

Perspectives d'enneigement et impacts sur les ressources des stations iséroises (2025 / 2050)



CNRM UMR 3589



Contexte de l'étude

Les stations iséroises sont les piliers de l'économie touristique.

- Elles représentent 60 % du CA annuel des entreprises touristiques iséroises dans les secteurs de l'hébergement et des activités de loisir.
- 53 % des emplois en montagne sont des emplois touristiques.
- Elles ont généré en 2017/2018 : 4,8 millions de journées skieurs pour une recette de 123,1 millions d'euros (+ 5 % par rapport à la moyenne des 4 dernières saisons), soit 9 % de l'activité nationale.

Les territoires de montagne sont confrontés à de grandes mutations et en premier lieu à l'enjeu majeur du changement climatique.

Au regard de ces éléments, le département s'est engagé dans une démarche d'accompagnement des stations de montagne pragmatique, réaliste, raisonnée et structurée autour de trois axes principaux :

- le soutien à la diversification dans le cadre des Contrats de Performance des Alpes de l'Isère (60% des financements)
- l'engagement d'une démarche de co-construction pour la Station du Futur.
- **l'analyse des perspectives d'enneigement et des impacts sur les ressources des stations iséroises à horizon 2025 et 2050**



Objectifs, méthodologie

11 décembre 2018

Perspectives d'enneigement et impacts ressources des stations iséroises (2025 / 2050)

Objectifs de l'étude

- **Analyser les conditions d'enneigement des domaines skiables de l'Isère et leurs évolutions à échéance 2025 et 2050 en s'appuyant sur les scénarios du GIEC.**
Etude réalisée par les laboratoires de recherche IRSTEA et Météo-France - CNRS, Centre d'Etudes de la Neige.
- **Evaluer l'impact de la production de neige de culture sur la ressource en eau à horizon 2025 et 2050.**
Etude réalisée par Natura Scop.
- **Evaluer l'effort financier lié à la production de neige de culture à fournir pour les stations.**
Etude réalisée par KPMG.

Période : mai 2017 à octobre 2018

Éléments généraux de méthodologie

- Compilations de données et analyses bibliographiques
- Entretiens auprès d'élus et gestionnaires des domaines skiables de l'Isère
- Analyses et utilisation de modèles scientifiques

Champ de l'étude

23 stations réparties sur 5 massifs

- 2015 ha
- 1030 km de pistes

Classées selon la typologie* Domaines Skiabiles de France

2 très grandes stations

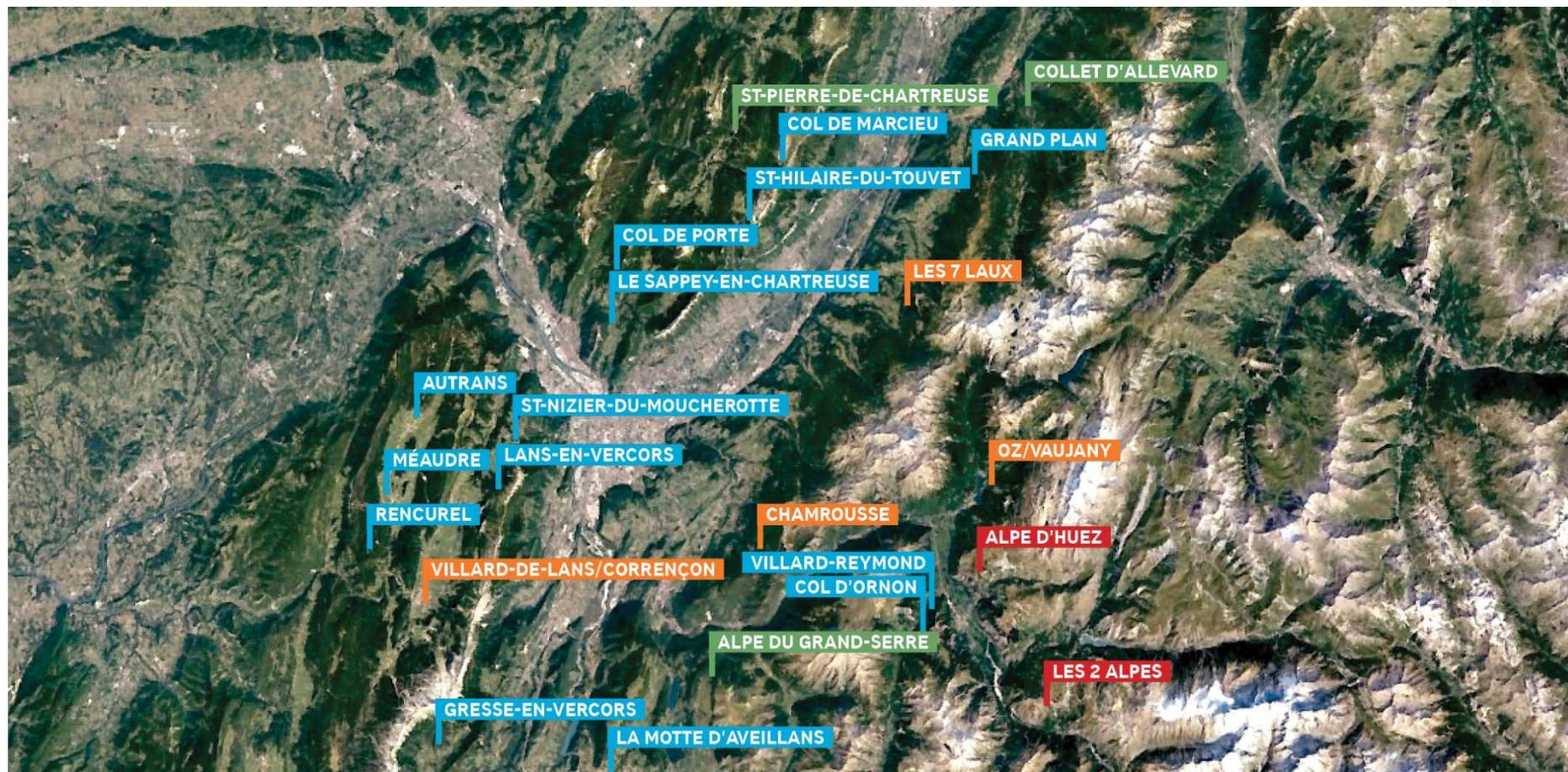
4 grandes stations

3 stations moyennes

14 petites stations

*Calcul basé sur le moment de puissance = **débit théorique** (en nombre de skieurs/heure) x dénivelé

Champ de l'étude





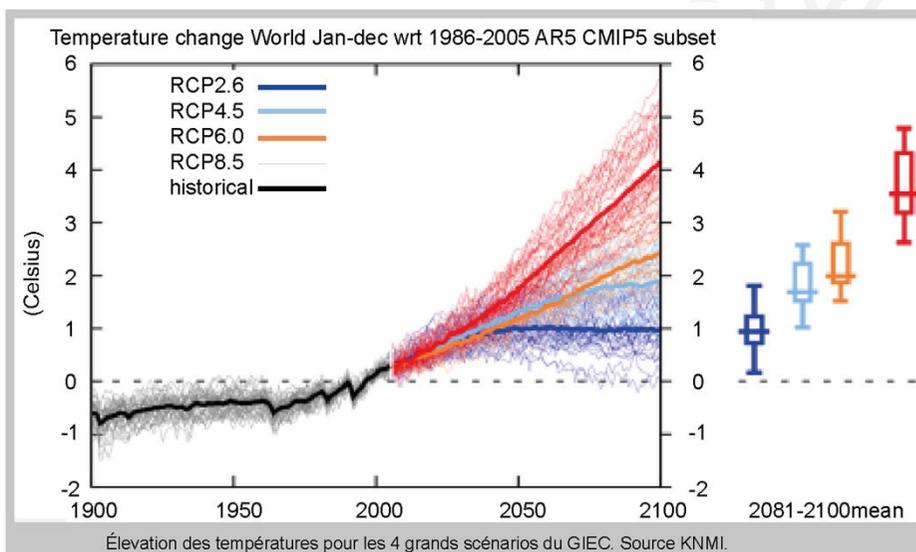
Éléments de compréhension

11 décembre 2018

Perspectives d'enneigement et impacts ressources des stations iséroises (2025 / 2050)

Le cadrage climatique à horizon 2050

- L'évolution des conditions d'enneigement naturel sera à l'échéance de quelques années surtout gouvernée par la **forte variabilité des conditions météorologiques d'une saison à l'autre**.
- Les évolutions du climat attendues dans les 30 années à venir dépendront plus de l'historique que des perspectives d'émission de Gaz à Effet de Serre (GES). **Elles seront par conséquent très peu liées au scénario climatique envisagé à l'échéance 2050.**
- La quantité totale de précipitations (pluie et neige confondues) ne va probablement pas beaucoup changer.

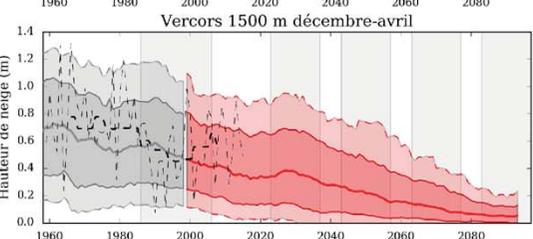
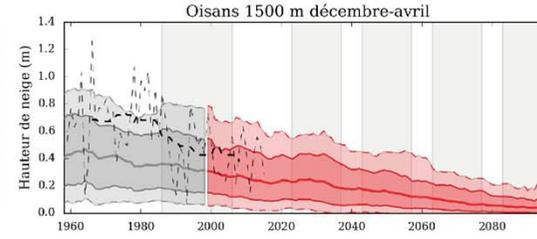
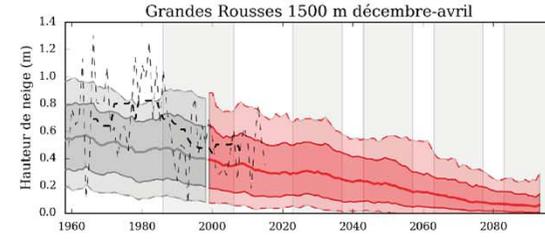
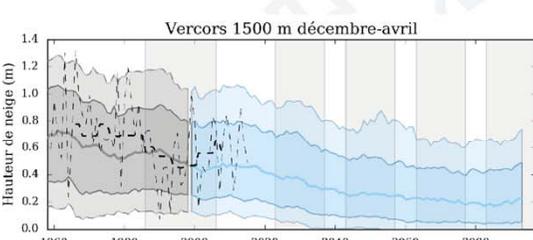
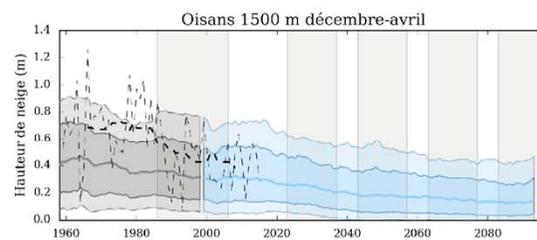
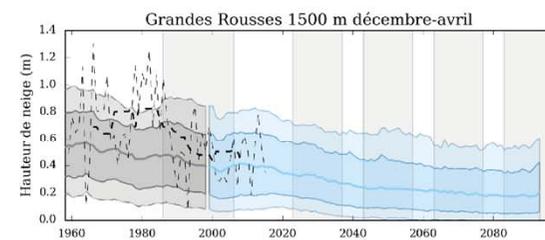
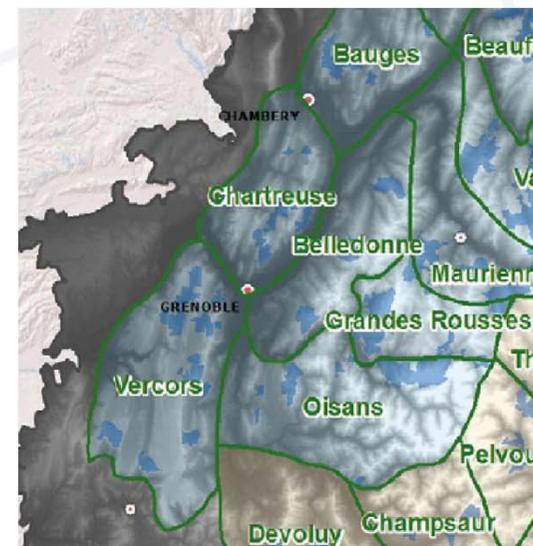
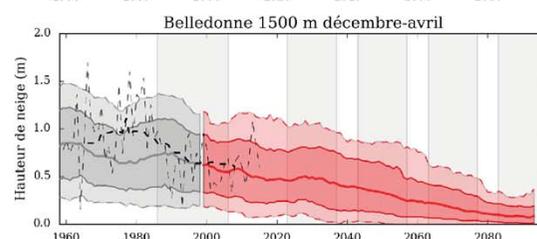
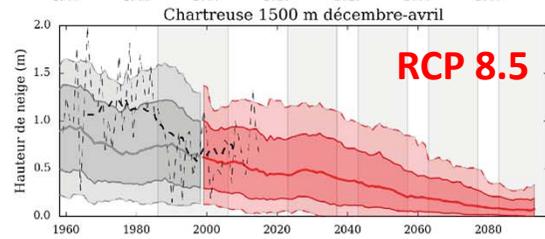
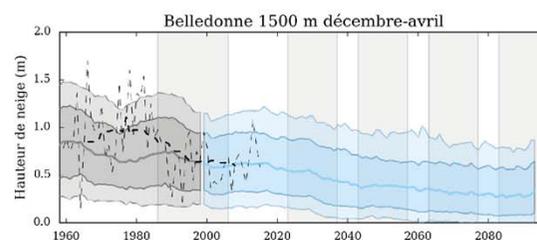
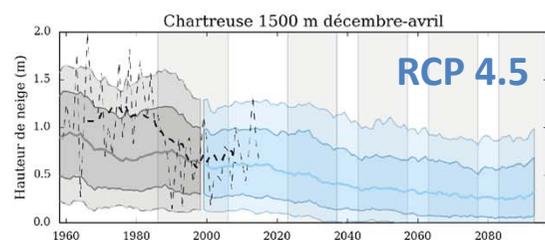


RCP 8.5: Pas de politique climatique, poursuite d'émissions massives de GES

RCP 4.5: Politique climatique et réduction progressive des GES au cours du 21^{ème} siècle

Le cadrage climatique à horizon 2050

Projections de l'épaisseur moyenne de neige naturelle à 1500 m en Isère suivant les scénarios du GIEC

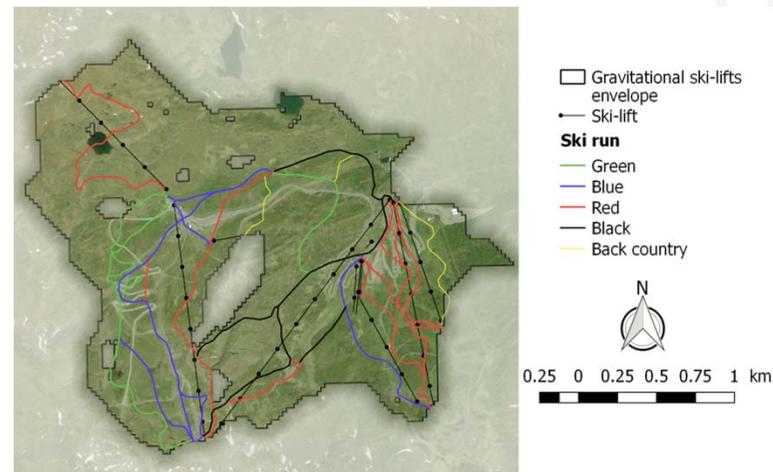
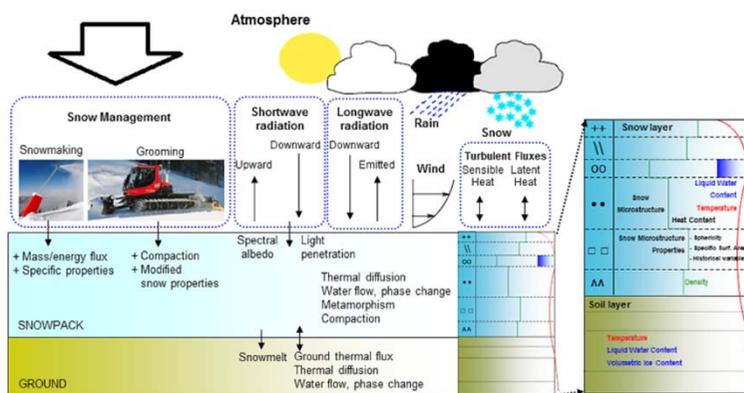


Le cadrage climatique à horizon 2050

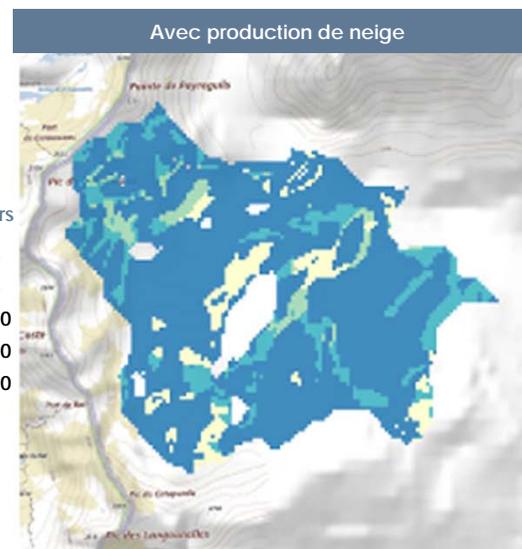
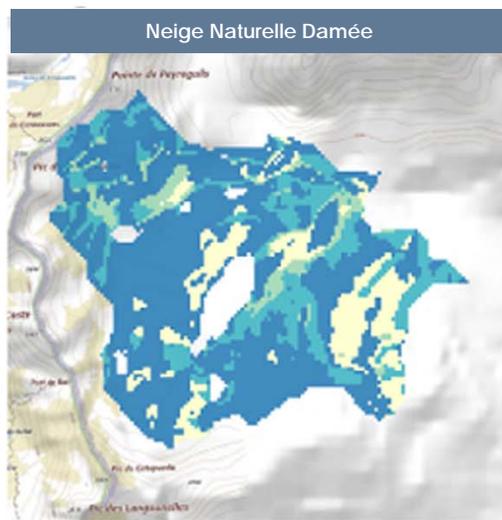
- Il y aura en moyenne **moins de neige, moins souvent, moins longtemps, mais la neige ne disparaîtra pas totalement.**
- L'enneigement naturel des 20% de saisons les moins bien enneigées ces dernières années (soit 3 saisons sur 15) sera rencontré demain sur 1/3 des saisons (soit 5 saisons sur 15).
- Élévation de la limite pluie/neige pour 1°C d'augmentation de la température locale annuelle moyenne : + 150 m
- Pour un diagnostic à l'échelle de chaque station, il faut tenir compte des **caractéristiques climatiques locales et des caractéristiques spécifiques** des domaines skiables.
- Ces éléments ne tiennent pas compte du travail de la neige (préparation des pistes, damage...) pour estimer de l'impact du changement climatique sur les conditions d'enneigement des domaines skiables.

Le calcul des données d'enneigement

Le modèle Crocus - Resort (avec damage et neige de culture) fournit un état (simulé) du manteau neigeux sur piste, en fonction du lieu concerné (massif, altitude, pente, orientation, localisation équipements neige de culture).



² Spandre et al. (2016), "Integration of snow management in a detailed snowpack model" in *Cold Regions Science and Technology*



Source: IRSTEA
Météo-France CNRS,
Centre d'Etudes de la Neige

A propos de la neige de culture

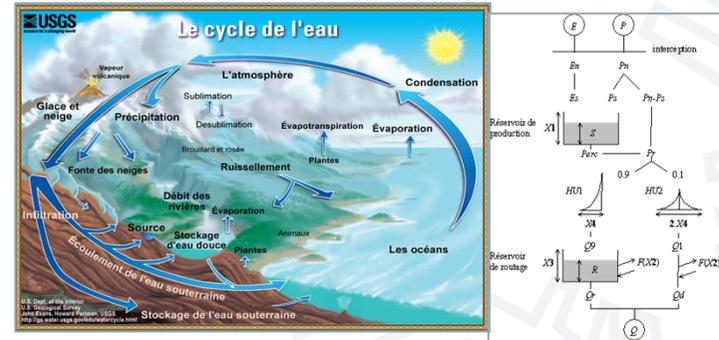
- La neige de culture = air + eau + froid. Pas d'adjuvant ou d'additif ;
 - les prélèvements en eau sont autorisés et contrôlés ;
 - la priorité est toujours donnée aux usages domestiques ;
 - même si ce n'est pas quantifié précisément, l'essentiel de la ressource prélevée est restituée au milieu lors de la fonte du manteau neigeux.
- 1 m³ d'eau permet de produire 2 m³ de neige
- Pour sécuriser 1ha de piste, il faut compter actuellement 3000 m³ d'eau par saison en moyenne sur le département de l'Isère
- Pour 1 ha de piste, on peut espérer récupérer sur son bassin versant associé entre 30 000 et 130 000 m³ sur le département de l'Isère
- La production de 1 m³ de neige nécessite entre 1 et 3 kWh selon la configuration des installations.
- 65 % de l'eau prélevée provient des retenues d'altitude.
- La production de neige de culture représente en moyenne 10% du volume de neige présent sur les pistes.
- Au niveau national 35% de la surface des pistes est sécurisée par de la neige de culture (Allemagne 25%, Suisse 49%, Espagne 60%, Autriche 70%, Italie 87%).

Source : ANMSM, ESF, DSF/2017-2018

Adéquation ressource-besoins en eau

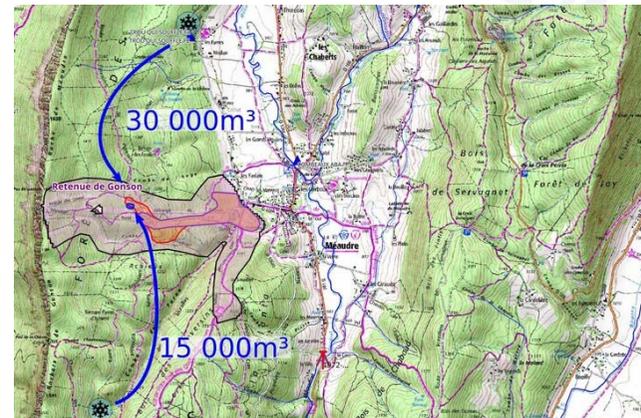
1 - Estimation de la ressource sur un bassin

Modélisation hydrologique permettant de prendre en compte le stock neigeux et d'intégrer les impacts du changement climatique



2 - Analyse des besoins en eau

Besoins pour la neige de culture
 Besoins des milieux, besoins en eau potable, hydroélectricité, ... et de leurs évolutions dans le temps



3 - Adéquation ressource-besoins

À un pas de temps fin
 En prenant compte de la variabilité des phénomènes



Source: Natura Scop

L'indice de viabilité de l'enneigement

- Il indique, pour un domaine skiable, la proportion de sa surface qui offre des conditions satisfaisantes de ski, soit au minimum 20 cm de neige damée, avec ou sans neige de culture.
- Il se calcule sur les périodes des vacances de Noël et de Février.
- Il tient compte des spécificités des stations (altitudes, pentes, orientations des pistes, répartition spatiale des enneigeurs présents ou futurs).
- Il permet de calculer les prélèvements en eau liés à la production de neige de culture.

Exemple : *Indice=75%* signifie que 75 % du domaine skiable est couvert par au moins 20 cm de neige sur les périodes de Noël et de Février.

Remarque : A l'échelle de l'Isère la fréquentation des domaines skiables est corrélée aux évolutions de l'indice de viabilité.



RÉSULTATS



Avertissements

- Les résultats suivants sont présentés à l'échelle du département de l'Isère
- Chaque station présente des caractéristiques spécifiques liées à sa situation géographique, ses modalités de développement, sa situation financière,...
- L'analyse de l'enneigement et des ressources en eau à l'horizon 2050 ne prend en compte que les investissements et les équipements réalisés jusqu'en 2025.
- L'analyse financière repose sur les données des domaines skiables.

Perspectives d'équipement des stations iséroises en neige de culture 2001 - 2025

Période passée 2001 à 2016

536 ha équipés = 27% de la surface des domaines skiables.

Répartis sur 14 stations

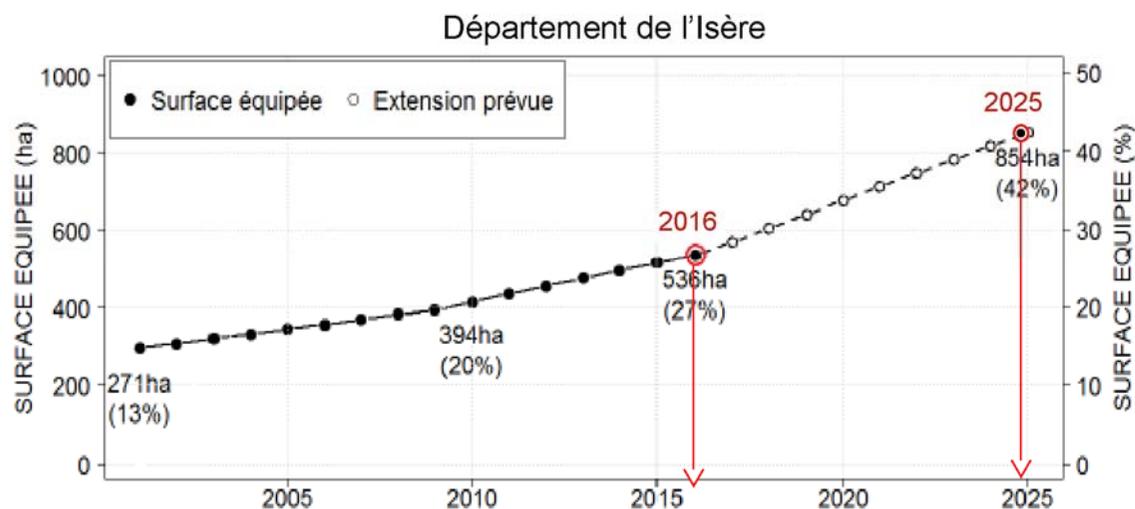
A l'horizon 2025 *

854 ha de surfaces équipées = 42% de la surface des domaines skiables.

Répartis sur 18 stations.

Investissement prévu pour les 5 années à venir : 47,7 M€ soit 29 % de l'ensemble des investissements sur les domaines skiables

* Selon les projets prévus par les stations



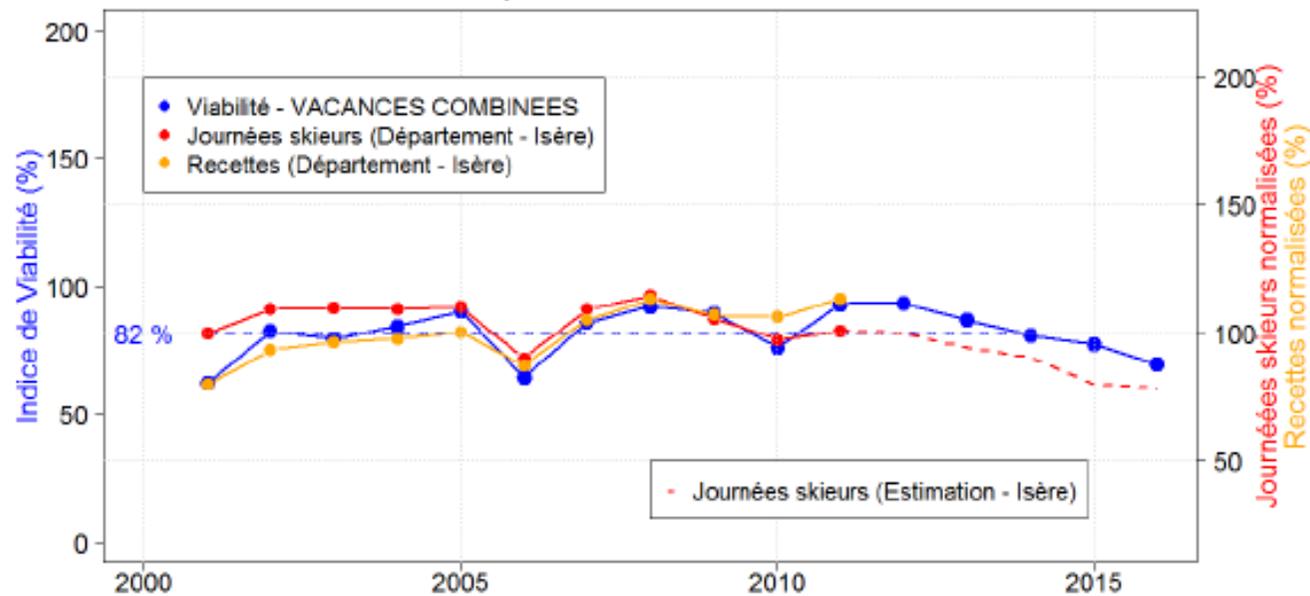
Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Perspectives d'équipement des stations en neige de culture 2001 - 2025

- **Une logique d'équipement en mutation**
 - ➔ Avant : secteur basse altitude – sécurisation du front de neige.
 - ➔ Aujourd'hui et demain : fiabilisation des « axes structurants » de haut en bas et des liaisons entre ces axes.
- **Un facteur multiplicateur compris entre 2,5 et 3 pour le besoin en ressource en eau entre 2001 et 2025.**

Évolution de l'indice moyen de viabilité de l'enneigement entre 2001 - 2016

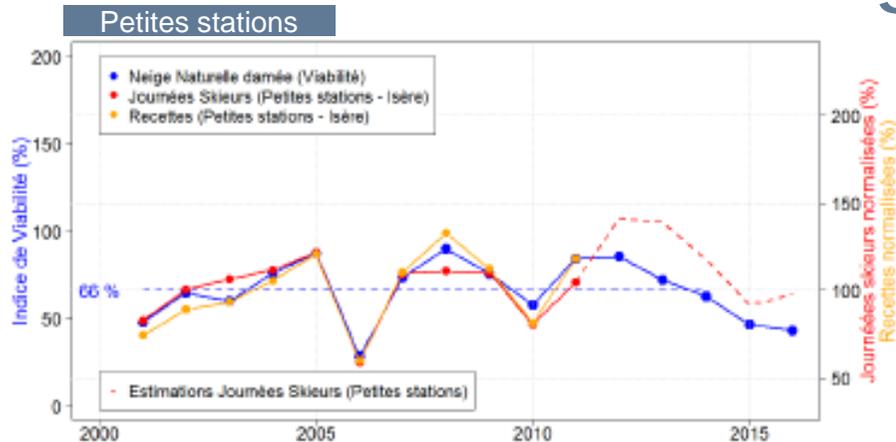
Toutes stations de l'Isère



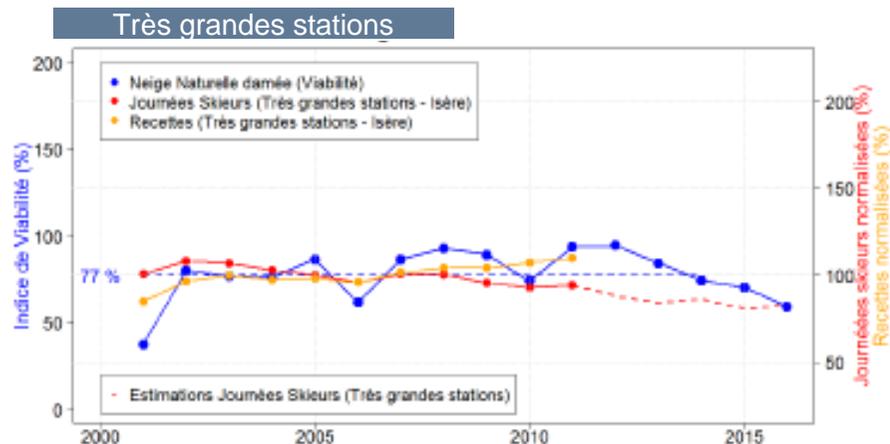
Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Évolution de l'indice de viabilité de l'enneigement entre 2001 - 2016

Petites et très grandes stations



➔ Grande sensibilité des petites stations aux conditions d'enneigement naturel.



➔ Pour les très grands domaines, il n'existe aucune relation significative entre conditions d'enneigement et la fréquentation

➔ Pour les moyennes et grandes stations, la fréquentation reste sensible aux fluctuations de l'enneigement naturel, mais la variabilité est moins forte que pour les petites stations

Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Évolution de l'indice de viabilité de l'enneigement entre 2001 - 2016

Synthèse Isère

La production de neige de culture a amélioré la fiabilité de l'enneigement, en particulier lors des saisons de déficit d'enneigement.

Période : 2001 - 2016					
Sans neige de culture			Avec production neige de culture		
Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)		
Pire saison	Valeur médiane	Meilleure saison	Pire saison	Valeur médiane	Meilleure saison
49	75	93	57	79	94



Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Évolution de l'indice de viabilité de l'enneigement pour 2050

Période récente (2001 - 2016)						Période récente (autour de 2050)					
Sans neige de culture			Avec production de neige de culture			Sans neige de culture			Avec production de neige de culture		
Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)			Indice de viabilité (%)		
Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison	Pire saison	Médiane	Meilleure saison
49	75	93	57	79	94	29	60	86	58	75	90

Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Sans neige de culture, l'indice d'enneigement baisse de manière significative.

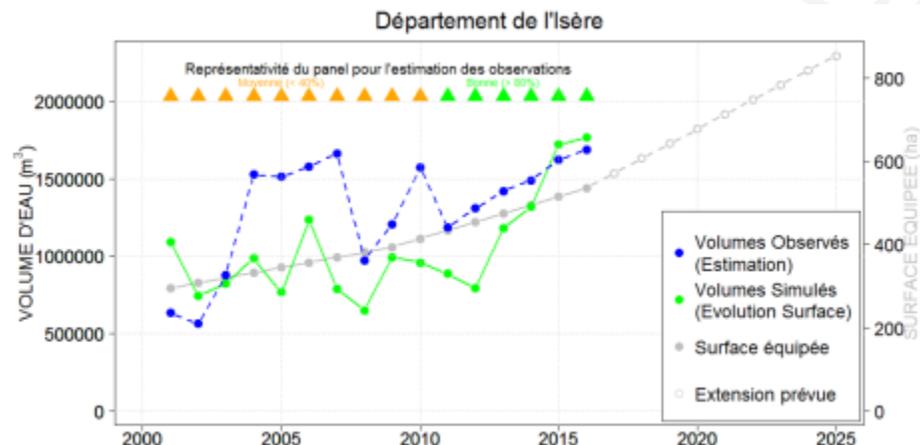
L'utilisation de neige de culture stabilisera les saisons à déficit d'enneigement sur des valeurs identiques à celles d'aujourd'hui (58%).

L'utilisation de neige de culture permettra de conserver une valeur médiane identique à celle d'aujourd'hui sans neige de culture (75%)

➔ Le développement de la neige de culture permettra de maintenir l'indice d'enneigement à échéance 2050.

Besoin en eau 2001-2016 - Synthèse stations Isère

- La progression de la surface équipée ces dernières années semble être le principal moteur de la croissance de la consommation d'eau. Les volumes d'eau utilisés suivant les saisons sont compris entre 0,7 et 1,6 millions de m³ d'eau par saison.

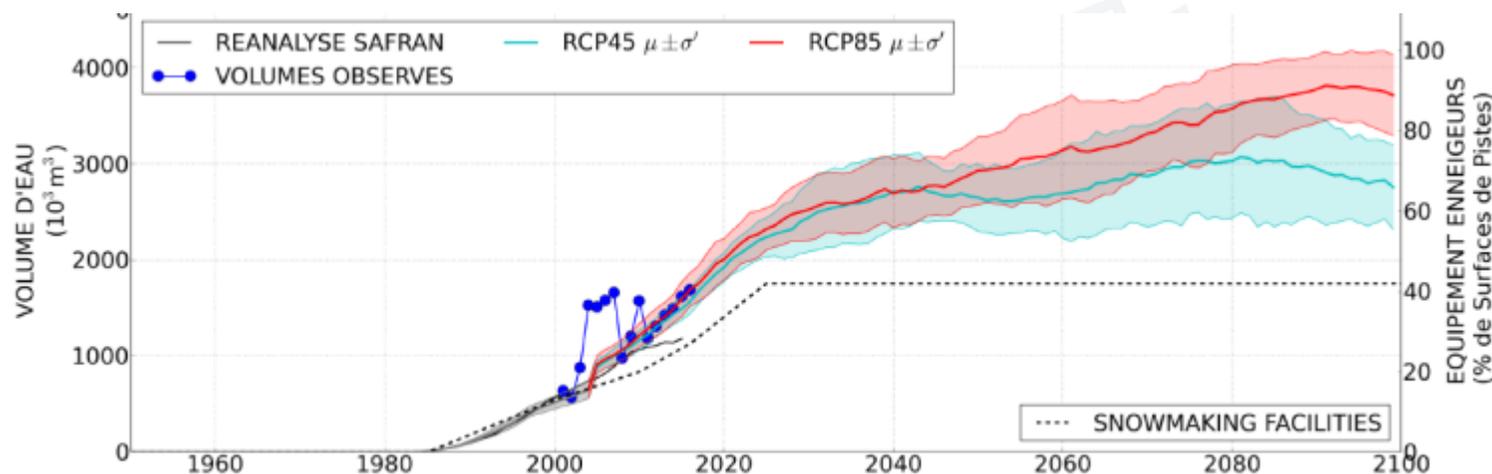


Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

- La production de neige de culture se réalise aujourd'hui principalement en amont de la saison pour garantir une sous couche.
- Actuellement, peu de réels conflits d'usage sur la ressource en eau sur le département de l'Isère.

Évolution des besoins en eau pour 2050

Simulation du volume d'eau pour la production de neige de culture pour l'ensemble des stations de l'Isère



Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Les modèles permettent d'estimer les besoins en eau pour sécuriser l'enneigement, en fonction de la surface de pistes équipées et de l'évolution du climat (en prenant en compte sa variabilité interannuelle). Ces simulations sont réalisées sous hypothèse d'une stabilisation du taux de couverture en neige de culture après 2025.

Rappel des taux d'équipement : de 13% à 27% de 2001 à 2016 à 42% à horizon 2050 (taux d'équipement constant).

Évolution des besoins en eau pour 2050

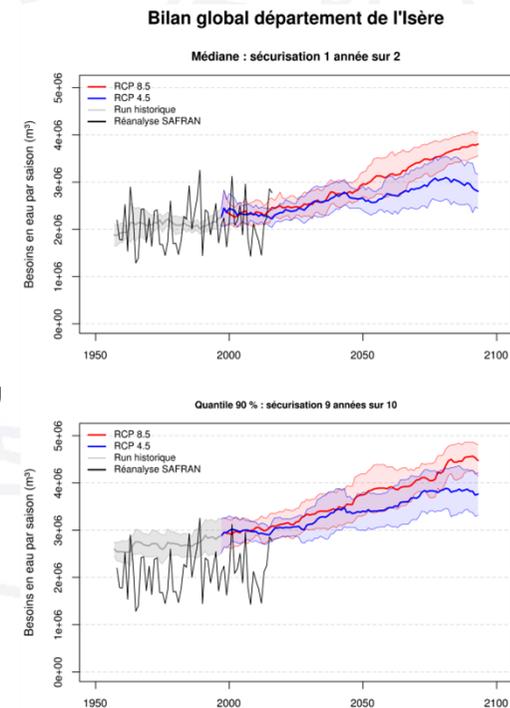
2017		2025		2050 (Climat RCP 4.5/équipement 2025)	
Besoin sur la saison (m ³)	Capacité stockage (m ³)	Besoin sur la saison (m ³)	Capacité stockage (m ³)	Besoin sur la saison (m ³)	Capacité stockage (m ³)
2 112 300	718 480	3 001 000	1 403 680	3 411 940	1 403 680

- A l'horizon 2025 :
 - extension ou création de retenues collinaires : **capacité de stockage multipliée par 2 entre 2017 et 2025**
 - sécurisation de l'approvisionnement par une ressource plus abondante et lointaine (souvent en vallée).
 - mutualisation avec les réseaux Alimentation Eau Potable dont trop pleins.

- A l'horizon 2050 :
En se basant sur les équipements prévus pour 20125, les besoins en eau pour alimenter les installations de neige de culture passeraient de 3 500 000 m³/an à 3 800 000 m³/an.

Cette augmentation est assez homogène par massifs :

- ~ 15 % sur Belledonne
- ~ 10 % sur l'Oisans
- ~ 22 % sur le Vercors
- ~ 20 % sur la Chartreuse.

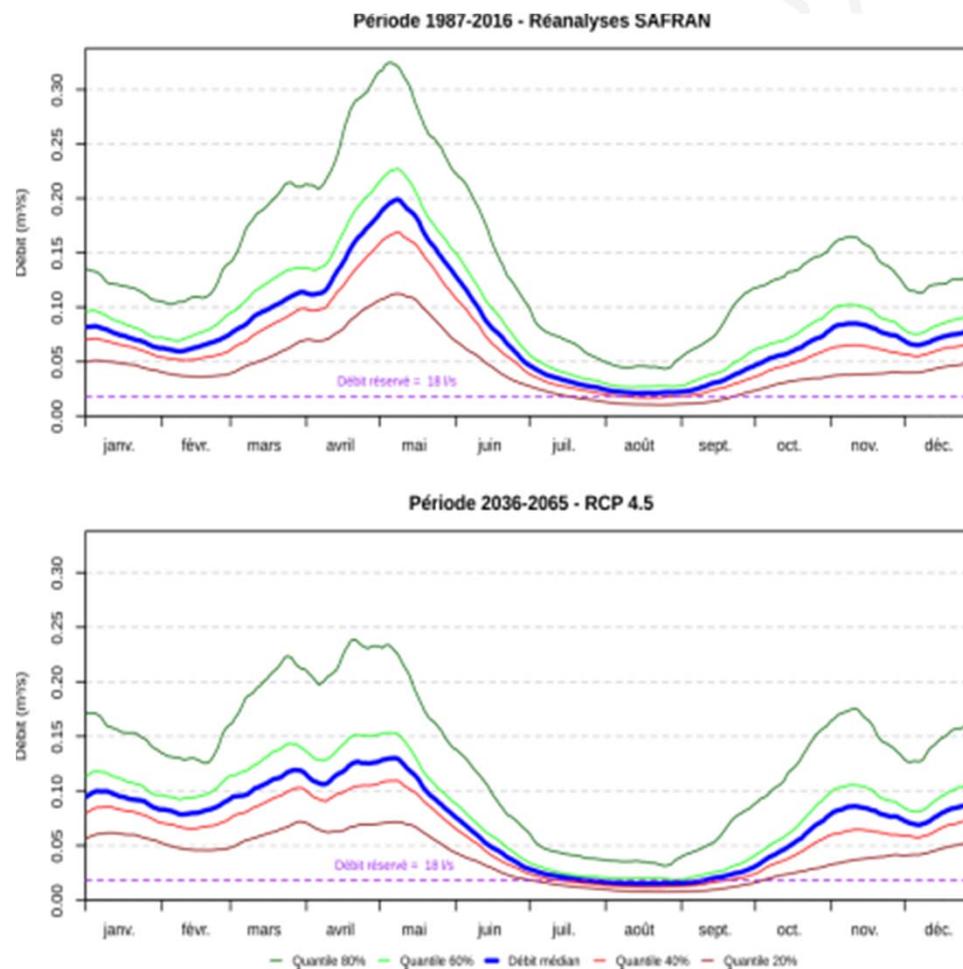


Source: IRSTEA – Météo-France CNRS, Centre d'Etudes de la Neige

Adéquation ressource-besoin en eau pour 2050

Évolutions des régimes hydrologiques

- Le pic de fonte nivale au printemps sera moins marqué et aura lieu un peu plus tôt dans la saison.
- Les étiages hivernaux seront moins marqués, voire ne seront plus visibles pour les cours d'eau les plus bas en altitude (bassin versant sous 1500 m).
- ➔ Plus de pluie à la place de la neige
- ➔ Fonte plus importante du manteau neigeux du fait de l'augmentation de température.
- ➔ La ressource en eau en période hivernale augmentera de 30 à 100 % selon les bassins;
- Les étiages estivaux seront plus marqués, du fait d'une évapotranspiration plus forte et d'un moindre soutien de la fonte des neiges en fin de printemps/été.
- Le volume annuel d'eau écoulé ne sera pas modifié par le changement climatique



Source: Natura Scop

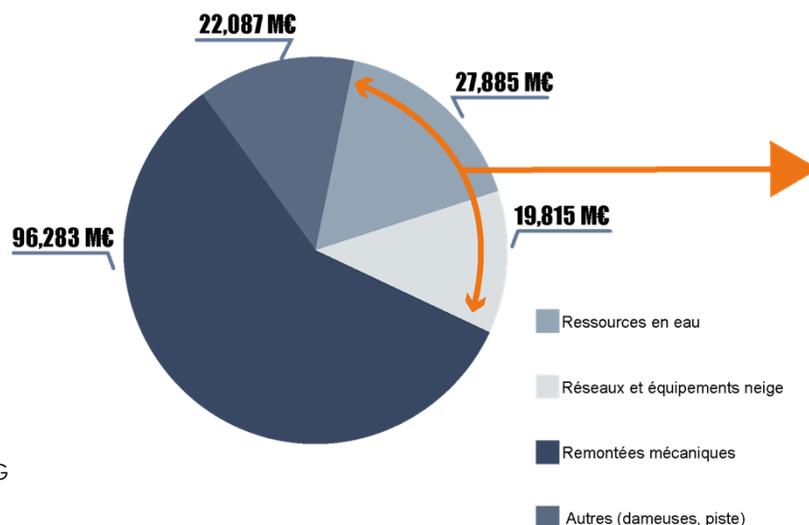
Adéquation ressource-besoin en eau pour 2050

Globalement, à échéance 2050, et sur la base des surfaces équipées à horizon 2025, l'adéquation ressource-besoin ne devrait pas être dégradée.

- Pour l'alimentation des installations de neige de culture, la fonte printanière et les écoulements estivaux seront **toujours largement suffisants dans le futur pour remplir les retenues collinaires.**
- **L'augmentation de la demande impliquera plus de remplissages hivernaux que sous le climat actuel.** La ressource supplémentaire hivernale (30 à 100 % d'écoulements en plus dans les cours d'eau) sera supérieure à l'augmentation de la demande induite par le changement climatique (10 à 20 % selon les massifs).
- Sur le département de l'Isère, **il n'y a pas ou peu de conflits d'usages pressentis**
- Les remplissages complémentaires devraient ainsi être généralement possibles, **mais, pour quelques stations, cette ressource additionnelle ne serait pas forcément toujours prélevable** :
 - dans quelques cas de haute altitude, les débits réservés ne sont pas satisfaits
 - sur certaines stations, les arrêtés de prélèvements limitent ou interdisent les prélèvements sur la période hivernale.

Analyse économique des projets

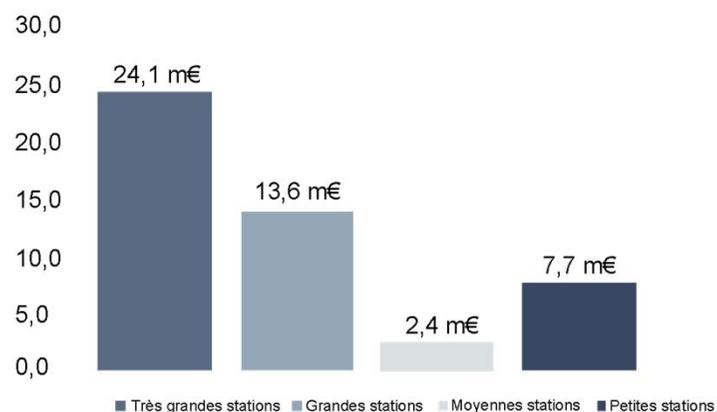
Investissements prévus par les domaines skiables : 165 M€ sur les 5 prochaines années



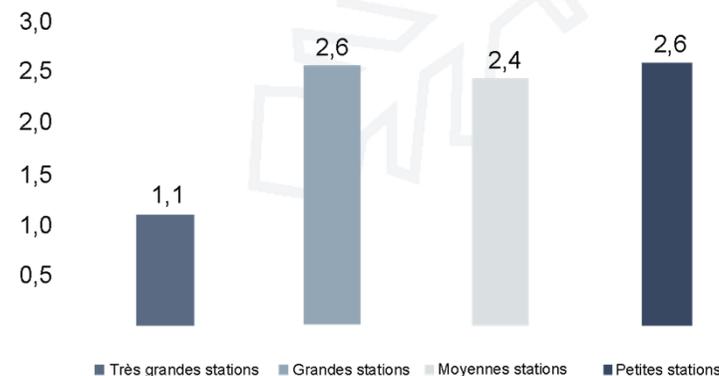
47,7 m€ d'investissements en Neige de Culture
 27,8 M€ ressources en eau (retenue collinaire)
 19,8 M€ réseau et équipement de neige

Source : KPMG

Investissements en neige de culture programmés par type de domaine (en M€)



Effort financier à consentir par les domaines pour répondre aux besoins d'investissements

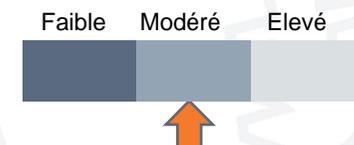


Enjeux de financement des investissements

1. TRÈS GRANDES STATIONS

➔ Effort d'investissement en regard des recettes du gestionnaire du domaine skiable

- Effort d'investissement net sur 5 ans81 M€
- Part du chiffre d'affaires RM* à réinvestir sur 5 ans..... 20 à 25%

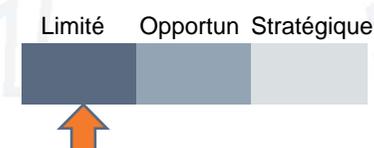


➔ Effort d'endettement à consentir à 5 ans

- Endettement / chiffre d'affaires RM 1,1 année



➔ Enjeu de redimensionnement de la stratégie d'investissement de la station



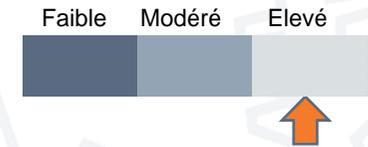
(*) Service des remontées mécaniques

Enjeux de financement des investissements

2. GRANDES STATIONS

➔ Effort d'investissement en regard des recettes du gestionnaire du domaine skiable

- Effort d'investissement net sur 5 ans**60 M€**
- Part du chiffre d'affaires RM* à réinvestir sur 5 ans..... **50 à 55%**

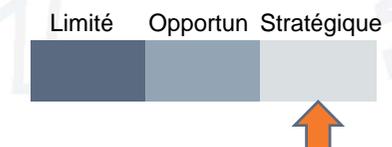


➔ Effort d'endettement à consentir à 5 ans

- Endettement / chiffre d'affaires RM **2,5 années**



➔ Enjeu de redimensionnement de la stratégie d'investissement de la station



(*) Service des remontées mécaniques

Enjeux de financement des investissements

3. STATIONS MOYENNES

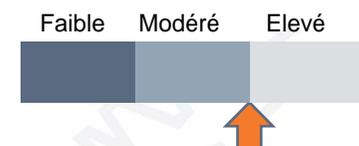
➔ Effort d'investissement en regard des recettes du gestionnaire du domaine skiable

- Effort d'investissement net sur 5 ans **10 M€**
- Part du chiffre d'affaires RM* à réinvestir sur 5 ans..... **45 à 50%**



➔ Effort d'endettement à consentir à 5 ans

- Endettement / chiffre d'affaires RM **1,5 années**



➔ Enjeu de redimensionnement de la stratégie d'investissement de la station



(*) Service des remontées mécaniques

Enjeux de financement des investissements

4. PETITES STATIONS

➔ Effort d'investissement en regard des recettes du gestionnaire du domaine skiable

- Effort d'investissement net sur 5 ans10 M€
- Part du chiffre d'affaires RM* à réinvestir sur 5 ans.....50 à 55%



➔ Effort d'endettement à consentir à 5 ans

- Endettement / chiffre d'affaires RM 2,4 années



➔ Enjeu de redimensionnement de la stratégie d'investissement de la station



(*) Service des remontées mécaniques

Récapitulatif éléments financiers

Les moyennes et petites stations tendent à plus orienter leur plan d'investissement vers la neige de culture que ne le font les grandes et très grandes.

La neige de culture mobilise près de 45% des investissements planifiés dans les moyennes et petites stations contre 28% pour les grandes et très grandes.

➔ **Les enjeux d'investissement sont beaucoup plus recentrés sur :**

- La ressource en eau dans les très grandes stations et les stations moyennes
- Les réseaux d'alimentation et l'aménagement des pistes en enneigeurs pour les grandes et petites stations

➔ **Effort financier**

- Les besoins d'investissement nécessitent de mobiliser 2,5 années de CA soit réinvestir 50% du CA sur les 5 prochaines années
- Les très grandes stations sont en capacité de financer les investissements prévus en sécurisant leur CA et leurs marges actuelles
- Pour les autres stations, la réalisation des investissements passe par des choix stratégiques de priorisation des investissements.

➔ **A prendre en compte :**

- les stratégies de priorisation des investissements des domaines skiables
- la performance économique globale de chaque station
- les choix stratégiques des collectivités locales en matière d'investissement et de politique fiscale.

SYNTHÈSE GÉNÉRALE

11 décembre 2018

Perspectives d'enneigement et impacts ressources des stations iséroises (2025 / 2050)

Enneigement

- Passage prévu de 27% de surface équipée en Neige de Culture à 42% en 2025.
- Evolution de l'indice de viabilité de l'enneigement à l'échéance 2050
 - ▶ Sans neige de culture, forte diminution de l'indice de viabilité (de 49% entre 2001 à 2016 à 29% à échéance 2050 pour la pire saison);
 - ▶ La production de neige de culture avec les équipements envisagés d'ici 2025 stabiliserait les pires saisons d'enneigement sur des valeurs comparables à celles d'aujourd'hui (58%)
 - ▶ Les impacts demeurent très variables en fonction des stations (évolution du niveau d'enneigement naturel et capacité de compensation par la neige de culture)
- Globalement à l'échelle de l'Isère, les équipements en NdC envisagés d'ici 2025 permettraient de maintenir un niveau d'enneigement des domaines skiables en 2050 similaire à celui d'aujourd'hui...

... à prendre en compte : une mise en cohérence de certaines installations (relation entre la surface à enneiger, la puissance de l'installation , le volume d'eau disponible sur une campagne de production et les ressources financières).

- L'impact du changement climatique sur l'évolution de l'enneigement est variable d'une station à l'autre et d'un secteur à l'autre au sein d'un même domaine skiable.

Ressource en eau

- Actuellement, **la production de neige de culture** se concentre en amont **de la saison (~70 % en novembre)** quel que soit l'enneigement à venir, en prévention/préparation de la saison plus qu'en compensation d'un manque de neige en cours de saison.
- Du fait de l'augmentation des surfaces enneigées artificiellement, la demande en eau a été multipliée par 3 entre le début des années 2000 et aujourd'hui et devrait augmenter de 50% d'ici 2025
- **La capacité de stockage des retenues d'altitude serait multipliée (extension, création)** par 2 entre 2017 et 2025 avec les projets en cours
- Actuellement et sur les années à venir, **il y a peu de réels conflits d'usage sur la ressource en eau** sur le département de l'Isère.
- Dans le futur, **l'évolution climatique (moins de neige, plus de pluie...)** et les régimes hydrologiques qui en découlent (étiage hivernal et pic de fonte nival moins marqués...) améliore généralement l'adéquation ressource-besoin en eau sur la problématique NdC.
- Sur quelques domaines skiables, l'augmentation de la ressource disponible ne permettra pas forcément pour autant l'alimentation des installations NdC (arrêtés d'autorisation des prélèvements actuels, débits réservés, installations NdC sous-dimensionnées...)

Analyse financière

- Les très grandes stations sont en capacité de financer les investissements prévus en sécurisant leur CA et leurs marges actuelles
- Pour les autres stations, la réalisation des investissements passe par des choix stratégiques de priorisation des investissements.

Cette étude innovante et unique en France permet :

- ➔ de fournir, au Département et gestionnaires des stations, des données scientifiques.
- ➔ de répondre aux problématiques rencontrées dans l'élaboration d'une stratégie de développement et d'optimisation de la neige de culture.