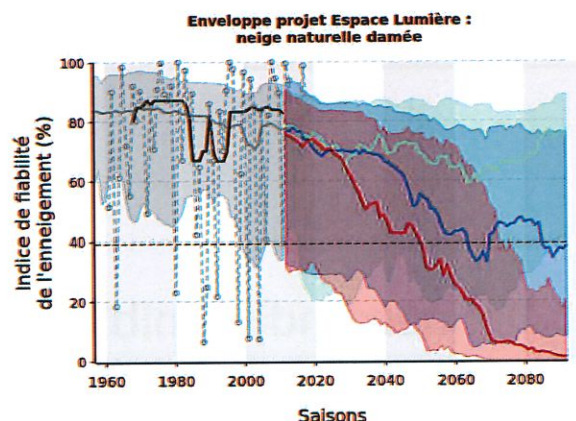


FIGURE 353 – Évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement en neige naturelle damée.

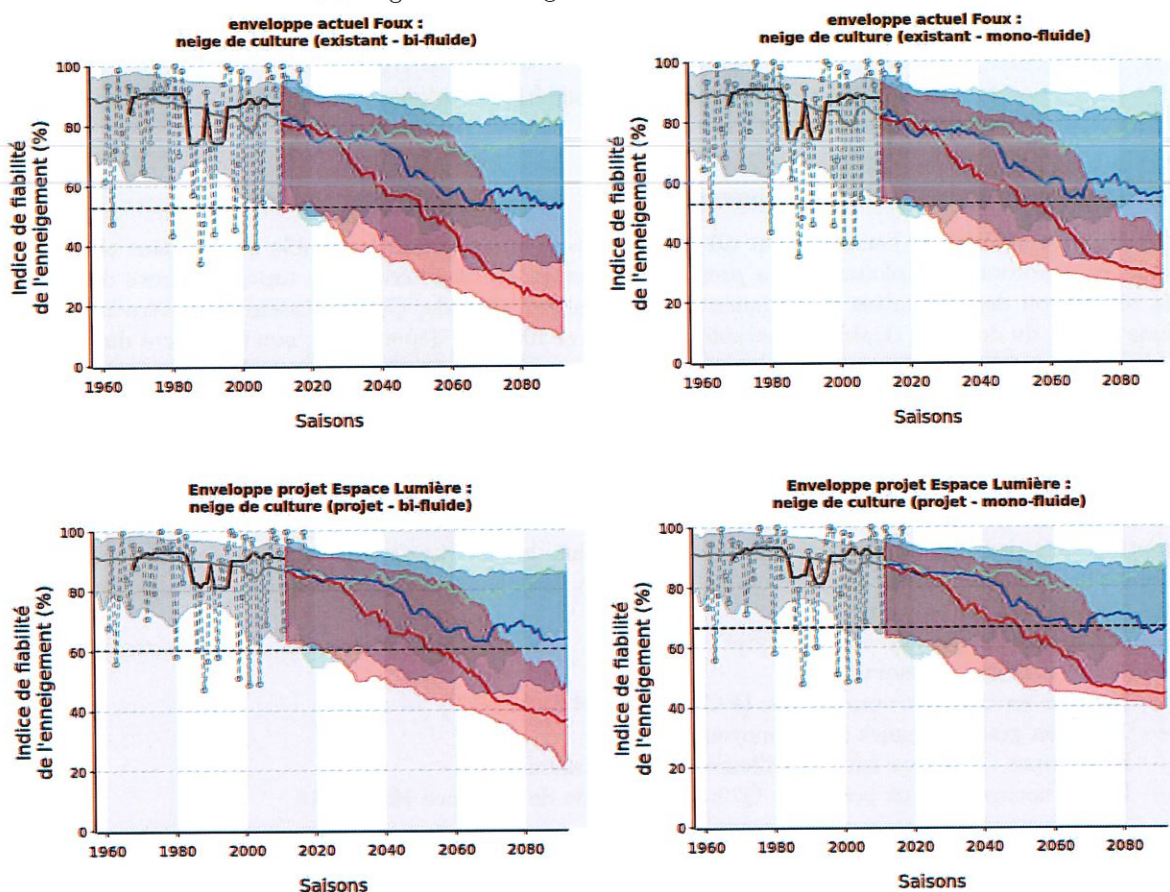


FIGURE 354 – Évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années.

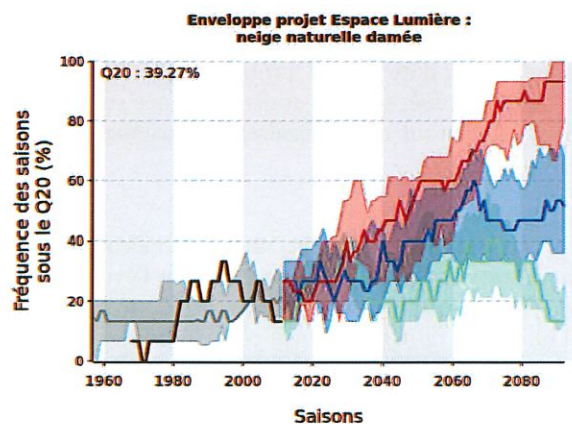


FIGURE 355 – Évolution du taux de retour des mauvaises saisons en neige naturelle damée.

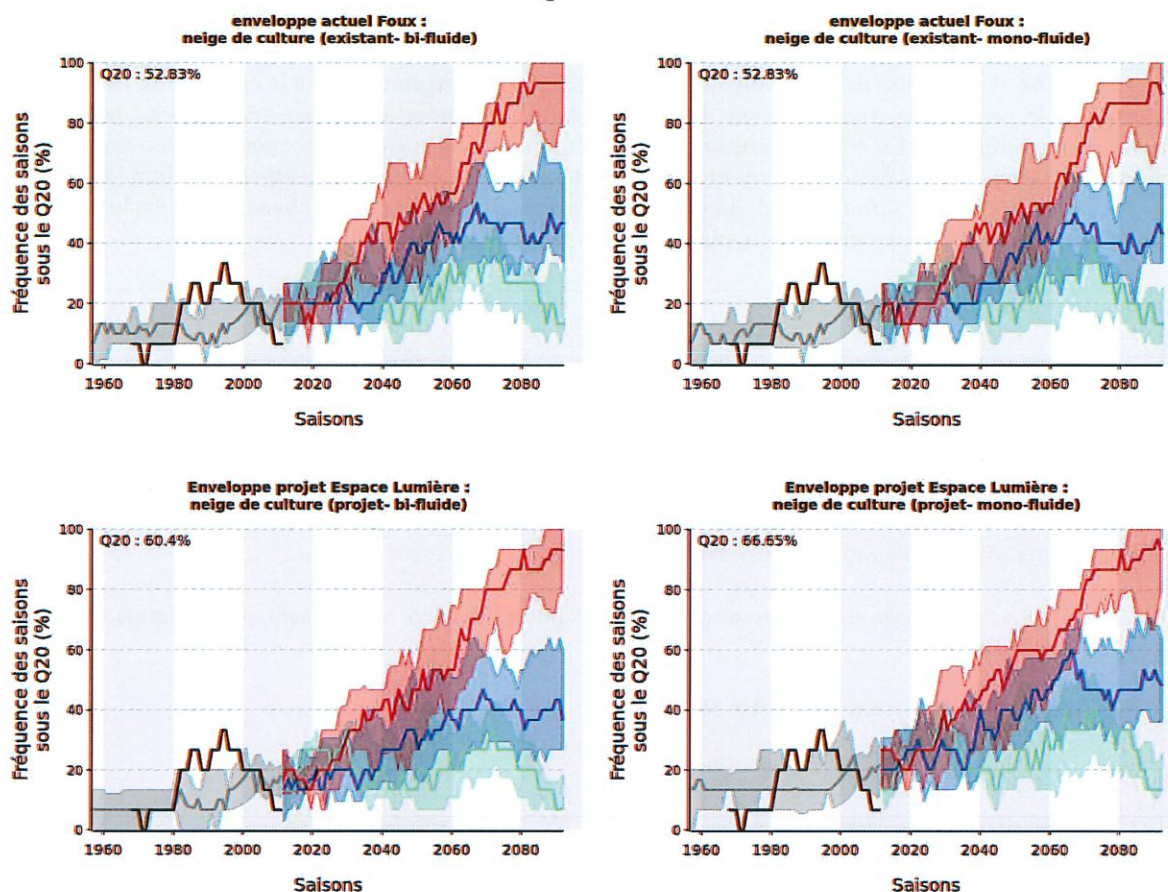


FIGURE 356 – Évolution du taux de retour des mauvaises saisons avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années.

Les graphiques représentent la probabilité de retour d'une saison avec un indice de fiabilité de l'enneigement en-dessous de celui défini, sur la période passée, par le Q20. Par exemple, si la fréquence à une certaine date est de 50%, cela signifie qu'à cette date on a 1 probabilité sur 2 de rencontrer les mêmes mauvaises conditions d'enneigement qui, dans le passé, se présentaient 1 année sur 5. Par définition, donc, l'indice de fiabilité décroît quand la fréquence de retour des mauvaises saisons augmente.

5.4.5 Fenêtres de froid

Le potentiel de froid pour la production de neige de culture est calculé à partir des températures humides pour l'altitude la plus basse de la station. Les graphiques montrent l'évolution de ce potentiel en fonction de la période de la saison (période "avant saison", du 01/11 au 20/12, et période de "confortement", du 21/12 au 31/01) et en fonction de l'intervalle de température considéré (entre -1°C et -4°C , entre -4°C et -6°C et $<-6^{\circ}\text{C}$). Pour rappel, la courbe Q20 (la plus basse de chaque enveloppe) donne le potentiel de froid des 3 saisons les plus chaudes sur 15 centrées sur l'année considérée : si on dimensionnait une l'installation de neige de culture sur le potentiel de froid du Q20, on fiabiliserait 4 saisons sur 5.

5.4.6 Consommation en eau pour la production de neige de culture

Les volumes de consommation d'eau simulés expriment un besoin pour la production de neige en fonction des pratiques actuelles et en fonction de l'évolution des conditions de production. Les simulations ne présumant pas de la disponibilité de la ressource : l'eau n'est pas une contrainte et seul le climat a un impact sur l'évolution de la production. Indirectement, l'évolution de la consommation en eau traduit donc également la capacité de production. En effet, l'évolution du climat influe à la fois sur l'accroissement du besoin et sur la dégradation des facteurs de production qui dépendent également du climat (température humide, vent). Ainsi, en fin de siècle, une diminution de la consommation en eau traduit généralement une évolution vers des conditions de production défavorables plutôt qu'une diminution du besoin.

Significations d'un palier :

- hyp 1 : le potentiel froid est constant et le besoin en neige de culture est supérieur ou égal au volume permis par la capacité de production de l'installation,
- hyp 2 : le besoin en neige de culture est constant et le potentiel froid est suffisant pour produire la sous-couche et maintenir les 60 cm.

Signification d'une portion de courbe croissante :

- le besoin en neige de culture augmente et le potentiel froid est suffisant pour augmenter la production.

Signification d'une portion de courbe décroissante :

- hyp 1 : le besoin en neige de culture décroît,
- hyp 2 : le besoin est stable ou croissant mais le potentiel froid diminue.

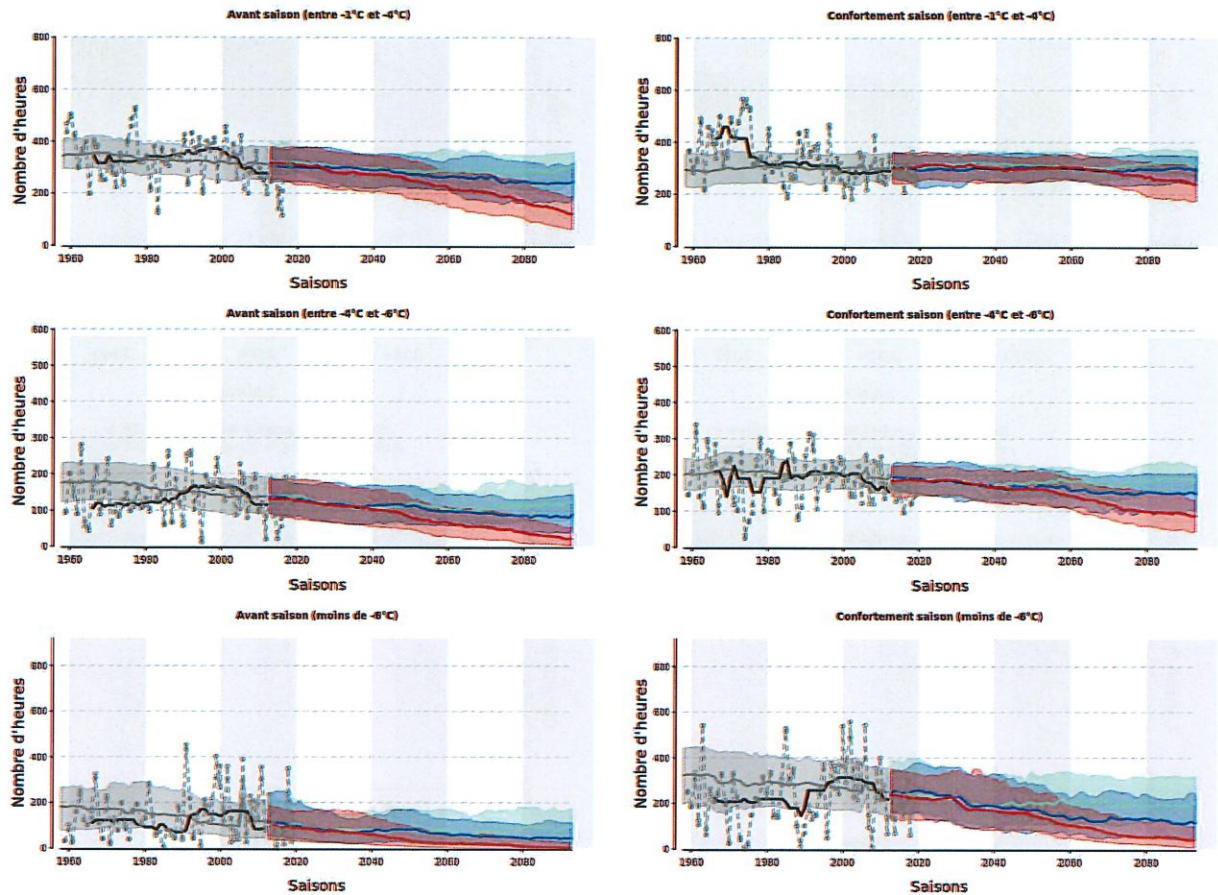


FIGURE 357 – Évolution du potentiel de froid à l'altitude la plus basse de la station, en fonction de la période de la saison (période "avant saison", du 01/11 au 20/12, et période de "confortement", du 21/12 au 31/01) et en fonction de l'intervalle de température considéré (entre -1°C et -4°C, entre -4°C et -6°C et <-6°C).

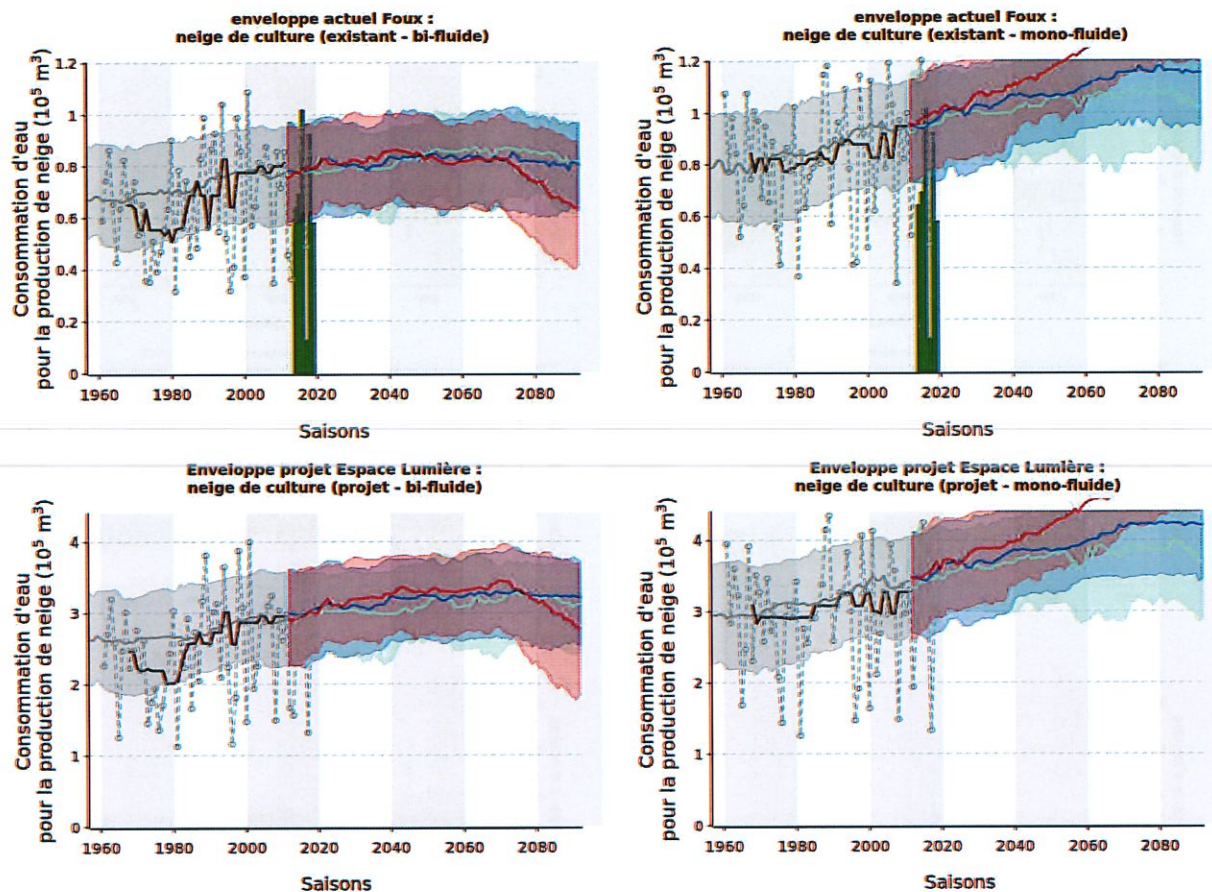


FIGURE 358 – Évolution de la consommation en eau pour la production de neige de culture avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années. Si disponible, la consommation en eau réalisée par la station dans les dernières saisons est représentée par un histogramme vert.

5.4.7 Durée d'enneigement

L'hétérogénéité spatiale des conditions d'enneigement est représentée à l'aide de cartes 2D, qui montrent le nombre de jours durant lesquels le niveau d'enneigement dépasse un seuil défini comme la quantité de neige suffisante pour permettre la pratique du ski. Ce seuil est fixé à une quantité de neige équivalente à 20 cm de neige damée, quelle que soit son origine (précipitations naturelles ou production). Les résultats présentés, correspondant au scénario RCP8.5 et à des installations existantes et futures de type "perches", permettent de :

- comparer des dates différentes (2020, 2035 et 2050),
- comparer des conditions d'enneigement correspondant à des saisons moyennes (Q50) et à des saisons mauvaises (Q20),
- analyser la façon dont la station va faire face aux effets du changement climatique, si elle garde ses équipements actuels et avec la prise en compte des projets d'aménagement futurs.

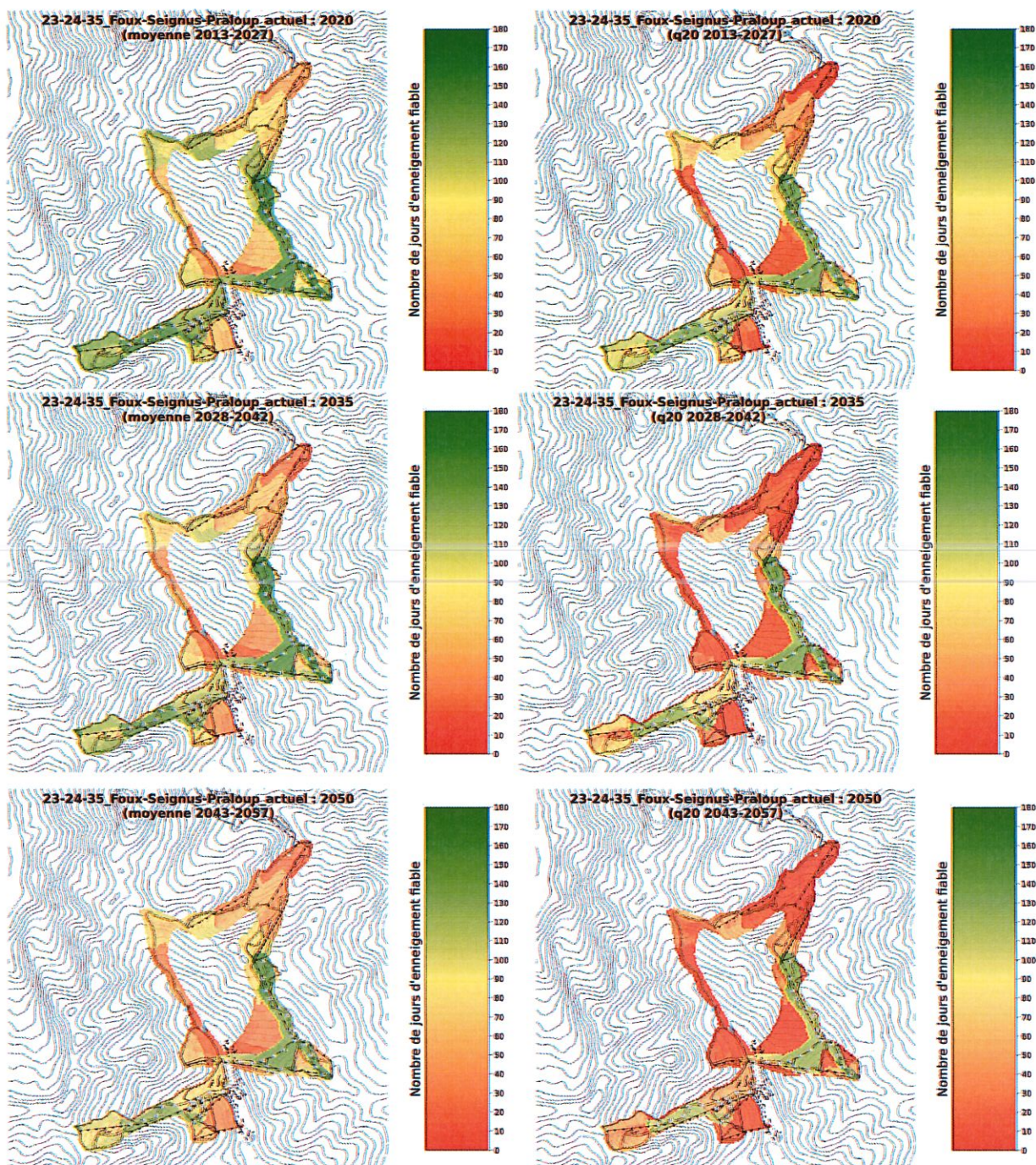


FIGURE 359 – Nombre de jours pendant lesquels la pratique du ski sera possible, en prenant en compte les équipements actuels et en fonction de l'horizon temporel considéré (du haut vers le bas : 2020, 2035, 2050). La colonne de gauche montre les conditions d'enneigement des saisons moyennes (Q50) et celle de droite les conditions d'enneigement des saisons mauvaises (Q20).

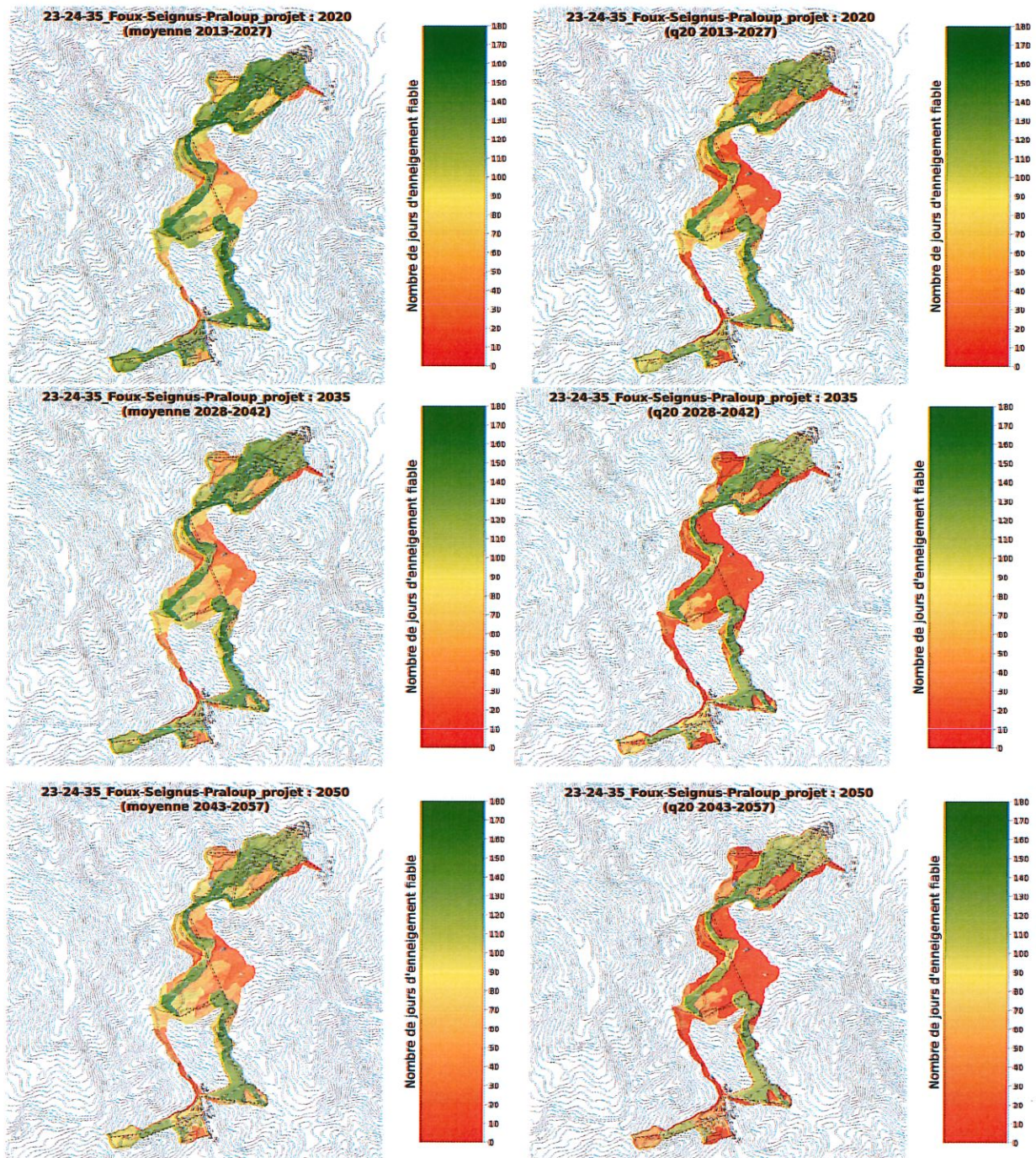


FIGURE 360 – Nombre de jours pendant lesquels la pratique du ski sera possible, en prenant en compte les projets d'aménagement futurs et en fonction de l'horizon temporel considéré (du haut vers le bas : 2020, 2035, 2050). La colonne de gauche montre les conditions d'enneigement des saisons moyennes (Q50) et celle de droite les conditions d'enneigement des saisons mauvaises (Q20).

5.9 PRA-LOUP

5.9.1 Caractéristiques du domaine : RM, pistes, neige de culture

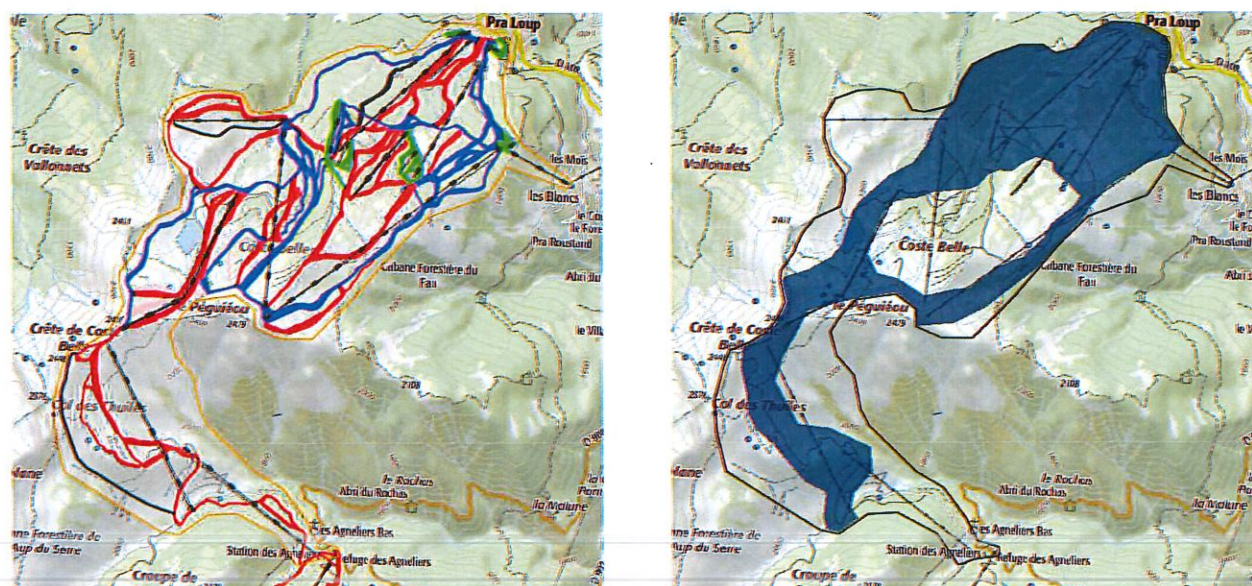


FIGURE 405 – A gauche : carte de la station, avec ses remontées mécaniques et ses pistes (si présentes, les couleurs correspondent aux niveaux de difficulté). A droite : zones couvertes par la neige de culture (comprenant les projets futurs).

Station : Pra Loup

Synthèse pistes		
Surface de pistes	102	ha
Longueur de pistes	54	km
Synthèse remontées mécaniques		
Longueur de RM	18.2	km
Dénivelée cumulée	5 020	m
Moment de puissance	6 840	km ³ /pers./h
> couvert en neige de culture à :	69%	
Capacité totale du DS (en situation de confort)	5 310	pers.
Synthèse neige de culture		
Volume d'eau disponible dans les retenues	185 000	m ³
Consommation moyenne par saison (2012 - 2020)	146 000	m ³
Surface de pistes couverte en neige de culture	51	ha
> proportion de pistes avec neige de culture	50%	

Données indisponibles

FIGURE 406 – A gauche : caractéristiques principales de la station. A droite : journées d'ouverture des remontées mécaniques pendant les dernières saisons.

5.9.2 Caractéristiques du domaine : consommations énergétiques



FIGURE 407 – Consommations énergétiques totales pendant les dernières saisons.

5.9.3 Indice de fiabilité de l'enneigement

L'indice de fiabilité de l'enneigement est calculé chaque année pour l'ensemble du domaine skiable. Il traduit les conditions d'exploitation, en prenant en compte les caractéristiques topographiques des pistes et la répartition des remontées mécaniques en fonction de l'altitude. Cet indicateur peut être interprété comme la part du domaine skiable exploitable (entre 0% et 100%) et dépend donc non seulement du scénario d'émission de gaz à effet de serre, mais aussi des équipements de la station et des techniques de gestion de la neige (damage, production de neige de culture).

Les graphiques représentent l'évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement (pourcentage du domaine skiable qui peut être ouvert aux clients pendant toute la saison) sur une période de 15 années centrée sur l'année considérée (soit 2013-2027 pour l'année 2020). Le Q20 de l'indice de fiabilité de l'enneigement est calculé sur la période de référence passée (1986-2015) et correspond aux conditions d'enneigement qui permettent de séparer les 20 pires saisons sur un échantillon de 100. Par exemple, un Q20 de 33% signifie que, 1 saison sur 5, on a pu ouvrir moins de 1/3 du domaine. Les éléments représentés dans tous les graphiques de ces rapports sont les suivants :

- Courbes grises : analyses historiques
- Courbes noires : observations
- Courbes en couleurs : projections (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5)
- Traits en gras : 1 chance sur 2 (moyennes)
- Enveloppes : 1 chance sur 5 (meilleures et pires saisons)
- Lignes horizontales en pointillé : Q20 de la période de référence 1986- 2015

5.9.4 Taux de retour des mauvaises saisons

Plus que l'évolution de l'indice de fiabilité en tant que telle, la récurrence des saisons difficiles peut avoir un impact sur la possibilité de maintenir l'exploitation du domaine skiable. Le taux de retour des mauvaises saisons est donc un indicateur clé pour évaluer les effets du changement climatique dans les stations de ski : il représente la fréquence à laquelle les hivers faiblement enneigés (pires conditions susceptibles de se reproduire 1 année sur 5 durant la période de référence 1986-2015) vont se reproduire dans le futur.

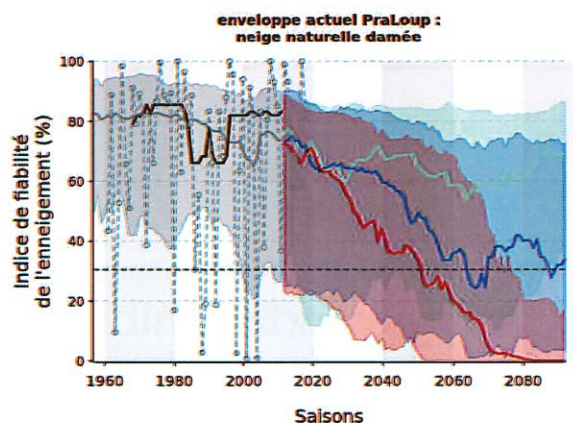


FIGURE 408 – Évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement en neige naturelle damée.

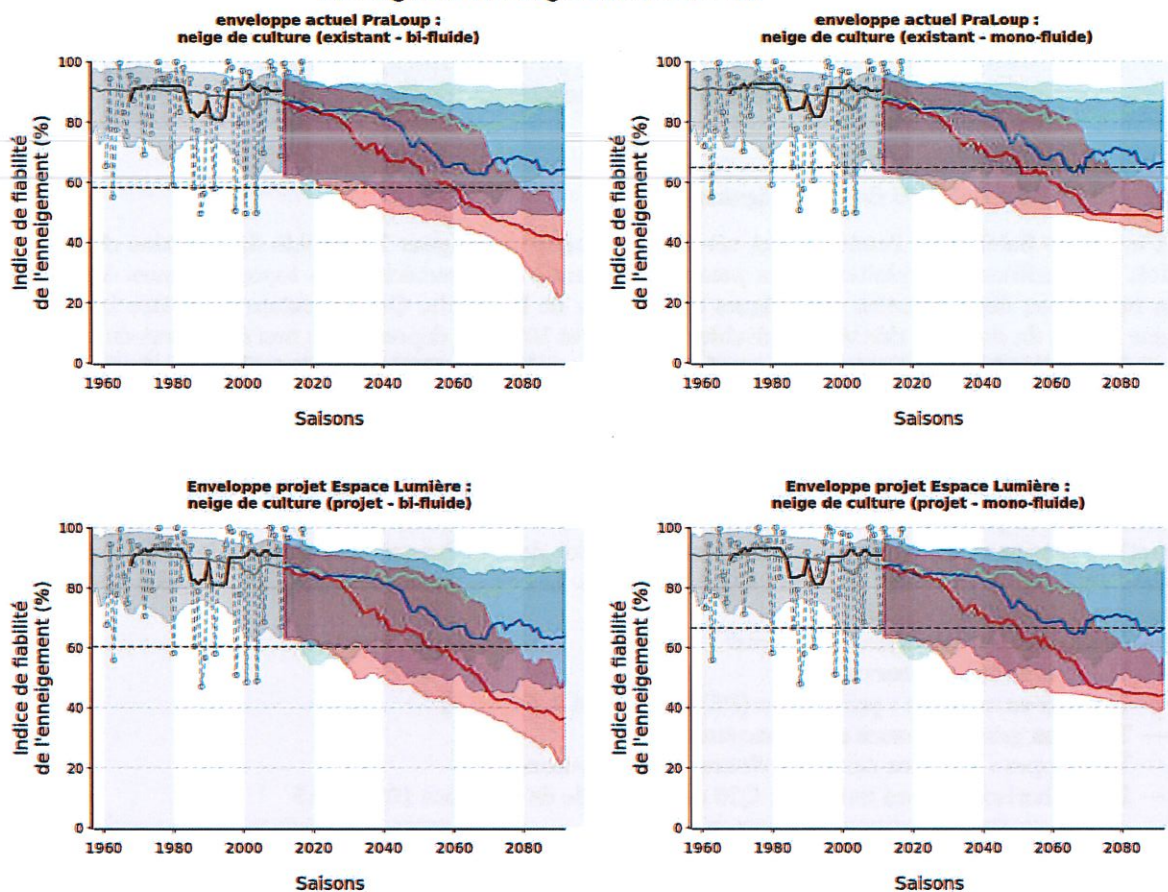


FIGURE 409 – Évolution de l'indice de fiabilité de l'enneigement avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années.

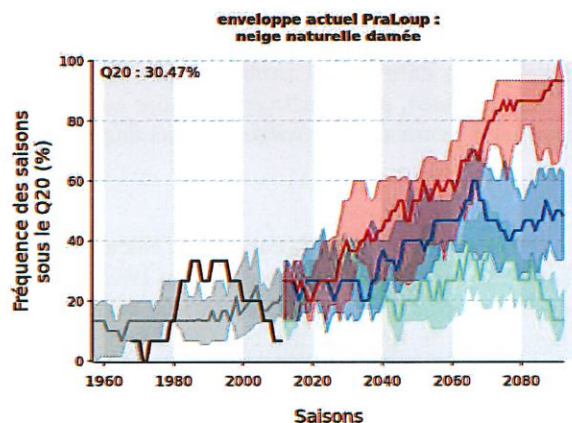


FIGURE 410 – Évolution du taux de retour des mauvaises saisons en neige naturelle damée.

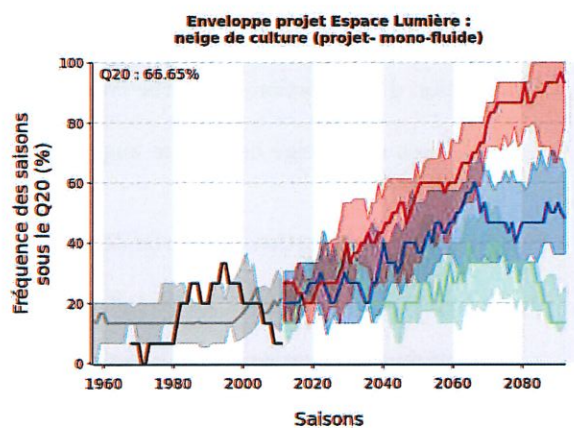
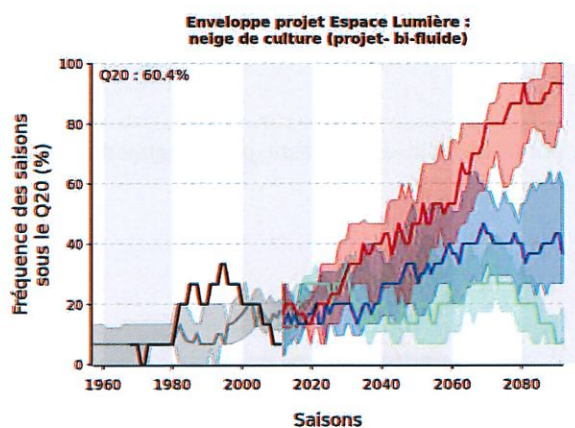
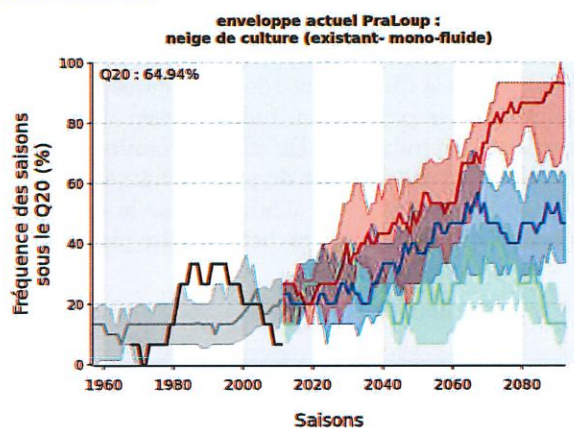
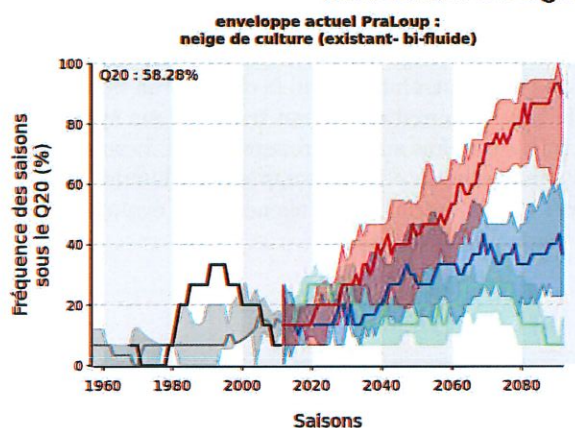


FIGURE 411 – Évolution du taux de retour des mauvaises saisons avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années.

Les graphiques représentent la probabilité de retour d'une saison avec un indice de fiabilité de l'enneigement en-dessous de celui défini, sur la période passée, par le Q20. Par exemple, si la fréquence à une certaine date est de 50%, cela signifie qu'à cette date on a 1 probabilité sur 2 de rencontrer les mêmes mauvaises conditions d'enneigement qui, dans le passé, se présentaient 1 année sur 5. Par définition, donc, l'indice de fiabilité décroît quand la fréquence de retour des mauvaises saisons augmente.

5.9.5 Fenêtres de froid

Le potentiel de froid pour la production de neige de culture est calculé à partir des températures humides pour l'altitude la plus basse de la station. Les graphiques montrent l'évolution de ce potentiel en fonction de la période de la saison (période "avant saison", du 01/11 au 20/12, et période de "confortement", du 21/12 au 31/01) et en fonction de l'intervalle de température considéré (entre -1°C et -4°C , entre -4°C et -6°C et $<-6^{\circ}\text{C}$). Pour rappel, la courbe Q20 (la plus basse de chaque enveloppe) donne le potentiel de froid des 3 saisons les plus chaudes sur 15 centrées sur l'année considérée : si on dimensionnait une l'installation de neige de culture sur le potentiel de froid du Q20, on fiabiliserait 4 saisons sur 5.

5.9.6 Consommation en eau pour la production de neige de culture

Les volumes de consommation d'eau simulés expriment un besoin pour la production de neige en fonction des pratiques actuelles et en fonction de l'évolution des conditions de production. Les simulations ne présumant pas de la disponibilité de la ressource : l'eau n'est pas une contrainte et seul le climat a un impact sur l'évolution de la production. Indirectement, l'évolution de la consommation en eau traduit donc également la capacité de production. En effet, l'évolution du climat influe à la fois sur l'accroissement du besoin et sur la dégradation des facteurs de production qui dépendent également du climat (température humide, vent). Ainsi, en fin de siècle, une diminution de la consommation en eau traduit généralement une évolution vers des conditions de production défavorables plutôt qu'une diminution du besoin.

Significations d'un palier :

- hyp 1 : le potentiel froid est constant et le besoin en neige de culture est supérieur ou égal au volume permis par la capacité de production de l'installation,
- hyp 2 : le besoin en neige de culture est constant et le potentiel froid est suffisant pour produire la sous-couche et maintenir les 60 cm.

Signification d'une portion de courbe croissante :

- le besoin en neige de culture augmente et le potentiel froid est suffisant pour augmenter la production.

Signification d'une portion de courbe décroissante :

- hyp 1 : le besoin en neige de culture décroît,
- hyp 2 : le besoin est stable ou croissant mais le potentiel froid diminue.

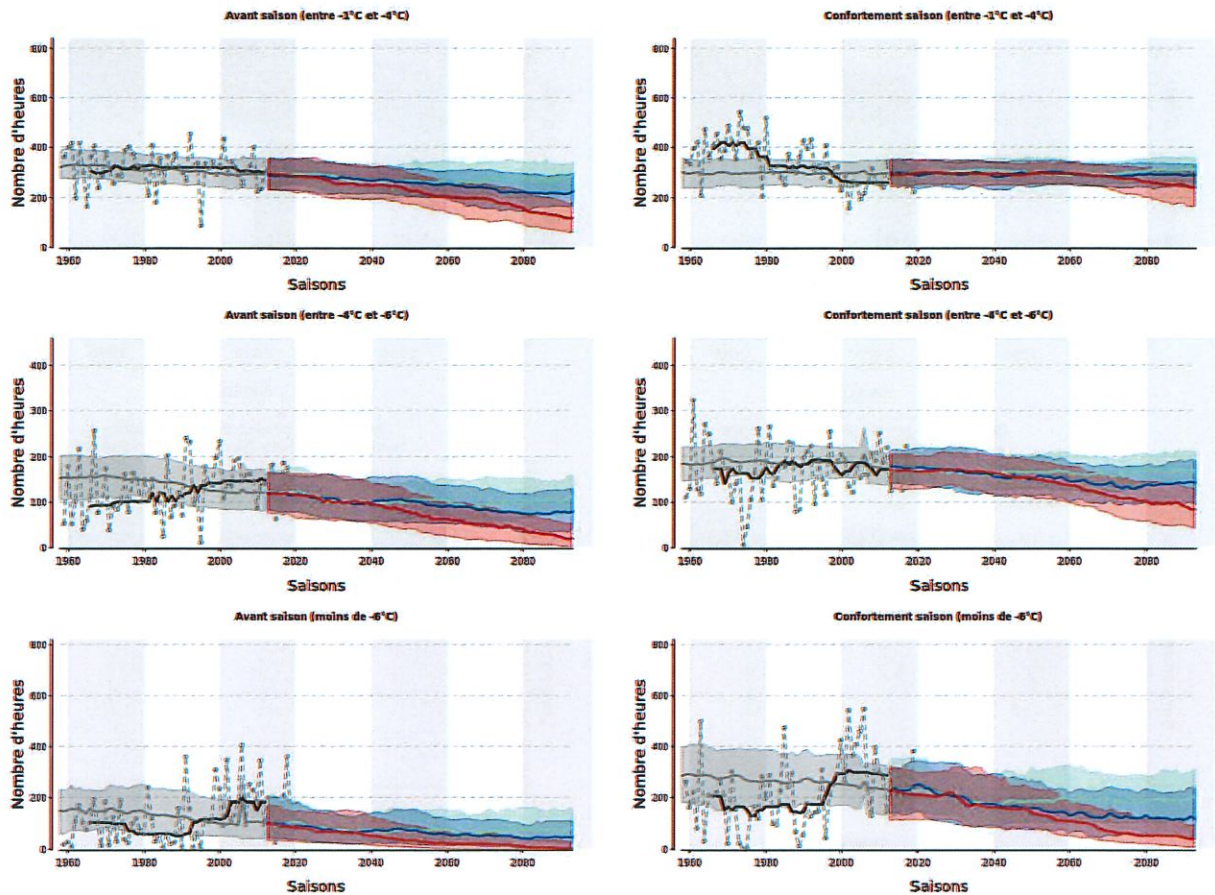


FIGURE 412 – Évolution du potentiel de froid à l'altitude la plus basse de la station, en fonction de la période de la saison (période "avant saison", du 01/11 au 20/12, et période de "confortement", du 21/12 au 31/01) et en fonction de l'intervalle de température considéré (entre -1°C et -4°C, entre -4°C et -6°C et <-6°C).

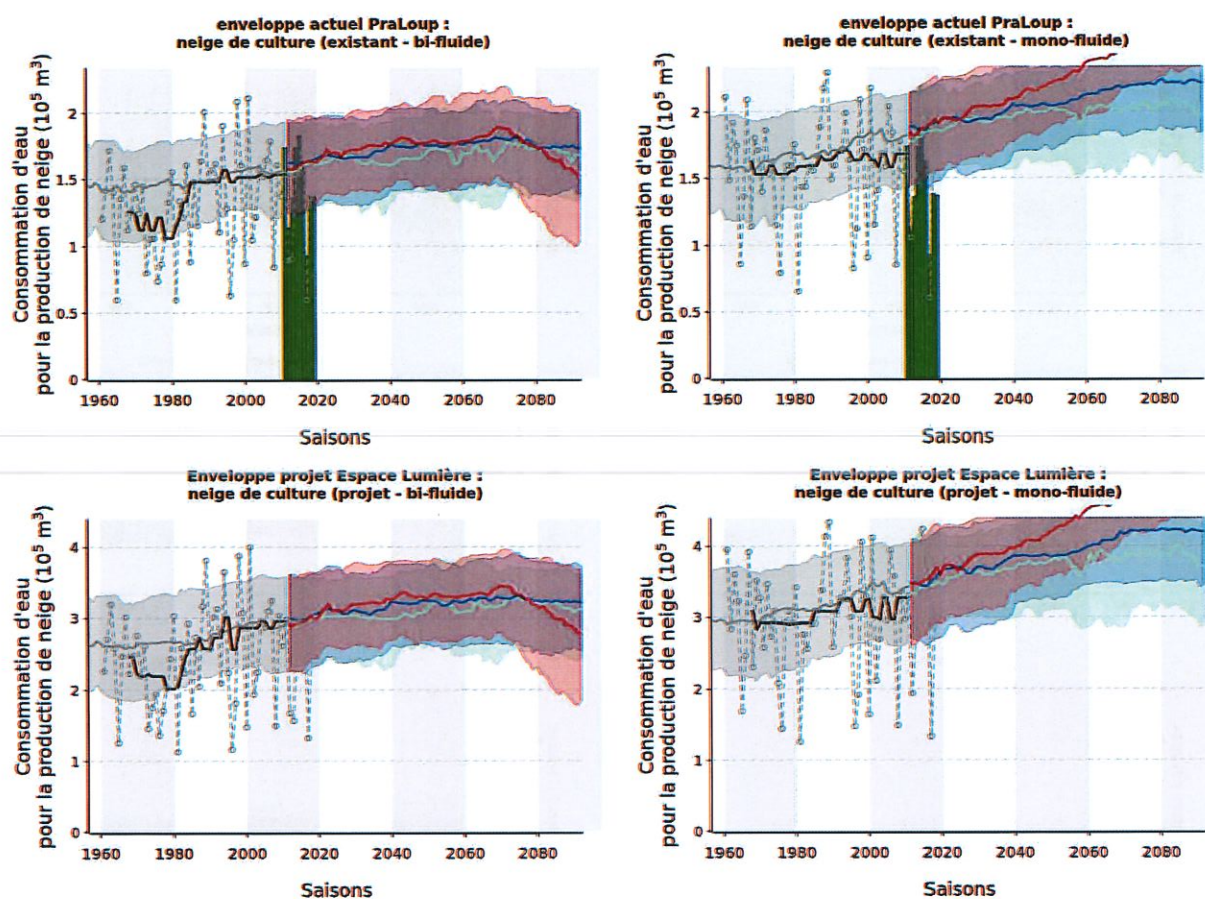


FIGURE 413 – Évolution de la consommation en eau pour la production de neige de culture avec des équipements de type "perches" (à gauche) et "ventilateurs" (à droite). Les graphiques du haut correspondent aux installations actuelles, ceux du bas aux installations prévues dans les prochaines années. Si disponible, la consommation en eau réalisée par la station dans les dernières saisons est représentée par un histogramme vert.

5.9.7 Durée d'enneigement

L'hétérogénéité spatiale des conditions d'enneigement est représentée à l'aide de cartes 2D, qui montrent le nombre de jours durant lesquels le niveau d'enneigement dépasse un seuil défini comme la quantité de neige suffisante pour permettre la pratique du ski. Ce seuil est fixé à une quantité de neige équivalente à 20 cm de neige damée, quelle que soit son origine (précipitations naturelles ou production). Les résultats présentés, correspondant au scénario RCP8.5 et à des installations existantes et futures de type "perches", permettent de :

- comparer des dates différentes (2020, 2035 et 2050),
- comparer des conditions d'enneigement correspondant à des saisons moyennes (Q50) et à des saisons mauvaises (Q20),
- analyser la façon dont la station va faire face aux effets du changement climatique, si elle garde ses équipements actuels et avec la prise en compte des projets d'aménagement futurs.

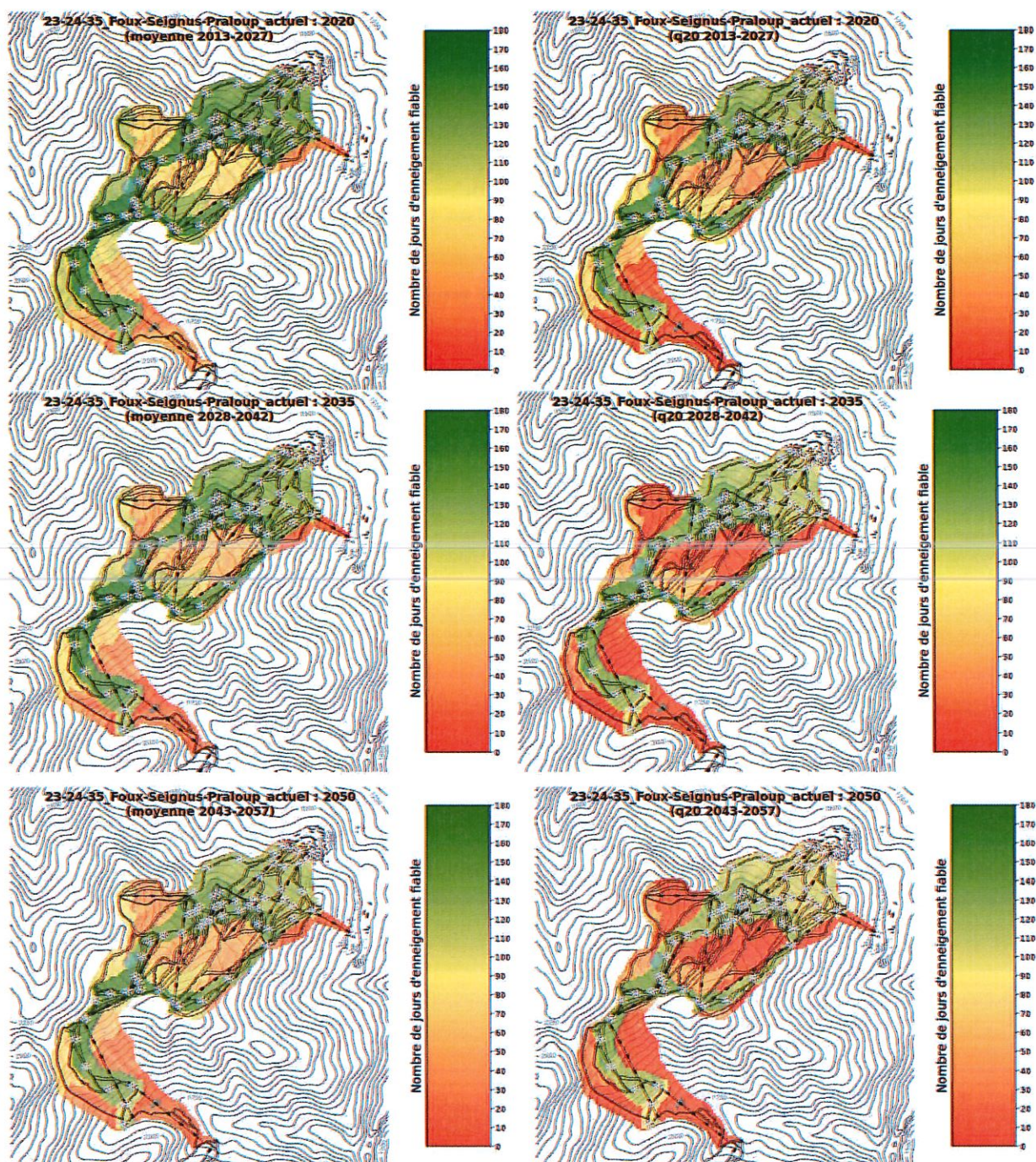


FIGURE 414 – Nombre de jours pendant lesquels la pratique du ski sera possible, en prenant en compte les équipements actuels et en fonction de l'horizon temporel considéré (du haut vers le bas : 2020, 2035, 2050). La colonne de gauche montre les conditions d'enneigement des saisons moyennes (Q50) et celle de droite les conditions d'enneigement des saisons mauvaises (Q20).

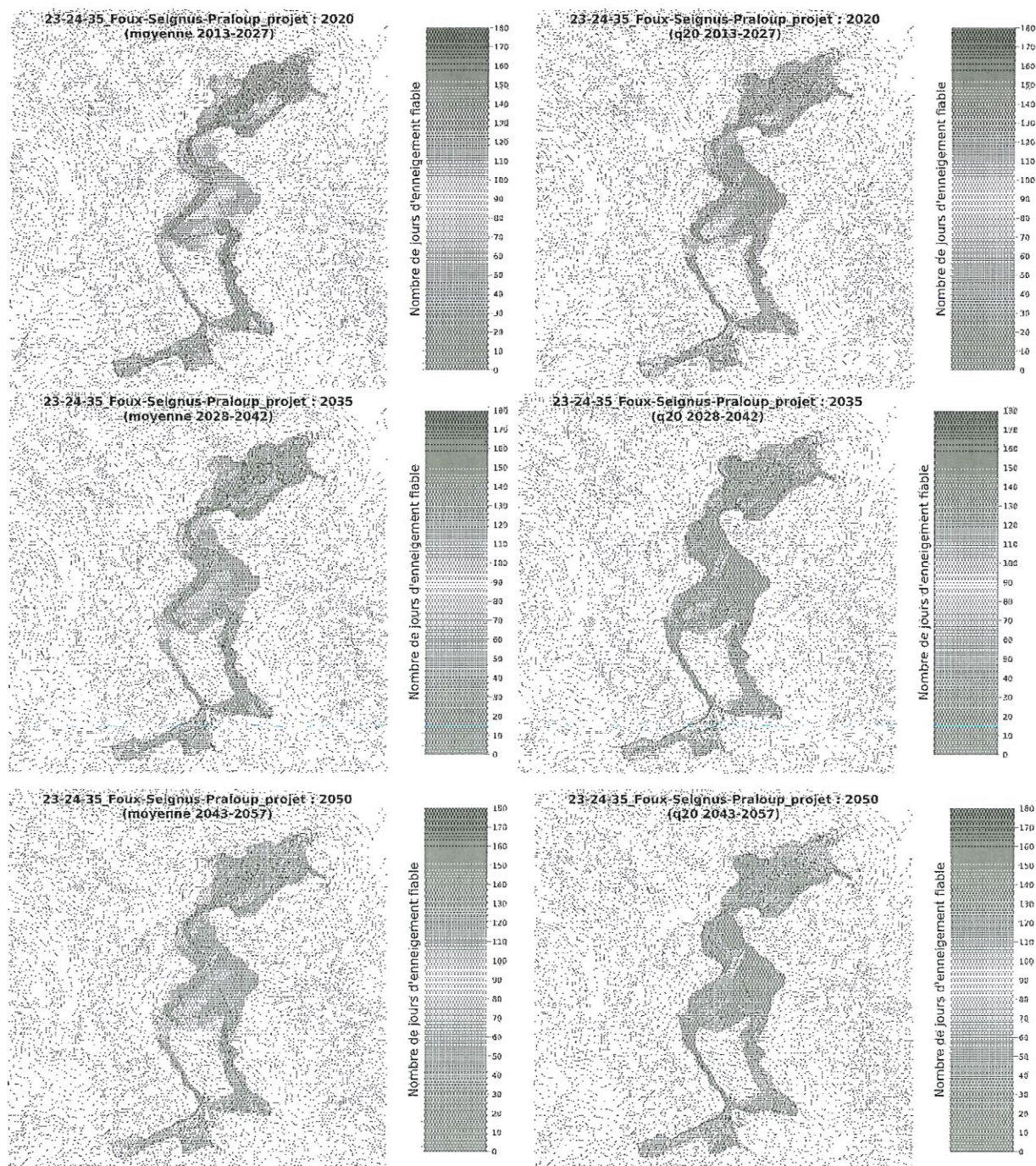


FIGURE 415 – Nombre de jours pendant lesquels la pratique du ski sera possible, en prenant en compte les projets d'aménagement futurs et en fonction de l'horizon temporel considéré (du haut vers le bas : 2020, 2035, 2050). La colonne de gauche montre les conditions d'enneigement des saisons moyennes (Q50) et celle de droite les conditions d'enneigement des saisons mauvaises (Q20).