Changement climatique et tourisme en Auvergne-Rhône-Alpes

Températures, enneigement et fréquentation des domaines skiables

Description de la série d'indicateurs

Territoire	**Région Auvergne-Rhône-Alpes, domaines skiables**
Type	Indicateurs de pression et d'état
Justification du choix des indicateurs et descriptif	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 d'étudier dans le cadre de l'ORECC, les impacts du changement climatique sur l'activité ski, en analysant les liens possibles entre paramètres climatiques et l'offre ski des domaines skiables, alpins et nordiques. Dans cette optique, il a été convenu de suivre l'évolution des indicateurs ci-dessous :

Indicateur étudié	Ce que l'on veut analyser à partir de l'indicateur	Localisation dans le document
Évolution de la température moyenne sur la saison hivernale	Le réchauffement climatique hivernal dans les Alpes et le Massif Central.	Section 1 « Suivi des indicateurs température et enneigement par station météorologique » Pages 3 à 24
Évolution de la hauteur de neige moyenne sur la saison hivernale	L'impact du changement climatique sur l'enneigement naturel des domaines skiables.	
Pourcentage de jours où la hauteur de neige au sol est d'au moins 30 cm sur la saison hivernale, et par « sous-saison »	La notion de « skiabilité » (ski alpin) des domaines skiables avec l'enneigement naturel.	
Pourcentage de jours où la température minimale est inférieure à -2°C sur la saison hivernale, et par « sous-saison »	La capacité à produire de la neige de culture, à l'altitude de la mesure.[1]	
Fréquentation des domaines skiables alpins et lien avec les conditions d'enneigement	Le lien entre fréquentation des domaines skiables par taille de domaine de ski alpin, et l'enneigement.	Section 2 « Fréquentation des domaines skiables et évolution de l'offre ski » Pages 25 à 30
Fréquentation des domaines skiables nordiques auvergnats et lien avec les conditions d'enneigement	Le lien entre fréquentation des domaines skiables nordiques et l'enneigement.	
Evolution dans le temps de l'offre ski en fonction de l'altitude	L'adaptation de l'offre ski des domaines skiables alpins (remontées mécaniques) en vue d'étendre la part de l'offre qui est proposée en altitude.	

[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.

Mode de calcul	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** et **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. → **Fréquentation des domaines skiables alpins par type de station :** nombre de journées-skieurs sur un panel de stations d'Auvergne-Rhône-Alpes. → **Fréquentation des domaines skiables nordiques :** nombre de journées-skieurs sur un panel de stations auvergnates. → **Offre ski depuis 1960 par type de station :** cumul des débits par tranche altitudinale et des moments de puissance[2] en fonction de l'altitude des points de départ des remontées mécaniques. La typologie des stations de ski alpin est celle retenue par Domaines Skiables de France (DSF) : petites stations (MP < 2 500 km.sk/h), stations moyennes (2 500 km.sk/h < MP < 6 000 km.sk/h), grandes stations (6 000 km.sk/h < MP < 15 000 km.sk/h) et stations de très grande taille (MP > à 15 000 km.sk/h).

Résultats observés

- Une **augmentation de la température moyenne hivernale** entre la période climatique actuelle (1987-2016) et celle qui précède[3], pour les 4 stations de mesure disposant d'un historique suffisant.
- Une **diminution de l'enneigement moyen** entre la période climatique actuelle (1987-2016) et celle qui précède, pour 4 des 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant. La baisse de l'enneigement est marquée en début de saison (20 décembre – 10 janvier), pour toutes les stations. La tendance sur les autres périodes (11 janvier – 10 février et 11 février - 20 mars) dépend des stations étudiées.
- **Les hivers peu enneigés sont plus nombreux** sur la période climatique la plus récente, c'est-à-dire sur les 30 dernières années, pour toutes les stations de mesure étudiées.
- Concernant la **capacité à produire de la neige de culture dans les conditions technologiques actuelles**, on observe, sur 3 des 4 stations de mesure disposant d'un historique suffisant, une diminution de 7, 11 et 14% des créneaux de production liés aux températures, entre la période climatique actuelle (1987-2016) et celle qui précède[3].
- **Le nombre de journées-skieurs des domaines skiables alpins**, qui représentent la fréquentation des domaines, **augmentent depuis 20 ans** (+ 23% entre 1995 et 2015).
- **Les hivers les moins enneigés ont un impact sur les journées-skieurs des petites, moyennes et grandes stations de ski alpin, ainsi que sur la fréquentation des domaines de ski nordique** : les accidents de fréquentation les plus importants correspondent aux hivers les moins enneigés. En revanche, les variations de journées-skieurs sont minimes sur les très grandes stations de ski alpin, qui semblent peu sensibles à la problématique de l'enneigement.
- Concernant l'**évolution de l'offre de ski alpin en Auvergne-Rhône-Alpes**, les domaines skiables ont connu **deux phases de développement**. La première phase, de 1970 à 1990, a fait l'objet d'un déploiement massif de l'offre ski, avec une forte évolution en volume et en altitude. La seconde, de 1990 à nos jours, est une phase de renouvellement et de réinvestissement, qui s'accompagne, pour certains domaines, d'un **redéploiement en altitude**.
- Ce redéploiement récent en altitude concerne peu les petites stations, qui ont moins de capacité à réinvestir, et sont souvent situées sur des massifs peu élevés, ce qui limite les possibilités d'évolution verticale. Il concerne également peu les très grandes stations, qui dès leur création, ont été implantées en altitude, donc n'en ressentent moins la nécessité. Il est en revanche très marqué sur les grandes et moyennes stations, pour lesquelles la phase de réinvestissement est aussi **l'occasion de sécuriser leur offre de ski par rapport aux tendances climatiques**, notamment la baisse de l'enneigement naturel.

[2] Le moment de puissance d'une remontée mécanique est le produit de la dénivelée par le débit (unité : km.skieurs/heure).

[3] Cf. Éléments méthodologiques p. 4

1/ Suivi des indicateurs température et enneigement par station météorologique

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[4]
Isère	38472403	Chartreuse	Col de Porte (A)	1325 m	Nord	Nivo-meteo	1961-2016
Haute-Savoie	74056001	Mont Blanc	Chamonix (B)	1042 m	Multiple[5]	Radome	1957-2016
Savoie	73040005	Haute-Maurienne	Bessans (C)	1715 m	Nord-Ouest	Clim	1959-2016
Isère	38021001	Vercors	Autrans (D)	1090 m	Multiple[5]	Clim	1964-2016
Puy-de-Dôme	63236002	Sancy	Le Mont Dore (E)	1050 m	Multiple[5]	Clim	1959-2016
Haute-Savoie	74134400	Chablais	les Gets (F)	1100 m	Nord-Ouest	Clim	1989-2016
Savoie	73034400	Beaufortain	Arèches (G)	1200 m	Multiple[5]	Nivo-meteo	1985-2016
Isère	38191400	Grandes Rousses	l'Alpe d'Huez (H)	1860 m	Nord-Nord-Ouest	Nivo-meteo	1979-2016
Cantal	15101004	Monts du Cantal	Le Lioran (I)	1450 m	Ouest-Nord-Ouest	Nivo-meteo	1978-2016
Savoie	73173400	Maurienne	les Karellis (J)	1610 m	Nord	Nivo-meteo	1977-2016
Savoie	73257400	Tarentaise 1	les Ménuires (K)	1800 m	Sud	Nivo-meteo	1972-2016
Savoie	73150400	Tarentaise 2	la Plagne (L)	1970 m	Nord	Nivo-meteo	1971-2016
Isère	38253400	Oisans	Les 2 Alpes (M)	2600 m	Nord	Clim	1982-2016

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[6] :

[4] Période d'analyse du paramètre enneigement en fonction de la disponibilité des données
[5] Terrain plat
[6] Carte batchgeo.com

Éléments méthodologiques	***Représentation des indicateurs climatiques*** Pour chaque station de mesure étudiée, les pages suivantes 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[7]. 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 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 barrées sur les 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 de 56 à 58 ans. Il a été décidé de ne pas réaliser d'analyse tendancielle basée sur des traitements statistiques, faute d'avoir un historique d'au moins 60 ans sur toutes les séries. Le choix a été fait de comparer 2 périodes climatiques de 30 ans, et d'en mesurer les différences. Lorsque la série de données démarre après 1955, la période climatique la plus récente a été fixée à 1988/2017, et la précédente varie entre la date de début de la série et cette même date + 30 ans. La première période climatique chevauche donc de quelques années la seconde. Ainsi, pour les 5 stations de mesure disposant d'un historique suffisant, pour chaque série de données météorologique, les paramètres suivants sont calculés : • la différence entre les moyennes des températures moyennes annuelles des deux périodes climatiques retenues (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 (1988/2017) 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.

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

1a/ Étude complète sur 5 stations

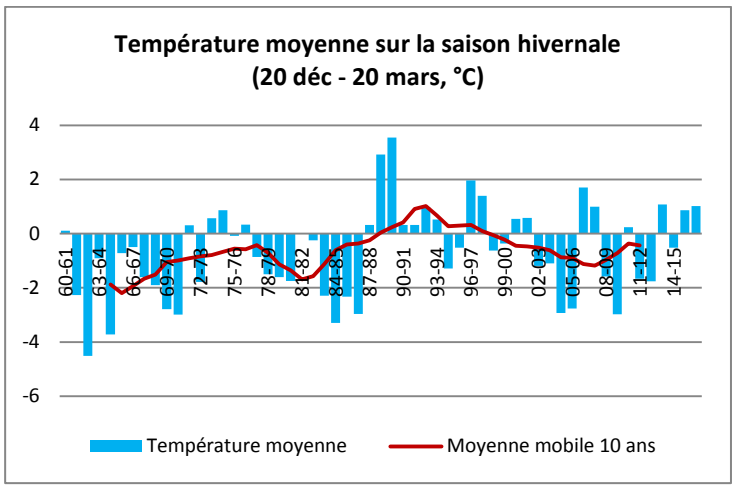
<u>Périmètre d'observation</u> : stations météorologiques disposant de données complètes et d'un historique proche de 60 ans

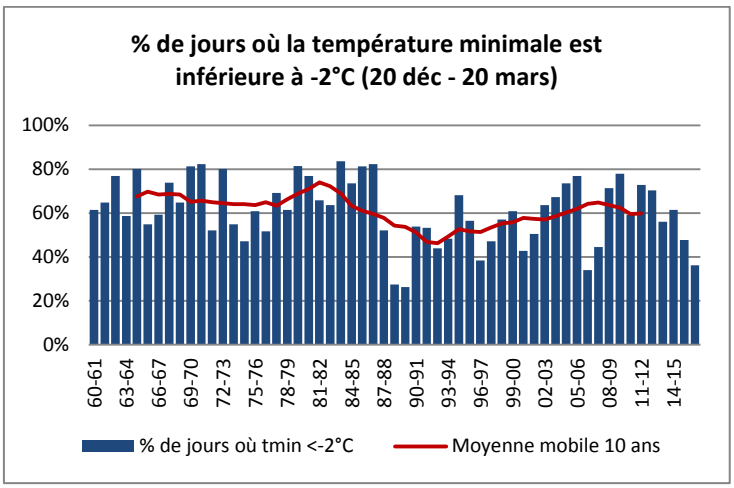
Département	Nom	Localisation	Altitude	Exposition	Réseau Météo France	Historique[8]
Isère	Chartreuse	Col de Porte	1 325 m	Nord	Nivo-meteo	57 ans
Haute-Savoie	Mont Blanc	Chamonix	1 042 m	Multiple	Radome	58 ans
Savoie	Haute-Maurienne	Bessans	1 715 m	Nord-Ouest	Clim	59 ans
Isère	Vercors	Autrans	1 090 m	Multiple	Clim	54 ans
Puy-de-Dôme	Sancy	Mont-Dore	1 050 m	Multiple	Clim	59 ans

[8] Historique du paramètre hauteur de neige.

Les séries de données utilisées pour construire les indicateurs de cette fiche sont complètes.

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

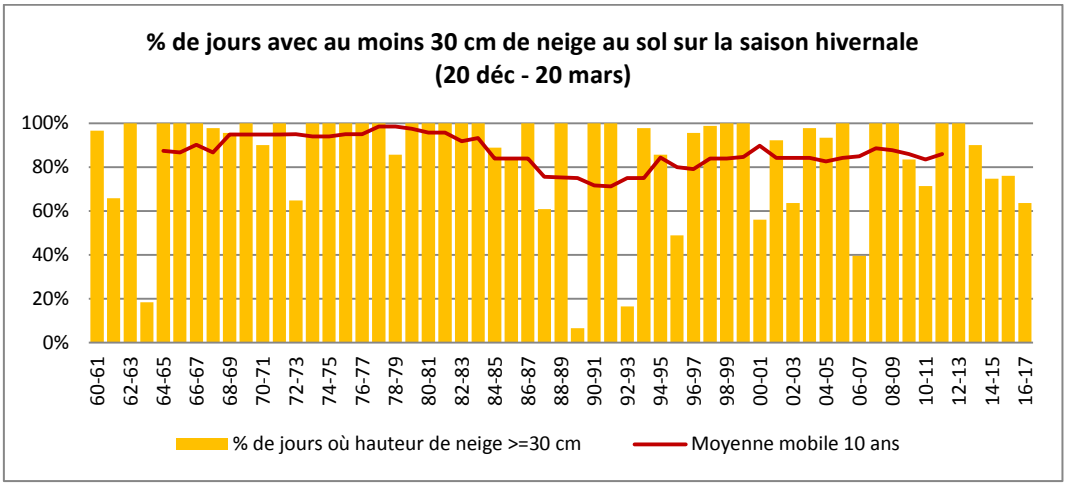




On observe une **augmentation de +1°C** entre la période climatique 1961/1990 et la suivante, 1988/2017. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1961/1990 et 1988/2017 est **de -36 cm** (diminution de 35%).

→ 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).



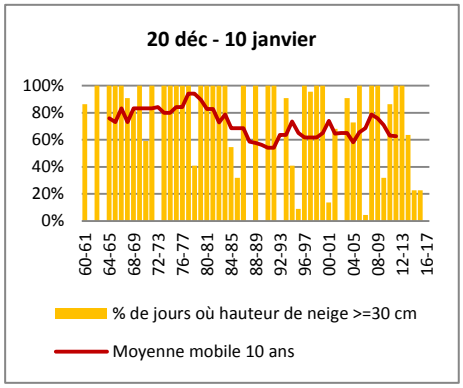
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm sur la période du 20 décembre au 20 mars **passe de 89% en moyenne** entre 1991 et 1990 **à 80% en moyenne** entre 1988 et 2017.

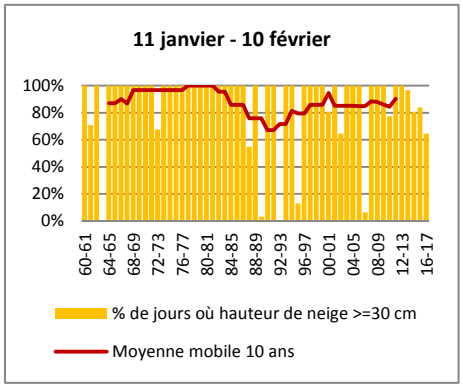
Sur cette station de mesure, l'enneigement est abondant, en durée et en quantité : 97% des hivers peuvent être considérés comme très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période). La comparaison avec les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige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

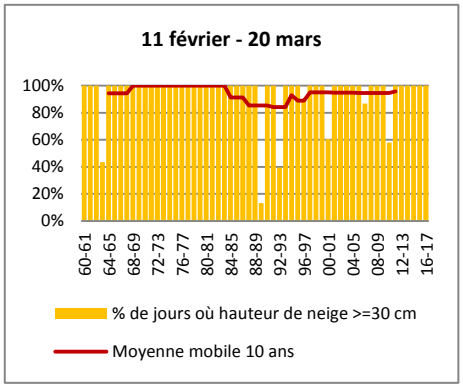
Cependant, si l'on extrait les 15 plus petites valeurs, correspondant aux années les moins enneigées, 11 se situent dans la période 1989-2016 et 4 dans la période 1961-1988. **Les hivers avec moins de neige sont donc plus nombreux sur la période climatique la plus récente.**

→ 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.





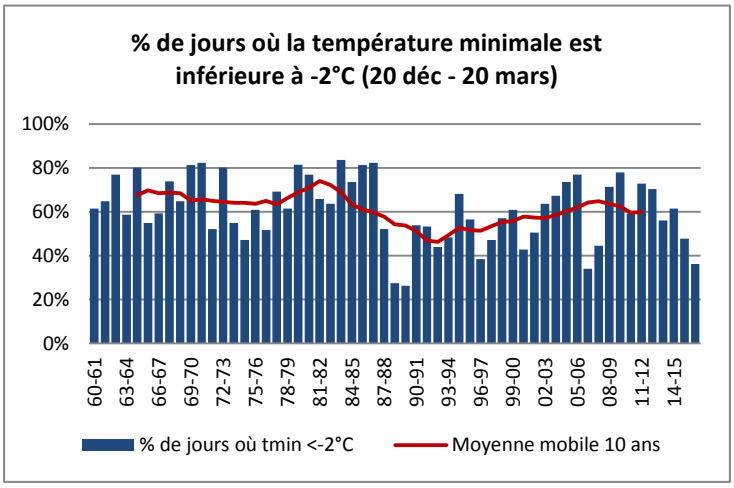


C'est sur la période du 20 décembre au 10 janvier que l'enneigement naturel est le plus impacté : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1961/1990 et 1988/2017 est en moyenne de 19**%** sur la période du 20 décembre au 10 janvier, alors qu'elle est de 10% du 11 janvier au 10 février, et de 4% du 11 février au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel

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 (1 325 m), 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 (91 jours, du 20 décembre au 20 mars) :

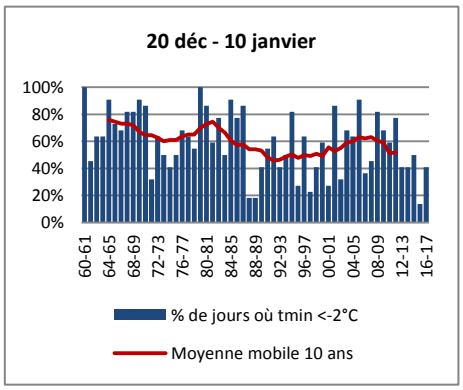


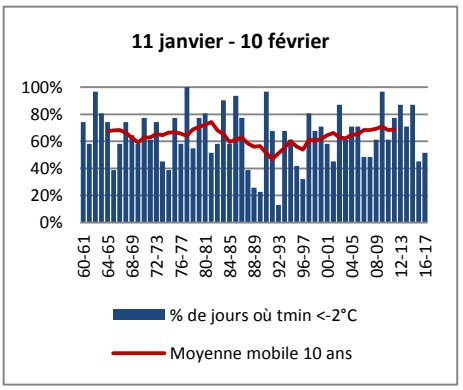
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C **diminue en moyenne de 16%** entre la première période climatique (1961/1990) et la seconde (1988/2017).

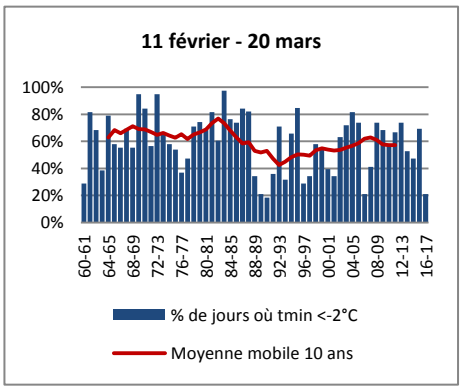
C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1961/1990 et 1988/2017 est en moyenne de 24**%** sur la période du 20 décembre au 10 janvier, de 19% du 11 février au 20 mars, et de 6% du 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.**

Par sous-saison :

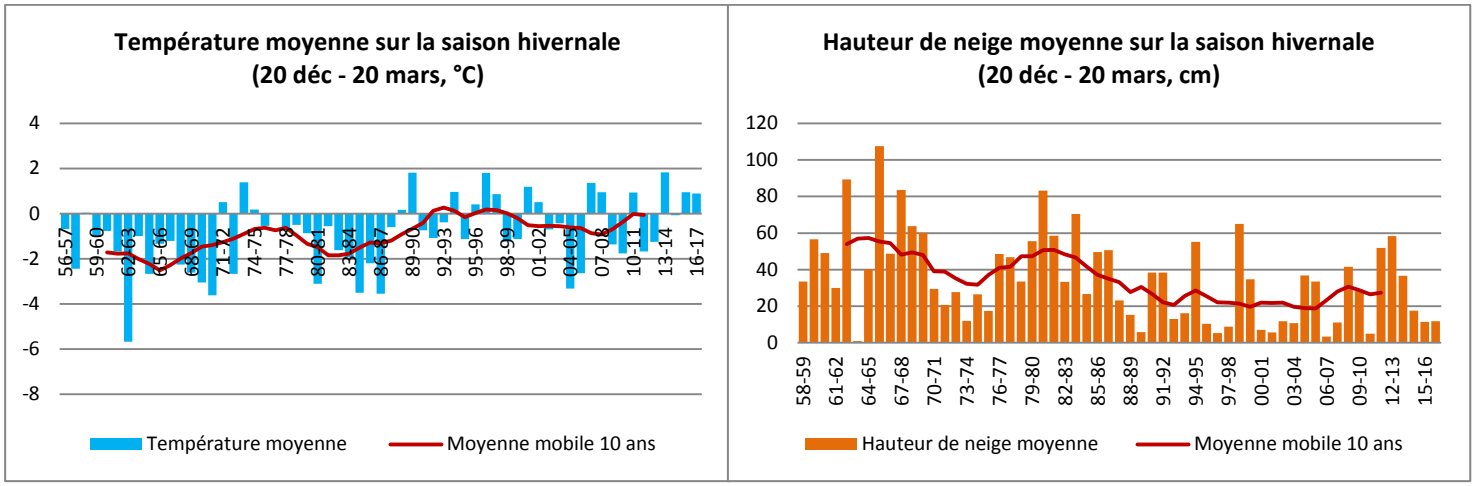






Les séries de données utilisées pour construire les indicateurs de cette fiche sont complètes.

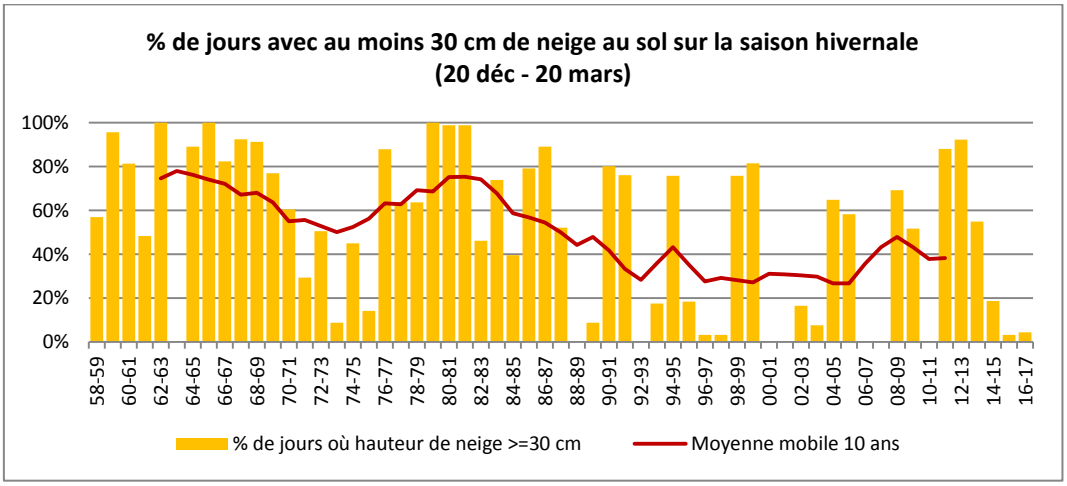
→ Évolution des paramètres climatiques : température moyenne et enneigement sur la saison hivernale



On observe une **augmentation de +1,4°C** entre la période climatique 1958/1987 et la suivante, 1988/2017. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1959/1988 et 1988/2017 est **de -22 cm** (diminution de 48%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel

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).



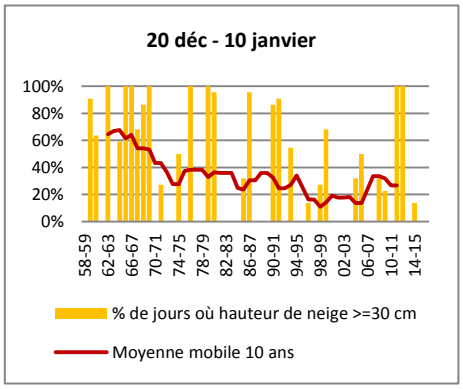
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm sur la période du 20 décembre au 20 mars **passe de 65% en moyenne** entre 1959 et 1988 **à 34% en moyenne** entre 1988 et 2017.

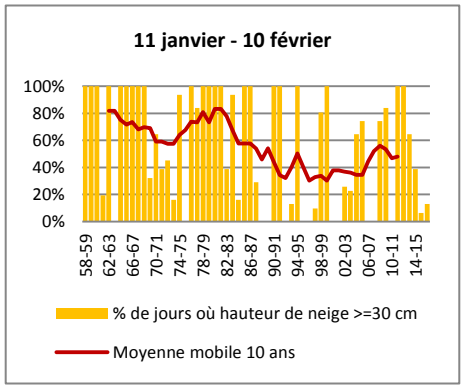
Si l'on extrait les de cette série les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 12 se situent dans la période la plus récente (1988/2017) et 3 dans la précédente (1959/1988). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 12 se situent dans la période la plus récente (1988/2017) et 24 dans la précédente (1959/1988).

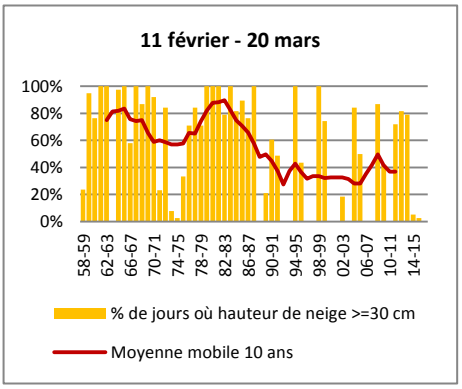
Sur cette station de mesure, **les hivers peu enneigés sont plus nombreux sur la période climatique la plus récente et les hivers les plus enneigés se situent en majorité dans la période climatique précédente**.

→ 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.





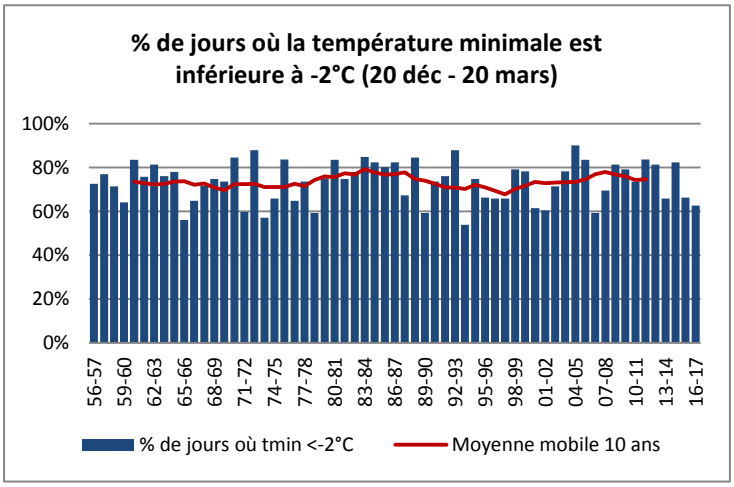


C'est sur la période du 11 février au 20 mars que l'enneigement naturel est le plus impacté : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1959/1988 et 1988/2017 est en moyenne de 50**%** sur la période du 11 février au 20 mars, de 47% du 20 décembre au 10 janvier et de 43% du 11 janvier au 10 février.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel

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 (1 042 m), 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 (91 jours, du 20 décembre au 20 mars) :



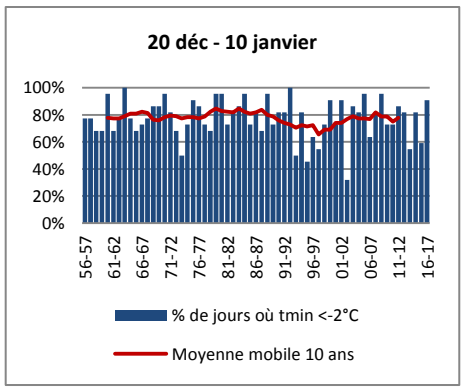
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C est **en moyenne identique** sur la première période climatique (1958/1987) et la seconde (1988/2017).

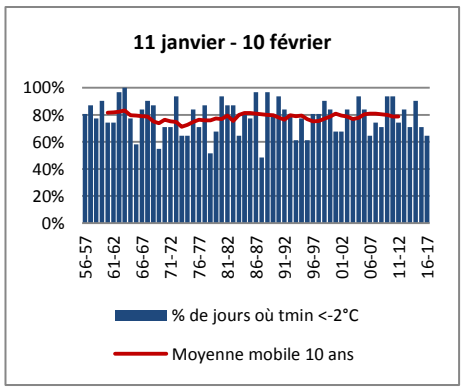
Les variations sur les 3 sous-saisons sont très faibles et peu significatives.

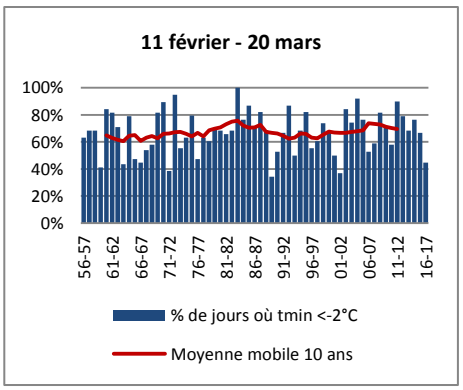
Cet indicateur ne dit pas s'il est possible de produire de la neige de culture dans des conditions correctes, car il faudrait étudier d'autres paramètres pour cela. Il est probable cependant que sur cette station, avec une moyenne de 70% de jours où la température est suffisamment froide, il n'y ait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

Sur cette station, aucune évolution n'est détectée.

Par sous-saison :

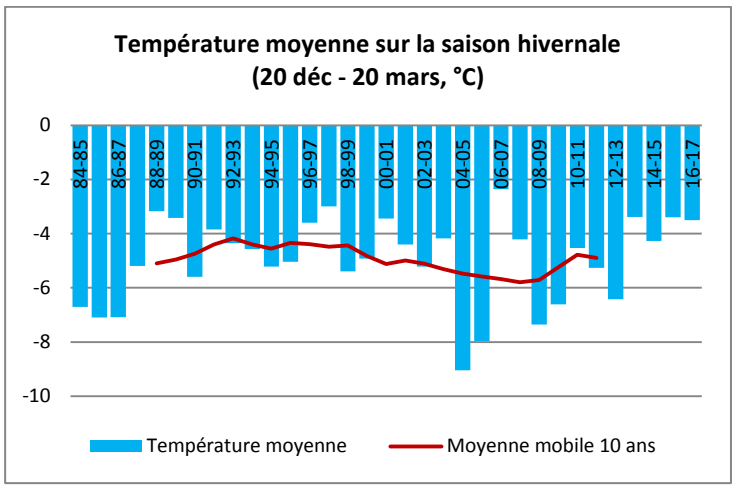


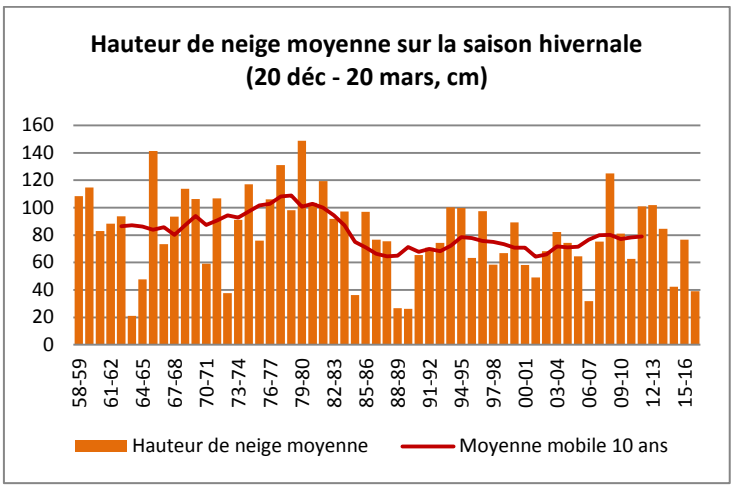




Les séries de données utilisées pour construire les indicateurs de cette fiche sont complètes.

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



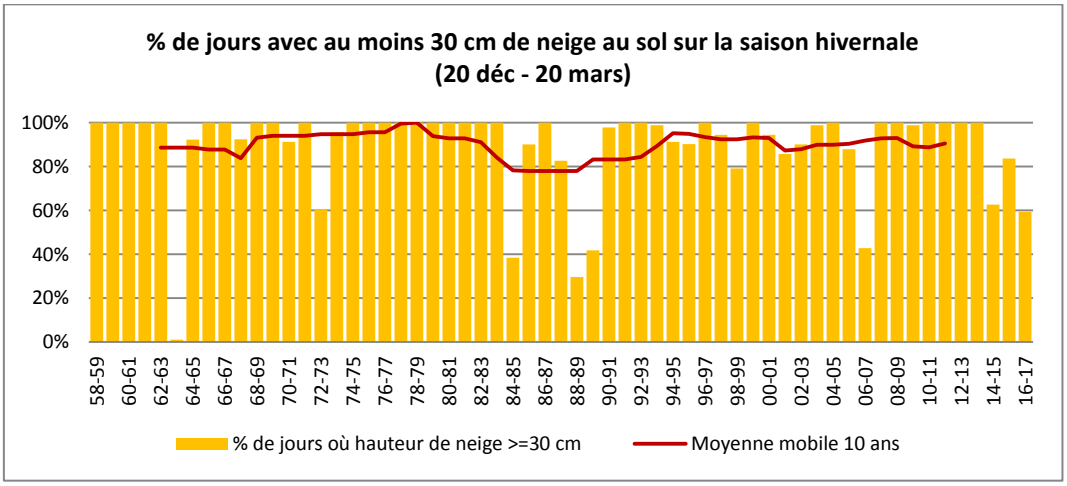


L'historique de 33 ans sur les températures ne permet pas de comparer deux périodes climatiques entre elles.

La différence de hauteur de neige moyenne entre les périodes 1959/1988 et 1988/2017 est de -**21 cm** (diminution de 23%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel

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).



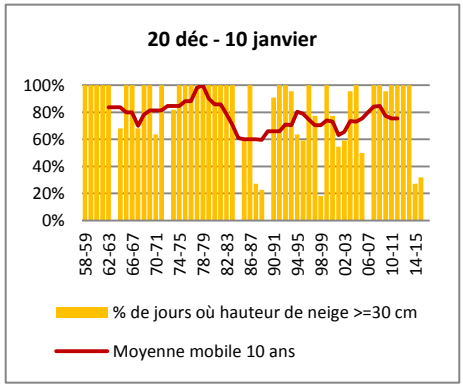
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm sur la période du 20 décembre au 20 mars **passe de 91% en moyenne** entre 1959 et 1988 **à 87% en moyenne** entre 1988 et 2017.

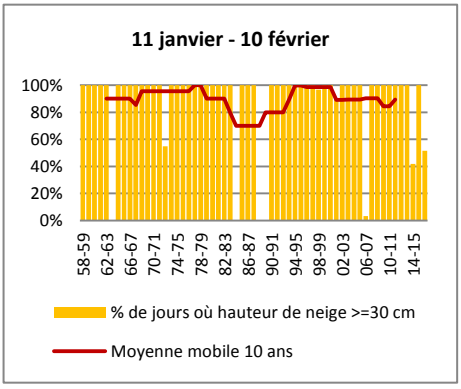
Etant donnée l'altitude de la station de mesure, l'enneigement est abondant, en durée et en quantité : 96% des hivers peuvent être considérés comme très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période). La comparaison avec les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période) n'est donc pas pertinente.

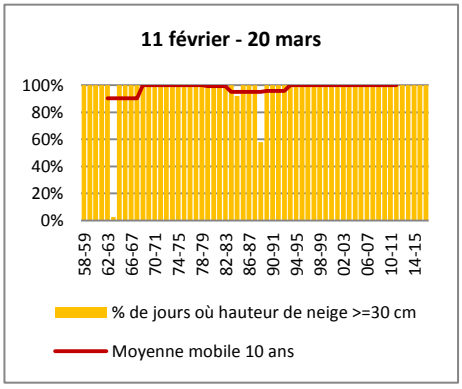
Cependant, si l'on extrait les 15 plus petites valeurs, correspondant aux années les moins enneigées, 10 dans la période 1988/2017 et 5 se situent dans la période 1959-1988. **Les hivers avec moins de neige sont donc plus nombreux sur la période climatique la plus récente.**

→ 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.





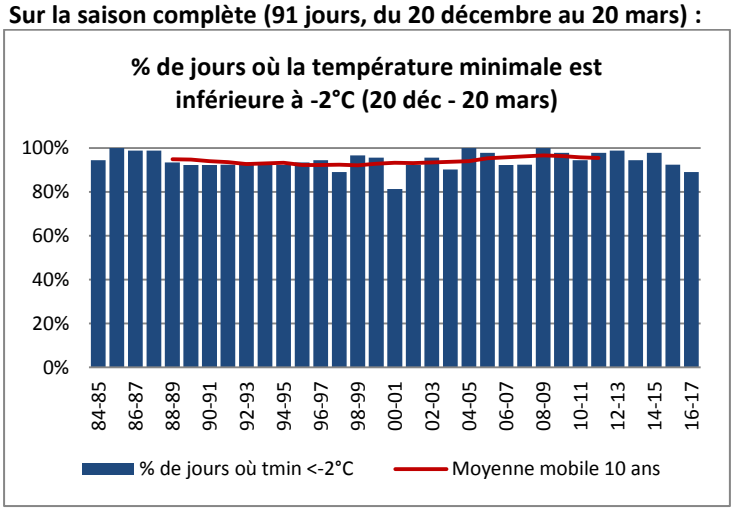


C'est sur la période du 20 décembre au 10 janvier que l'enneigement naturel est le plus impacté : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1959/1988 et 1988/2017 est en moyenne de 17% sur la période du 20 décembre au 10 janvier**.** La variation sur les deux autres sous-saisons est peu significative.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel

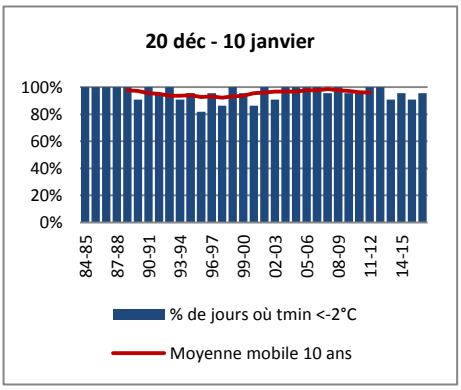
Cet indicateur (pourcentage de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 715 m), et **sur la période étudiée.** À noter que 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.

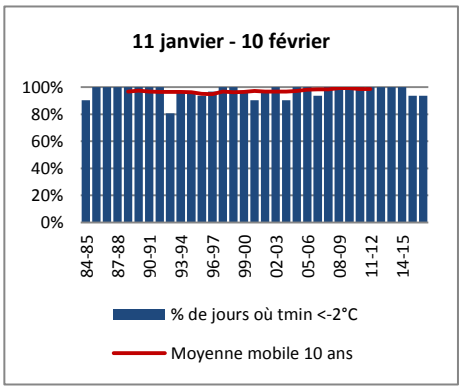
Sur la saison complète (91 jours, du 20 décembre au 20 mars) :

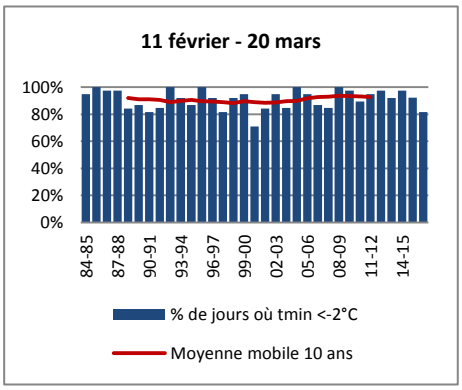


L'historique de 33 ans sur les températures ne permet pas de comparer deux périodes climatiques entre elles. Aucune évolution ne peut donc être constatée.

Par sous-saison :

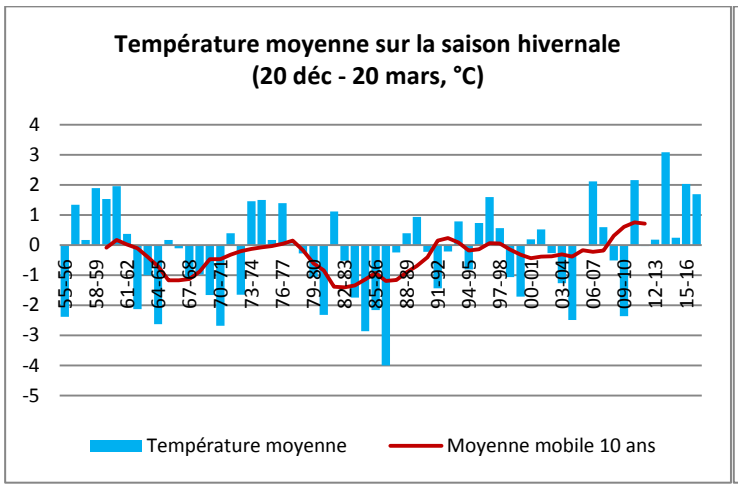


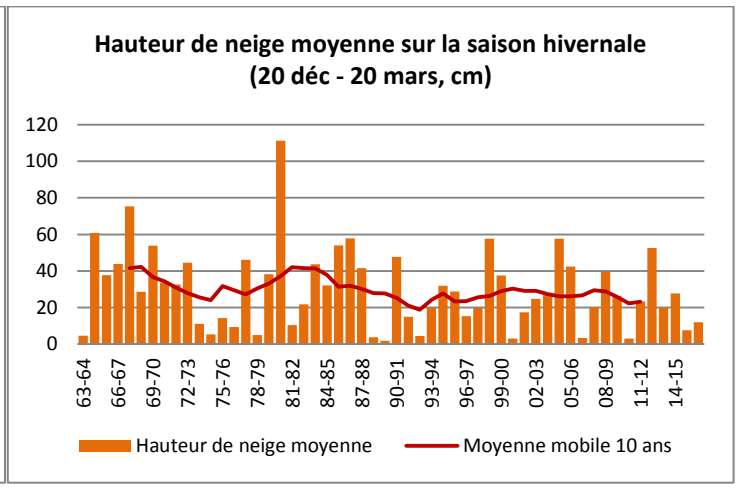




Dans la série des températures, l'année 2005-06 a été exclue pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, la série est complète.

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

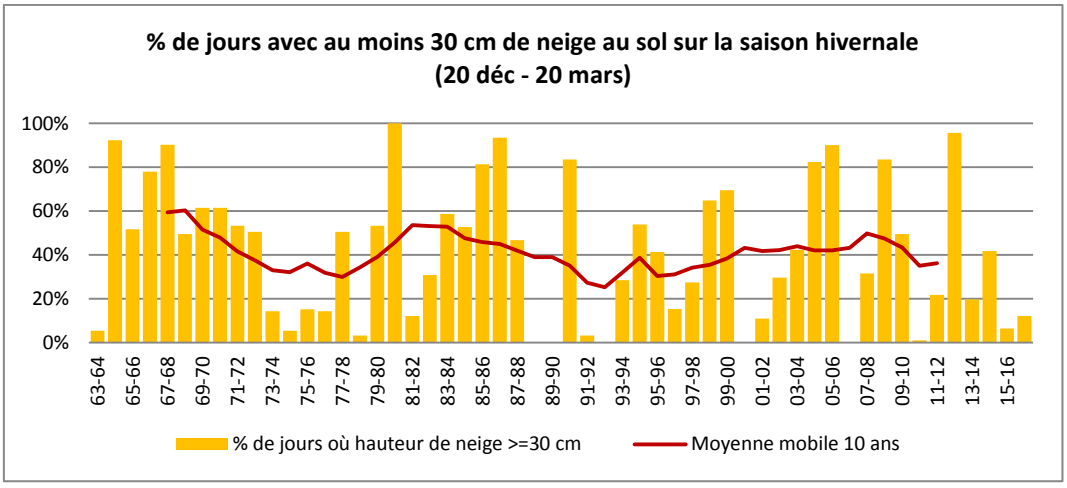




On observe une **augmentation de +0,7°C** entre la période climatique 1958/1987 et la suivante, 1988/2017. La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1964/1993 et 1988/2017 est **de -8,5 cm** (diminution de 26%).

→ Évolution des conditions d'enneigement naturel

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 44% en moyenne** entre 1959 et 1988 **à 35% en moyenne** entre 1988 et 2017.

Si l'on extrait les 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 (1991/2017) et 3 dans la précédente (1964/1990). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 11 se situent dans la période la plus récente (1991/2017) et 18 dans la précédente (1964/1990)

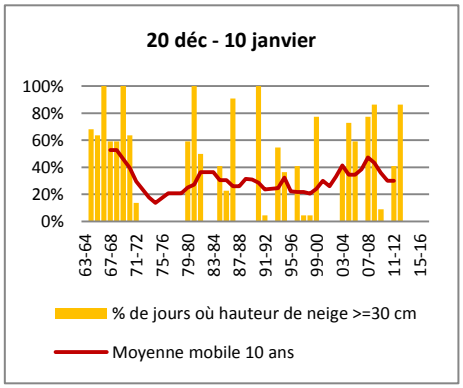
Sur cette station de mesure, **les hivers peu enneigés sont plus nombreux sur la période climatique la plus récente et les hivers les plus enneigés se situent en majorité dans la période climatique précédente**.

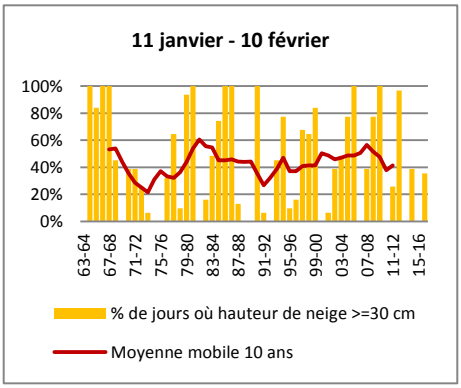
Station météo : Vercors (2/2)

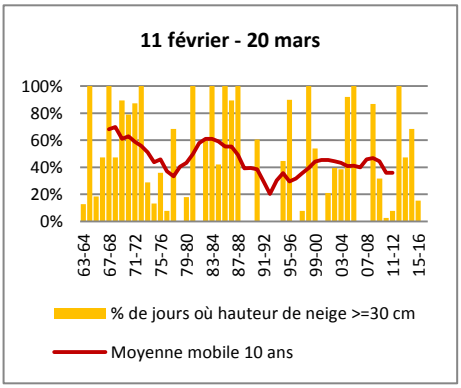
Altitude de la station météo : 1 090 m. Exposition : multiple (terrain plat)

→ 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.





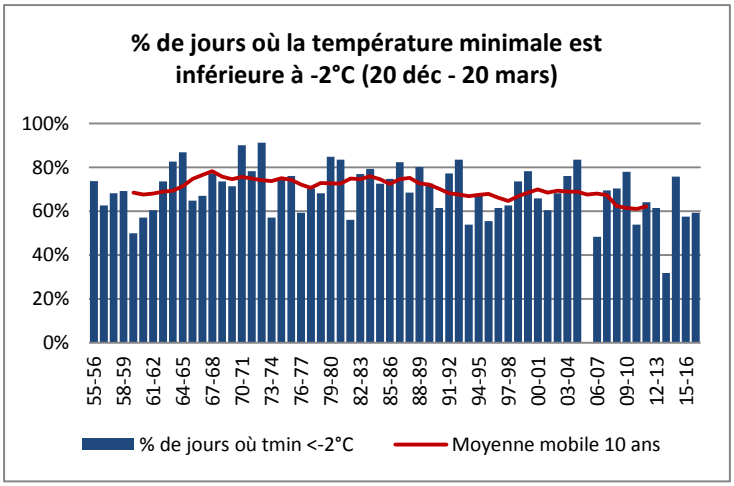


C'est sur la période du 11 février au 20 mars que l'enneigement naturel est le plus impacté : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1964/1993 et 1988/2017 est en moyenne de 26**%** sur la période du 11 février au 20 mars, alors qu'elle est de 20% du 20 décembre au 10 janvier, et de 10% du 11 janvier au 10 février.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel

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 (1 090 m), 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 (91 jours, du 20 décembre au 20 mars) :

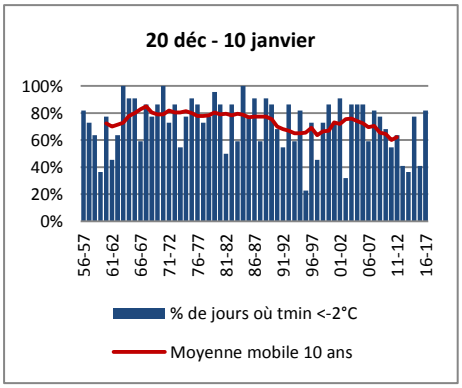


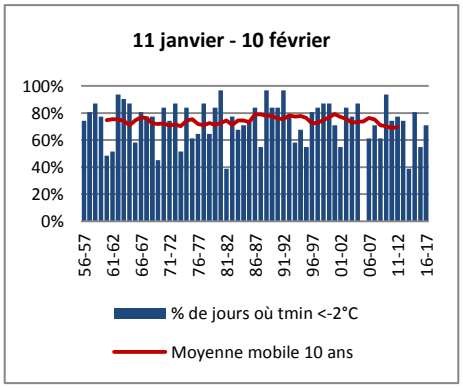
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C **diminue en moyenne de 9%** entre la première période climatique (1958/1987) et la seconde (1988/2017).

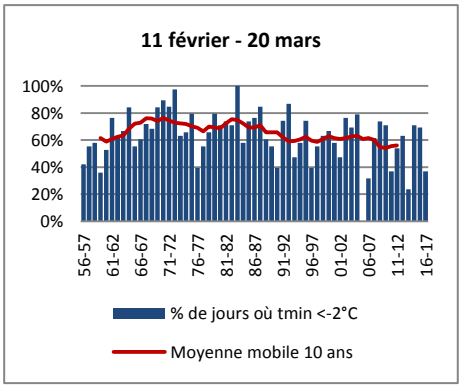
C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1958/1987 et 1988/2017 est en moyenne de 14**%** du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars. La variation observée sur la période 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.**

Par sous-saison :

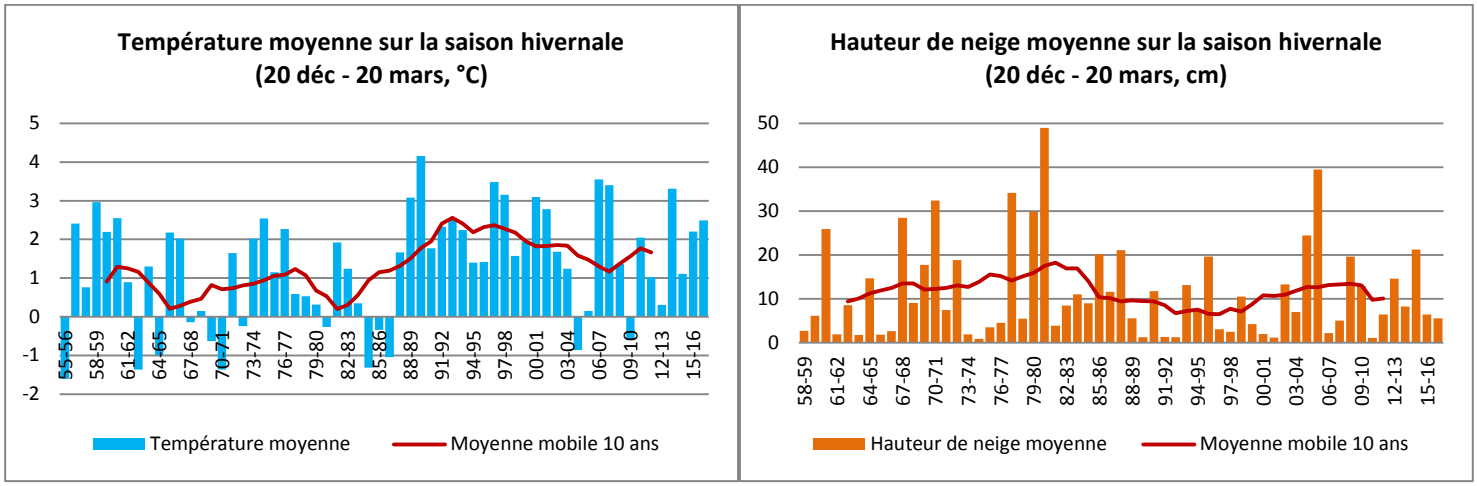






Les séries de données utilisées pour construire les indicateurs de cette fiche sont complètes.

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

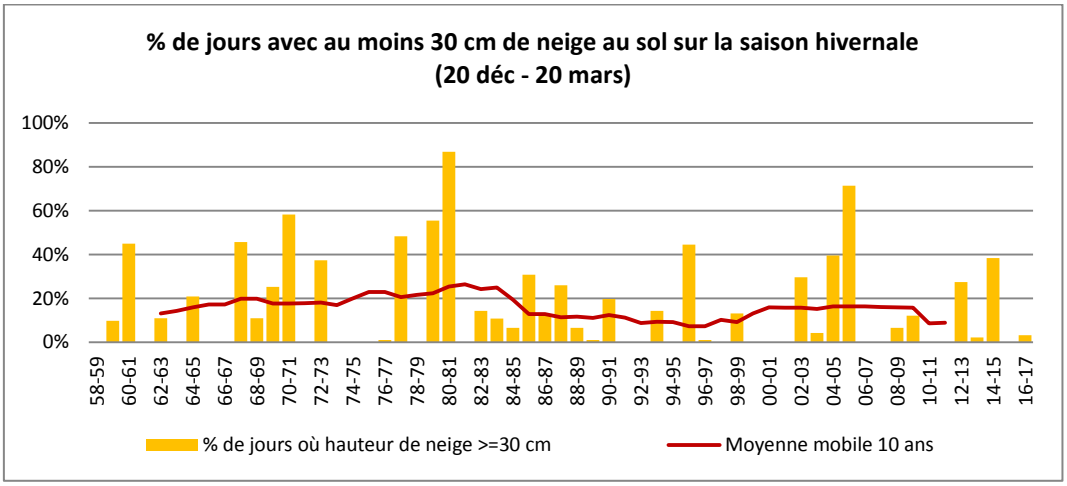


On observe une **augmentation de +1,2°C** entre la période climatique 1958/1987 et la suivante, 1988/2017. Le réchauffement est donc avéré sur cette station de mesure.

La **différence de hauteur de neige moyenne** entre les périodes 1959/1988 et 1988/2017 est de -26% (diminution de 3,4 cm), ce qui n'est **pas significatif statistiquement**.

→ 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).



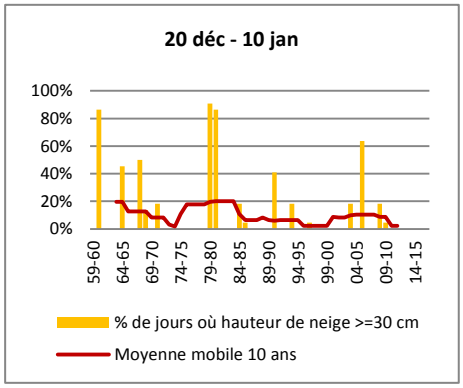
Le nombre de jours avec une hauteur de neige d'au moins 30 cm sur la période du 20 décembre au 20 mars **passe de 19% en moyenne** entre 1959 et 1988 **à 12% en moyenne** entre 1988 et 2017.

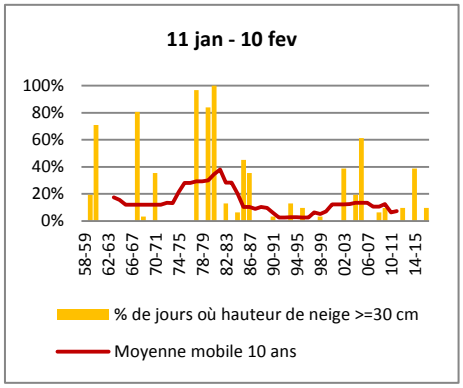
Si l'on extrait les de cette série les hivers peu enneigés (moins de 10 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 19 se situent dans la période climatique actuelle (1987/2016) et 17 dans la précédente (1959/1988). Quant aux hivers très enneigés (plus de 40 jours avec au moins 30 cm de neige au sol sur la période), 6 se situent dans la période climatique précédente (1959/1988) et 2 dans la période climatique actuelle (1987/2016).

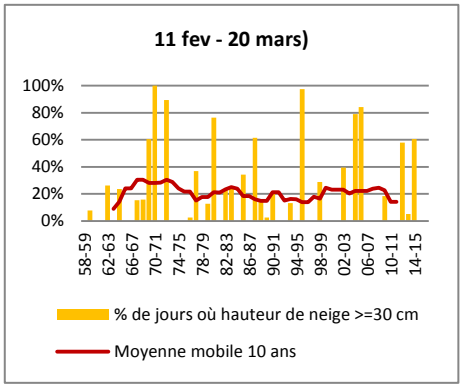
Sur cette station de mesure, on constate une baisse de l'enneigement moyen sur la saison hivernale (20 décembre – 20 mars). Le changement de répartition des hivers peu enneigés est peu significatif. En revanche**, les hivers les plus enneigés se situent en majorité dans la période climatique précédente**.

→ 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.





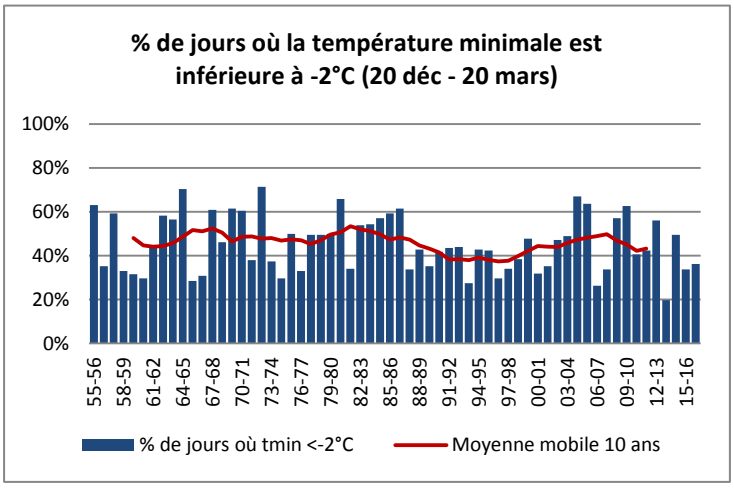


C'est sur la période du 20 décembre au 10 février que l'enneigement naturel est le plus impacté : la diminution du nombre de jours avec au moins 30 cm de neige au sol entre 1959/1988 et 1988/2017 est en moyenne de 61**%** du 20 décembre au 10 janvier, de 62% du 11 janvier au 10 février, et de 4% du 11 février au 20 mars.

→ Évolution des conditions d'enneigement artificiel

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 (1 050 m), 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 (91 jours, du 20 décembre au 20 mars) :

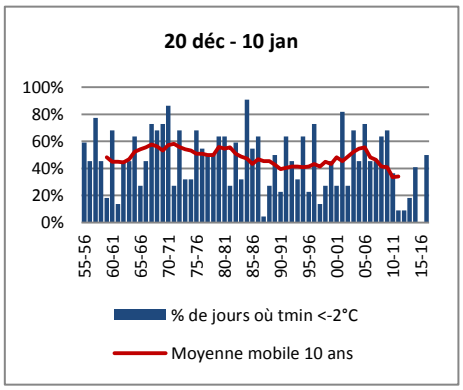


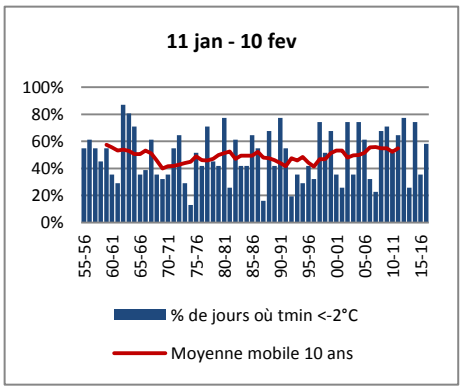
Sur la saison complète (graphe ci-contre), le nombre de jours où la température minimale est strictement inférieure à -2°C **diminue en moyenne de 14%** entre la première période climatique (1958/1987) et la seconde (1988/2017).

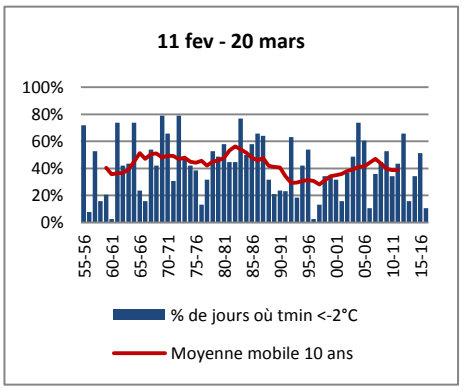
C'est sur les périodes du 20 décembre au 10 janvier et du 11 février au 20 mars que la baisse est la plus forte : la diminution du nombre de jours de froid entre 1958/1987 et 1988/2017 est en moyenne de 24**%** du 20 décembre au 10 janvier et de 21% du 11 février au 20 mars. Le nombre de jours de froid 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.**

Par sous-saison :







1b/ Étude complémentaire sur 8 stations

<u>Périmètre d'observation</u> : stations météorologiques disposant de données parfois incomplètes et d'un historique compris entre 28 et 46 ans

Département	Nom	Localisation	Altitude	Exposition	Réseau Météo France	Historique[9]
Haute-Savoie	Chablais	Les Gets	1 100 m	Nord-Ouest	Clim	29 ans
Savoie	Beaufortain	Arêches	1 200 m	Multiple	Nivo-météo	33 ans
Isère	Grandes Rousses	L'Alpe d'Huez	1 860 m	Nord-Nord-Ouest	Nivo-météo	39 ans
Savoie	Maurienne	Les Karellis	1 610 m	Nord	Nivo-météo	41 ans
Savoie	Tarentaise	Les Ménuires	1 800 m	Sud	Nivo-météo	46 ans
Savoie	Tarentaise	La Plagne	1 970 m	Nord	Nivo-météo	47 ans
Isère	Oisans	Les 2 Alpes	2 600 m	Nord	Clim	36 ans
Cantal	Monts du Cantal	Le Lioran	1 238 m	Nord-ouest	Nivo-météo	40 ans

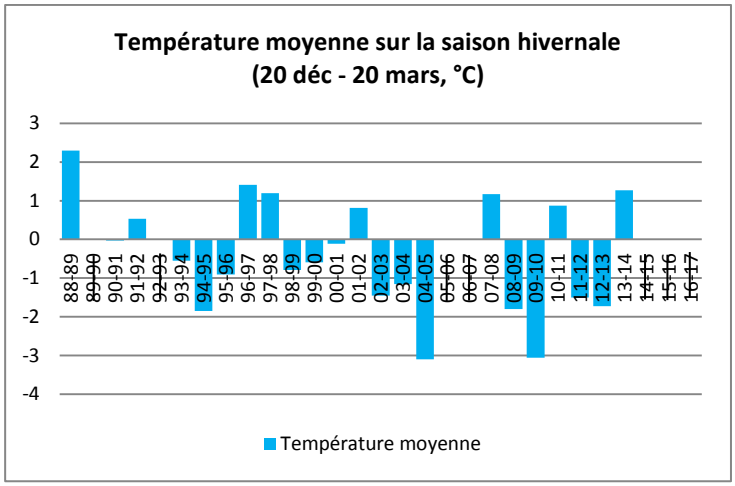
[9] Historique du paramètre hauteur de neige.

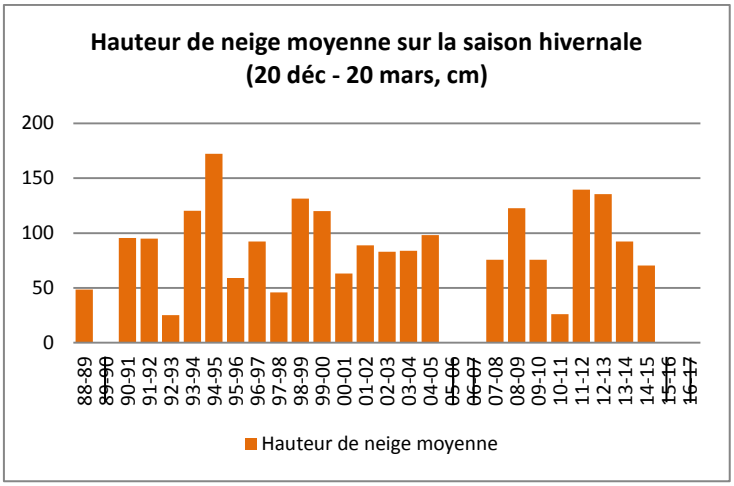
Station météo : Chablais

Altitude de la station météo : 1 100 m. Exposition : Nord-Ouest

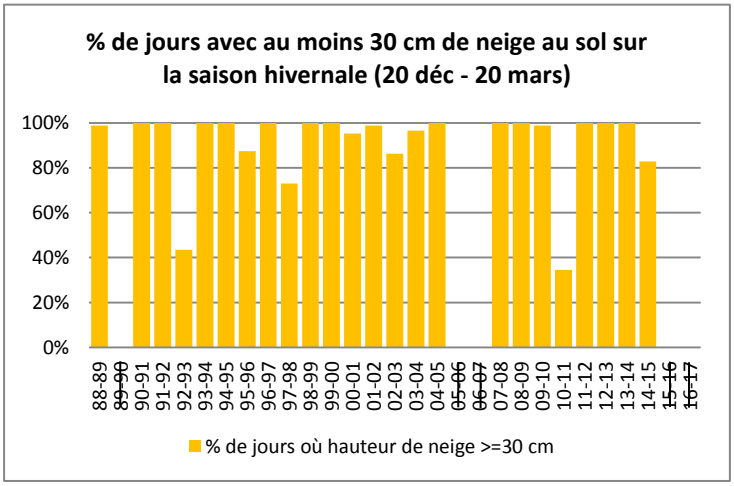
Dans le graphe des températures, les saisons 1989-90, 1992-93, 2005-06, 2006-07, 2014-15, 2015-16 et 2016-17 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1989-90, 2005-06, 2006-07, 2015-16 et 2016-17 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



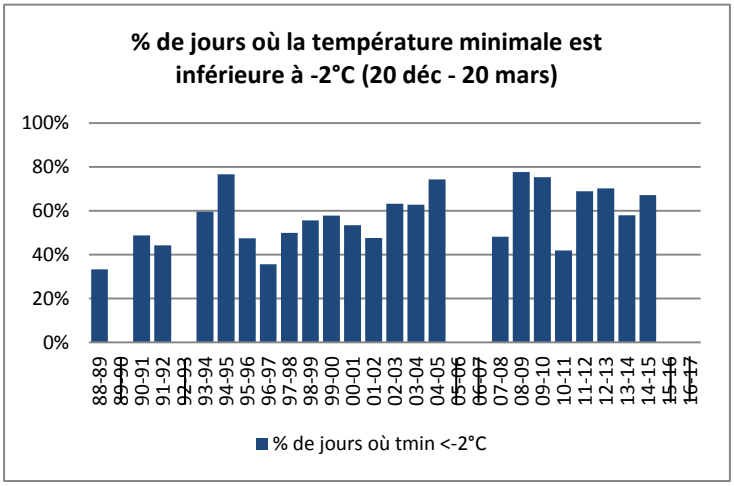


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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.

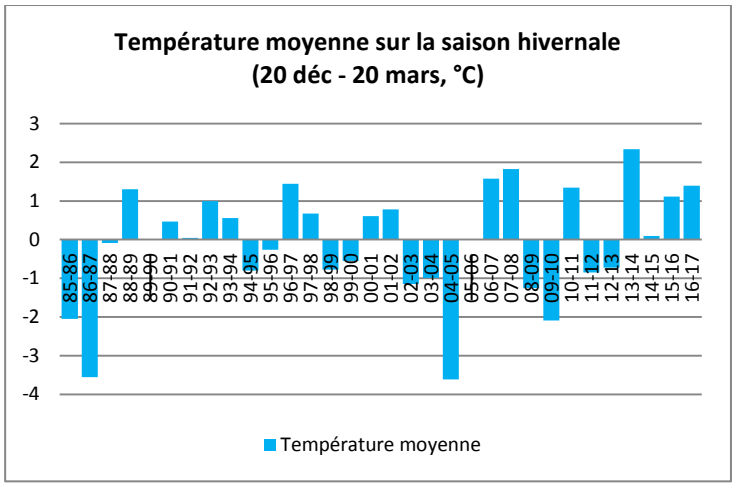
Sur cette station, l'historique des données (29 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

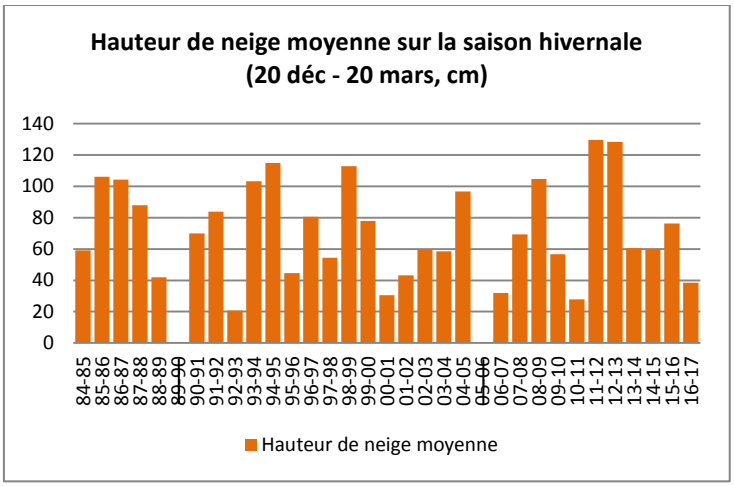
Station météo : Beaufortain

Altitude de la station météo : 1 200 m. Exposition : multiple (terrain plat)

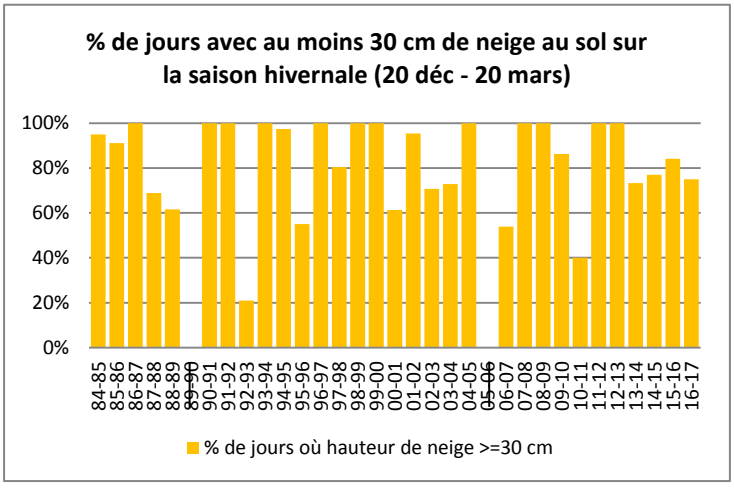
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1989-90 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



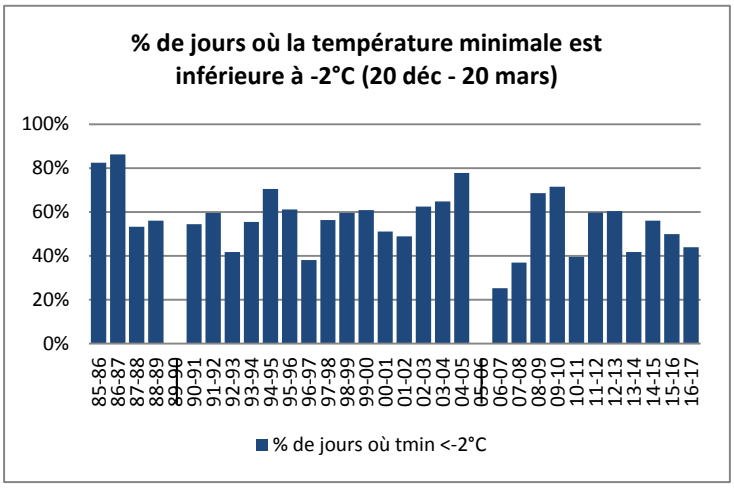


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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

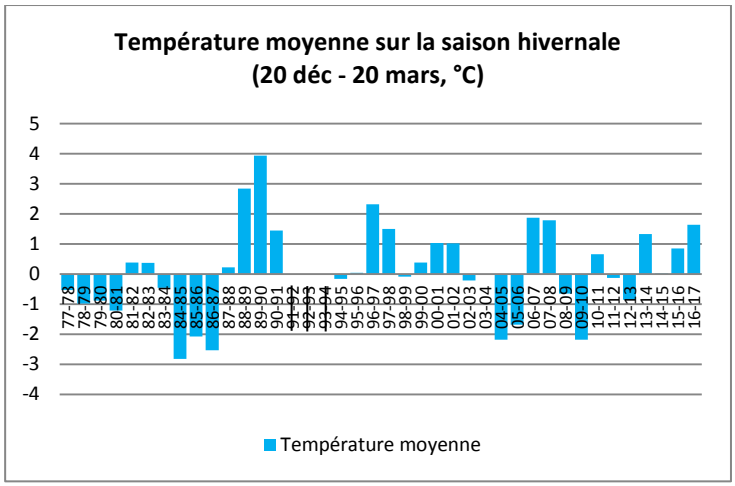


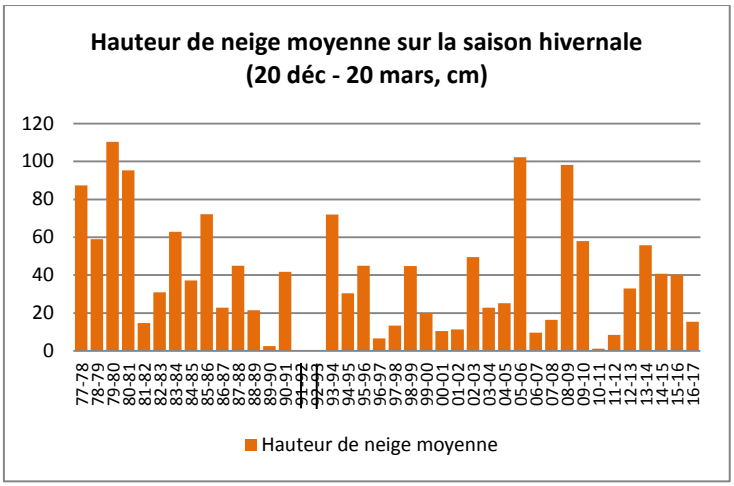
Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 200 m), et **sur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

Sur cette station, l'historique des données (32 ans pour les températures et 33 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.

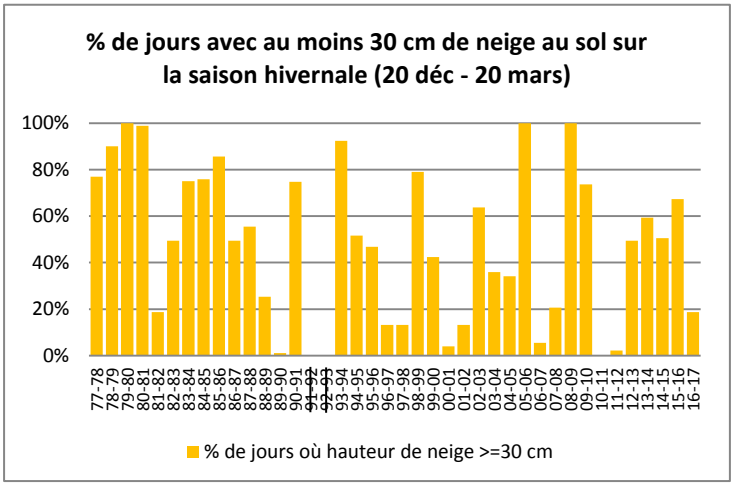
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1991-92 et 1992-93 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes, ainsi que la saison 1993-94 pour les températures.

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



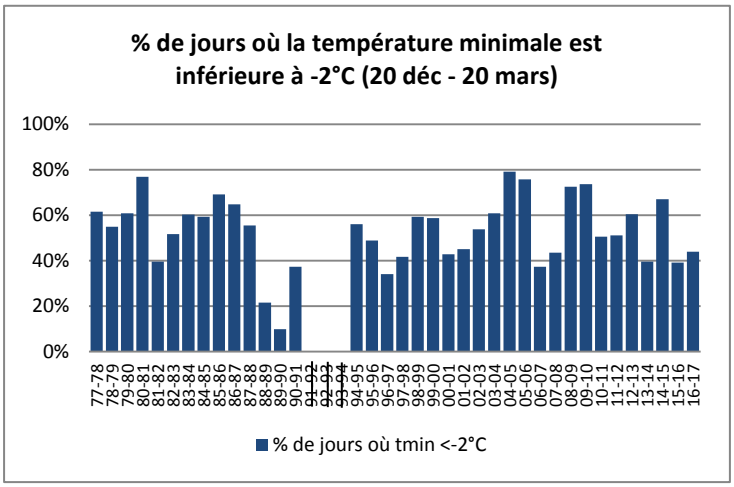


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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

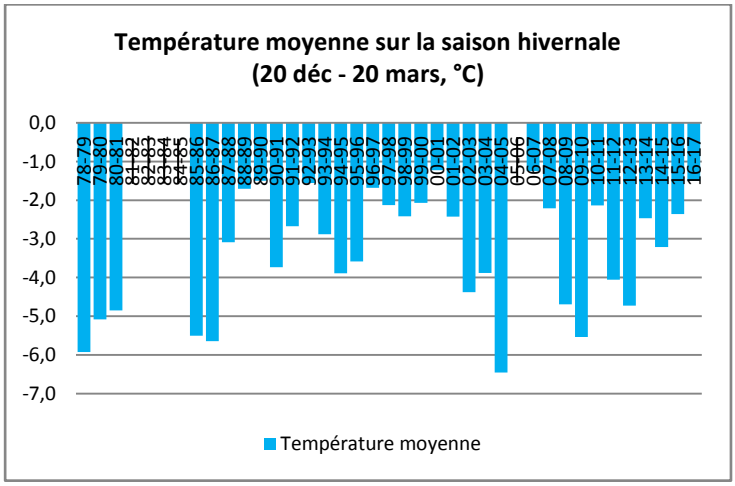


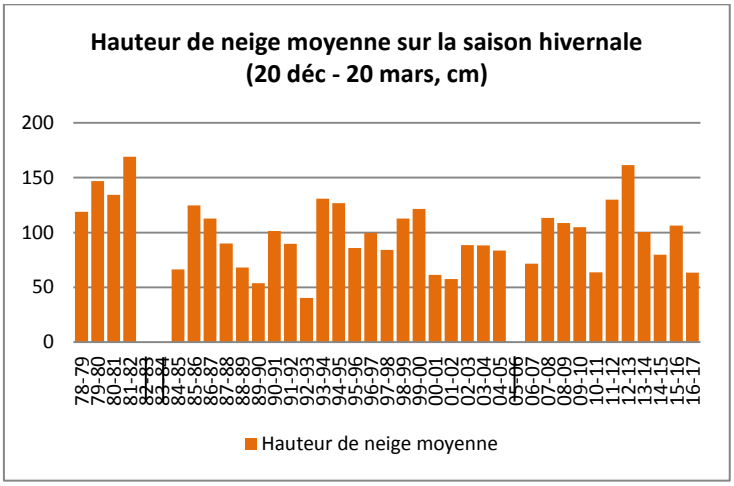
Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 238 m), et **sur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

Sur cette station, l'historique des données (40 ans pour les températures et 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.

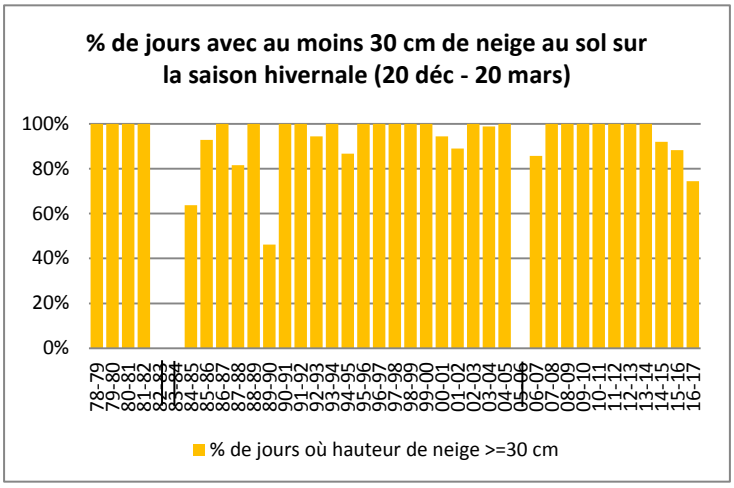
Dans le graphe des températures, les saisons 1981-82, 1982-83, 1983-84, 1984-85 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1982-83, 1983-84 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



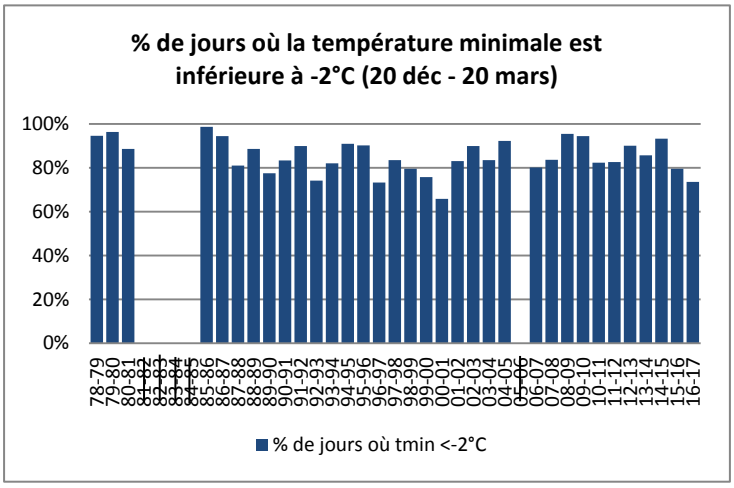


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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

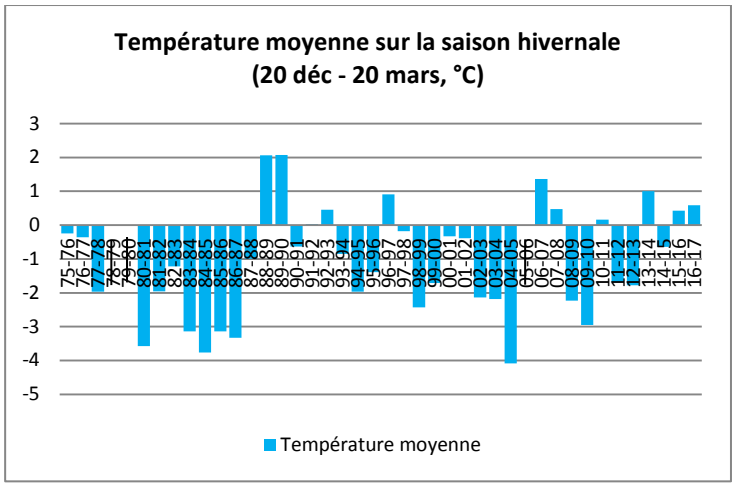


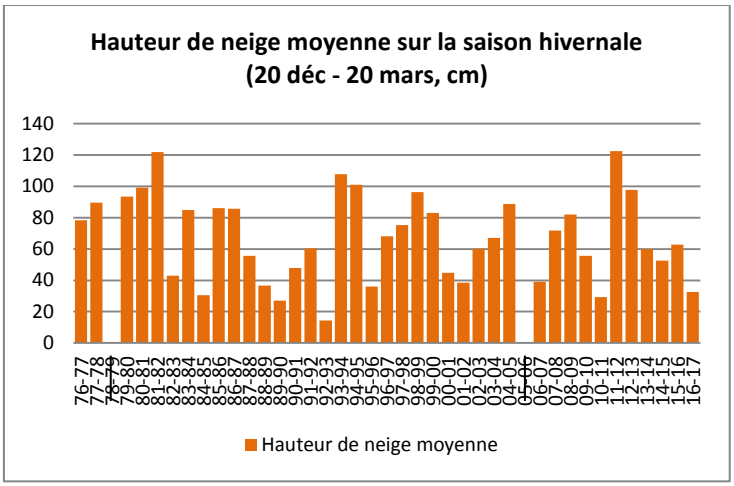
Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 860 m), et **sur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

Sur cette station, l'historique des données (39 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.

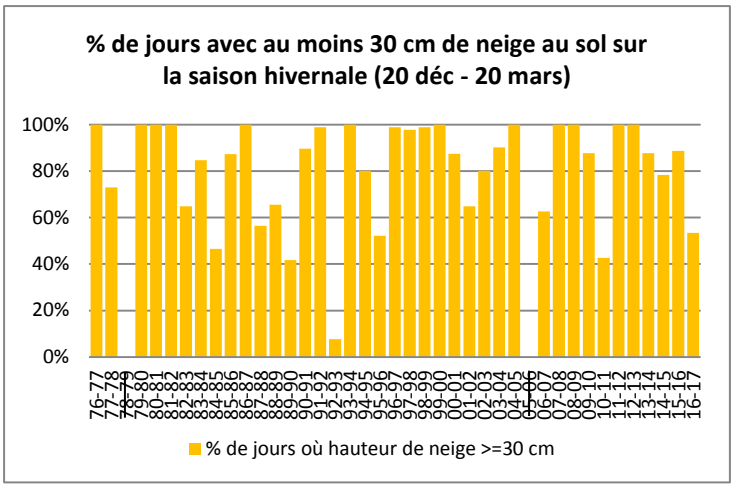
Dans le graphe des températures, les saisons 1978-79, 1979-80 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes. Pour l'enneigement, les saisons 1978-79 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



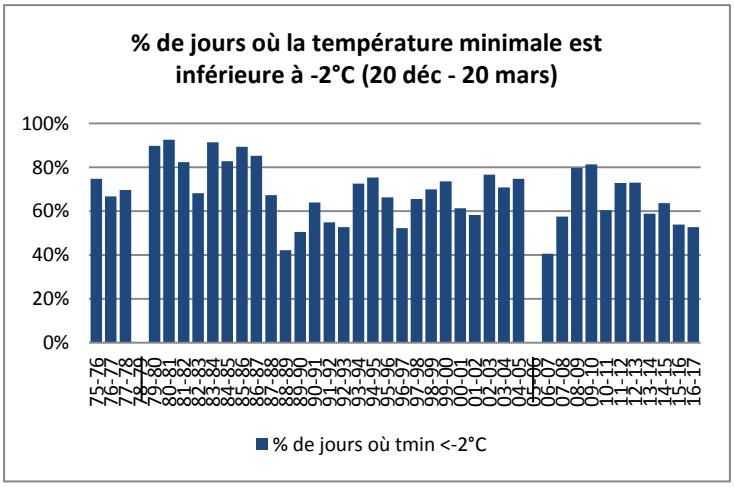


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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.

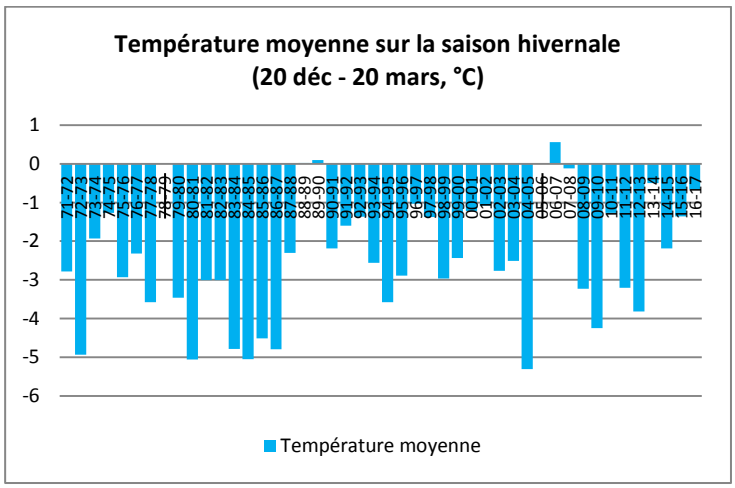
Sur cette station, l'historique des données (42 ans pour les températures et 41 ans pour l'enneigement) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

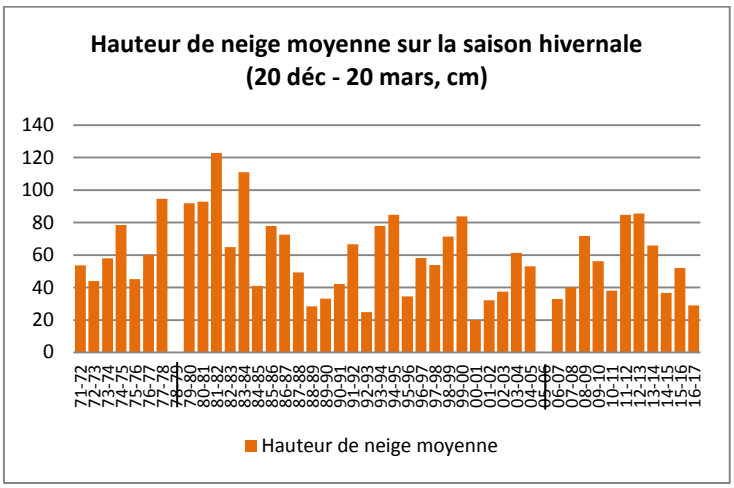
Station météo : Tarentaise 1

Altitude de la station météo : 1 800 m. Exposition : Sud

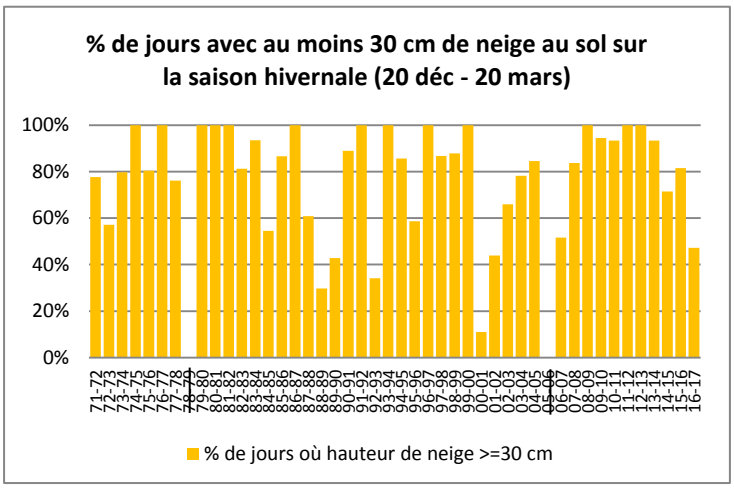
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1978-79 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



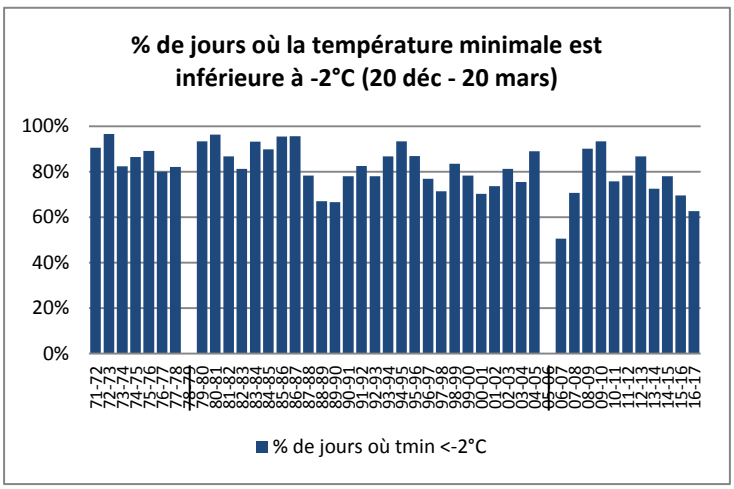


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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

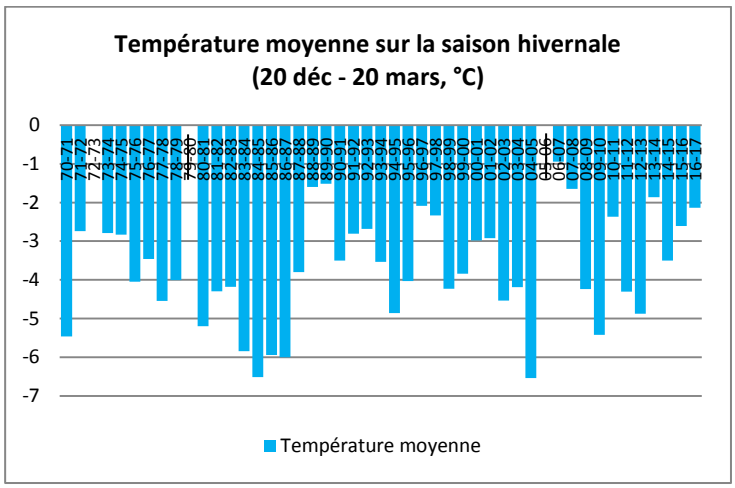


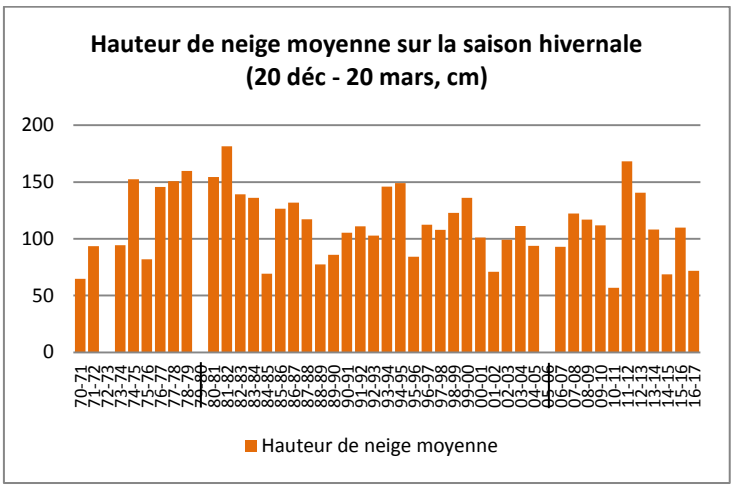
Cet indicateur (pourcentage de jours entre le 20 décembre et le 20 mars où la température minimale est strictement inférieure à -2°C) illustre la **capacité à produire de la neige de culture** dans les conditions technologiques actuelles, à l'altitude de la station de mesure météo (1 800 m), et **sur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

Sur cette station, l'historique des données (46 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.

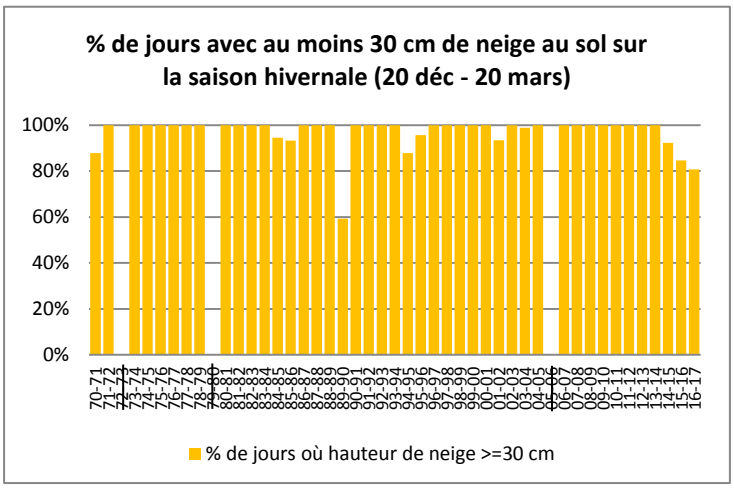
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 1972-73, 1979-80 et 2005-06 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



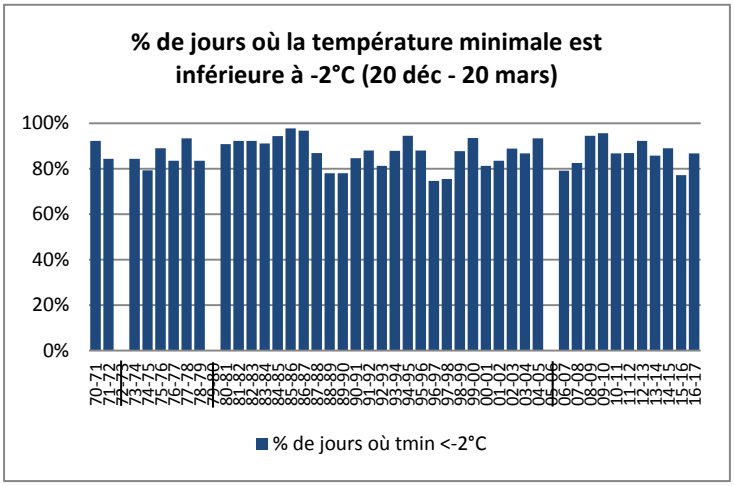


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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.

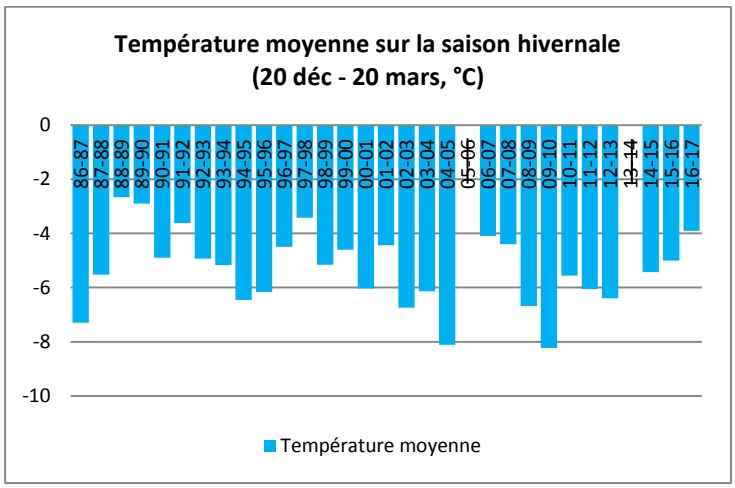
Sur cette station, l'historique des données (47 ans) est insuffisant pour réaliser une analyse de tendance climatique car il faudrait pouvoir comparer deux périodes de 30 ans. Aucune évolution ne peut être constatée pour l'instant.

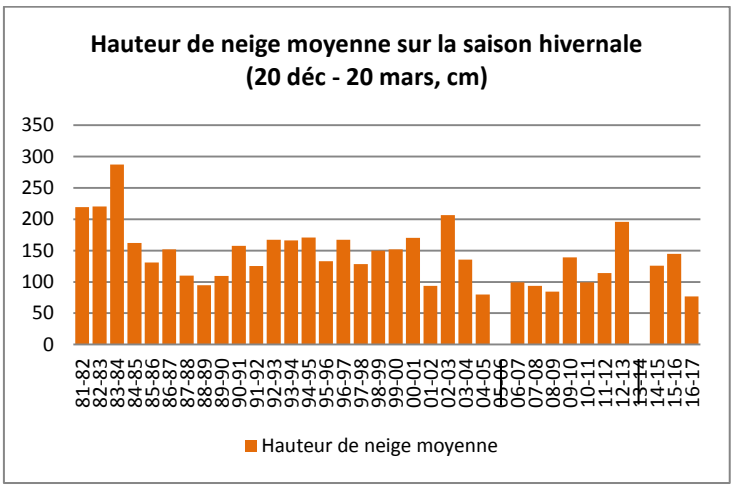
Station météo : Oisans

Altitude de la station météo : 2 600 m. Exposition : Nord

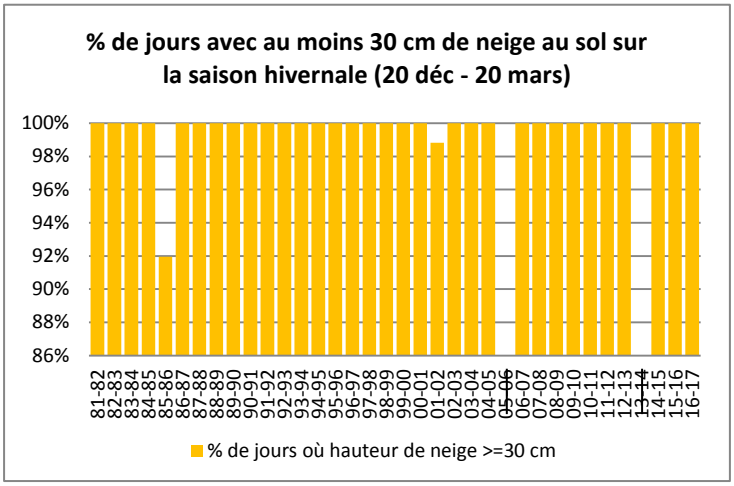
Dans les graphes des températures et d'enneigement, les saisons 2005-06 et 2013-14 ont été exclues des calculs pour cause de données manquantes.

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



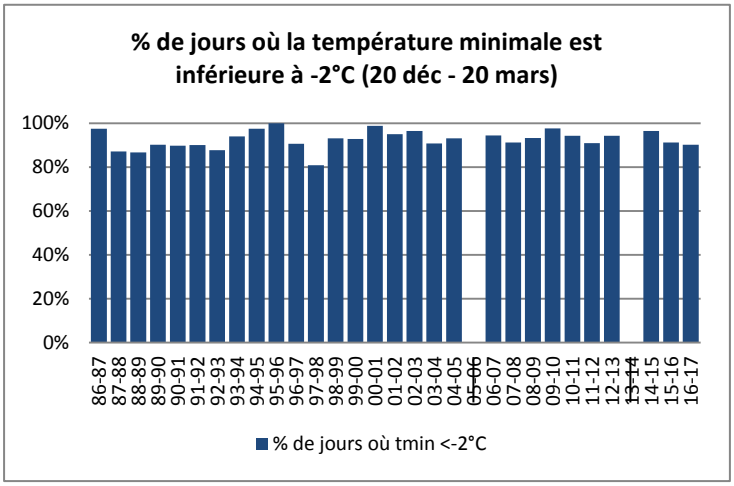


→ Évolution des conditions d'enneigement naturel sur la saison complète



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 (31 ans pour les températures et de 36 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.

2/ Fréquentation des domaines skiables et évolution de l'offre ski

Éléments méthodo-logiques

→ Journées-skieurs des domaines skiables alpins et enneigement

La fréquentation des domaines skiables alpins s'exprime en journées-skieurs. Elle est transmise à DSF par les exploitants de domaines skiables. Le panel qui a permis de calculer les journées-skieurs dans cette étude est constitué de 68 stations d'Auvergne-Rhône-Alpes qui ont renseigné leur fréquentation, plus d'une saison sur deux en moyenne. À partir de ce panel, les données manquantes ont été reconstituées en utilisant une méthodologie basée sur le moment de puissance : pour une famille de stations donnée (petite, moyenne, grande, très grande) et pour chaque année, le total de journées-skieurs obtenu est extrapolé en fonction du ratio que représente cet échantillon du moment de puissance total de cette famille, cette année-là. La formule utilisée est la suivante :

$$\text{JSK total panel (année_n, type_station)} = \Sigma \text{ JSK remplies (année_n, type_station)} * \frac{\text{MP total panel (année_n, type_station)}}{\Sigma \text{ MP JSK remplies (année_n, type_station)}}$$

Pour des raisons de représentativité statistique, ont été exclues de l'analyse les années où le nombre de répondants était inférieur à 70% du panel : c'est le cas des années antérieures à 1995 et postérieures à 2012.

Les graphiques retenus pour montrer l'évolution dans le temps des journées-skieurs sont de deux types :

- Le premier, en base 100, présente l'évolution des journées-skieurs entre la saison 1995-96 (qui est utilisée comme référence) et la saison 2011-12, par type de station. L'usage du graphe en base 100 permet de comparer chaque année à une période de référence, et de distinguer facilement les évolutions de plusieurs grandeurs entre deux périodes données, en les mettant au même niveau.
- Le second présente de manière plus classique les valeurs réelles des journées skieurs.

L'objectif de l'analyse des journées-skieurs est d'identifier les « accidents » de fréquentation (diminution importante de la fréquentation d'une année sur l'autre), pour ensuite les comparer à l'enneigement.

Les journées-skieurs étant disponibles de 1995 à 2012, les séries de données climatiques ont été réduites à la même période. Cela correspond à une seule période climatique. L'étude de tendance est donc impossible. L'indicateur climatique retenu est le pourcentage de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm, sur la saison hivernale (du 20 décembre au 20 mars). 3 stations de mesure météorologiques de référence identifiées dans la première partie de ce document ont été sélectionnées en fonction de leur altitude, afin de mettre en correspondance journées-skieurs et conditions d'enneigement : la station d'Autrans (Vercors) correspond à l'altitude des petites stations de ski, la station du Col de Porte (Chartreuse) correspond à celle des stations de ski moyennes et grandes, et la station de Bessans (Haute-Maurienne) correspond à l'altitude des très grandes stations. Les graphiques présentent l'évolution des journées-skieurs et de l'enneigement 1995-2012.

→ Journées-skieurs des domaines de ski nordique auvergnats et enneigement

Les journées-skieurs des domaines nordiques du Sancy, du Cantal, du Velay, des Crêtes du Forez, du Col du Béal, de Montorcel et de Saint-Urcize ont été utilisées dans cette étude.

Le graphique montrant l'évolution de la fréquentation des domaines nordiques auvergnats présente, en base 100, l'évolution des journées-skieurs entre 1999-2000 (qui est utilisée comme saison de référence) et 2015-16. L'objectif de cette analyse est d'identifier les « accidents » de fréquentation (diminution importante de la fréquentation d'une année sur l'autre), pour ensuite les comparer à l'enneigement. Le graphique suivant présente ainsi l'évolution des journées-skieurs précédemment calculée et de l'enneigement (pourcentage de jours où la hauteur de neige est supérieure ou égale à 30 cm) à la station du Lioran (1 450m d'altitude) entre 1999 et 2016.

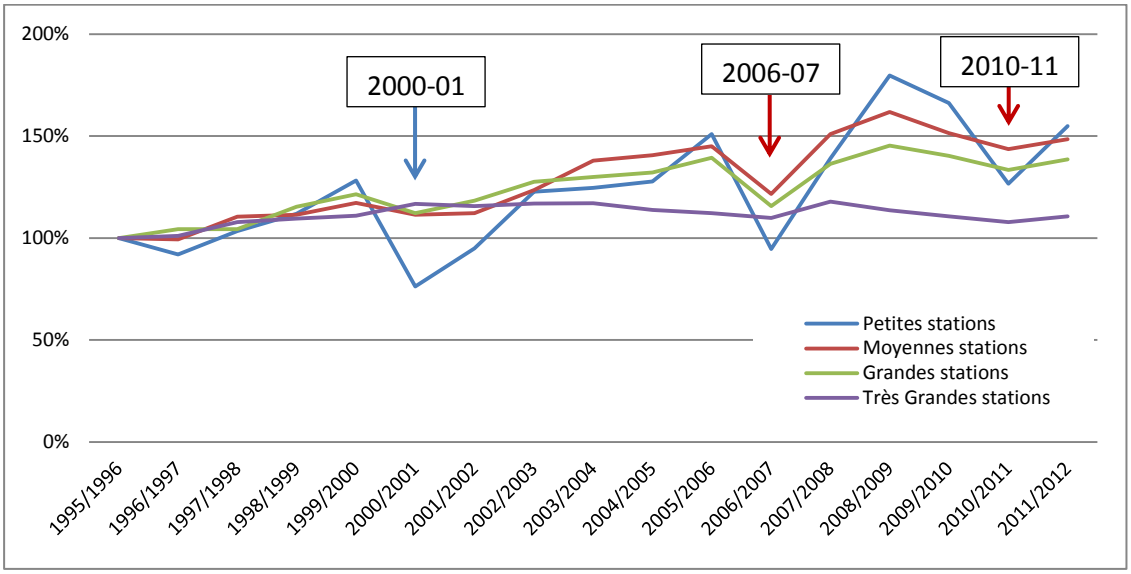
→ Moment de puissance et altitude de l'offre ski par type de station

L'offre ski est exprimée par une donnée sommant la combinatoire de la dénivelée d'une remontée mécanique avec son débit, pour l'ensemble des remontées d'un domaine. On lui donne le nom de « moment de puissance » (MP) : MP = dénivelée x débit. Il s'exprime en km.skieurs/heure et est disponible dans la base de données CAIRN (Catalogue informatisé des remontées mécaniques nationales) du Service technique des remontées mécaniques et des transports guidés du Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (STRMTG).

N'ont été retenus que les appareils fournissant du ski propre. Ont donc été retirés du fichier du STRMTG, les appareils dont on ne peut rejoindre le point de départ à ski. Ces appareils sont qualifiés d'ascenseur ; ils jouent le même rôle qu'une route donnant accès à une entrée de domaine skiable. La répartition du moment de puissance en fonction de l'altitude dans les stations de Rhône-Alpes a été calculée à partir de 109 gestionnaires de domaines skiables. Le choix a été fait de regrouper les sites par gestionnaire, afin de pouvoir relier les informations relatives à l'offre à celles relatives à la fréquentation transmise par les exploitants. Le calcul de l'altitude de chaque famille de stations est ensuite réalisé. L'altitude d'un domaine skiable est définie comme l'altitude au delà de laquelle se concentre 80 % de l'offre ski (premier quintile). Le calcul est fait sur la base du moment de puissance de chaque appareil, à l'altitude de son point de départ.

→ Ski alpin : Lien entre fréquentation des domaines skiables et enneigement

Évolution des journées-skieurs des domaines skiables alpins sur un panel de stations en Auvergne-Rhône-Alpes



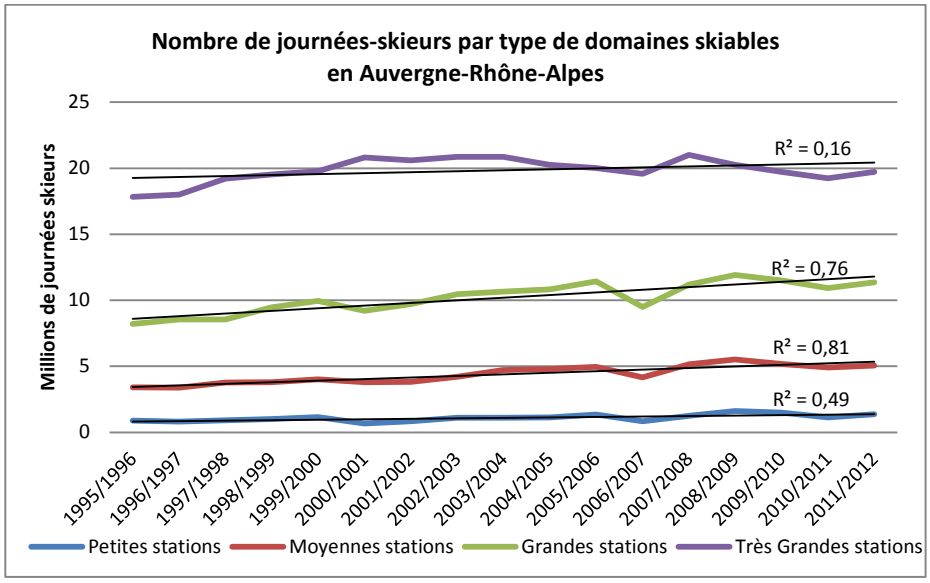
Le graphique ci-dessus présente l'évolution, en base 100, des journées-skieurs entre la saison 1995-1996 et la saison 2011-2012 sur un panel de stations homogènes d'Auvergne-Rhône-Alpes.

On note sur ce graphe, que les **accidents de fréquentation les plus marqués ont eu lieu en 2006-2007 et 2010-2011 pour tous les types de station** (identifiés par une flèche rouge sur le graphe ci-dessus). L'analyse par typologie de station permet également de mettre en avant un autre accident de fréquentation pour les petites, moyennes et grandes stations (identifié par une flèche bleue), en 2000-2001.

On remarque que **la fréquentation des très grandes stations ne varie pas beaucoup d'une année sur l'autre**.

Ci-contre, les journées-skieurs sont représentées de manière plus classique, en fonction de leurs valeurs réelles.

Les journées-skieurs augmentent depuis 1995, et ce **quel que soit le type de station**, comme le montrent les droites de régression linaire, en noir sur le graphe.



Répartition de l'offre ski des domaines skiables de la région Auvergne-Rhône-Alpes en fonction de l'altitude

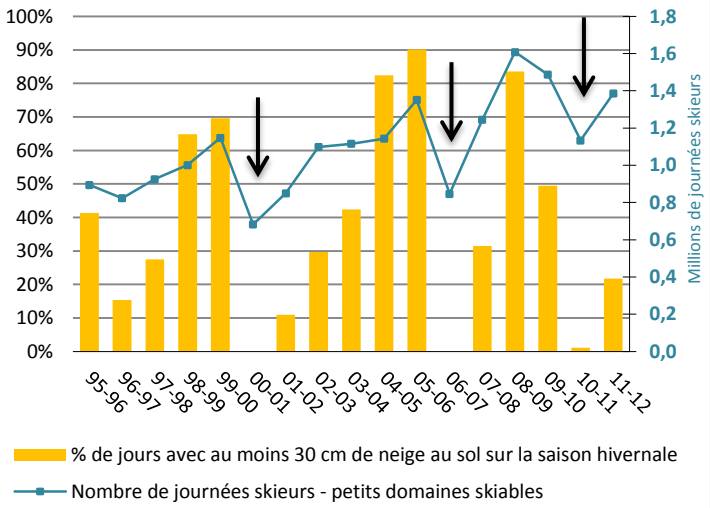
Types de stations	Nombre de stations du panel	% des journées skieurs	Altitude au-dessus de laquelle se trouve 80% du domaine skiable
Petites stations	52	7 %	1 274m
Moyennes stations	21	13 %	1 380 m
Grandes stations	23	33 %	1 480 m
Très grandes stations	13	47 %	1 785 m

Le tableau ci-dessus fournit, par type de domaine skiable, l'altitude au-dessus de laquelle se trouve 80% de l'offre ski (au sens du moment de puissance ramené à l'altitude de départ de l'appareil). En 2016, pour les petites stations alpines, ce seuil se situe autour de 1 270 m. Pour les moyennes et grandes stations, autour de 1 400-1 500 m, et pour les très grandes stations, 1 800 m.

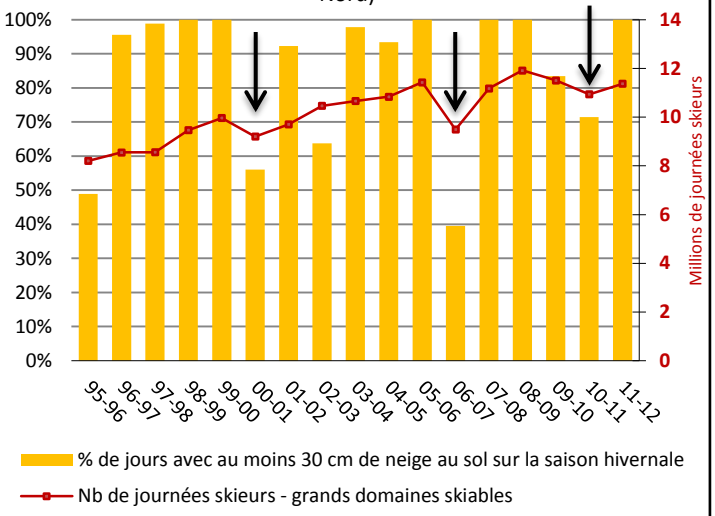
Comparaison des conditions d'enneigement des stations météorologiques de référence sélectionnées par l'ORECC et des journées-skieurs d'un panel de stations régionales

Les graphiques ci-dessous présentent l'évolution des journées-skieurs et de l'indicateur enneigement entre 1995 et 2012, sur 3 stations de mesure météorologiques de référence sélectionnées selon leur altitude. L'objectif est de comparer les accidents de fréquentation de chaque type de domaine skiable, avec les années à faible enneigement sur ces stations de référence.

Enneigement dans la tranche d'altitude des petites stations de ski et journées-skieurs des petites stations
(station de référence = Vercors - 1 090 m, exposition multiple)

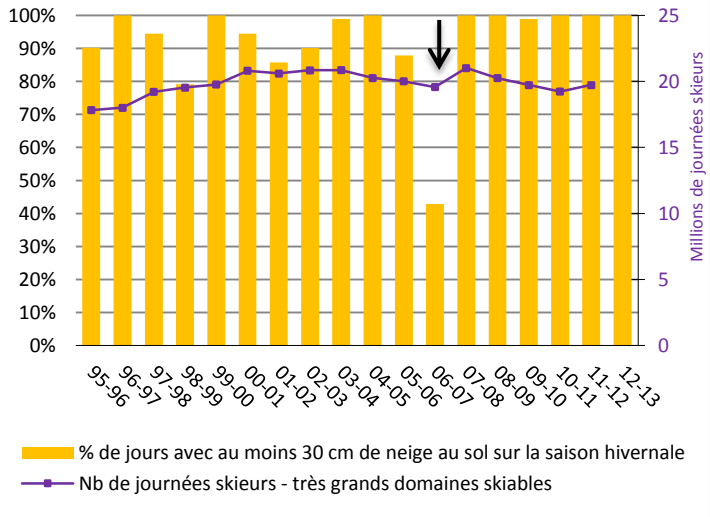


Enneigement dans la tranche d'altitude des moyennes et grandes stations de ski et journées-skieurs des grandes stations
(station de référence = Chartreuse - 1 325 m, exposition Nord)



Les accidents de fréquentation détectés sur le graphe des journées-skieurs des petites, moyennes et grandes stations correspondent tous à des hivers à enneigement moindre sur les stations de mesure étudiées (flèches noires).

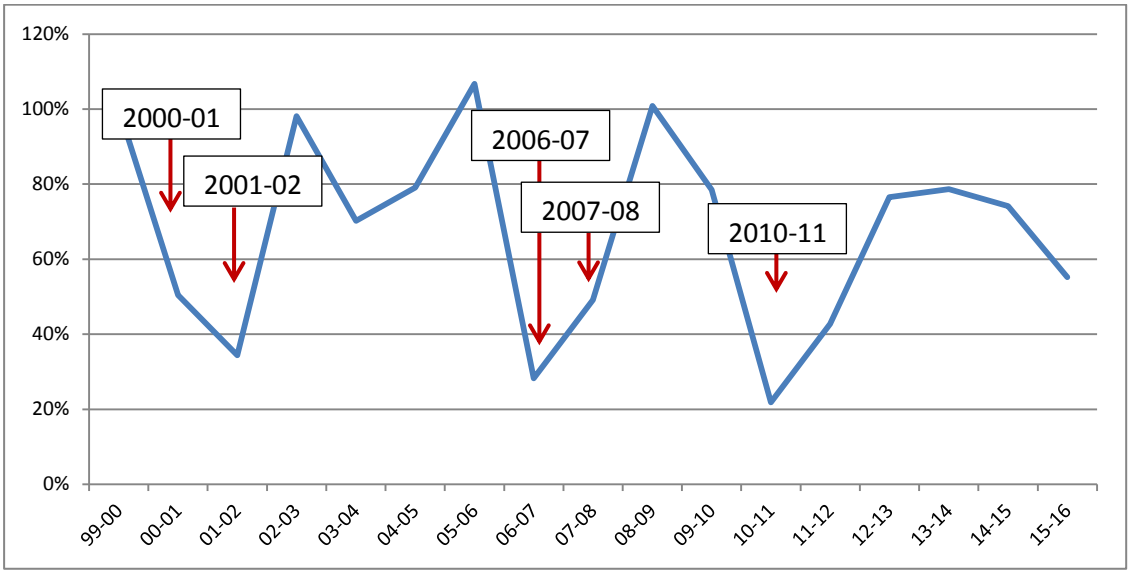
Enneigement dans la tranche d'altitude des très grandes stations de ski et journées-skieurs des très grandes stations
(station de référence = Haute-Maurienne - 1 715 m, exposition Nord-Ouest)



La baisse de fréquentation détectée sur le graphe des journées-skieurs des très grandes stations correspondent à l'hiver 2006-2007, où l'enneigement a été moins important que les autres années sur la station de mesure étudiée (flèche noire).

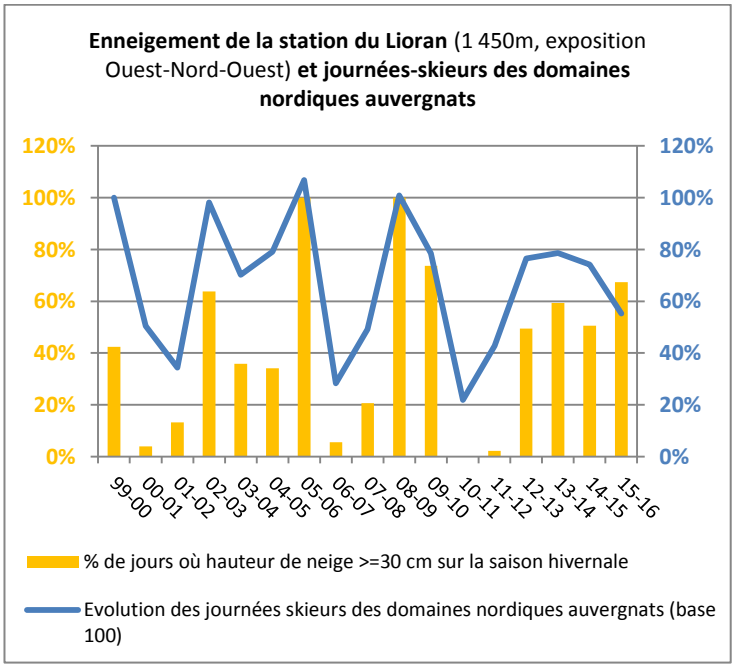
→ Ski nordique : Lien entre fréquentation des domaines skiables et enneigement

Évolution des journées-skieurs des domaines skiables nordiques sur un panel de stations auvergnates



Le graphique ci-dessus présente l'évolution, en base 100, des journées-skieurs entre la saison 1999-2000 et la saison 2015-2016 sur les stations de ski nordique d'Auvergne (Sancy, Cantal, Velay, Forez, Béal, Montoncel, Saint-Urcize). On note sur ce graphe, que les **accidents de fréquentation les plus marqués ont eu lieu en 2000-2001, 2001-2002, 2006-2007, 2007-2008 et 2010-2011**.

Comparaison des conditions d'enneigement du Lioran et des journées-skieurs des domaines nordiques auvergnats



Les baisses de fréquentation détectées sur le graphe des journées-skieurs correspondent à des hivers à enneigement moindre (2000-2001, 2001-2002, 2006-2007, 2007-2008, 2010-2011, 2011-2012) sur la station de mesure étudiée.

L'inverse est également vrai : les pics de fréquentation des domaines skiables nordiques correspondent à des années où l'enneigement était important.

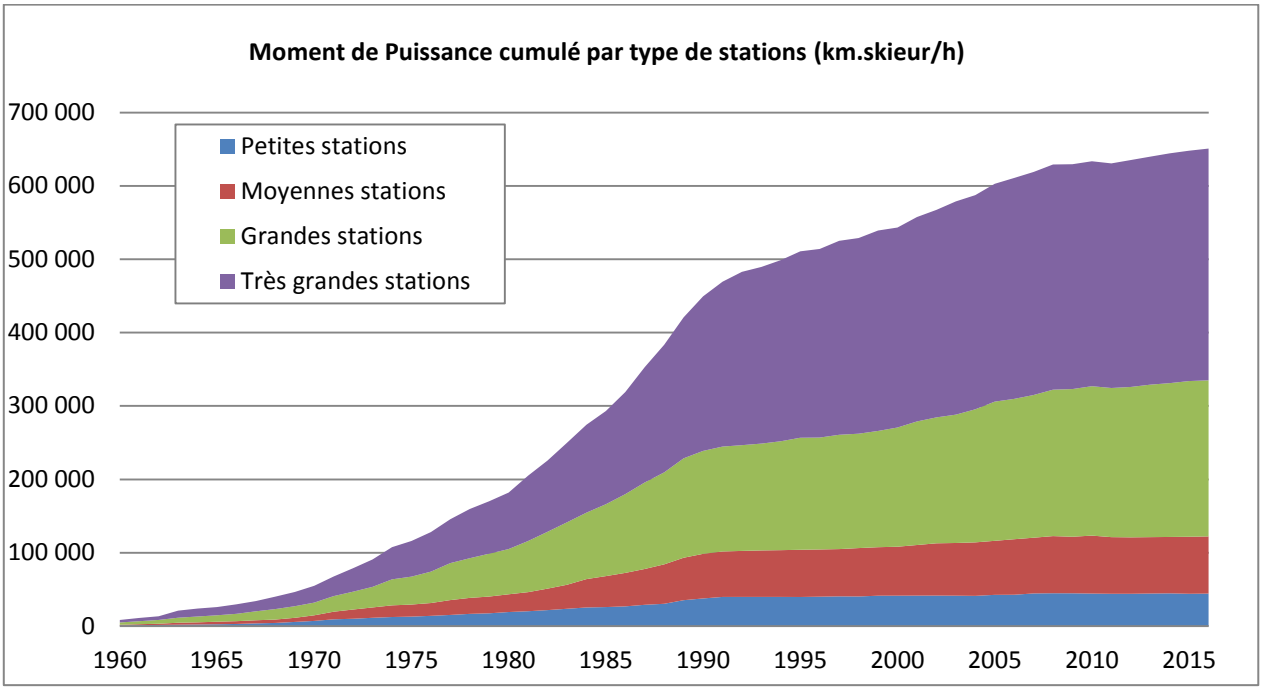
Sur cet exemple auvergnat, la corrélation entre enneigement et fréquentation des domaines skiables nordiques est très nette.

→ La fréquentation des **domaines skiables alpins d'Auvergne-Rhône-Alpes**, analysée à travers l'évolution des journées-skieurs entre 1995 et 2012, est en constante augmentation, pour tous les types de stations. On remarque cependant des **baisses importantes de fréquentation au cours des hivers 2000-2001, 2006-2007 et 2010-2011**, pour les domaines skiables de petite, moyenne et grande taille. Ces hivers correspondent à des **hivers à enneigement moindre** sur les stations de mesure météorologique étudiées. Ces hivers-là, le manque de neige est le principal facteur explicatif de la baisse des journées-skieurs des petits, moyens et grands domaines skiables. En revanche, les variations de journées-skieurs sont minimes sur les très grandes stations, qui semblent peu sensibles à la problématique de l'enneigement.

→ Concernant **les domaines de ski nordique**, la corrélation entre enneigement et fréquentation des domaines skiables est très nette sur l'exemple auvergnat étudié : on enregistre une **baisse de fréquentation les hivers faiblement enneigés**, et une **hausse lorsque l'enneigement est important**.

→ Analyse de l'évolution de l'offre ski des stations d'Auvergne-Rhône-Alpes

Evolution dans le temps de l'offre ski en Auvergne-Rhône-Alpes



Ce graphe traduit l'historique de l'offre ski dans les domaines skiables alpins d'Auvergne-Rhône-Alpes de 1960 à 2016, représentée par le moment de puissance. **Le développement de l'offre a eu lieu essentiellement au cours de la période 1970-1990**, qui correspond à la première période climatique analysée par l'ORECC, période où l'enneigement était important, même à basse altitude. Puis, l'offre s'est globalement stabilisée.

Le tableau ci-dessous présente la part de chaque type de stations dans l'offre globale de la région Auvergne-Rhône-Alpes. Il montre que **l'offre s'est décalée dans le temps au profit des grandes, et surtout des très grandes stations**, qui représentent à elles deux 81% de l'offre en 2016, à comparer à 75% en 1976 :

Types de stations	% du moment de puissance total	
	1976	2016
52 petites stations	11 %	7 %
21 moyennes stations	14 %	12 %
23 grandes stations	33 %	33 %
13 très grandes stations	42 %	48 %

Evolution de l'altitude moyenne des domaines skiables

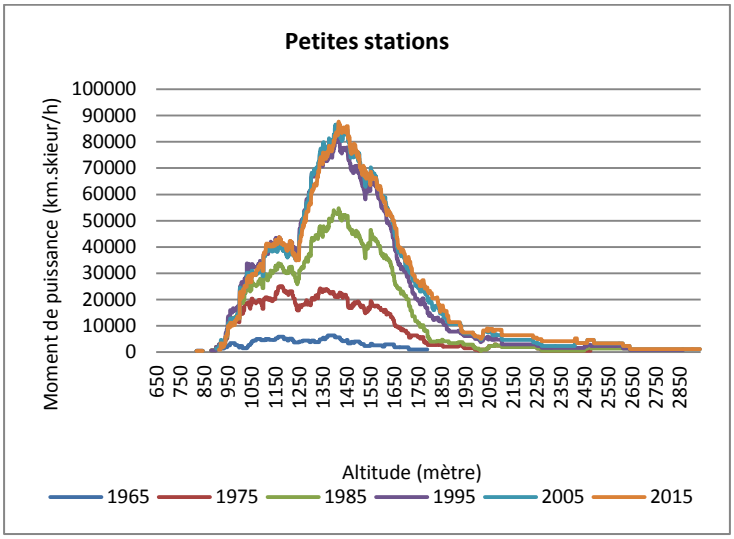
Afin de compléter l'analyse ci-dessus, le tableau suivant fournit, pour chaque type de station, l'évolution, entre 1976 et 2016, de l'altitude des domaines skiables (altitude à partir de laquelle se trouve 80 % de l'offre ski au sens du moment de puissance ramené à l'altitude de départ de l'appareil).

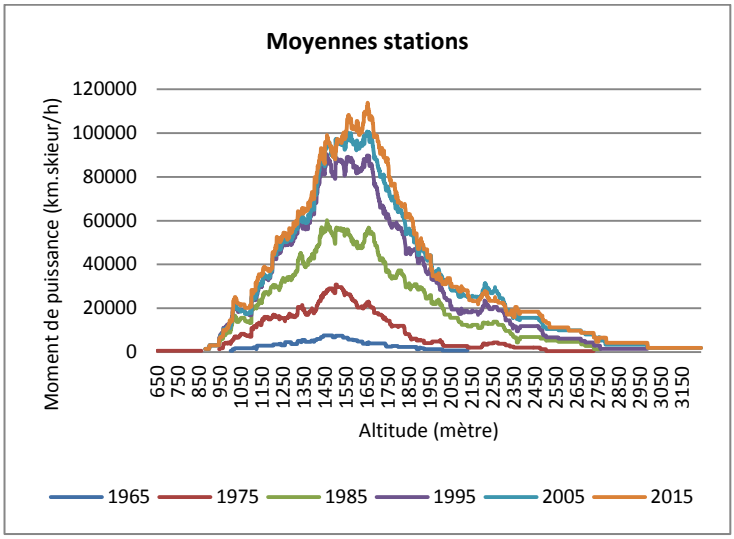
Types de stations	Altitude au-dessus de laquelle se trouve 80% du domaine skiable, au sens du moment de puissance	
	1976	2016
Petites stations	1 161 m	1 274 m
Moyennes stations	1 260 m	1 380 m
Grandes stations	1 404 m	1 480 m
Très grandes stations	1 779 m	1 785 m

On constate, entre 1976 et 2016, une **montée en altitude de l'offre ski des petites, moyennes, et grandes stations**. Le redéploiement en altitude est l'occasion pour ces domaines skiables de sécuriser leur offre de ski, notamment face à la baisse de l'enneigement naturel. **Les très grandes stations, avec un seuil situé autour de 1 800 m, n'en ont pas ressenti la nécessité**.

Evolution de l'offre ski des domaines skiables en volume et en altitude

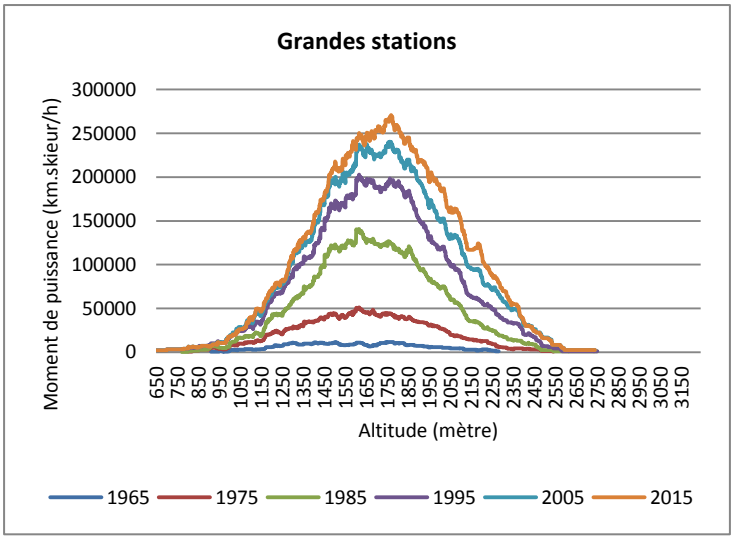
Les graphes suivants permettent d'analyser la manière dont les stations ont fait évoluer leur offre au fil des décennies, en termes de volume et d'altitude.

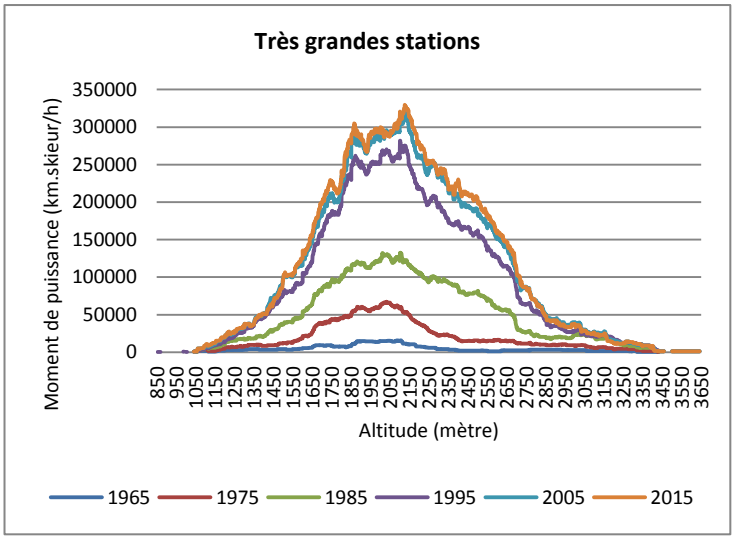




Les petites stations ont fortement développé leur offre jusque dans les années 90, en investissant dans la tranche d'altitude 1 300 - 1 600 m. En revanche, depuis 20 ans, la situation n'évolue pratiquement plus.

La phase de développement, qui a eu lieu entre les années 70 et les années 90, est suivie d'une phase de réinvestissement des moyennes stations dans l'offre ski, avec une évolution récente notable, à la fois en volume en altitude.





Tout comme les moyennes stations, les grandes stations continuent à investir dans le développement de leurs domaines skiables, à la fois en volume et en altitude.

Les très grandes stations, après avoir connu une croissance très importante pendant la décennie 1985-1995, semblent atteindre un palier, en volume comme en altitude, depuis 10 ans.

→ Les domaines skiables d'Auvergne-Rhône-Alpes ont ainsi connu **deux phases de développement**. La première phase, de 1970 à 1990, a fait l'objet d'un déploiement massif de l'offre ski, avec une forte évolution en volume et en altitude. La seconde, de 1990 à nos jours, est une phase de renouvellement et de réinvestissement, qui s'accompagne, pour certains domaines, d'un **redéploiement en altitude**. Ce redéploiement **concerne peu les petites stations**, qui ont moins de capacité à réinvestir, et sont souvent situées sur des massifs peu élevés, ce qui limite les possibilités d'évolution verticale. Il **concerne également peu les très grandes station**s, qui dès leur création, ont été implantées en altitude, donc n'en ressentent pas la nécessité. Il est en revanche **très marqué sur les grandes et moyennes stations**, pour lesquelles la phase de réinvestissement est aussi l'occasion de sécuriser leur offre de ski par rapport aux tendances climatiques, notamment la baisse de l'enneigement naturel.

Annexes

Élaboration des indicateurs

Producteur de l'indicateur	**ORECC Auvergne-Rhône-Alpes**
Producteur des données sources	• Météo France pour les données climatiques (températures et enneigement) – Extractions en date du 29 juin 2017 et du 12 juillet 2017 • STRMTG pour les moments de puissance – Extraction en date du 26 mai 2016 • Atout France pour le traitement des journées-skieurs - Extraction en date de septembre 2015 et Auvergne-Rhône-Alpes Tourisme pour les journées-skieurs des domaines nordiques auvergnats – Extraction en date du 11 avril 2017.
Structures ayant participé à la rédaction de ce document	• Météo France, Atout France, Observatoire savoyard du changement climatique (MDP 73), Auvergne-Rhône-Alpes Tourisme, Domaines skiables de France, Université Clermont Auvergne, CEREMA, Rhônalpénergie-Environnement, ADEME.

Actualisation des indicateurs

Indicateur suivi par l'ORECC depuis	Novembre 2014
Dernière mise à jour	Août 2017
Périodicité d'actualisation	Annuelle
Disponibilité	• Année n pour les données climatiques • Année n pour les moments de puissance