Fiche indicateur

Évolution des conditions d'enneigement des domaines skiables

Données 2022

26/01/2024

Sous le pilotage de :

Opéré par :

contact@orcae-auvergne-rhone-alpes.fr / http://orcae-auvergne-rhone-alpes.fr

<table>
<tr><th colspan="2">Descriptif de l'indicateur</th></tr>
<tr><td>Territoire concerné</td><td>Région Auvergne-Rhône-Alpes, domaines skiables</td></tr>
<tr><td>Type d'indicateur</td><td>Indicateur de pression et d'état</td></tr>
<tr><td>Justificatif du choix de l'indicateur</td><td>Même si l'attractivité et la fréquentation d'une destination touristique ne dépendent pas uniquement de paramètres climatiques, le tourisme en Auvergne-Rhône-Alpes risque d'être impacté par le changement climatique, avec des effets sur la fréquentation des domaines skiables. Il s'agit dans cette fiche d'étudier les impacts du changement climatique sur les paramètres climatiques et les conditions d'enneigement des domaines skiables d'Auvergne-Rhône-Alpes.
<table>
<tr><th>Indicateur étudié</th><th>Ce que l'on veut analyser à partir de l'indicateur</th></tr>
<tr><td>Évolution de la température moyenne sur la saison hivernale.</td><td>Le réchauffement climatique hivernal dans les Alpes et le Massif Central.</td></tr>
<tr><td>Évolution de la hauteur de neige moyenne sur la saison hivernale.</td><td>L'impact du changement climatique sur l'enneigement naturel des domaines skiables.</td></tr>
<tr><td>Pourcentage de jours où la hauteur de neige au sol est d'au moins 30 cm sur la saison hivernale, et par sous-saison.</td><td>La notion de « skiabilité » (ski alpin) des domaines skiables avec l'enneigement naturel.</td></tr>
<tr><td>Pourcentage de jours où la température minimale est inférieure à -2°C sur la saison hivernale, et par sous-saison.</td><td>La capacité à produire de la neige de culture, à l'altitude de la mesure[1].</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>Descriptif</td><td>Les calculs sont effectués du 20 décembre au 20 mars pour des raisons de disponibilité des mesures. Cette période est qualifiée de « saison hivernale ».

Température moyenne : moyenne des températures moyennes journalières sur la saison hivernale.
Hauteur de neige moyenne : moyenne des hauteurs de neige journalières sur la saison hivernale.
Pourcentage de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm : les périodes étudiées, en plus de la saison hivernale, sont les 3 sous-saisons suivantes : 20 décembre-10 janvier, 11 janvier-10 février et 11 février-20 mars.
Pourcentage de jours où la température minimale est inférieure à -2°C : les périodes étudiées, en plus de la saison hivernale, sont les 3 sous-saisons suivantes : 20 décembre - 10 janvier, 11 janvier - 10 février et 11 février - 20 mars.
</td></tr>
</table>

[1] Pour pallier les éventuels défauts d'enneigement qui peuvent intervenir au cours d'une saison, les stations de ski ont recours à un appoint de neige. Utilisée principalement en novembre et décembre, avant l'ouverture des domaines skiables, la neige de culture a vocation à créer une sous-couche qui améliore la tenue des flocons apportés par les premières précipitations neigeuses. Pour des raisons de disponibilité des mesures d'enneigement, l'indicateur proposé ici se concentre sur l'appoint de neige en cours de saison, qui permet d'agir sur des points d'usure du domaine skiable ou après une période de redoux.

Principaux résultats observés

- Une **augmentation de la température moyenne hivernale** d'environ 1°C entre la période climatique actuelle (1993-2022) et la période précédente de 30 ans, pour les 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant.

- Une **diminution de l'enneigement moyen** entre la période climatique actuelle (1993-2022) et celle qui précède, pour 4 des 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant.

- L'évolution du pourcentage de jours où la hauteur de neige au sol est d'au moins 30 cm sur la saison hivernale, représentant la **« skiabilité » des domaines skiables alpins** n'est pas significative pour les stations étudiées, sauf pour la station de Chamonix, à 1 042 m d'altitude (baisse de 40% entre la période climatique actuelle et celle qui précède[2]). On constate également, sur certaines stations de mesure, une dégradation des conditions d'enneigement (plus de 30 cm au sol) en début et fin de saison (20 décembre - 10 janvier et 11 février - 20 mars).

- Concernant la **capacité à produire de la neige de culture dans les conditions technologiques actuelles**, on observe, sur 3 des 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant, une diminution des créneaux de production liés aux températures en début et fin de saison (20 décembre – 10 janvier et 11 février - 20 mars), entre la période climatique actuelle et celle qui précède[2]. Le cœur de l'hiver ne semble pas impacté.

[2] *cf. Éléments méthodologiques p. 24*

Suivi de l'indicateur

Couverture spatiale d'observation

Quatre réseaux de stations Météo France sont disponibles dans les massifs montagneux : le réseau Radome, composé de stations de mesures automatiques collectées en temps réel, situées la plupart du temps à faible altitude ; le réseau nivôse, regroupant une dizaine de stations automatisées nord-alpines ; le réseau nivo-météo, plus étendu, composé de stations dont les paramètres de températures et d'enneigement sont généralement relevés deux fois par jour par des pisteurs (sauf la station située au Col de Porte, qui est automatisée) ; le réseau clim, constitué de stations dont les paramètres sont relevés par des bénévoles.

Les critères de sélection des stations de mesures météorologiques retenues ont été les suivants : une station par massif, disposant de données journalières de températures et d'enneigement de bonne qualité (pas ou peu de données manquantes ou aberrantes), sur un temps suffisamment long (au moins 30 ans de données d'enneigement). L'ensemble des stations permet de couvrir différentes tranches d'altitude.

L'étude du réseau disponible de stations, soumis aux critères de sélection définis ci-dessus, a conduit à l'exclusion des stations suivantes :

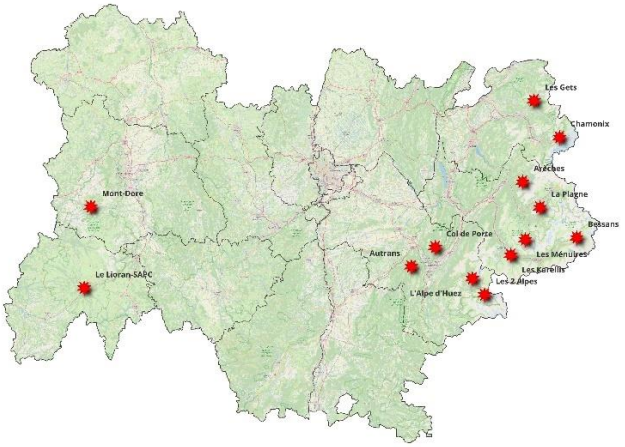
- Données manquantes : Lans-en-Vercors, Villard-de-Lans, Saint-Pierre-de-Chartreuse, Le Tour, Le Margériaz, La Féclaz, Saint-Paul-de-Tartas, Cunlhat, Saint-Antheme, Mazet-Saint-Voy, Albepierre.
- Historique insuffisant : Le Gua, Saint-Hilaire, Saint-Pierre-de-Chartreuse, Jarsy, Valloire, Avoriaz, Sarcenas, Superbesse.

Après élimination des stations ci-dessus, le jeu de stations de mesures retenu est le suivant :

Département	*id_station*	*Nom de la station*	*Localisation*	*Altitude*	*Exposition*	*Réseau Météo*	*Période*[3]
Isère	38472403	Chartreuse	Col de Porte	1325 m	Nord	Nivo-meteo	1961-2022
Haute-Savoie	74056001	Mont Blanc	Chamonix	1042 m	Multiple[4]	Radome	1959-2022
Savoie	73040005	Haute-Maurienne	Bessans	1715 m	Nord-Ouest	Clim	1959-2022
Isère	38021001	Vercors	Autrans	1090 m	Multiple[4]	Clim	1944-2017
Puy-de-Dôme	63236002	Sancy	Le Mont Dore	1050 m	Multiple[4]	Clim	1959-2021
Haute-Savoie	74134400	Chablais	Les Gets	1100 m	Nord-Ouest	Clim	1989-2021
Savoie	73034400	Beaufortain	Arèches	1200 m	Multiple[4]	Nivo-meteo	1985-2022
Isère	38191400	Grandes Rousses	L'Alpe d'Huez	1860 m	Nord-Nord-Ouest	Nivo-meteo	1979-2022
Cantal	15101004	Monts du Cantal	Le Lioran	1450 m	Ouest-Nord-Ouest	Nivo-meteo	1978-2021
Savoie	73173400	Maurienne	Les Karellis	1610 m	Nord	Nivo-meteo	1976-2022
Savoie	73257400	Tarentaise 1	Les Ménuires	1800 m	Sud	Nivo-meteo	1972-2022
Savoie	73150400	Tarentaise 2	La Plagne	1970 m	Nord	Nivo-meteo	1971-2022
Isère	38253400	Oisans	Les 2 Alpes	2600 m	Nord	Clim	1982-2022

Cette sélection de stations ne permet pas d'appréhender toute la diversité climatique des différents massifs de la région, car certains sont manquants. L'analyse des indicateurs sur ce jeu de stations permet toutefois d'obtenir un aperçu de tendances à différents endroits et à différentes altitudes.

Localisation des stations de mesure météorologiques (carte batchgeo.com) :



[3] Période d'analyse du paramètre enneigement en fonction de la disponibilité des données
[4] Terrain plat

Couverture temporelle d'observation

5 stations disposent de données complètes et d'un historique proche de 60 ans :

Département	*Nom*	*Localisation*	*Altitude*	*Exposition*	*Réseau Météo France*	*Historique*[5]
Isère	Chartreuse	Col de Porte	1 325 m	Nord	Nivo-meteo	62 ans
Haute-Savoie	Mont Blanc	Chamonix	1 042 m	Multiple	Radome	64 ans
Savoie	Haute-Maurienne	Bessans	1 715 m	Nord-Ouest	Clim	64 ans
Isère	Vercors	Autrans	1 090 m	Multiple	Clim	54 ans
Puy-de-Dôme	Sancy	Mont-Dore	1 050 m	Multiple	Clim	63 ans

8 stations disposent de données incomplètes et d'un historique compris entre 33 et 52 ans :

Département	*Nom*	*Localisation*	*Altitude*	*Exposition*	*Réseau Météo France*	*Historique*[5]
Haute-Savoie	Chablais	Les Gets	1 100 m	Nord-Ouest	Clim	33 ans
Savoie	Beaufortain	Arêches	1 200 m	Multiple	Nivo-météo	38 ans
Isère	Grandes Rousses	L'Alpe d'Huez	1 860 m	Nord-Nord-Ouest	Nivo-météo	44 ans
Savoie	Maurienne	Les Karellis	1 610 m	Nord	Nivo-météo	47 ans
Savoie	Tarentaise	Les Ménuires	1 800 m	Sud	Nivo-météo	51 ans
Savoie	Tarentaise	La Plagne	1 970 m	Nord	Nivo-météo	52 ans
Isère	Oisans	Les 2 Alpes	2 600 m	Nord	Clim	41 ans
Cantal	Monts du Cantal	Le Lioran	1 238 m	Nord-ouest	Nivo-météo	44 ans

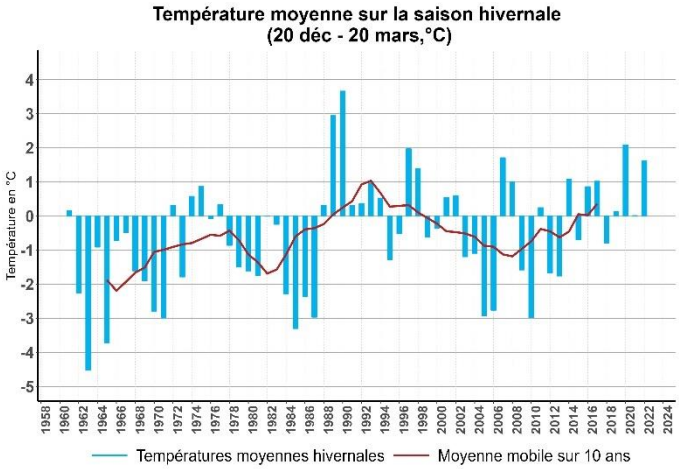
[5] Historique du paramètre hauteur de neige.

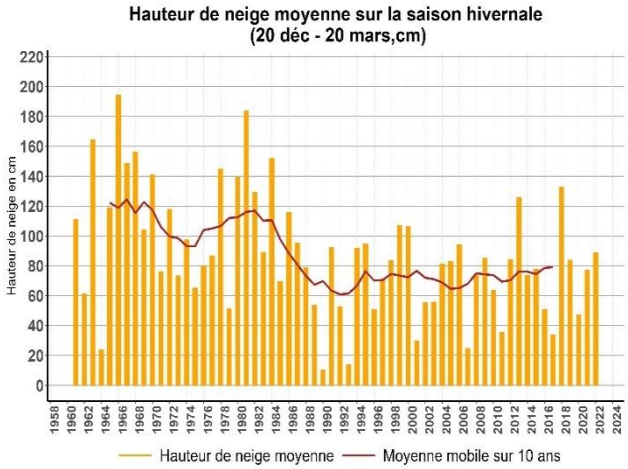
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

Station météo du Col de Porte - Chartreuse

Altitude : 1 325 m. Exposition : Nord

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale

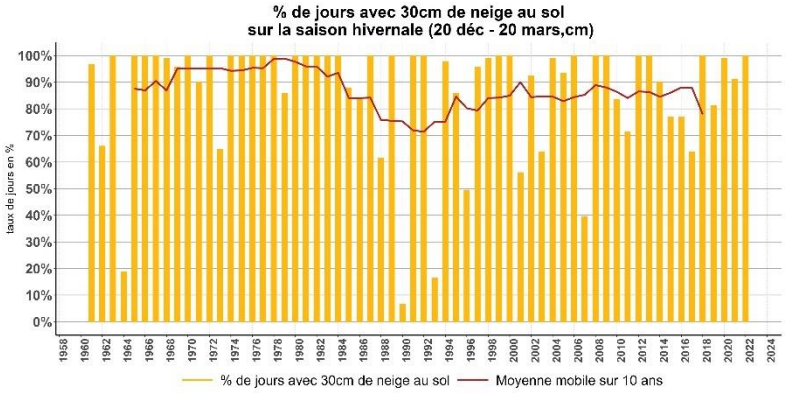




On observe une **augmentation de +0,8°C** entre la période climatique 1963 et 2022. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1963/1992 et 1993/2022 est **de -31 cm** (diminution de 30%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète

Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente l'enneigement naturel au cœur de l'hiver (91 jours, du 20 décembre au 20 mars).

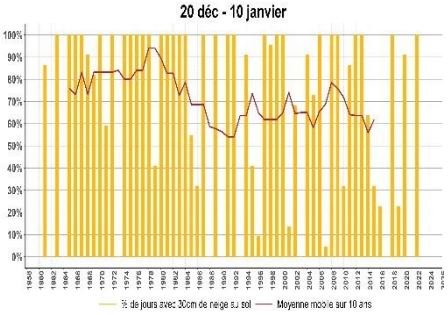


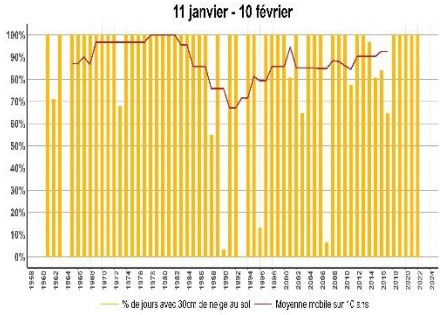
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm diminue en moyenne de 6% entre 1963/1992 et 1993/2022, ce qui n'est **pas significatif**.

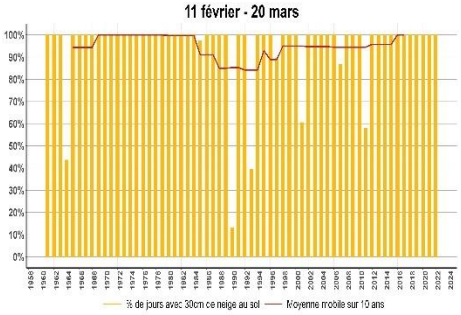
Sur cette station de mesure, l'enneigement est abondant, en durée et en quantité : 97% des hivers peuvent être considérés comme très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période). La comparaison avec les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période) n'est donc pas pertinente.

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel par sous-saison

Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.



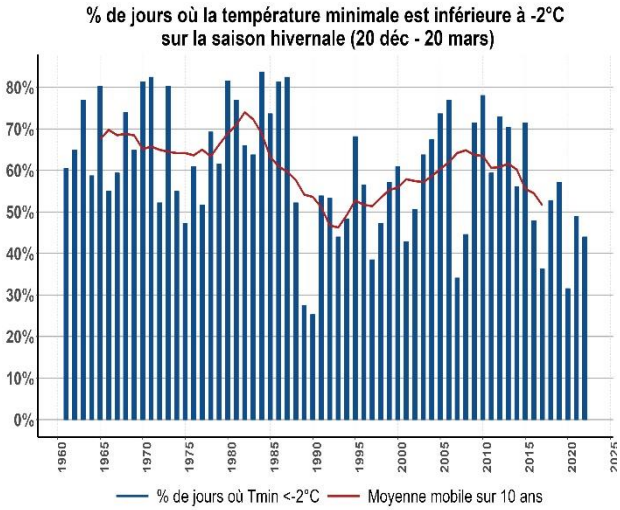




C'est sur la période du 20 décembre au 10 janvier que la baisse de l'enneigement se fait le plus sentir : la baisse du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1963/1992 et 1993/2022 est en moyenne de 19**%** sur la période du 20 décembre au 10 janvier, alors qu'elle n'est pas significative entre le 11 janvier et le 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète (91 jours du 20 déc. au 20 mars)

Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo, et **sur la période étudiée.** À noter que la production de neige de culture ne se fait pas en continu mais se base sur des « fenêtres de froid » : il faut environ 100h de froid (un peu plus de 4 jours avec une température inférieure à -2°C) pour produire un manteau neigeux acceptable.

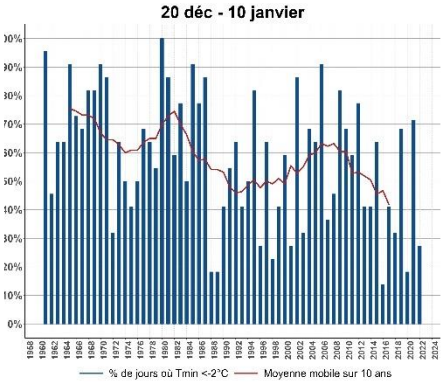


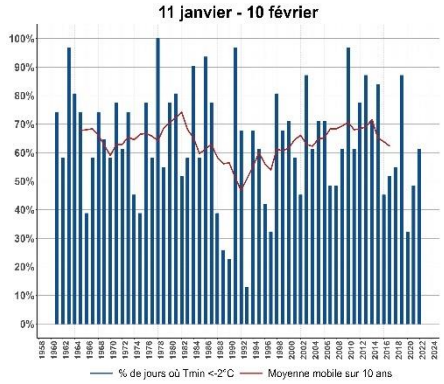
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C diminue en moyenne de 13% entre la première période climatique (1963/1992) et la seconde (1993/2022).

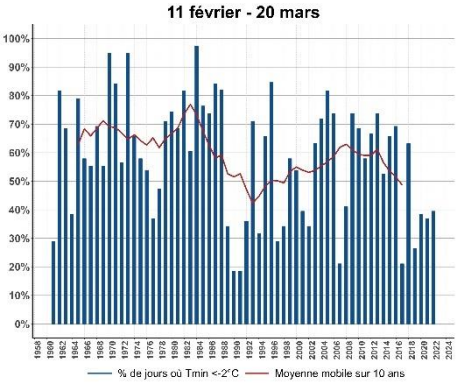
C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1963/1992 et 1993/2022 est en moyenne de 21**%** sur la période du 20 décembre au 10 janvier, de 15% du 11 février au 20 mars, et n'est pas significative (- 6%) du 11 janvier au 10 février.

Cet indicateur ne dit pas s'il est possible de produire de la neige de culture dans des conditions correctes, car il faudrait étudier d'autres paramètres pour cela, mais il montre sur cette station de mesure, que **la capacité de production est surtout impactée au début et à la fin de l'hiver.**

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel par sous-saison







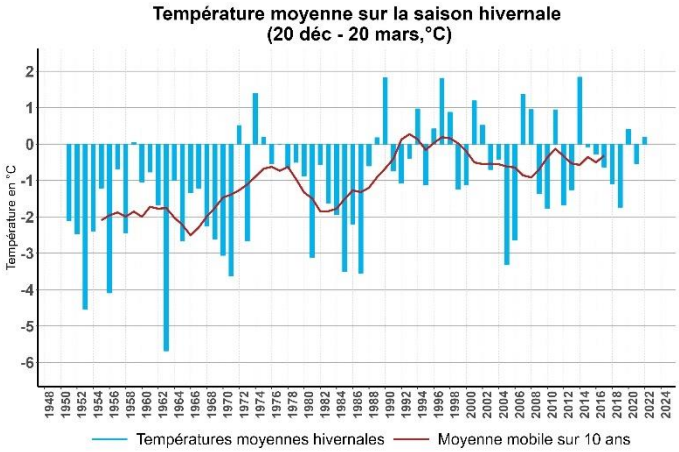
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

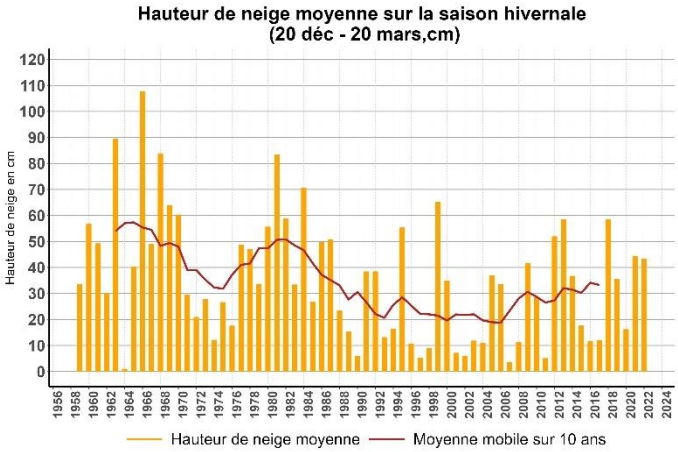
Station météo de Chamonix – Mont-Blanc

Altitude : 1 042 m. Exposition : Multiple (terrain plat)

Dans la série des conditions d'enneigement naturel, l'année 1963 a été exclue pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale

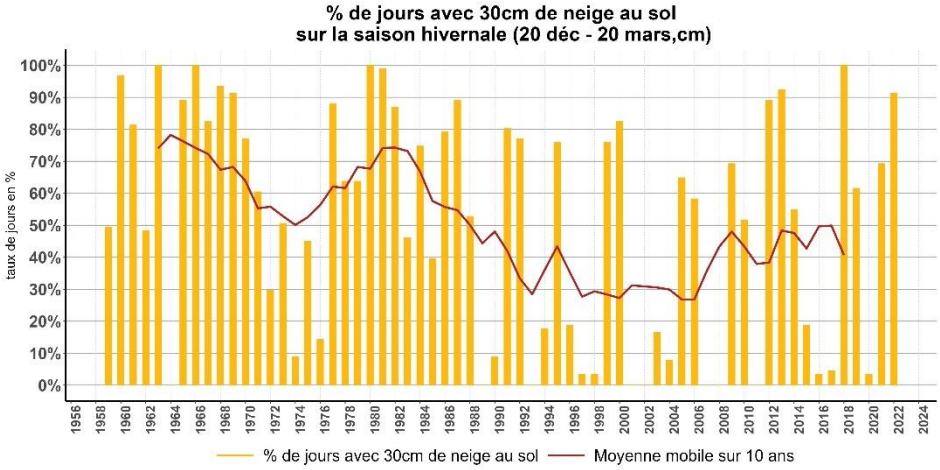




On observe une **augmentation de +1,1°C** entre 1951 et 2022. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1963/1992 et 1993/2022 est **de -17 cm** (diminution de 40%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète

Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente l'enneigement naturel au cœur de l'hiver (91 jours, du 20 décembre au 20 mars).



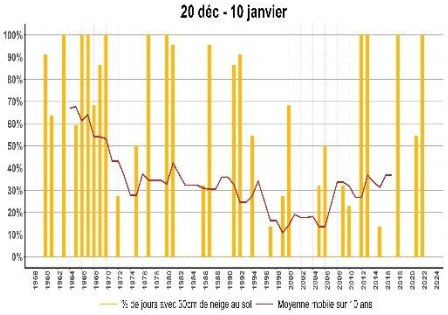
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm **diminue en moyenne de 40%** entre 1963/1992 et 1993/2022.

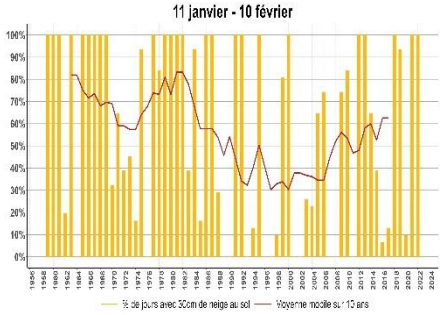
Si l'on extrait de cette série les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 11 se situent dans la période la plus récente (1993/2022) et 5 dans la précédente (1963/1992). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 14 se situent dans la période la plus récente (1993/2022) et 23 dans la précédente (1963/1992).

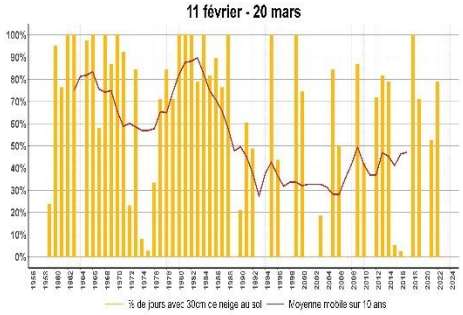
Sur cette station de mesure, les hivers peu enneigés sont plus nombreux sur la période climatique la plus récente et les hivers les plus enneigés se situent en majorité dans la période climatique précédente.

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel par sous-saison

Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.



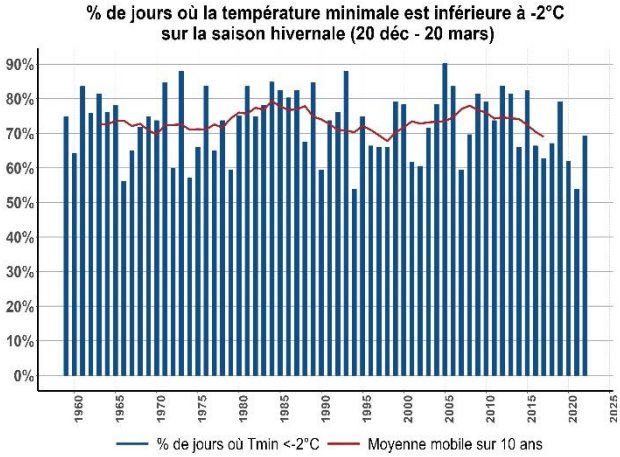




C'est en début et fin de saison que la baisse de l'enneigement se fait le plus sentir : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1963/1992 et 1993/2022 est en moyenne de 45% sur la période du 11 février au 20 mars et de 43% du 20 décembre au 10 janvier. La diminution du nombre de jours pour la période du 11 janvier au 10 février est de 33%.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète (91 jours du 20 déc. au 20 mars)

Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo, et **sur la période étudiée.** À noter que la production de neige de culture ne se fait pas en continu mais se base sur des « fenêtres de froid » : il faut environ 100h de froid (un peu plus de 4 jours avec une température inférieure à -2°C) pour produire un manteau neigeux acceptable.

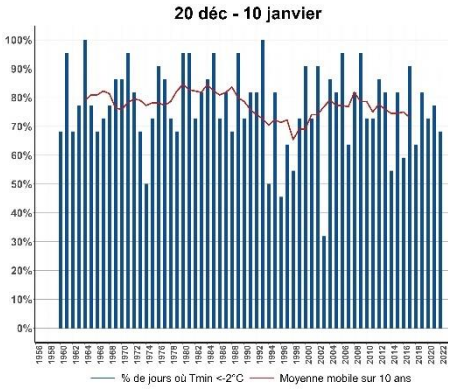


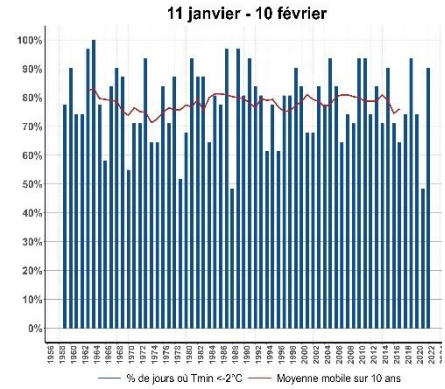
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C est en moyenne identique sur la première période climatique (1963/1992) et la seconde (1993/2022).

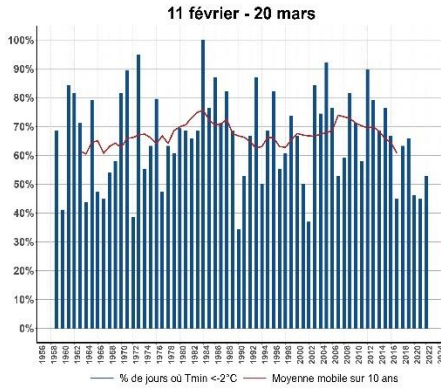
Les variations sur les 3 sous-saisons sont très faibles et peu significatives.

Cet indicateur ne dit pas s'il est possible de produire de la neige de culture dans des conditions correctes, car il faudrait étudier d'autres paramètres pour cela. Il est probable cependant que sur cette station, avec une moyenne de 70% de jours où la température est suffisamment froide, il n'y ait aucune difficulté pour le faire.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel par sous-saison





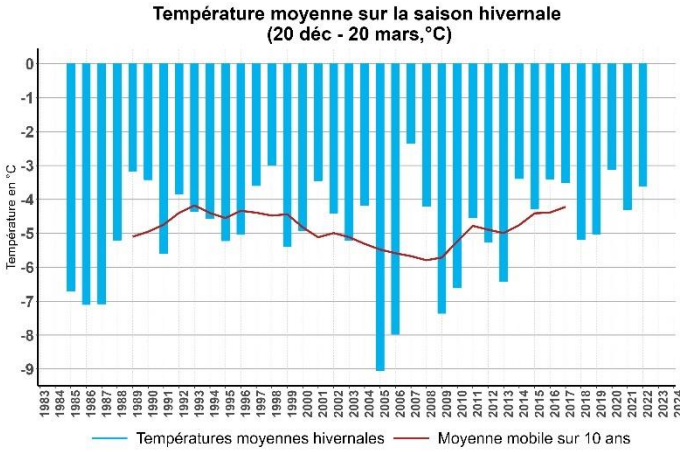


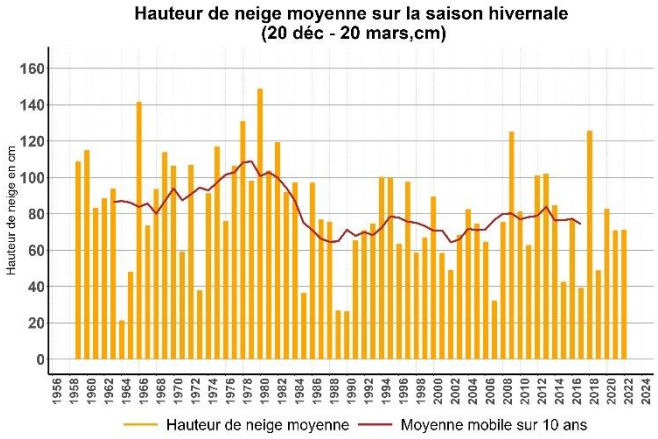
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

Station météo de Bessans – Haute-Maurienne

Altitude : 1 715 m. Exposition : Nord-Ouest

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



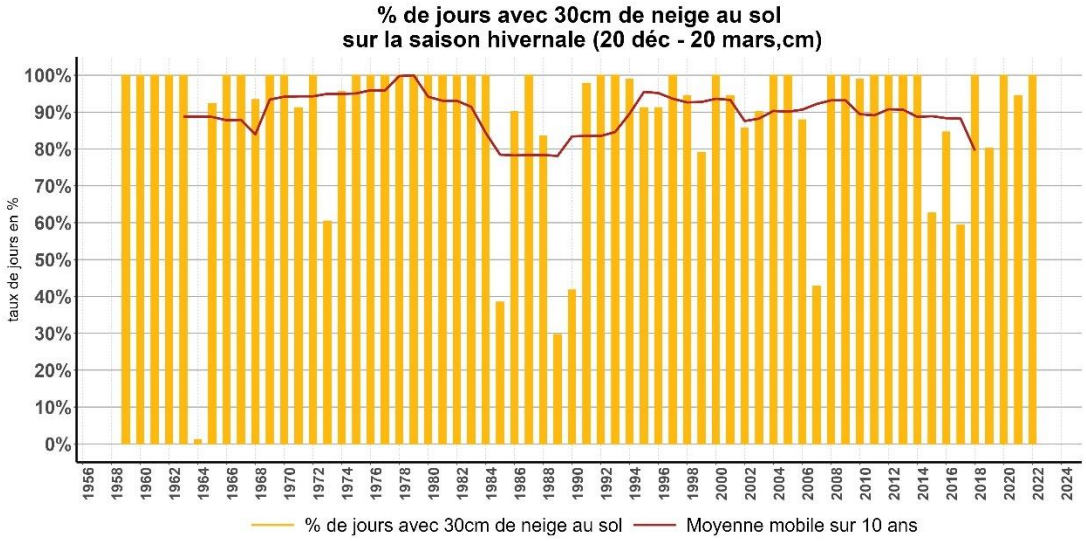


L'historique de 38 ans sur les températures ne permet pas de comparer deux périodes climatiques entre elles.

La différence de hauteur de neige moyenne entre 1963/1992 et 1993/2022 est de **-9 cm** (diminution de 11%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète

Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente l'enneigement naturel au cœur de l'hiver (91 jours, du 20 décembre au 20 mars).

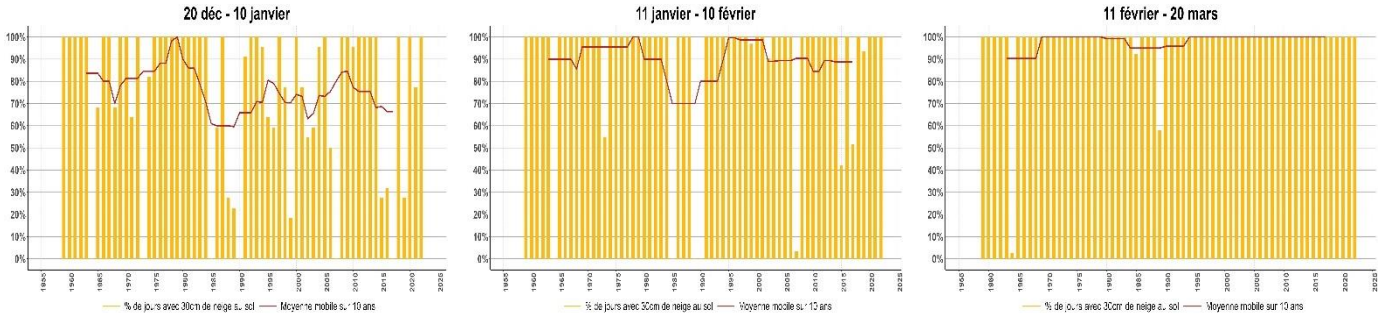


Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm diminue en moyenne de 4% entre 1963/1992 et 1993/2022, ce qui n'est **pas significatif**.

Etant donnée l'altitude de la station de mesure, l'enneigement est abondant, en durée et en quantité : 95% des hivers peuvent être considérés comme très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période). La comparaison avec les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période) n'est donc pas pertinente.

→ Évolution des conditions d’enneigement naturel par sous-saison

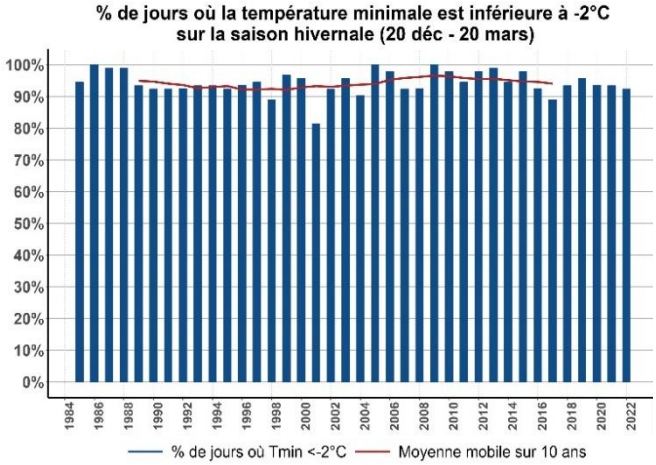
Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.



Le nombre de jours avec une hauteur de neige d’au moins 30 cm n’évolue pas suffisamment pour que les variations par sous-saisons soient significatives.

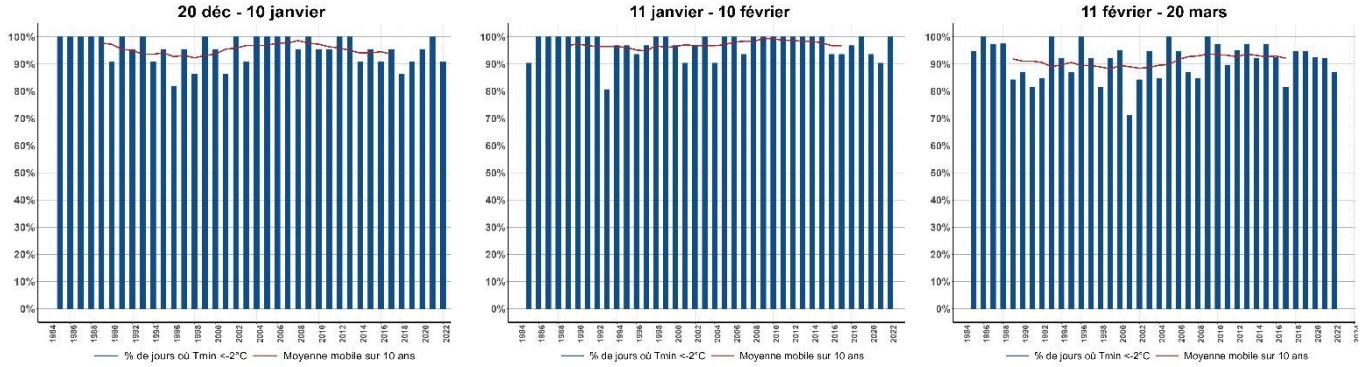
→ Évolution des conditions d’enneigement artificiel sur la saison complète (91 jours du 20 déc. au 20 mars)

Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l’altitude de la station de mesure météo, et **sur la période étudiée.** À noter que la production de neige de culture ne se fait pas en continu mais se base sur des « fenêtres de froid » : il faut environ 100h de froid (un peu plus de 4 jours avec une température inférieure à -2°C) pour produire un manteau neigeux acceptable.



L’historique de 38 ans sur les températures ne permet pas de comparer deux périodes climatiques entre elles. Aucune évolution ne peut donc être constatée.

→ Évolution des conditions d’enneigement artificiel par sous-saison



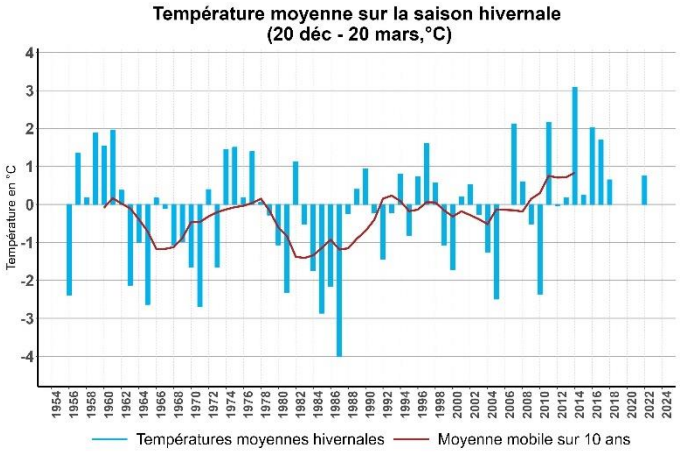
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

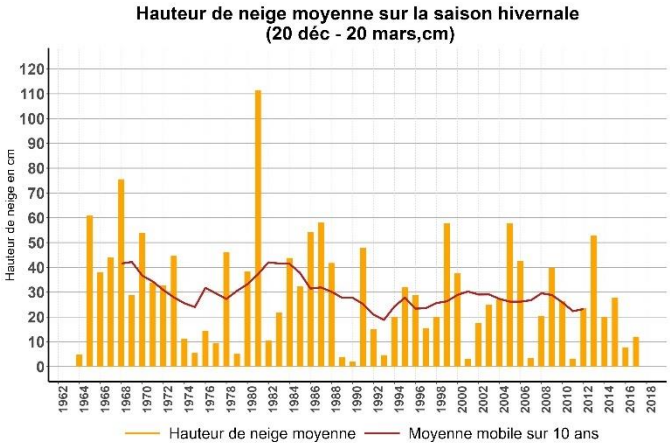
Station météo d'Autrans – Vercors

Altitude : 1 090 m. Exposition : Multiple (terrain plat)

Dans la série des températures, les années 2006 et 2019 à 2021 ont été exclues pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, la série s'arrête en 2017.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale

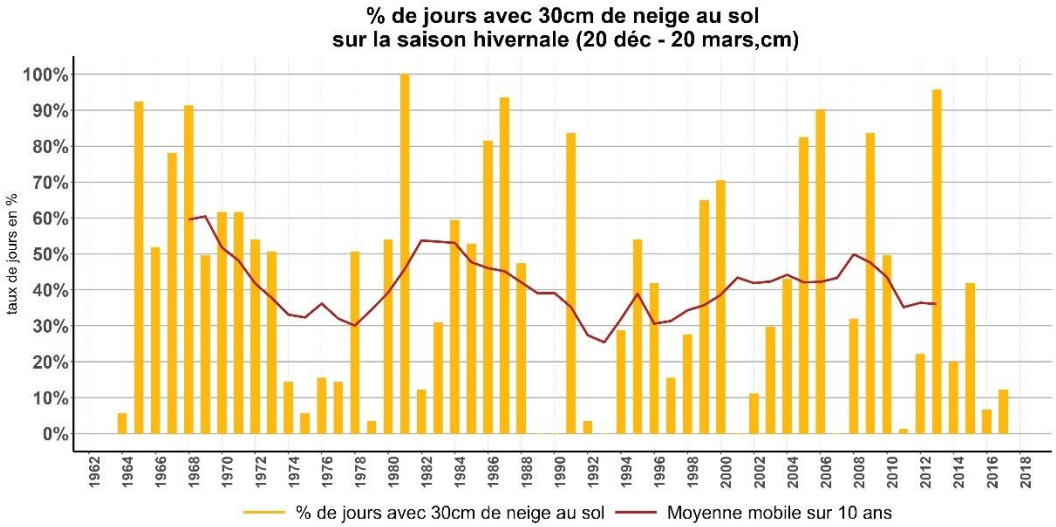




On observe une **augmentation de +1°C** entre la 1956 et 2022. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1964/1993 et 1988/2017 est de **-9 cm** (diminution de 26%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète

Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente l'enneigement naturel au cœur de l'hiver (91 jours, du 20 décembre au 20 mars).



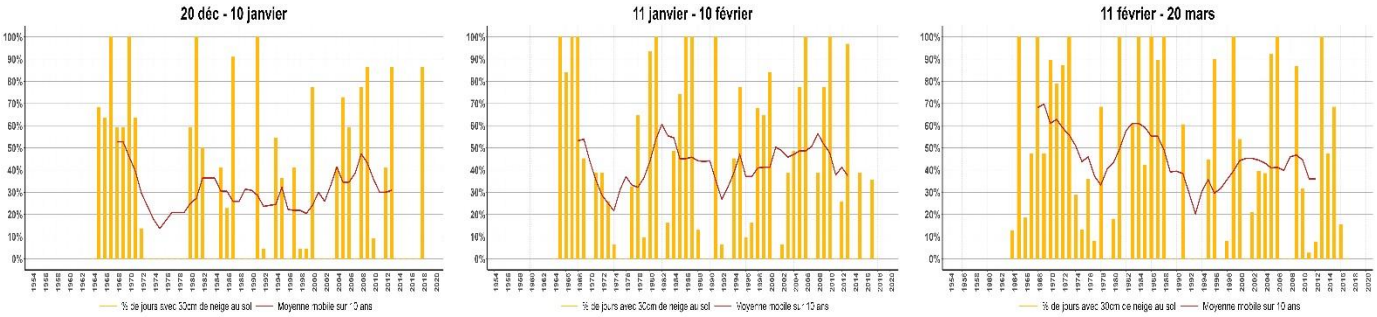
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm évolue de manière **non significative** entre 1964/1993 et 1988/2017.

Si l'on extrait de cette série les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 9 se situent dans la période la plus récente (1988/2017) et 3 dans la précédente (1964/1993). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 12 se situent dans la période la plus récente (1988/2017) et 17 dans la précédente (1964/1993)

Sur cette station de mesure, les différences entre les deux périodes étudiées ne sont pas suffisamment nettes pour pouvoir conclure.

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel par sous-saison

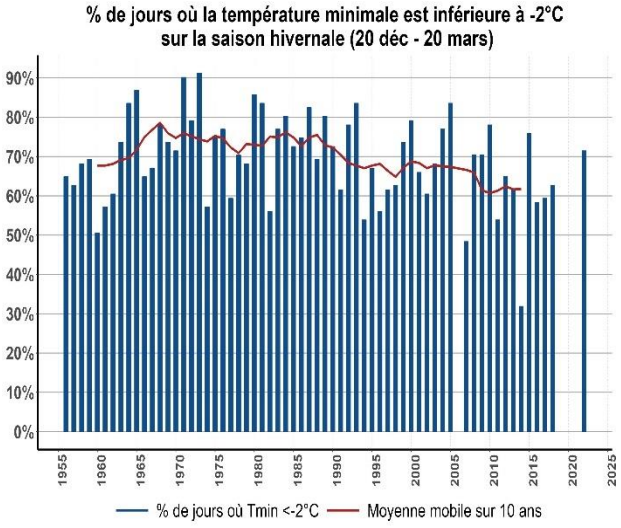
Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.



Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm n'évolue pas suffisamment pour que les variations par sous-saisons soient significatives.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète (91 jours du 20 déc. au 20 mars)

Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo, et **sur la période étudiée.** À noter que la production de neige de culture ne se fait pas en continu mais se base sur des « fenêtres de froid » : il faut environ 100h de froid (un peu plus de 4 jours avec une température inférieure à -2°C) pour produire un manteau neigeux acceptable.

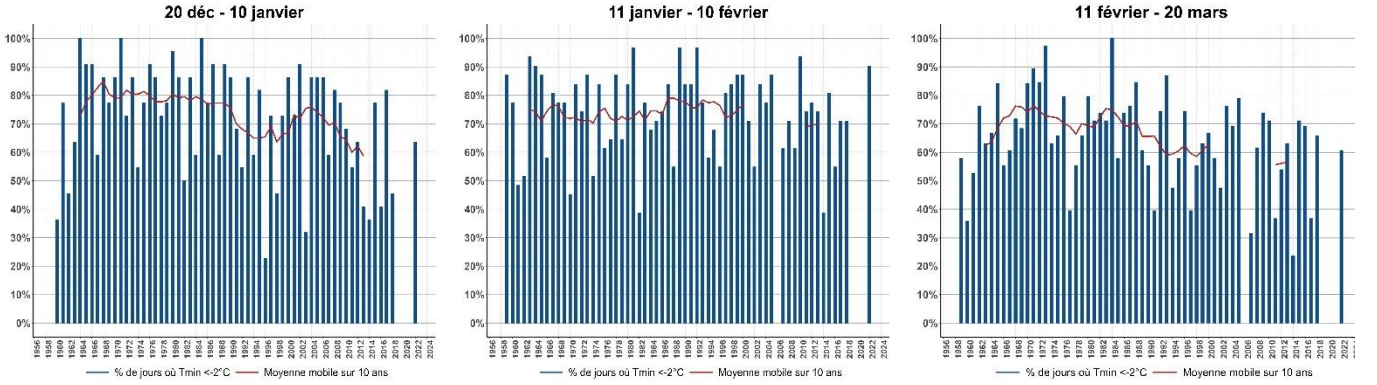


Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C diminue en moyenne de 12% entre la première période climatique (1963/1992) et la seconde (1993/2022).

C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1963/1992 et 1993/2022 est en moyenne de 17% du 20 décembre au 10 janvier et de 16% du 11 février au 20 mars. La variation observée sur la période du 11 janvier au 10 février n'est pas significative.

Cet indicateur ne dit pas s'il est possible de produire de la neige de culture dans des conditions correctes, car il faudrait étudier d'autres paramètres, mais il montre sur cette station de mesure, que **la capacité de production est surtout impactée au début et à la fin de l'hiver**.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel par sous-saison

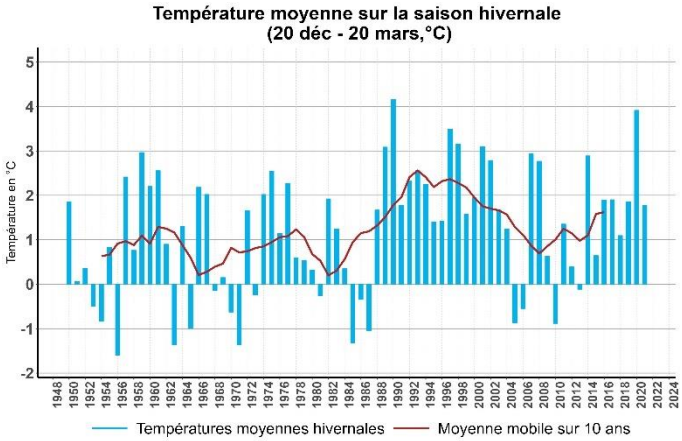


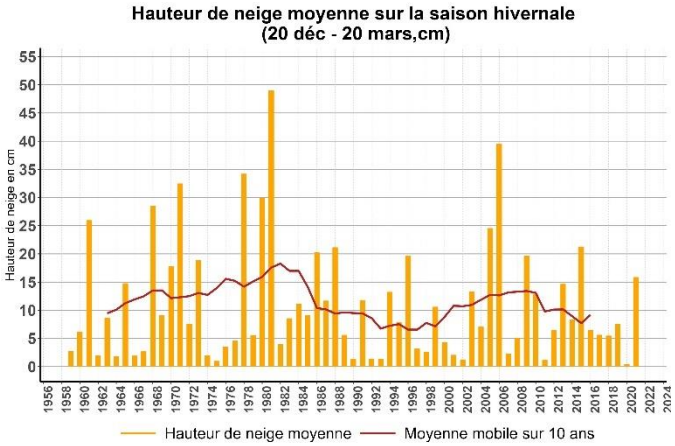
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

Station météo du Mont Dore – Sancy

Altitude : 1 050 m. Exposition : Multiple (terrain plat)

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale

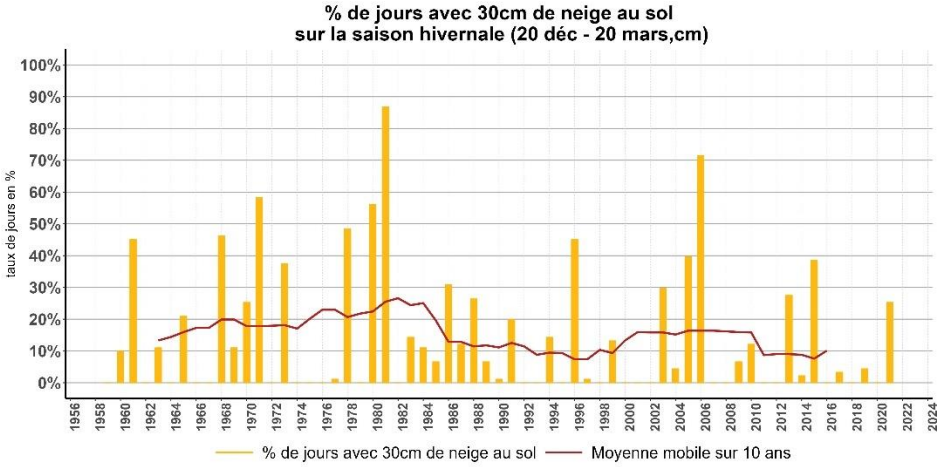




On observe une **augmentation de +0,9°C** entre 1955 et 2021. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1962/1991 et 1992/2021 est de **-3 cm** (diminution de 25%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète

Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente l'enneigement naturel au cœur de l'hiver (91 jours, du 20 décembre au 20 mars).



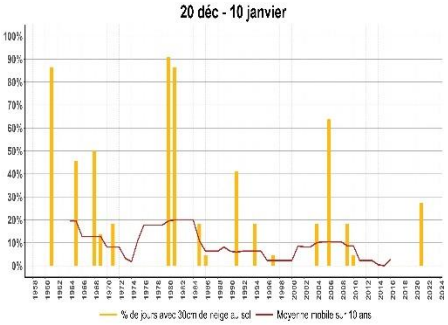
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm sur la période du 20 décembre au 20 mars passe de 18% en moyenne entre 1962 et 1991 à 11% en moyenne entre 1992 et 2021. L'évolution n'est **pas significative**.

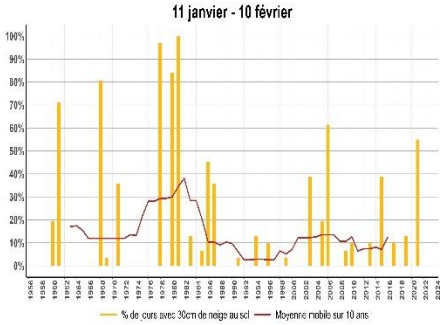
Si l'on extrait de cette série les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 21 se situent dans la période climatique actuelle (1992/2021) et 18 dans la précédente (1962/1991). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 6 se situent dans la période climatique précédente (1962/1991) et 2 dans la période climatique actuelle (1992/2021).

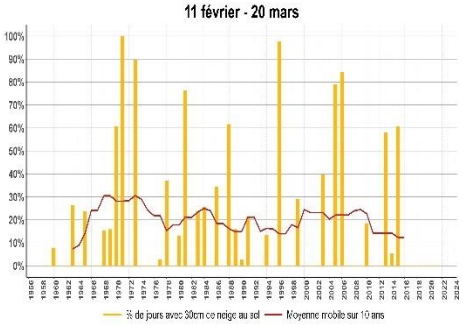
Sur cette station de mesure, les différences entre les deux périodes étudiées ne sont pas suffisamment nettes pour pouvoir conclure.

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel par sous-saison

Cet indicateur présente le pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur 3 fenêtres temporelles consécutives.



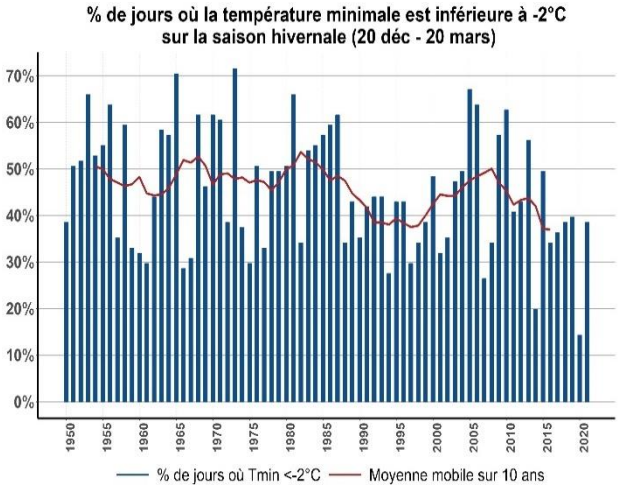




C'est sur la période du 20 décembre au 10 février que la baisse de l'enneigement se fait le plus sentir : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1962/1991 et 1992/2021 est en moyenne de 58% du 20 décembre au 10 janvier et de 43% du 11 janvier au 10 février. Sur la période la plus tardive (11 février - 20 mars) la baisse de l'enneigement est de 25%.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète (91 jours du 20 déc. au 20 mars)

Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo, et **sur la période étudiée.** À noter que la production de neige de culture ne se fait pas en continu mais se base sur des « fenêtres de froid » : il faut environ 100h de froid (un peu plus de 4 jours avec une température inférieure à -2°C) pour produire un manteau neigeux acceptable.

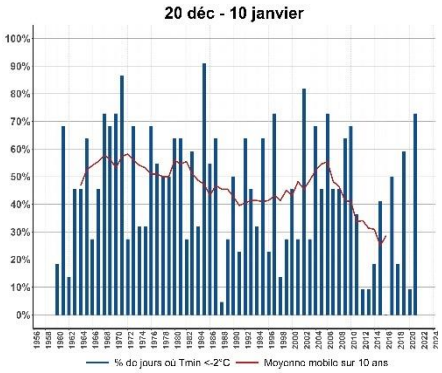


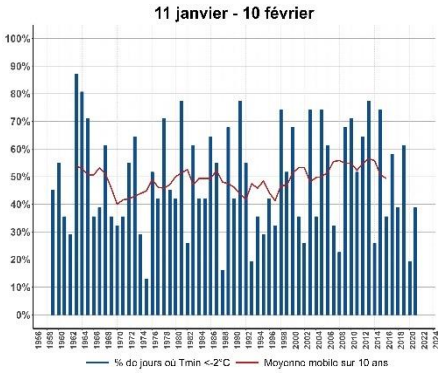
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C diminue en moyenne de 16% entre la première période climatique (1962/1991) et la seconde (1992/2021).

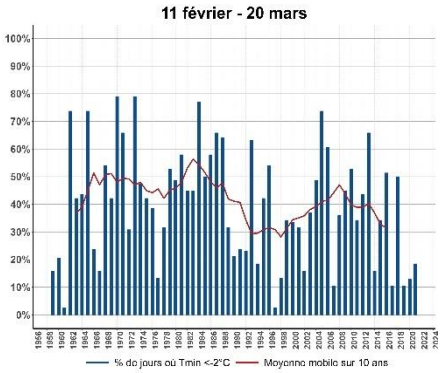
C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1962/1991 et 1992/2021 est en moyenne de 15**%** du 20 décembre au 10 janvier et de 27% du 11 février au 20 mars. Le nombre de jours de froid est quasi constant du 11 janvier au 10 février.

Cet indicateur ne dit pas s'il est possible de produire de la neige de culture dans des conditions correctes, car il faudrait étudier d'autres paramètres pour cela, mais il montre sur cette station de mesure, que **la capacité de production est surtout impactée au début et à la fin de l'hiver.**

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel par sous-saison







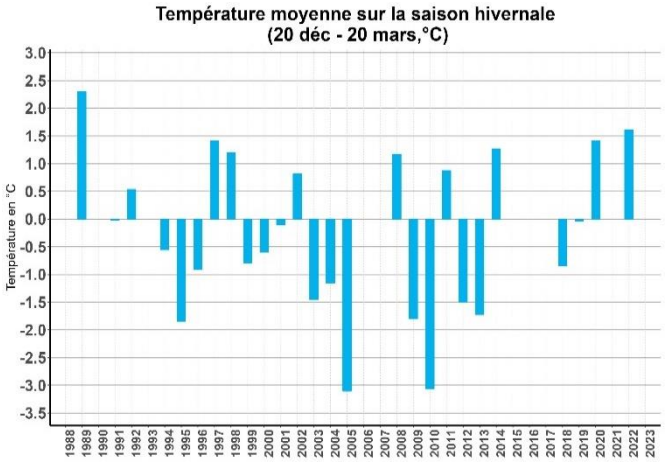
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

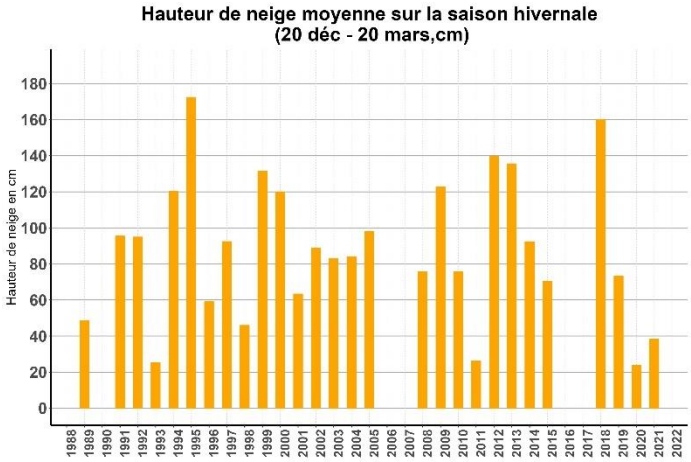
Station météo des Gets – Chablais

Altitude : 1 100 m. Exposition : Nord-Ouest

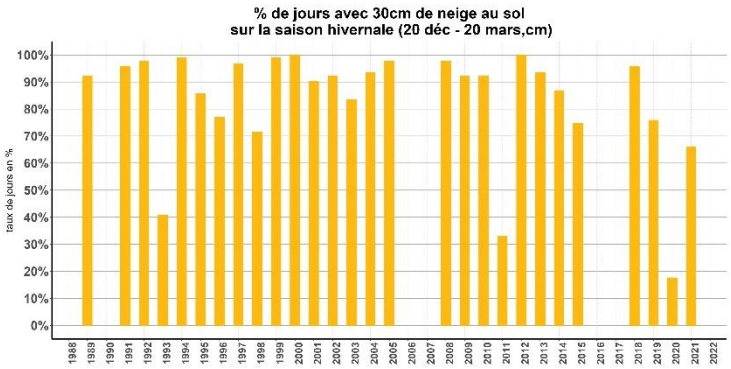
Dans le graphe des températures, les saisons 1989-90, 1992-93, 2005-06, 2006-07, 2014-15, 2015-16,2016-17 et 2020-2021 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1989-90, 2005-06, 2006-07, 2015-16 et 2016-17 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



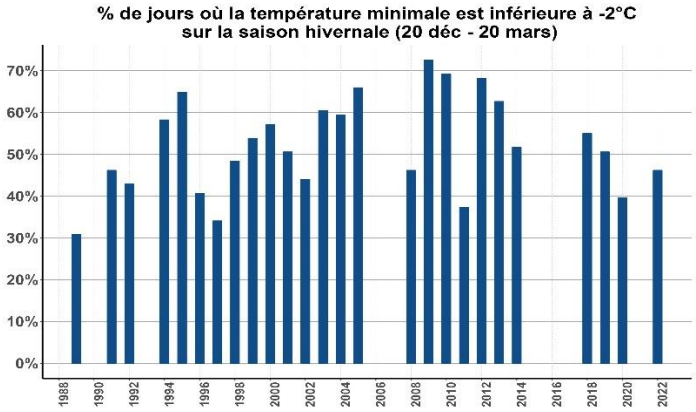


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 100 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (34 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

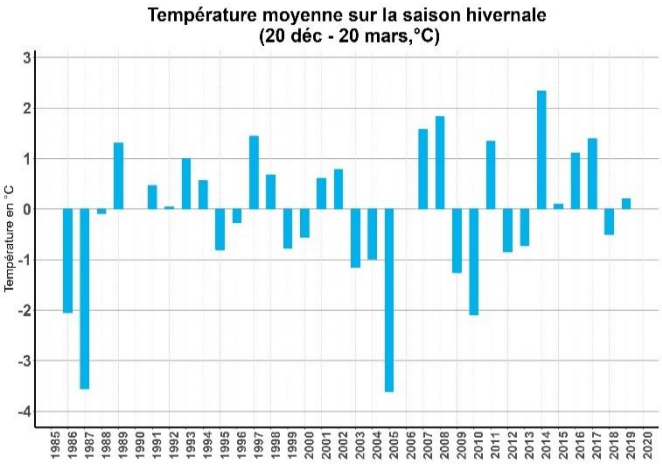
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

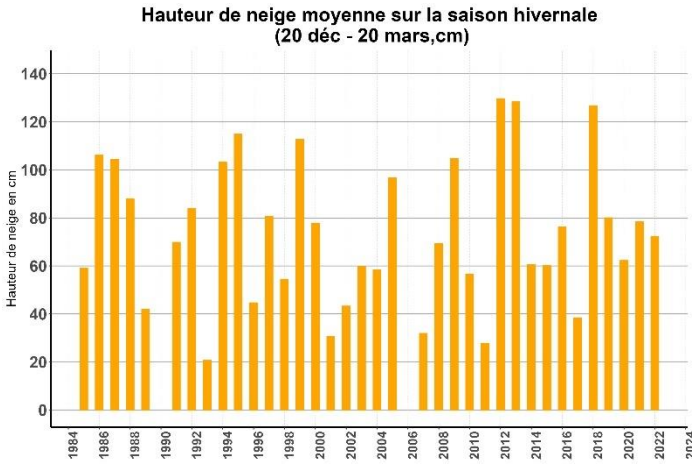
Station météo d'Arêches – Beaufortain

Altitude : 1 200 m. Exposition : Multiple (terrain plat)

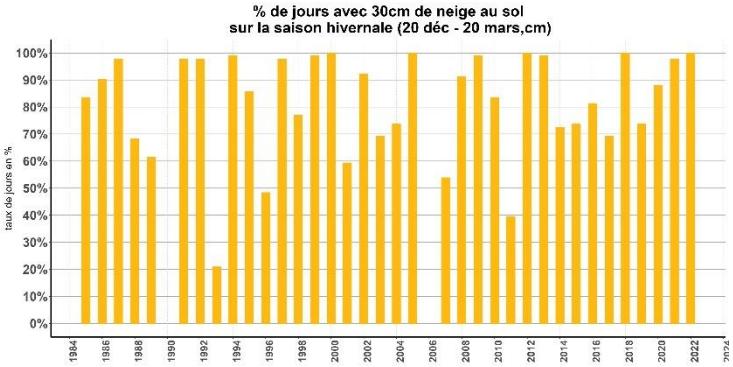
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1989-90 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



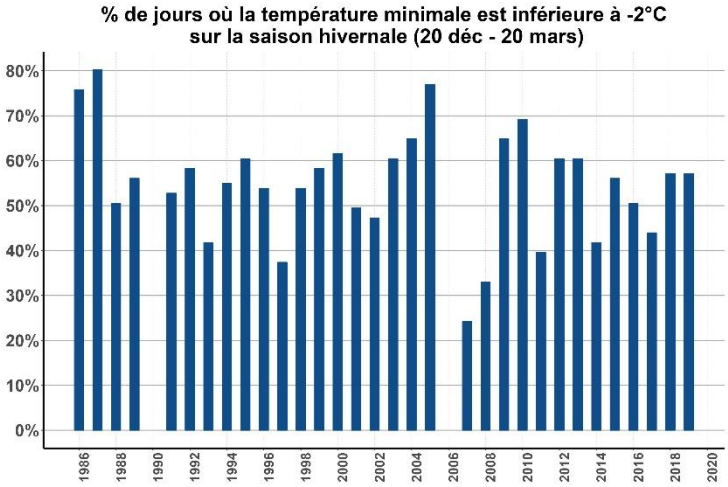


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 200 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (35 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

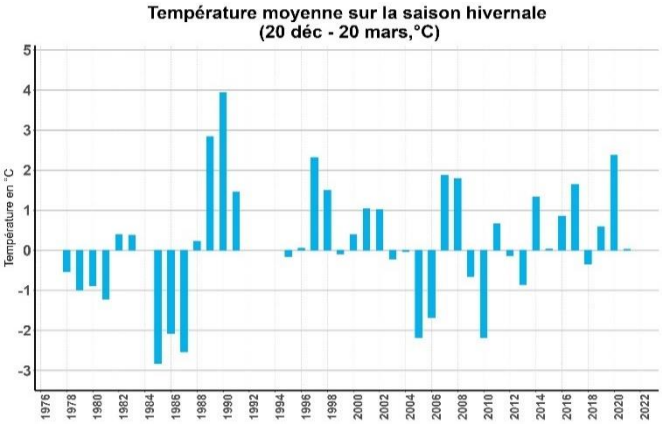
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

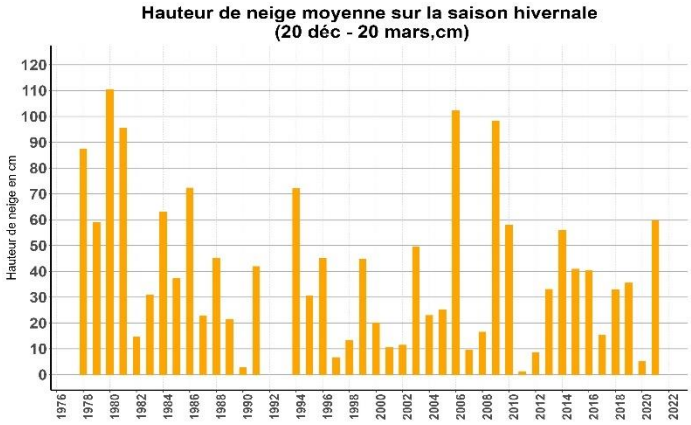
Station météo du Lioran – Monts du Cantal

Altitude : 1 238 m. Exposition : Nord-Ouest

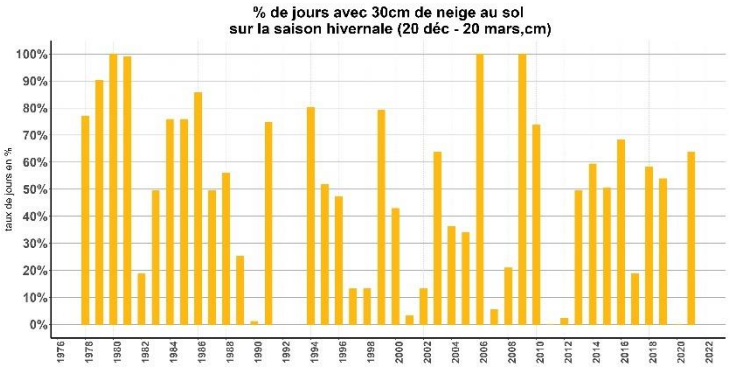
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1991-92 et 1992-93 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes, ainsi que les saisons 1982-1983 et 1993-94 pour les températures.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



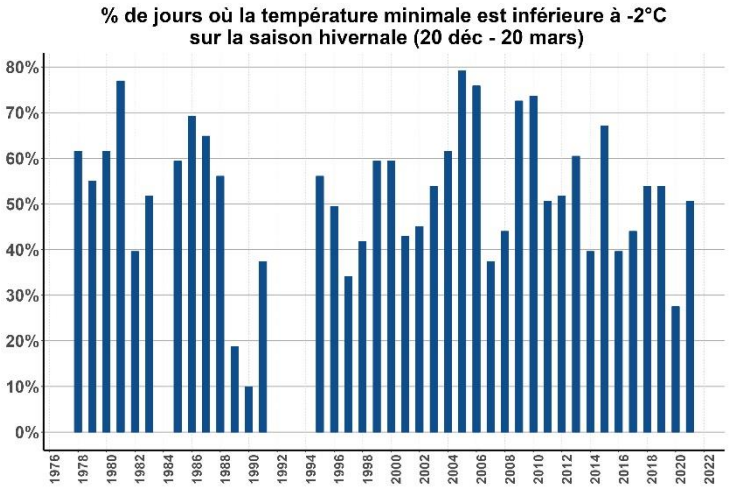


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 238 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (44 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

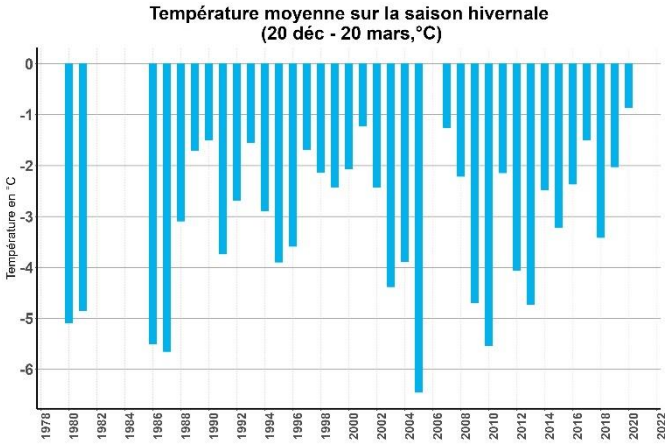
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

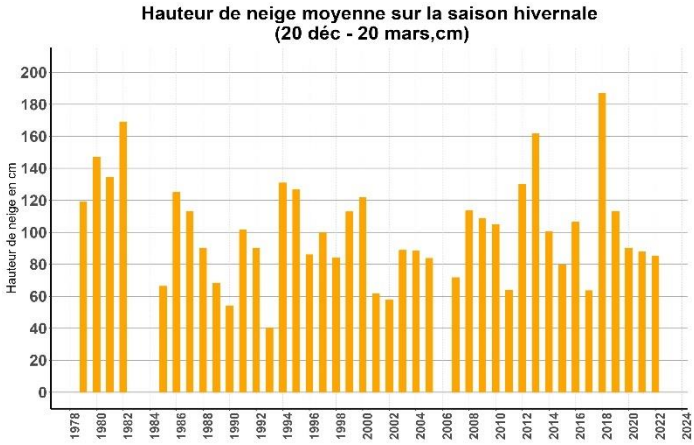
Station météo de l'Alpe d'Huez – Grandes Rousses

Altitude : 1 860 m. Exposition : Nord Nord-Ouest

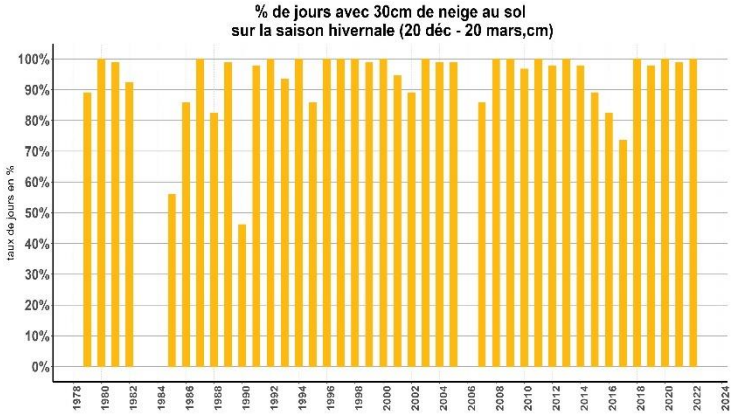
Dans le graphe des températures, les saisons 1981 à 1985 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1982-83, 1983-84 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



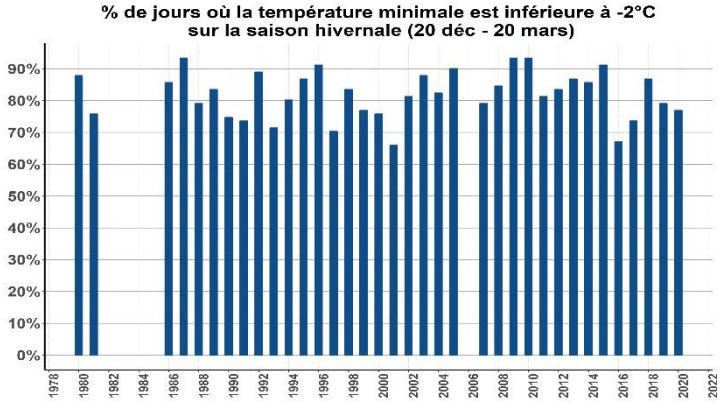


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 860 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (41 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

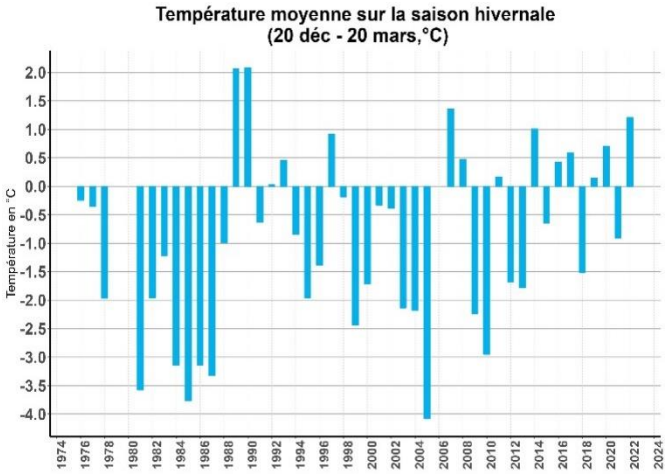
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

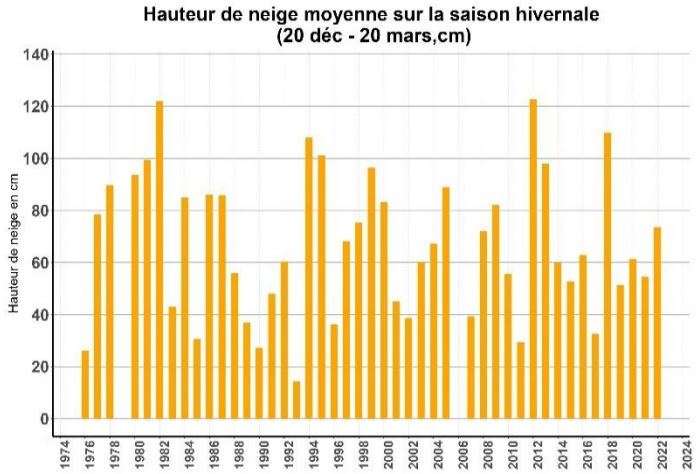
Station météo des Karellis – Maurienne

Altitude : 1 610 m. Exposition : Nord

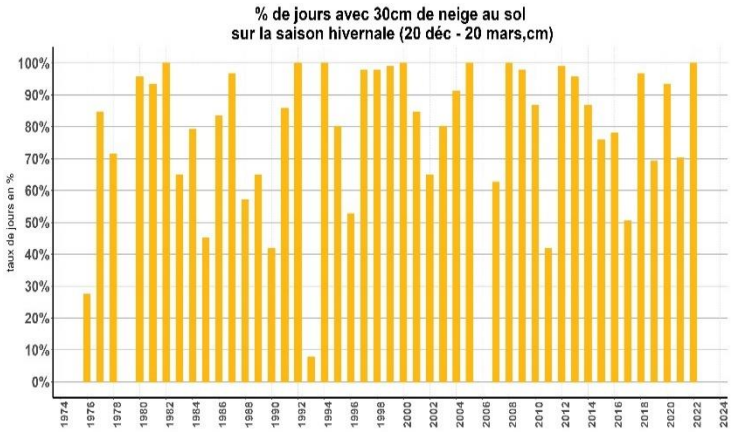
Dans le graphe des températures, les saisons 1978-79, 1979-80 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1978-79 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



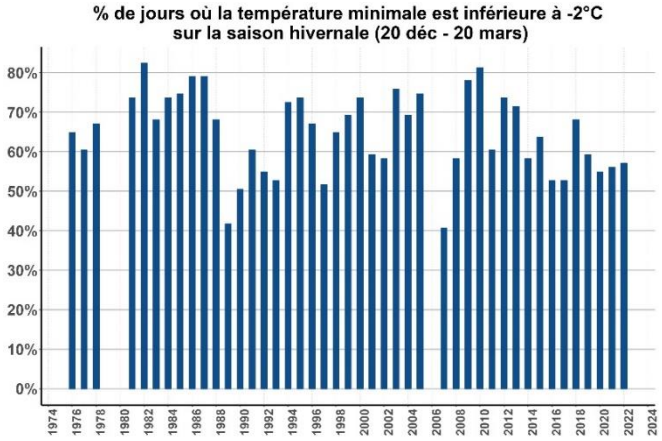


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 610 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (47 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

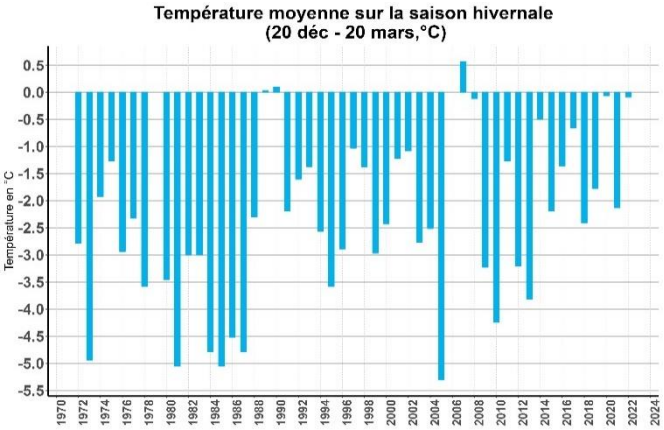
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

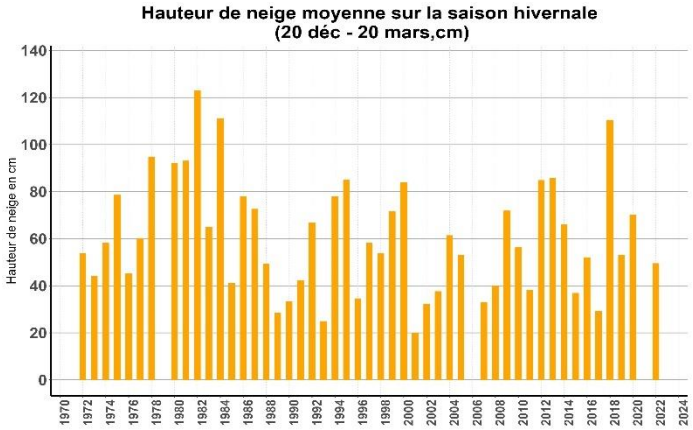
Station météo des Ménuires – Tarentaise

Altitude : 1 800 m. Exposition : Sud

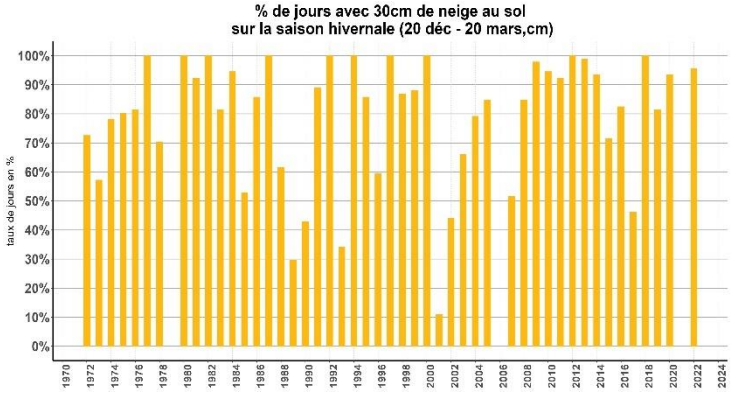
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1978-79 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



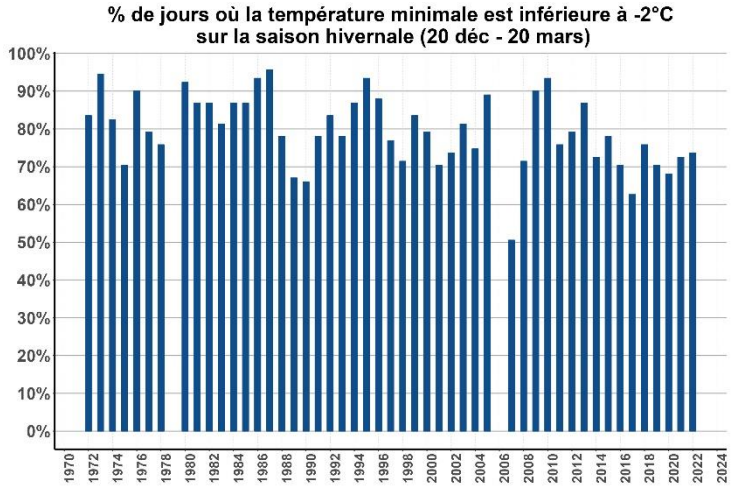


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 800 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (51 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

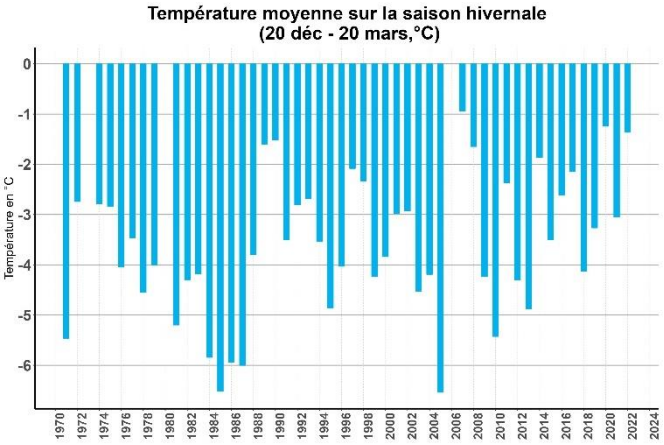
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

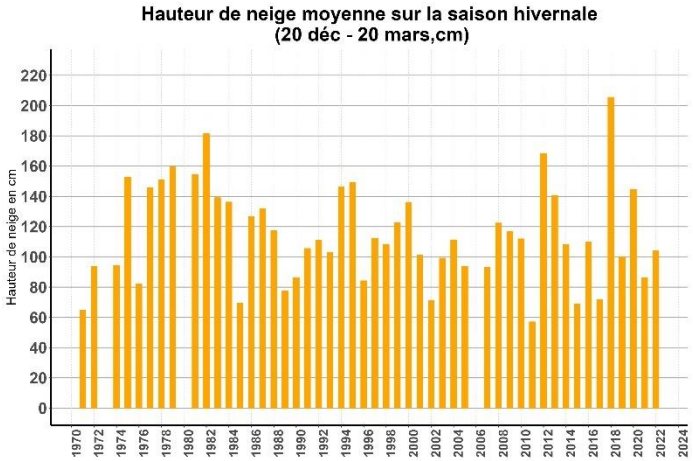
Station météo de la Plagne – Tarentaise

Altitude : 1 970 m. Exposition : Nord

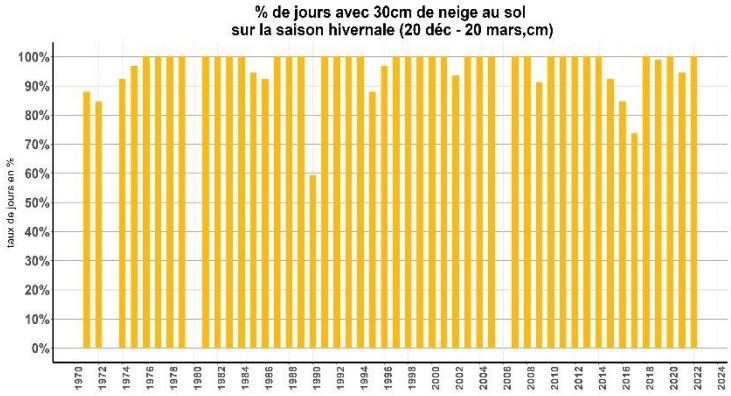
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1972-73, 1979-80 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



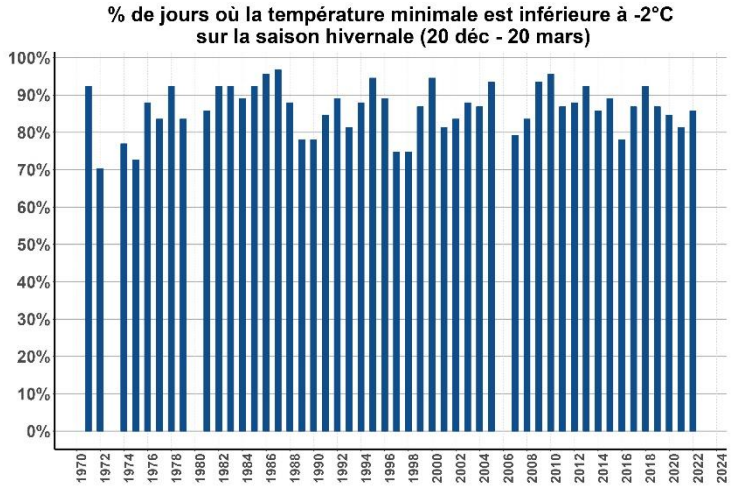


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 970 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (52 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

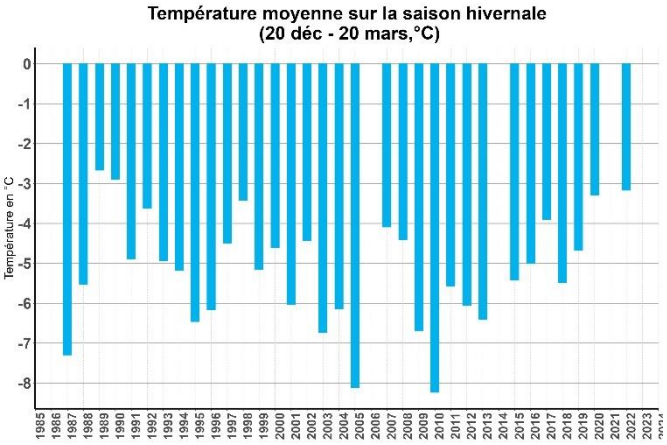
Évolution des paramètres climatiques et conditions d'enneigement

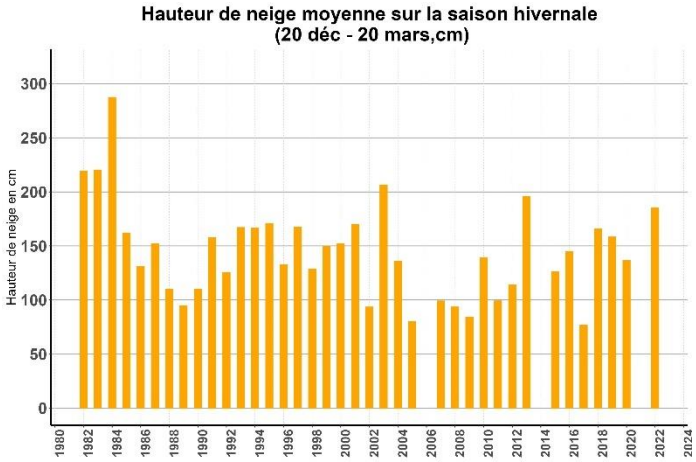
Station météo des 2 Alpes – Oisans

Altitude : 2 600 m. Exposition : Nord

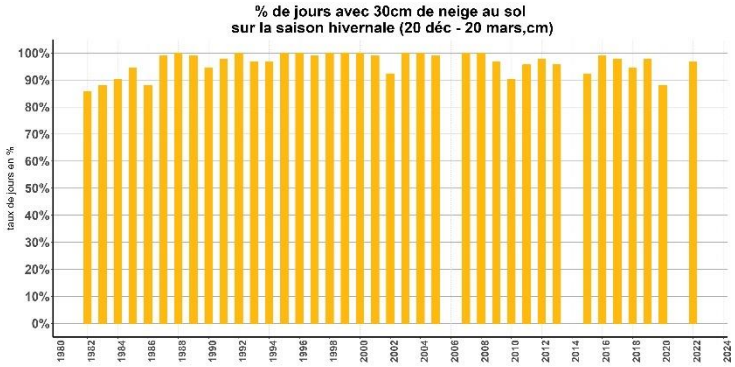
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 2005-06, 2013-14 et 2020-2021 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



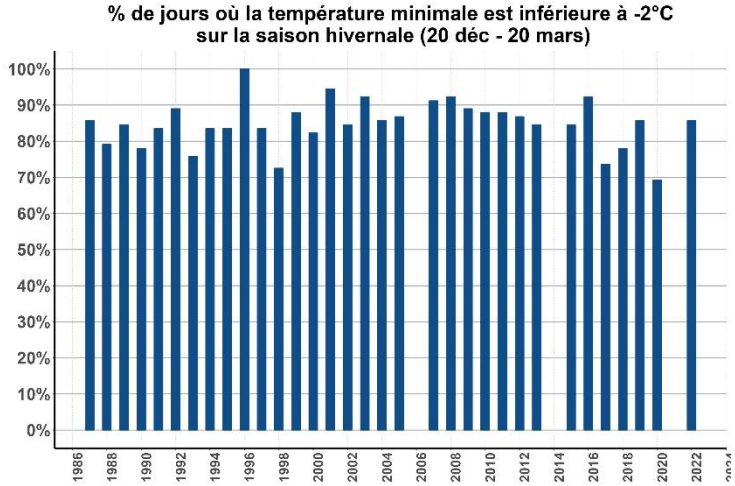


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours avec au moins 30 cm de neige au sol) représente **l'enneigement naturel au cœur de l'hiver**. La période étudiée est de 91 jours, du 20 décembre au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel sur la saison complète



Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (2 600 m), et **sur la période du 20 décembre au 20 mars**, soit 91 jours.

Sur cette station, l'historique des données (37 ans pour les températures et de 41 ans pour l'enneigement) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

Construction de l'indicateur	
Méthode de calcul des indicateurs	***Représentation des indicateurs climatiques*** Pour chaque station de mesure étudiée, les pages précédentes présentent, sous forme de graphiques, les valeurs des principaux indicateurs climatiques retenus : • Moyenne des températures moyennes journalières sur la saison hivernale (20 décembre - 20 mars) • Moyenne des hauteurs de neige journalières sur la saison hivernale (20 décembre - 20 mars) • Pourcentage de jours où la hauteur de neige journalière est supérieure ou égale à 30 cm sur la saison complète (20 décembre - 20 mars) • Pourcentage de jours où la température minimale journalière est inférieure à -2°C sur la saison complète (20 décembre - 20 mars) Pour les stations dont les séries nivologiques sont complètes (ce qui est le cas des 6 premières stations de mesure sélectionnées), les fiches intègrent les indicateurs complémentaires suivants : • Pourcentage de jours où la hauteur de neige journalière est supérieure ou égale à 30 cm par sous-saison (20 décembre - 10 janvier, 11 janvier - 10 février et 11 février - 20 mars), • Pourcentage de jours où la température minimale journalière est inférieure à -2°C par sous-saison (20 décembre - 10 janvier, 11 janvier - 10 février et 11 février - 20 mars). La précision des mesures est de ±0,1°C pour les températures et ±2 cm pour la hauteur de neige. Les mesures sont journalières, et n'ont pas fait l'objet d'un traitement d'homogénéisation de la part de Météo France[6]. Le choix a été fait d'utiliser des histogrammes pour représenter les indicateurs. Sur les graphiques figurent les moyennes mobiles, calculées annuellement de façon glissante sur 10 ans. Leur utilisation permet de lisser la variation interannuelle et de visualiser graphiquement l'évolution du paramètre étudié. ***Critère d'exclusion*** Un critère d'exclusion a été appliqué, pour chaque station de mesure étudiée, et chaque paramètre climatique, sur les années qui présentent des données manquantes. Le critère retenu consiste à exclure les années où, sur la période étudiée, il manque plus de 20% de données. Les années ainsi exclues sont absentes des graphiques. Les 5 premières stations de mesure météorologiques sélectionnées fournissent des séries de données d'enneigement et de températures complètes (sauf la station Mont-Blanc, où une année a été exclue pour la variable « hauteur de neige »). Les 8 autres séries de données sont incomplètes pour cause de données manquantes. ***Comparaison de normales climatiques*** L'analyse d'impact du changement climatique consiste à comparer deux périodes climatiques, une période (ou normale) climatique étant de 30 ans, selon la définition de l'Organisation météorologique mondiale. Les 5 premières stations de mesure sélectionnées ont un historique proche de 60 ans. La variation sur la période d'observation des températures moyennes hivernales est approchée par une droite de régression linéaire dont la pente et les valeurs aux limites de dates déterminent l'augmentation moyenne de température estimée pour la station sur la période concernée. Pour les hauteurs de neige, le choix a été fait de comparer 2 périodes climatiques de 30 ans, et d'en mesurer les différences. La période climatique la plus récente a été fixée à 1993/2022, et la précédente varie entre la date de début de la série et cette même date + 30 ans. La première période climatique chevauche parfois de quelques années la seconde.

[6] https://donneespubliques.meteofrance.fr/client/document/lsdm-methode_publitheque_217.pdf

	Ainsi, pour les 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant, pour chaque série de données météorologiques, les paramètres suivants sont calculés : • L'évolution tendancielle des températures moyennes annuelles du début des mesures jusqu'en 2022 (exprimée en °C), • La différence entre les moyennes des hauteurs de neige moyennes annuelles des deux périodes climatiques retenues (exprimée en cm et en %), • La différence entre les moyennes des pourcentages de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm des deux périodes climatiques retenues (exprimée en %), • La différence entre les moyennes des pourcentages de jours où la température minimale est inférieure à -2°C des deux périodes climatiques retenues (exprimée en %). Ces différences traduisent les évolutions entre la période climatique actuelle (1993/2022) et la période climatique précédente, et permettent de quantifier la tendance à l'augmentation ou à la diminution des mesures effectuées. Concernant les 8 stations incomplètes et présentant un historique insuffisant, la comparaison de normales climatiques ne peut être menée. Les graphiques présentent l'évolution constatée à l'intérieur de la période climatique la plus récente, sans qu'il soit possible de tirer de conclusion à partir de cette seule période.
Producteur des données sources	Météo France
Détenteur des données sources	Météo France (extraction juillet 2023)
Producteur des indicateurs	ORCAE Auvergne-Rhône-Alpes

Information sur la fiche	
Indicateur suivi par l'ORCAE depuis	2014
Date de mise à jour	26/01/2024
Périodicité d'actualisation	Actualisation tous les 3 ans
Contributeurs	Météo France, Atout France, Observatoire savoyard du changement climatique (MDP 73), Auvergne-Rhône-Alpes Tourisme, Domaines skiables de France, Université Clermont-Auvergne, Cerema, AURA-EE, DREAL, ADEME, Région Auvergne-Rhône-Alpes
Responsable de la mise à jour	Auvergne-Rhône-Alpes Énergie Environnement (AURA-EE)
Fiche disponible sur	www.orcae-auvergne-rhone-alpes.fr/