

Analyse des données Alpages Sentinelles sur le Parc National des Ecrins

Groupe de travail : PNE, INRAE LESSEM, FAI, CERPAM, CA 05



Rapport final – Version décembre 2022

Emilie Crouzat / Hermann Dodier INRAE – LESSEM



Table des matières

I.	Cadre de travail	3
1.	Trois volets de suivis.....	3
2.	Démarche de travail	5
3.	Périmètre de l'étude	5
II.	Volet agroclimatique	7
1.	Données et méthodes.....	7
2.	Indicateurs agroclimatiques.....	8
3.	Séquences météorologiques annuelles à l'échelle du PNE	28
4.	Séquences météorologiques annuelles pour les alpages sentinelles du PNE	38
III.	Volet Pratiques pastorales	52
1.	Données et méthodes.....	52
2.	Indicateur de biomasse disponible	52
3.	Indicateur de chargement animal total	54
4.	Indicateur de durée totale de pâturage, et dates de montée et descente	56
5.	Indicateur de notes de consommation de la ressource	59
IV.	Analyses intégrées.....	61
1.	Croisements des données quantitatives toutes années confondues	61
2.	Relations entre facteurs météorologiques et données de pratiques pastorales	64
3.	Arbre de réflexion : niveaux de vigilance face au changement climatique.....	65
V.	Bilan et messages-clés.....	66

I. Cadre de travail

Dans le cadre du programme GEBIODIV – PITEM Biodiv’ALP, le Parc National des Ecrins (PNE) sollicite un travail **d’analyse et de valorisation croisée des données collectées depuis 2007 au titre du dispositif Alpages sentinelles**. Cette étude, d’une durée de 18 mois, implique la mobilisation de partenaires scientifiques, techniques et territoriaux ainsi que la conduite d’analyses de données quantitatives et qualitatives.

La demande du PNE porte sur une **caractérisation du changement climatique et de ses impacts sur les alpages sentinelles du PNE**, dans leurs dimensions environnementales et pastorales (Figure 1). L’étude devra donner une place significative à l’analyse des suivis des pratiques pastorales et du lien alpage-exploitation, encore peu valorisés à ce stade à l’échelle du PNE.

Il s’agit d’une part de mobiliser des **données quantitatives**, relatives aux aspects météorologiques et aux suivis de terrain sur les alpages sentinelles (végétations, pratiques pastorales, lien aux exploitations). D’autre part, des **données qualitatives** sont également à considérer dans l’étude, pour intégrer les retours de terrain et expertises des différents acteurs concernés par les alpages sentinelles ou leur suivi.

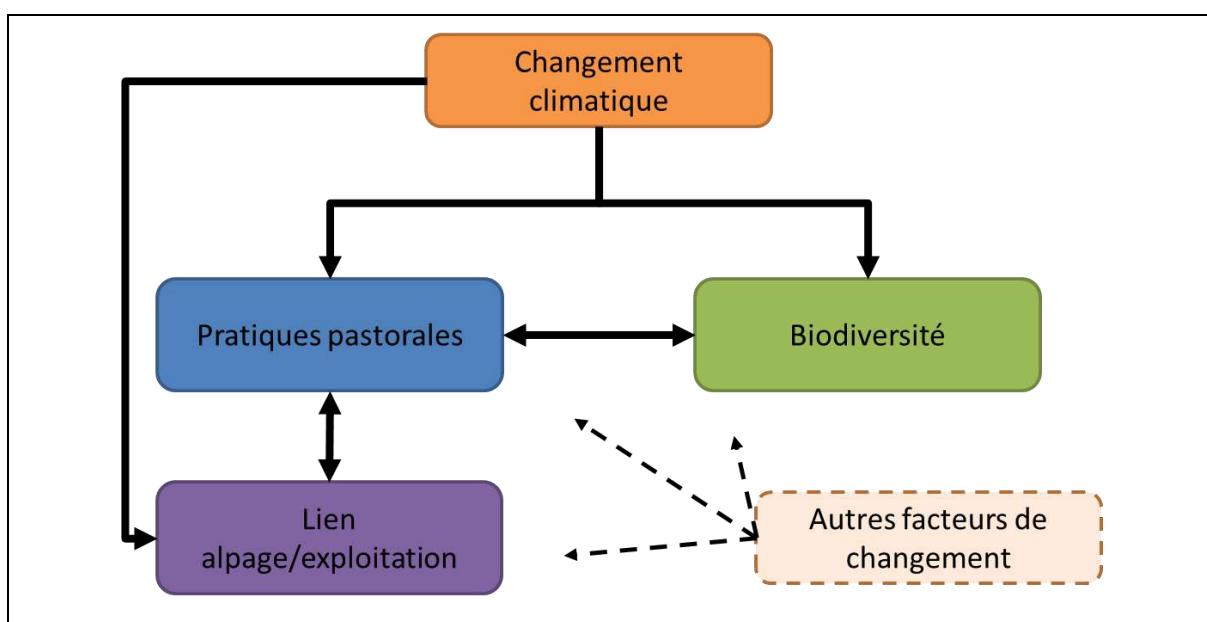


Figure 1 : Principaux pôles d’intérêt identifiés pour l’étude. Les flèches en gras représentent les focus abordés en priorité pour l’analyse croisée des données collectées dans le cadre du dispositif Alpages Sentinelles sur le Parc National des Ecrins.

1. Trois volets de suivis

Pour répondre à la demande du PNE, nous nous appuyons sur les suivis du volet Observatoire d’Alpages Sentinelles. Pour mémoire, cet observatoire a été initié pour objectiver les craintes de changements de milieux et de pratiques qui ont été formulées suite aux aléas météorologiques marquants du début des années 2000. D’une part, se posait la question des **impacts directs** du changement climatique sur les milieux : **le changement climatique induit-il des mortalités d’espèces, des évolutions du type de milieu, ou encore une évolution de la quantité de biomasse ?** D’autre part, il existait des interrogations liées à un **impact indirect** du changement climatique en alpage via des changements de pratiques agropastorales : **le**

changement climatique induit-il une hausse du chargement en alpage, un allongement de la période d'estive, ou encore une hausse des niveaux de prélèvement de la ressource ? Autrement dit, l'alpage va-t-il 'faire tampon' pour les systèmes d'élevage face au changement climatique ?

Le travail présenté ici contient des éléments de bilan sur ces questions, qui se déclinent autour des volets i) agro-climatique, ii) végétations et iii) pratiques pastorales et lien alpage-exploitation.

a) Volet agroclimatique

Questions soulevées :

- Comment se manifeste le changement climatique en alpage ?
- Quelles sont les tendances d'évolution détectées et les aléas météo rencontrés ?
- Quelle variabilité entre alpages / territoires d'alpages ?

Ce volet a pour objectifs i) de **donner des repères sur les évolutions climatiques** en alpage sur le PNE, et ii) de **caractériser les années agrométéorologiques** suivies dans le cadre d'Alpages Sentinelles (2007-...) aux différentes échelles (alpages, territoires).

Il s'appuie à la fois sur l'interface agrométéorologique développée par le dispositif Alpages Sentinelles et sur les bilans annuels réalisés par le PNE.

La description des années météorologiques permet de cibler certaines analyses sur des épisodes marquants (sécheresses...) et de mettre en regard les évolutions détectées en termes de végétations et de pratiques agropastorales avec leurs possibles déterminants météorologiques.

Les données présentées dans ce rapport correspondent à la dernière version disponible des données Météo France (données S2M 2021 ; mise à disposition début 2022), soit 60 ans de données de réanalyse sur chacune des 190 unités pastorales du PNE.

b) Volet végétations

Questions soulevées :

- Quelles sont les gammes de productivité des végétations en première pousse ?
- Comment la productivité en première pousse est-elle modulée par les facteurs météo de l'année ?
- Identifie-t-on des spécificités par type de milieu pastoral dans cette relation biomasse / facteurs météo ?

Pour le volet relatif aux végétations, **des résultats ont été produits à l'échelle de l'ensemble des stations de suivi** (échelle réseau alpin) préalablement à ce travail sur le PNE. L'ensemble des valeurs de référence acquises et les messages clés associés sont disponibles dans la brochure « Effets du changement climatique sur les végétations d'alpage – Des clés pour comprendre » (publication Alpages Sentinelles 2021).

Dans le cadre de ce travail sur le PNE, il n'y a pas de plus-value à mener des analyses spécifiques mobilisant uniquement les données PNE pour identifier des relations entre biomasse et facteurs météo. De ce fait, **les données de productivité sont donc présentées ici uniquement dans l'objectif d'étudier leurs interrelations avec les autres indicateurs.**

c) Volet pratiques pastorales et lien alpage-exploitations

Questions soulevées :

- Le chargement total des alpages évolue-t-il avec le temps, du fait des évolutions climatiques ?
- Y a-t-il des modifications notables dans les dates, les effectifs et la répartition selon les quartiers des troupeaux durant l'estive ?
- Est-ce que la consommation des ressources évolue avec le temps ou sous l'effet de facteurs météo ?

Ce volet vise à **identifier de possibles modifications dans les pratiques pastorales** durant la saison d'estive ainsi que **dans le lien alpage-exploitations**, du fait du changement climatique et de ses impacts.

Il mobilise les suivis des pratiques pastorales (calendriers de pâturage, tournées de fin d'estive) ainsi que de manière marginale les résultats des enquêtes en exploitation.

2. Démarche de travail

Le travail a été réalisé via des phases de préparation et d'analyse des données, notamment quantitatives (INRAE LESSEM), discutées et mises en perspective lors de trois réunions multi-partenariales qui ont réuni l'ensemble du groupe de travail : PNE, INRAE LESSEM, FAI, CERPAM, CA 05.

Ce document de synthèse reprend les principaux résultats, notamment quantitatifs, qui ont été présentés. Il ne reprend pas les éléments qualitatifs, liés à l'histoire individuelle de chaque alpage, qui ont été mis en avant lors des discussions avec le groupe de travail.

Nota bene : sur la base de cette description du travail engagé, nous précisons que **cette étude ne constitue pas un travail de diagnostic pastoral sur chacun des alpages sentinelles ni une lecture transversale de plusieurs diagnostics pastoraux**. Ce n'est pas non plus un travail sur l'articulation entre pratiques et milieux (ex. évolution d'une nardaie selon différentes modalités de conduite).

3. Périmètre de l'étude

L'étude a été réalisée sur **les neuf alpages sentinelles du PNE** (Figure 2). A noter, le Sappey ne faisant plus partie du périmètre du parc, les suivis y ont été arrêtés il y a plusieurs années.

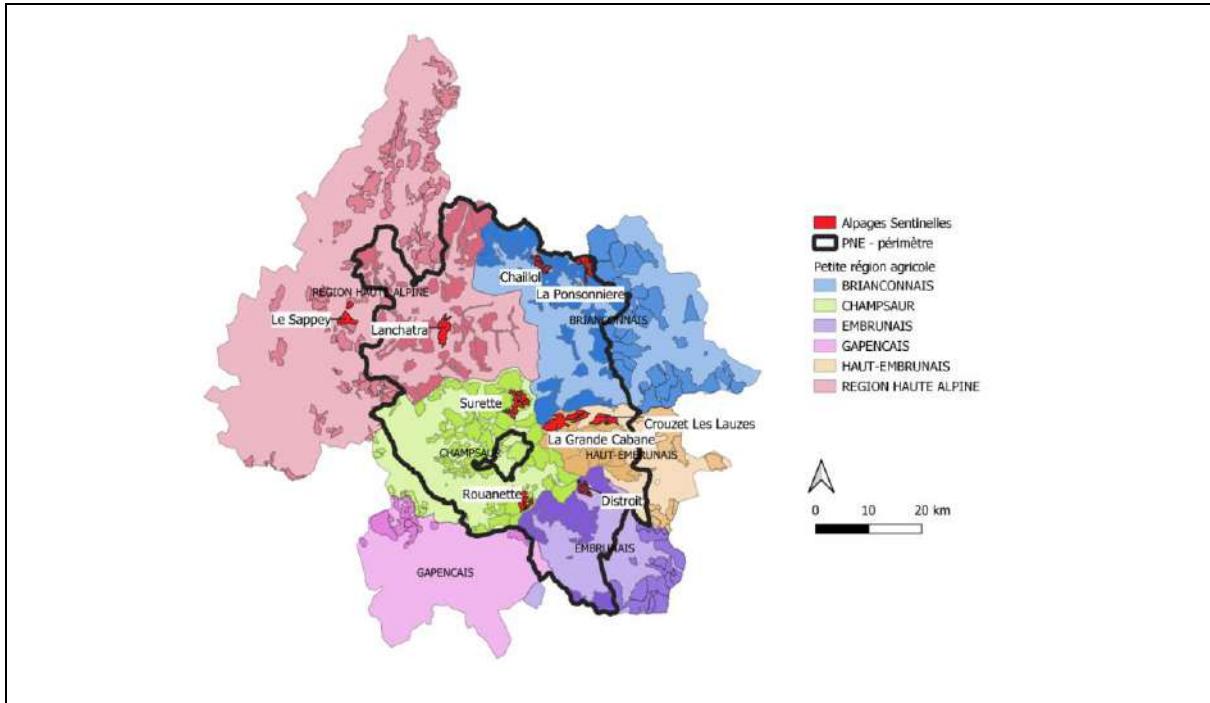


Figure 2 : Alpages sentinelles du Parc National des Ecrins et petites régions agricoles.

II. Volet agroclimatique

1. Données et méthodes

a) Données météorologiques

Les données présentées sont issues des **modèles de Météo-France**. Il s'agit des données de réanalyse Safran Montagne (données S2M, chaîne de modélisation SAFRAN-Crocus développée par Météo-France).

Ces données sont adaptées aux conditions de montagne. Elles sont calculées à l'échelle de petits massifs montagneux (**23 massifs météorologiques** sur la zone alpine couverte par cette interface). Au sein de chacun de ces massifs, les données météorologiques sont déclinées en fonction de l'altitude, de la pente et de l'orientation.

Une description détaillée de ce jeu de données est disponible dans l'article : Vernay M, Lafaysse M, Hagenmuller P, Nheili R, Verfaillie D, Morin S (2020) The S2M meteorological and snow cover reanalysis in the French mountainous areas (1958 - present). <http://dx.doi.org/10.25326/37#v2020.2>.

Attention, **ces données modélisées ne prennent pas en compte les spécificités de microclimat locales** (orages localisés, vents, microrelief...). Elles ne peuvent donc pas traduire exactement les conditions expérimentées sur l'alpage sélectionné mais donnent un contexte global et approximé des conditions météorologiques et de leurs évolutions.

b) Contours des unités pastorales (UP)

Les contours des unités pastorales (UP) proviennent de l'**Enquête Pastorale 2012-2014** (détails consultables en ligne : <https://enquete-pastorale.inrae.fr/> et dans le rapport suivant : Dobremez, L., Bray, F. & Borg, D., (2016) Principaux résultats de l'Enquête Pastorale 2012-2014 dans le massif des Alpes. pp. 86).

Le croisement entre les données météorologiques de simulation et les données spatiales de chaque alpage permet de produire des indicateurs synthétiques pertinents pour l'activité pastorale à différentes échelles.

c) Démarche de travail

Un ensemble de **huit indicateurs agroclimatiques** a été analysé dans le cadre de ce travail :

- Indicateurs de déneigement
 - o Date d'atteinte des 25% de déneigement
 - o Proportion déneigée à différentes dates
- Indicateurs de températures
 - o Températures moyennes saisonnières
- Indicateurs de cumul de températures
 - o Dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J
- Indicateurs de précipitations
 - o Précipitations cumulées saisonnières
- Indicateurs d'eau disponible

- Stock nival à différentes dates
- Bilans hydriques à différentes dates
- Indicateurs de gel après déneigement
 - Episodes de gels (0°C)
 - Episodes de gels sévères (-5°C)

La description détaillée des modalités de calcul des indicateurs agroclimatiques présentés dans les sections suivantes est disponible au téléchargement depuis le site web d'Alpages Sentinelles (*2021_11_Methodologie-Indicateurs-agroclimatiques_Alpages-Sentinelles.pdf*).

Pour chaque indicateur, les éléments suivants sont proposés :

- A l'échelle de l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE (synthèse des 190 UP)
 - **Série temporelle** des valeurs de l'indicateur, depuis 1961 (une aide à la lecture complémentaire est disponible dans l'interface web dédiée, accessible via le site web d'Alpages Sentinelles).
 - Comparaison des **valeurs médianes sur les deux périodes de référence** : période passée 1961-1990 et période récente 1991-2020.
- A l'échelle de chaque UP (190 UP)
 - **Carte de déviation** entre la valeur prise par l'indicateur sur chaque UP par comparaison avec la valeur médiane de l'indicateur sur la période de référence récente.
- A l'échelle des 9 alpages sentinelles du PNE
 - Comparaison des **valeurs médianes sur les deux périodes de référence** : période passée 1961-1990 et période récente 1991-2020.

2. Indicateurs agroclimatiques

a) Date d'atteinte des 25% de déneigement

On note une **tendance à un gain de précocité dans le déneigement** (Figure 3). Le déneigement arrive 11.5 jours plus tôt sur la période récente (valeur médiane), soit une variation de -9.2% par rapport à la médiane passée.

La gamme de variation Q20-Q80 augmente légèrement entre périodes : 22.8 jours sur la période passée et 26.4 jours sur la période récente.

L'étalement de la date d'atteinte des 25% de déneigement entre les alpages du PNE est illustré en Figure 3 pour la période récente.

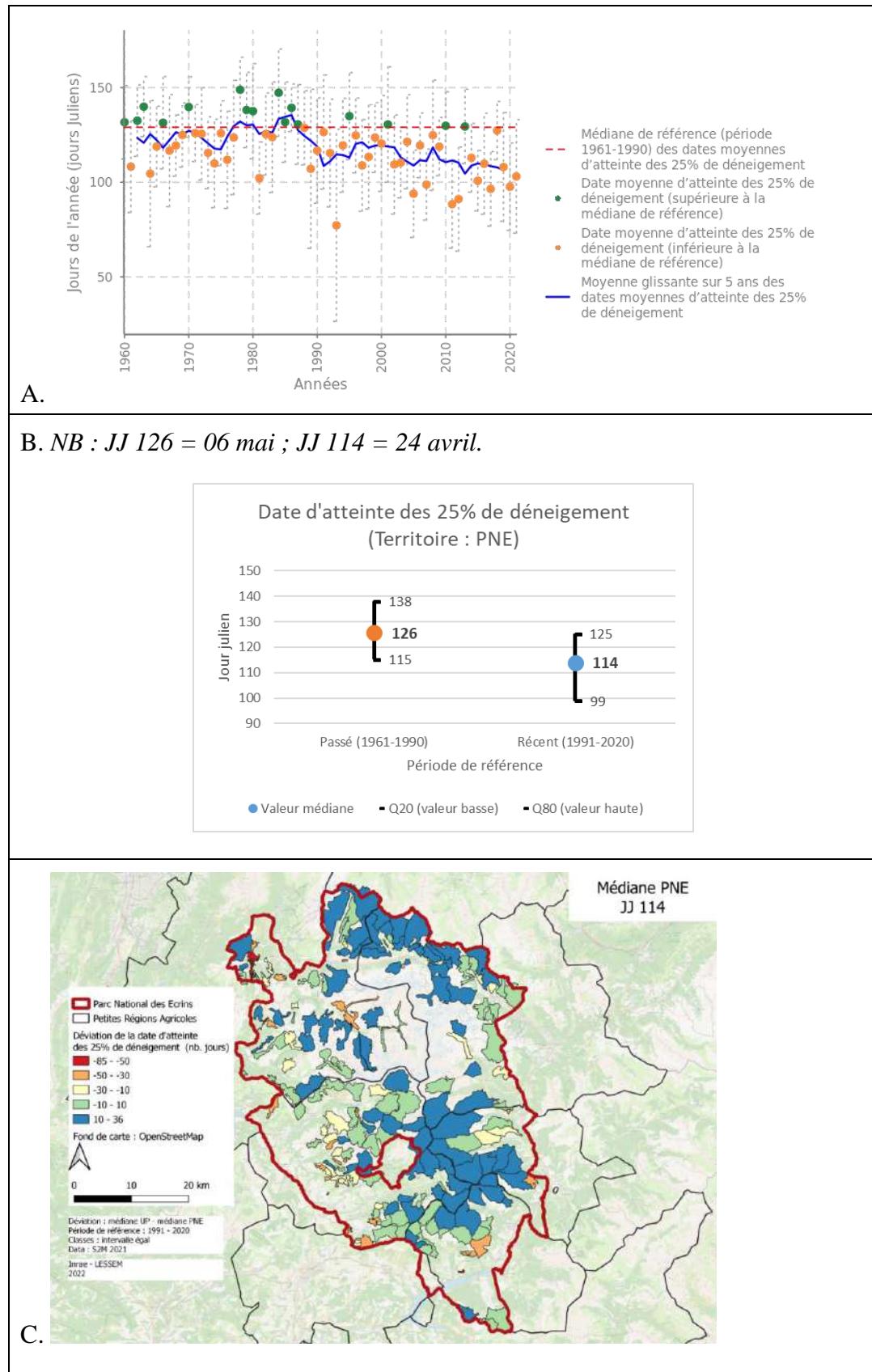


Figure 3: Indicateur Date d'atteinte des 25% de déneigement. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. C. Indicateur Date d'atteinte des 25% de déneigement. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente

Tous les alpages sentinelles suivent la tendance identifiée sur le PNE vers une précocité accrue du déneigement (Figure 4).

Cette tendance au déneigement précoce est d'ampleur un peu plus limitée sur la plupart des AS que sur de nombreux autres alpages du PNE (les variations pour 6 AS sont inférieures à 11,5 jours, qui est la valeur médiane PNE en période récente). En particulier, c'est sur Crouzet les Lauzes et la Ponsonnière que la variation entre dates de déneigement passées et récentes est la plus limitée. A l'inverse, cette tendance à un déneigement plus précoce est très marquée sur le Sappey (24 jours plus tôt en période récente).

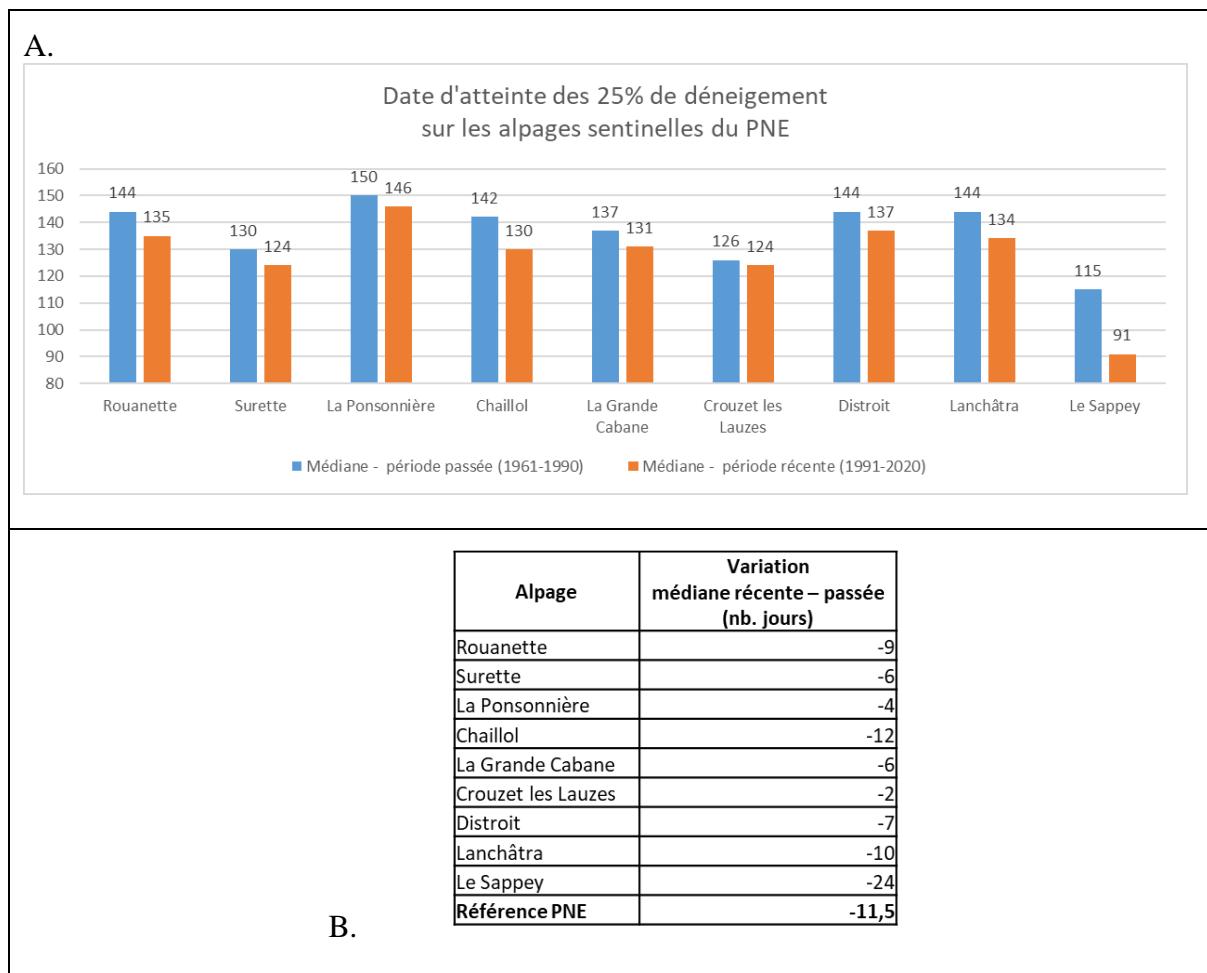


Figure 4 : Indicateur Date d'atteinte des 25% de déneigement - A. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour chaque alpage sentinelle. B. Variation entre valeurs médianes récentes et passées.

b) Proportion déneigée à différentes dates

La proportion déneigée est plus importante tôt dans la saison en période récente (Figure 5) : la différence entre proportion déneigée récente et passée est de +12 points en avril, +8 points en mai et +11 points en juin, mais seulement de +3 points en juillet.

La gamme de variation Q20-Q80 est relativement stable entre la période récente et la période passée (variation absolue Q80-Q20 < 10% entre période récente et passée).

Les variations de proportions déneigée par UP à chaque date sont illustrées en Figure 5 pour la période récente.

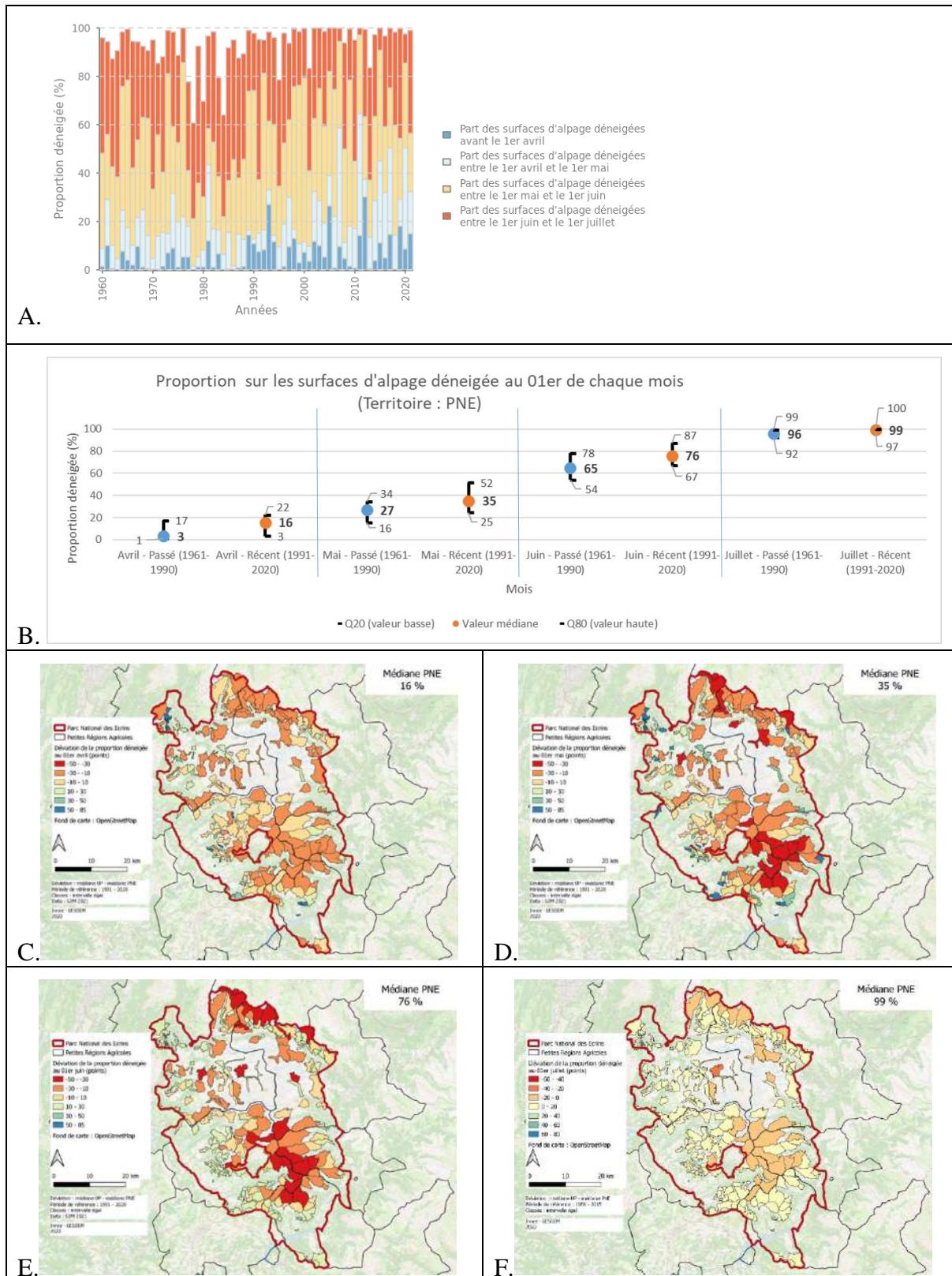


Figure 5 : Indicateur Proportion déneigée. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente en date du C. 01 avril, D. 01 mai, E. 01 juin, et F. 01 juillet.

Tous les alpages sentinelles suivent la tendance identifiée sur le PNE vers une précocité accrue du déneigement (Figure 6).

A une date donnée les proportions déneigées varient selon les AS, notamment en début de saison : par exemple, au 01er mai en période récente, les proportions déneigées sont respectivement de moins de 10% à Rouanette, La Ponsonnière et au Distroit, quand elles atteignent déjà environ 21% à Surette et 56% au Sappey à cette même date. Au 01er juillet, tous les AS ont déneigé sur plus de 95% de leur surface.

La variation entre périodes récente et passée, en termes de proportion de surface, est plus marquée pour le mois de **juin** sur 8 AS – alors que la variation est sensible dès le mois d'avril à l'échelle du PNE (PNE : +12 points de variation en avril, contre quelques points seulement sur les AS). Sur le Sappey, les variations sont les plus fortes en **avril et mai**.

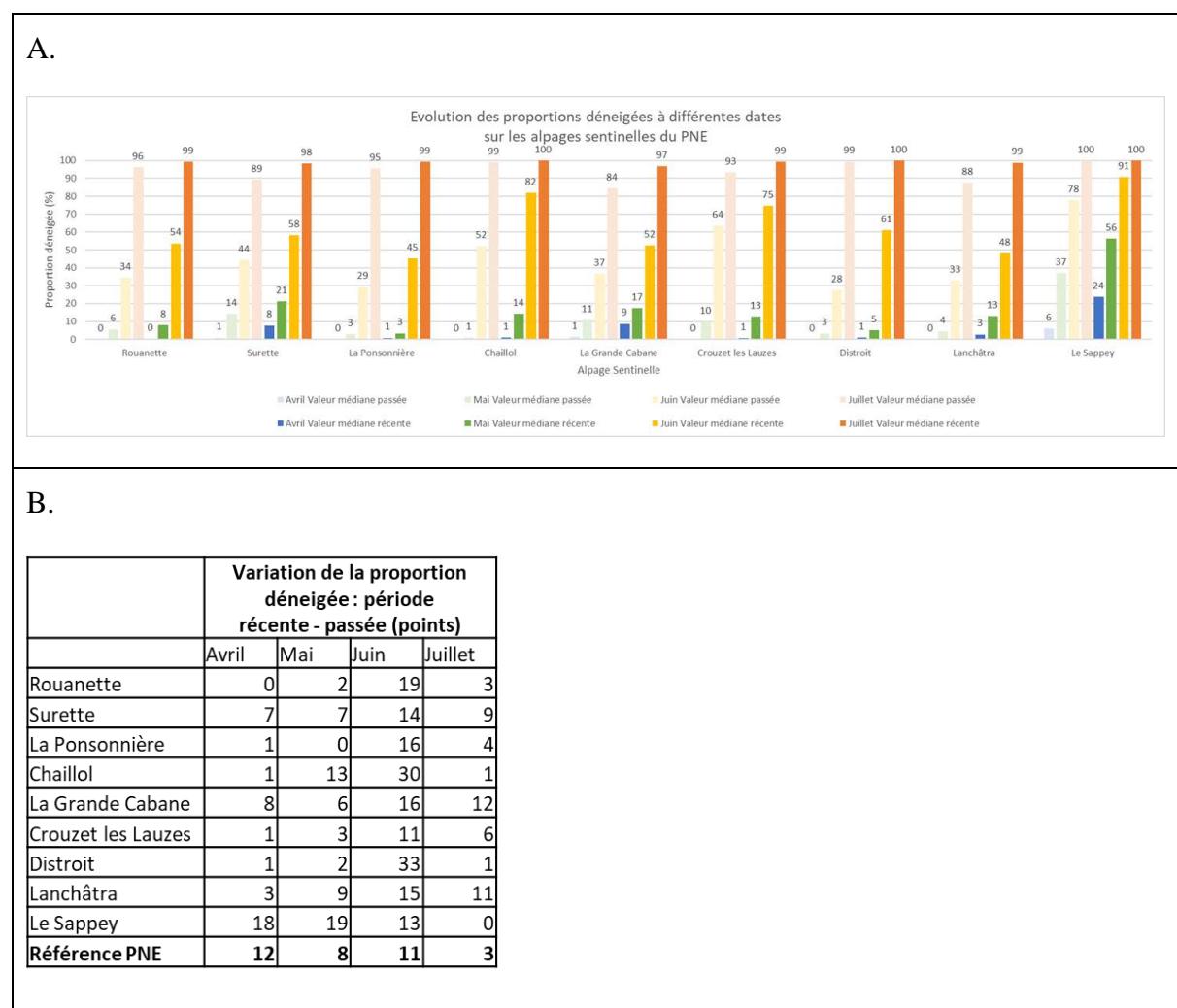


Figure 6 : Indicateur Proportion déneigée. A. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour chaque alpage sentinelle. B. Variation entre valeurs médianes récentes et passées.

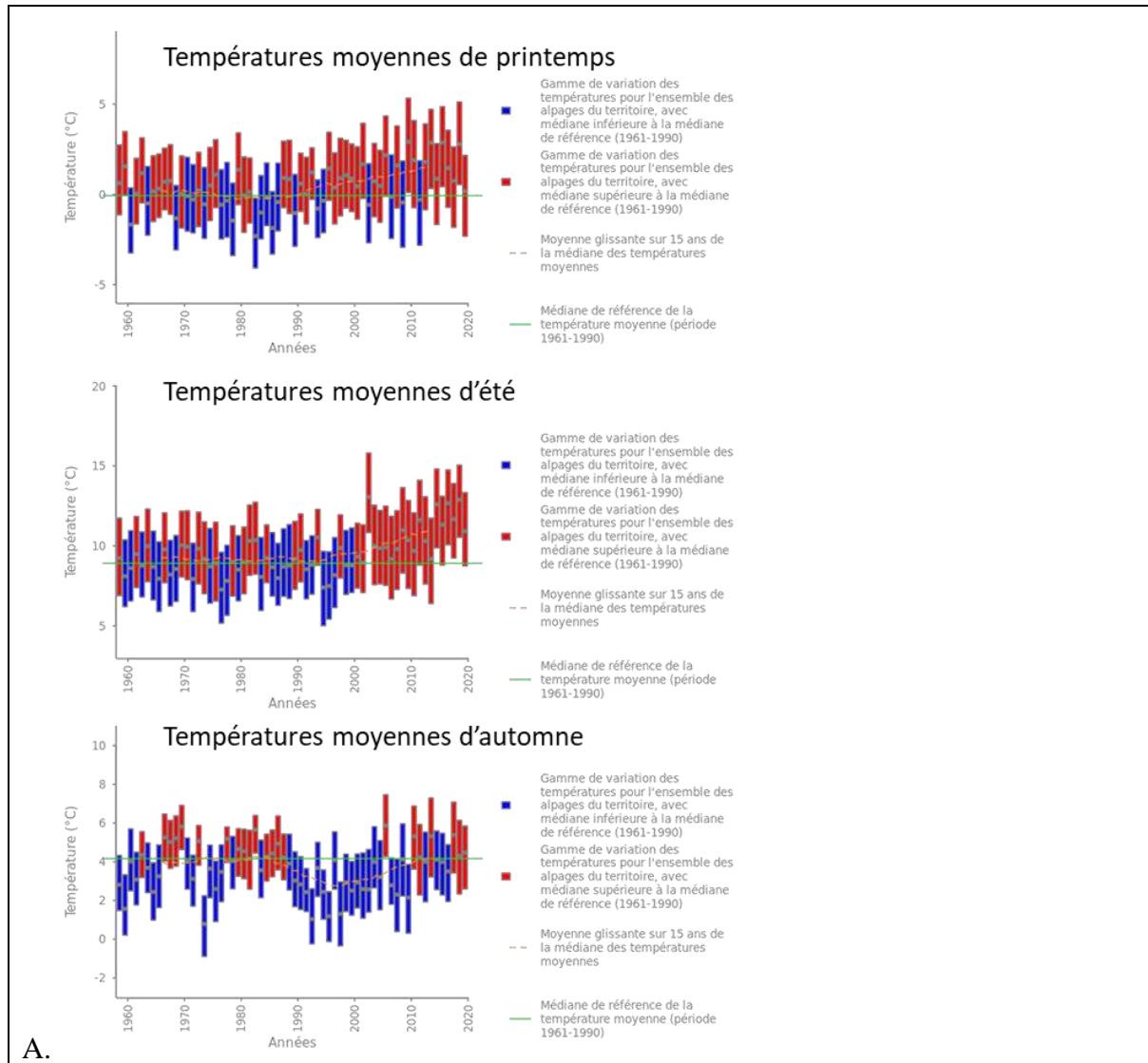
c) Températures moyennes saisonnières

Les températures moyennes de printemps et d'été ont augmenté entre les périodes passée et récente (Figure 7) : au printemps, +0,90°C sur la période récente pour la valeur médiane ; en été, +0,97°C sur la période récente pour la valeur médiane.

Les températures moyennes d'automne sont relativement stables entre les périodes passée et récente (Figure 7) : -0,7°C sur la période récente pour la valeur médiane.

La gamme de variation Q20-Q80 est plus importante sur la période récente que sur la période passée pour la saison d'été (variation absolue Q80-Q20 = +0,86), mais elle est stable sur les saisons de printemps (=+0,11) et d'automne (= 0,004).

Les variations de température moyenne saisonnière par UP sont illustrées en Figure 7 pour la période récente.



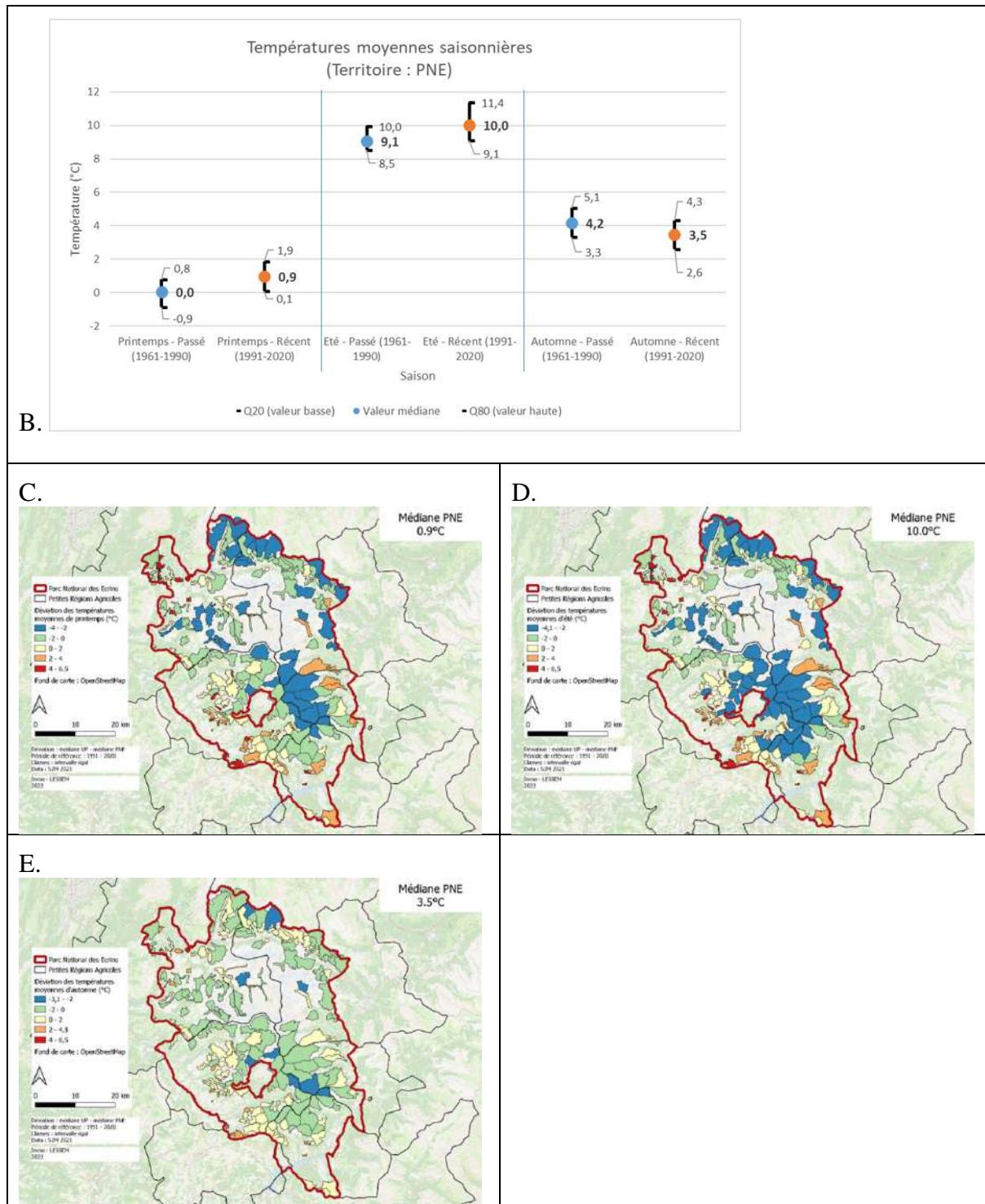


Figure 7 : Indicateur Températures moyennes saisonnières. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. au printemps, D. en été, E. en automne.

Tous les alpages sentinelles suivent les tendances relevées sur le PNE (Figure 8), à savoir :

- **Une tendance à l'augmentation des températures de printemps** (sur les valeurs médianes : +0,7 à +1°C en période récente par rapport à la période passée),
- **Une tendance à l'augmentation des températures d'été** (sur les valeurs médianes : +0,3 à +1,1°C en période récente par rapport à la période passée),

- **Une tendance à la diminution des températures d'automne** (sur les valeurs médianes : -0,4 à -0,9°C en période récente par rapport à la période passée).

Les alpages sentinelles se distinguent selon un gradient de températures moyennes, avec notamment :

- La Ponsonnière, Lanchâtre, Grande Cabance, Distroit, Rouanette, et Surette : températures globalement plus froides
- Chaillol, Crouzet les Lauzes et le Sappey : températures globalement plus chaudes.

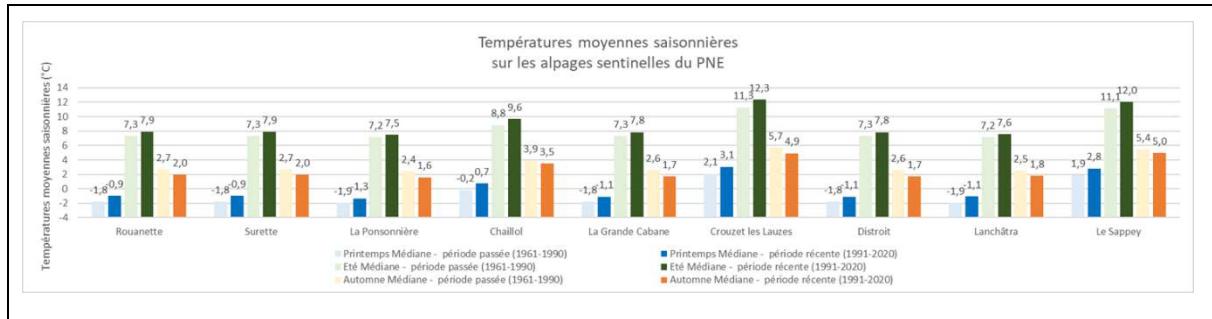


Figure 8 : Indicateur Températures moyennes saisonnières. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour chaque alpage sentinelle.

d) Cumuls de températures

Le seuil de 300°J (GDD300) est atteint plus tôt sur la période récente, avec 8.5 jours d'avance par rapport à la période passée (Figure 9).

Le seuil de 600°J (GDD600) est également atteint plus tôt sur la période récente, avec 6.5 jours d'avance par rapport à la période passée.

Le délai médian (en nombre de jours) entre les dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J augmente de 5 jours entre périodes passées et récentes (on passe d'un délai médian de 19 jours en période passée à 24 jours en période récente sur les valeurs médianes).

La précocité de démarrage de végétation semble très variable entre années (variabilité de la date pour le premier alpage atteignant les 300°J).

La gamme de variation Q20-Q80 augmente entre la période récente et la période passée : augmentation sur la période récente de 6 jours pour la date d'atteinte de GDD300 et pour la date d'atteinte de GDD600 (valeurs absolues en nombre de jours).

Les variations dans les dates d'atteinte des seuils par UP sont illustrées en Figure 9 pour la période récente.

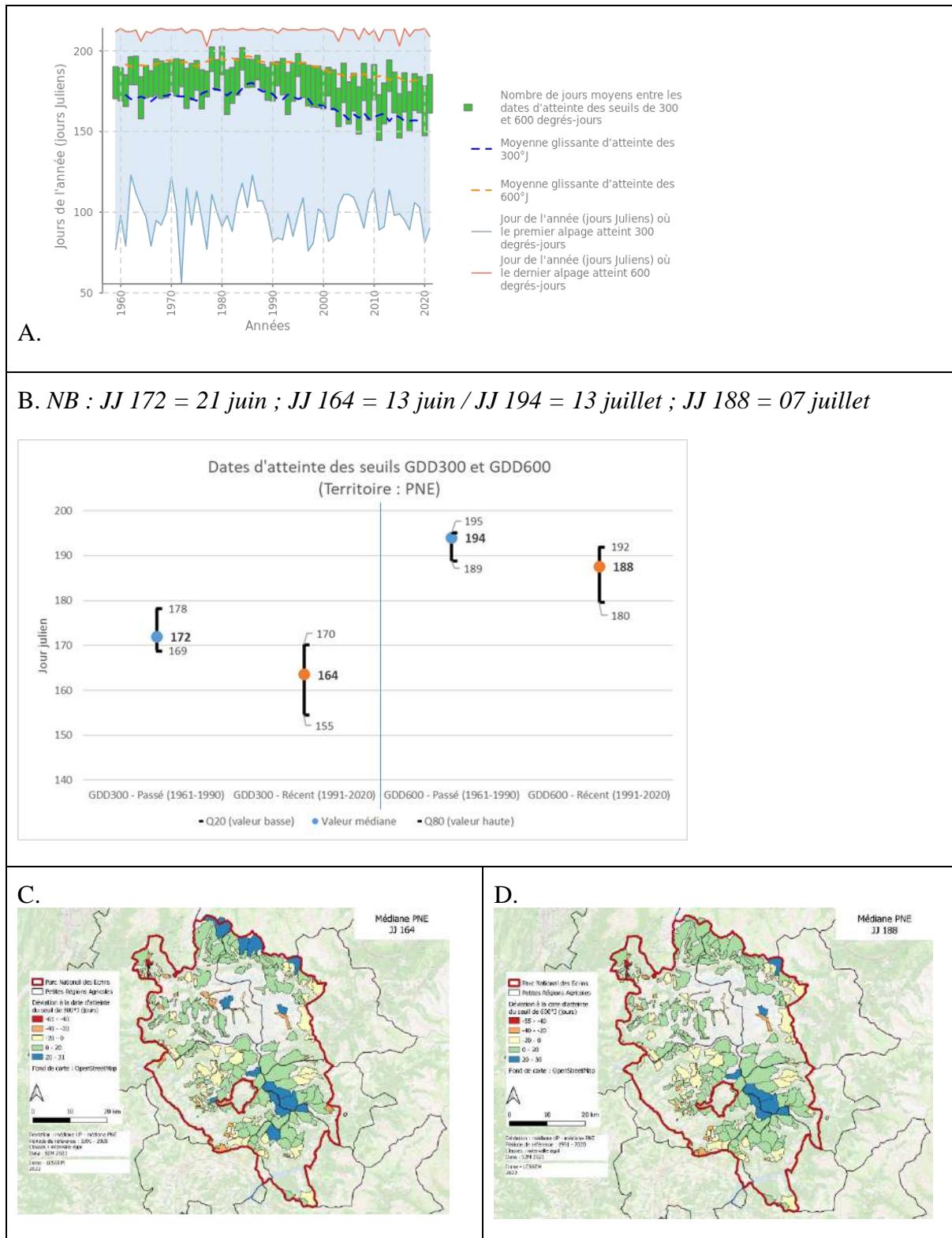


Figure 9 : Indicateur Cumul de températures. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. date d'atteinte des 300°J, D. date d'atteinte des 600°J.

Tous les alpages sentinelles suivent la tendance identifiée sur le PNE vers une **préocécité accrue des dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J** (Figure 10).

Cette préocécité est variable selon les alpages sentinelles. En particulier, la Grande Cabane, Chaillol, Distroit et Lanchâtre ont particulièrement gagné en préocécité (12 jours d'avance par rapport à la période passée) tandis que la Ponsonnière est l'AS qui a le moins gagné en préocécité (6 jours d'avance par rapport à la période passée).

La variation du délai médian entre périodes passées et récente pour les dates d'atteinte des seuils de GDD300 et 600 est faible globalement.

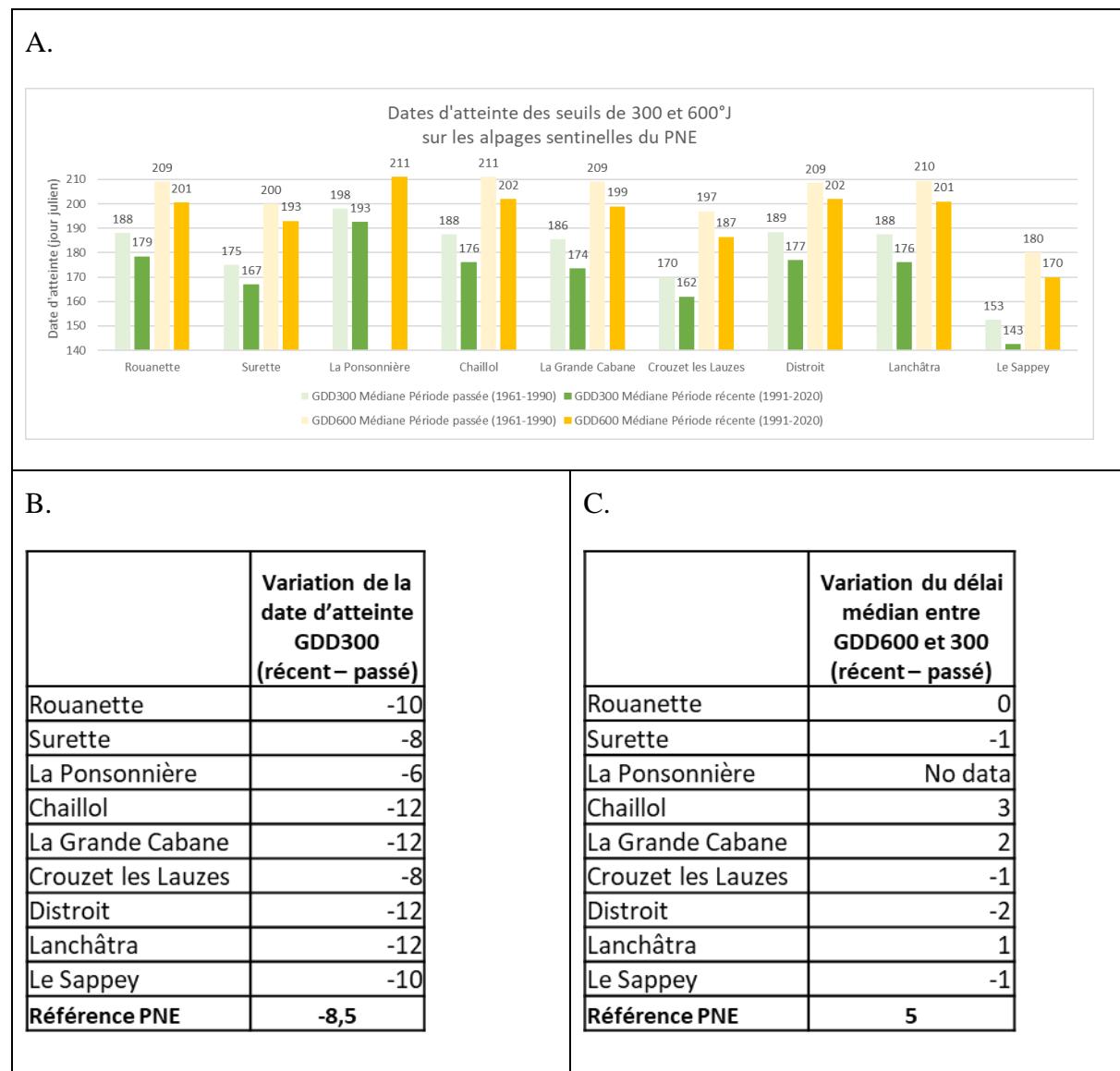


Figure 10 : Indicateur Cumul de températures. A. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour chaque alpage sentinelle. B. Variation entre valeurs médianes récentes et passées. C. Variation du délai médian entre dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J.

e) Précipitations cumulées saisonnières

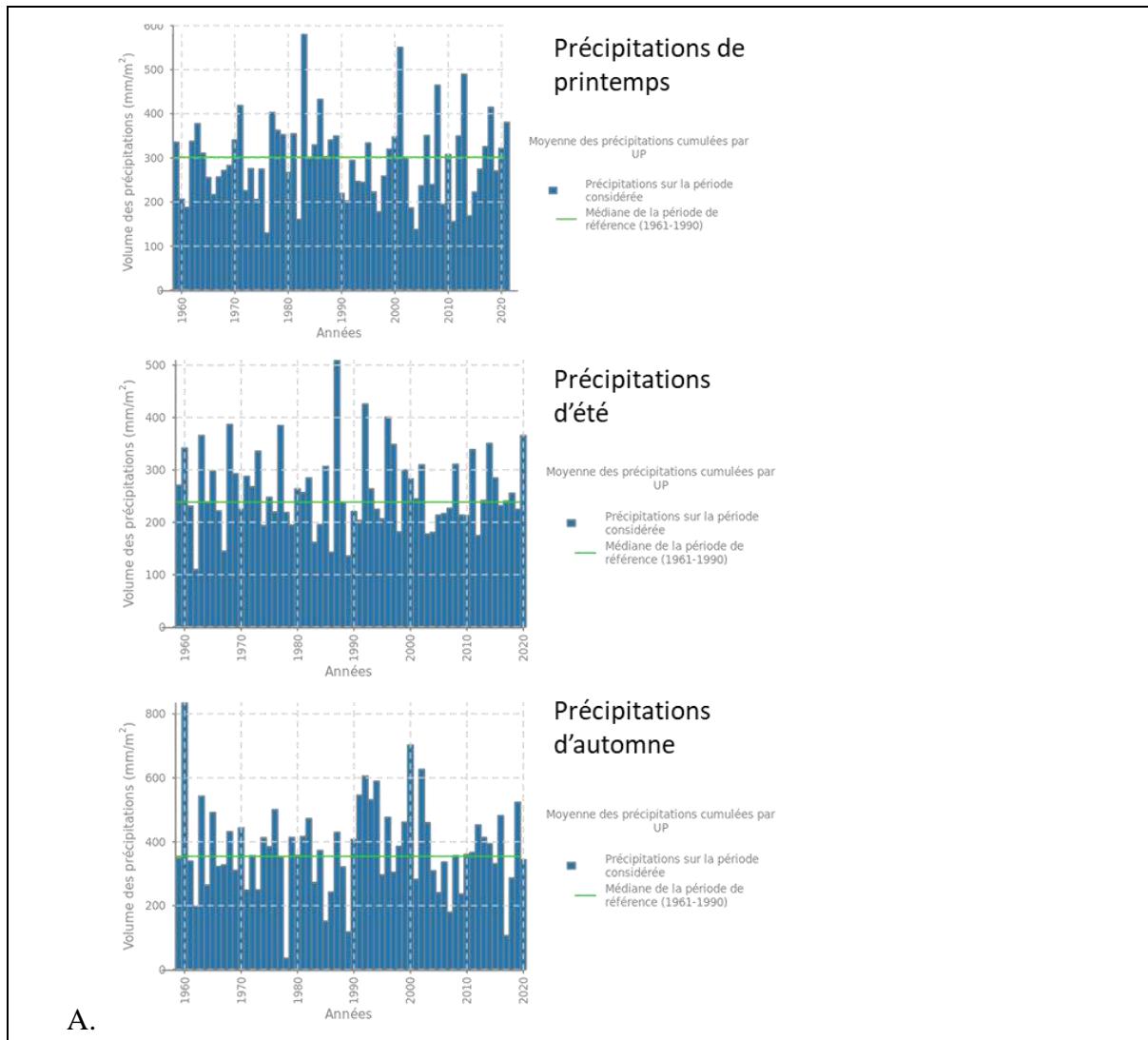
Les précipitations saisonnières ne montrent pas de tendance d'évolution nette entre période récente et passée (Figure 11). Les valeurs médianes présentent des variations de

l'ordre de -9% de précipitations cumulées au printemps en période récente, de +3% de précipitations cumulées en automne en période récente, et de +6% de précipitations cumulées en été en période récente par rapport aux précipitations passées.

La variabilité interannuelle semble élevée sur toute la période étudiée.

La gamme de variation Q20-Q80 augmente légèrement au printemps sur la période récente à hauteur de 15% de la variation passée et elle **augmente nettement en automne** sur la période récente à hauteur de 50% de la variation passée (mais elle est **stable en été**).

Les variations dans les précipitations cumulées par UP sont illustrées en Figure 11 pour la période récente.



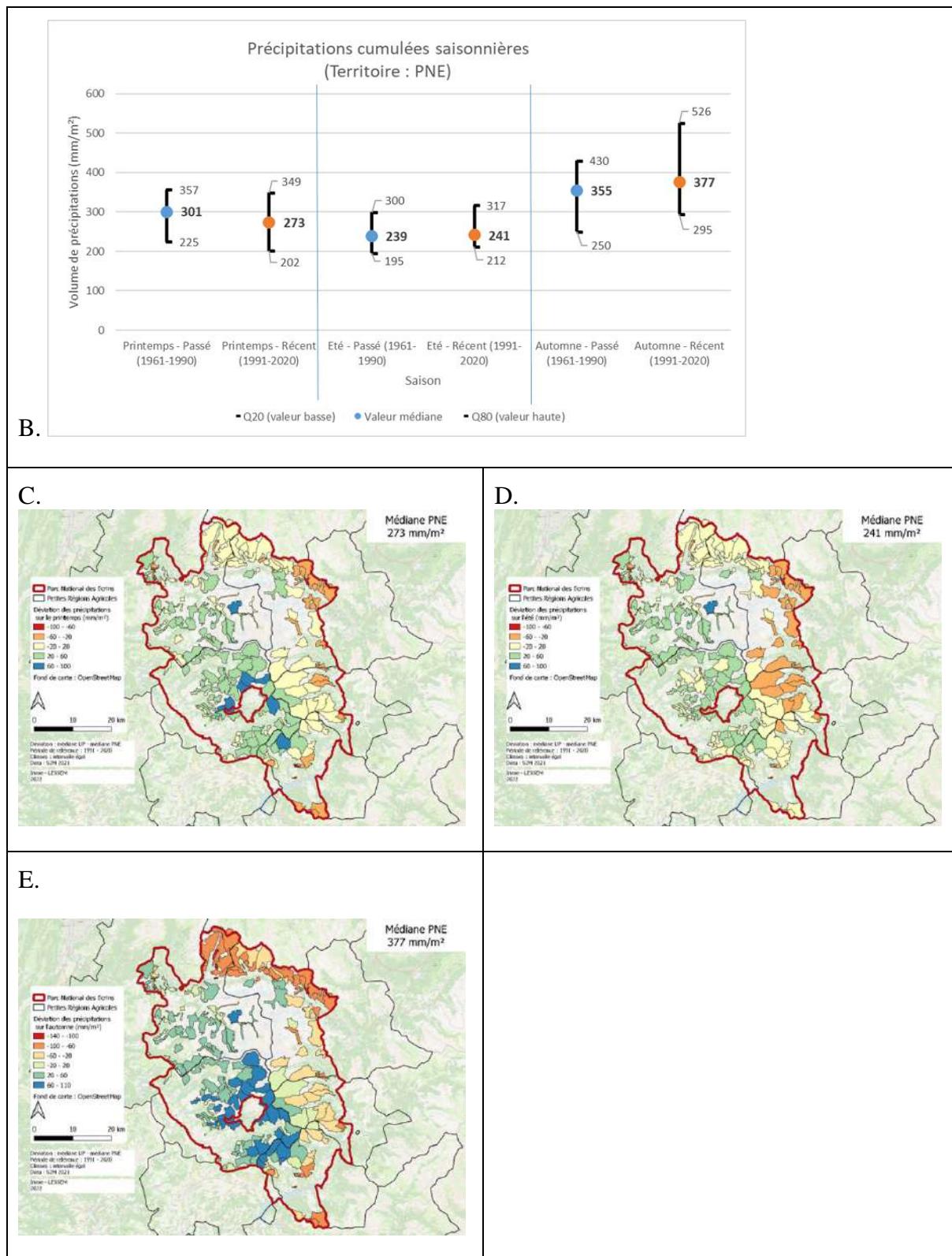


Figure 11 : Indicateur Précipitations cumulées saisonnières. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. au printemps, D. en été, E. en automne.

Comme à l'échelle du PNE, on ne détecte **pas de tendance d'évolution sensible** sur les précipitations des alpages sentinelles entre périodes passée et récente.

On note une disparité entre alpages sentinelles en termes de précipitations cumulées sur les trois saisons (Figure 12), avec comme alpages les plus arrosés en période récente Rouanette, Surette et Lanchâtra, et comme AS le moins arrosé La Ponsonnière.

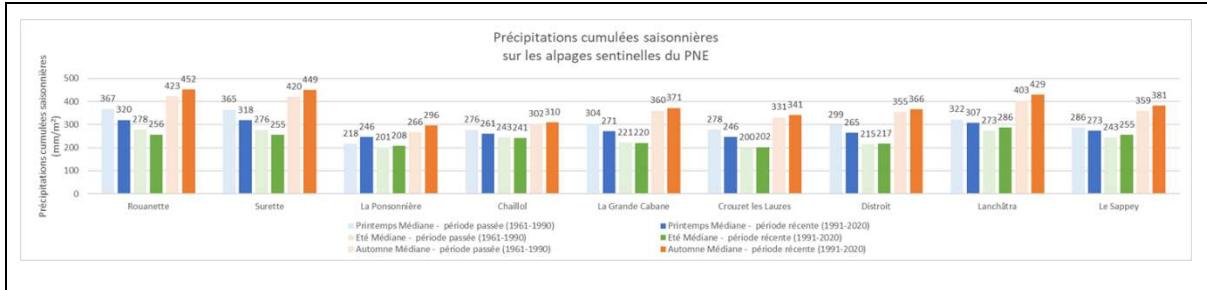


Figure 12 : Indicateur Précipitations cumulées saisonnières. Valeurs de synthèse sur la période de référence récente pour chaque alpage sentinelle.

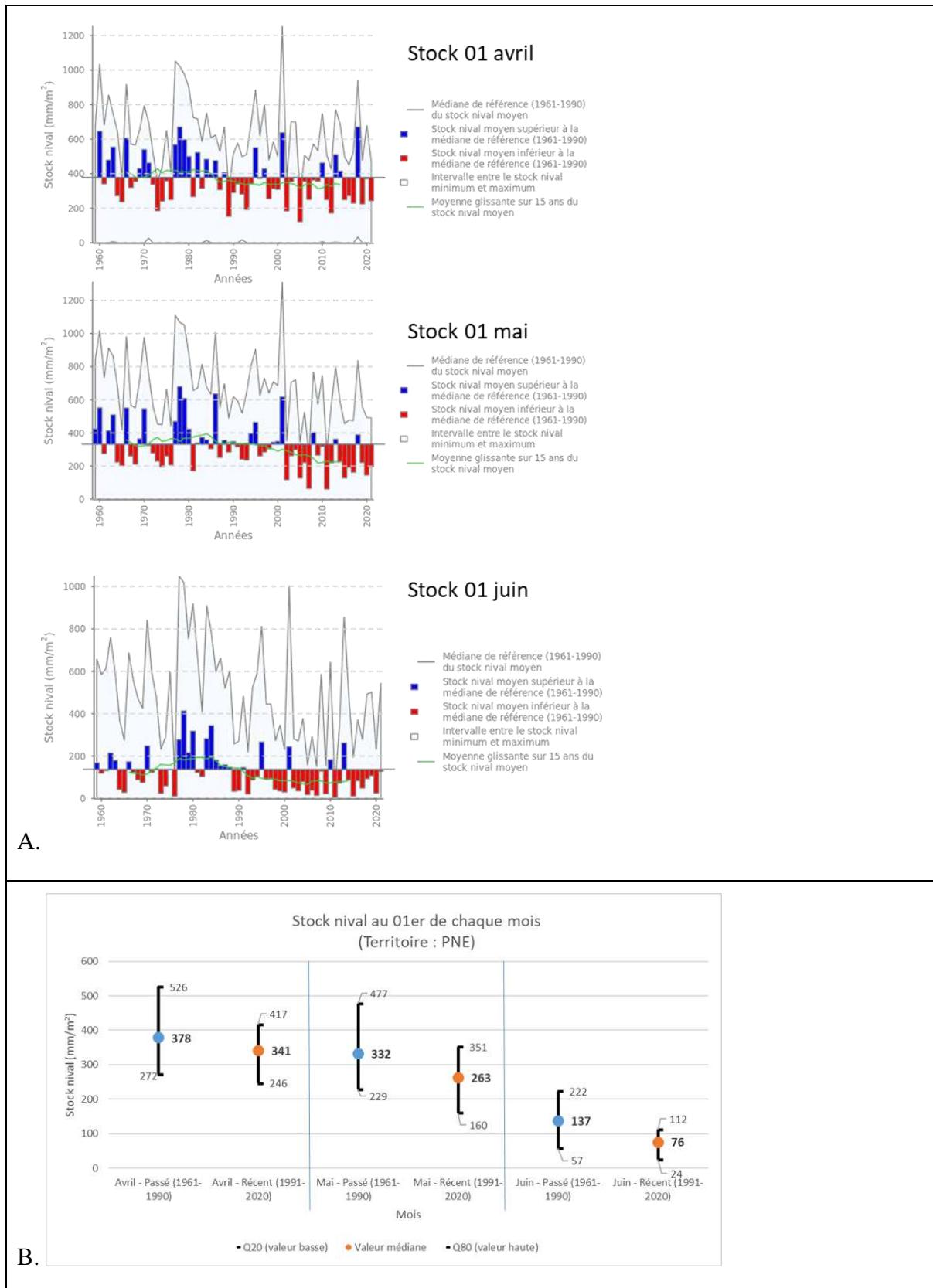
f) Stock nival

Le stock nival diminue entre la période passée et la période récente (Figure 13), avec une diminution de l'ordre de -10% sur la période récente par rapport à la période passée au 01^{er} avril, de -21% au 01^{er} mai et de -45% au 01^{er} juin.

L'intervalle entre les stocks minimal et maximal présente une **très forte variabilité interannuelle** sur toute la période étudiée.

La gamme de variation Q20-Q80 diminue sur la période récente à hauteur de -33% de la variation passée au 01^{er} avril, de -23% au 01^{er} mai et de -47% au 01^{er} juin.

Les variations dans les stocks nivaux par UP sont illustrées en Figure 13 pour la période récente.



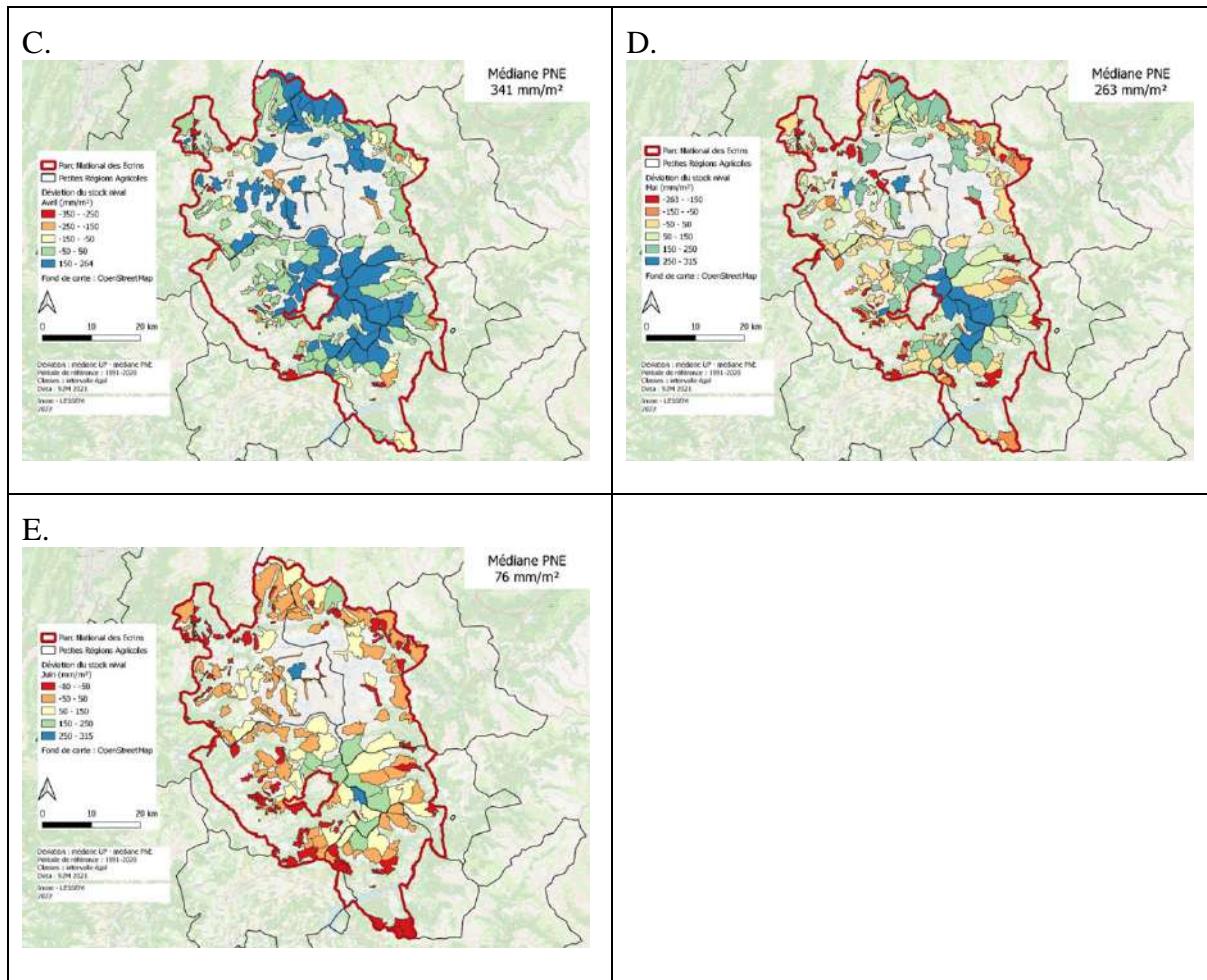


Figure 13 : Indicateur Stock nival. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. au 01^{er} avril, D. au 01^{er} mai, E. au 01^{er} juin.

Comme à l'échelle du PNE, l'**ensemble des alpages sentinelles présente une diminution des stocks nivaux disponibles** au 01^{er} avril, 01^{er} mai et 01^{er} juin (Figure 14). Les taux de variations diffèrent pour chaque alpage. A noter, sur la Ponsonnière, cette diminution n'est sensible qu'en juin.

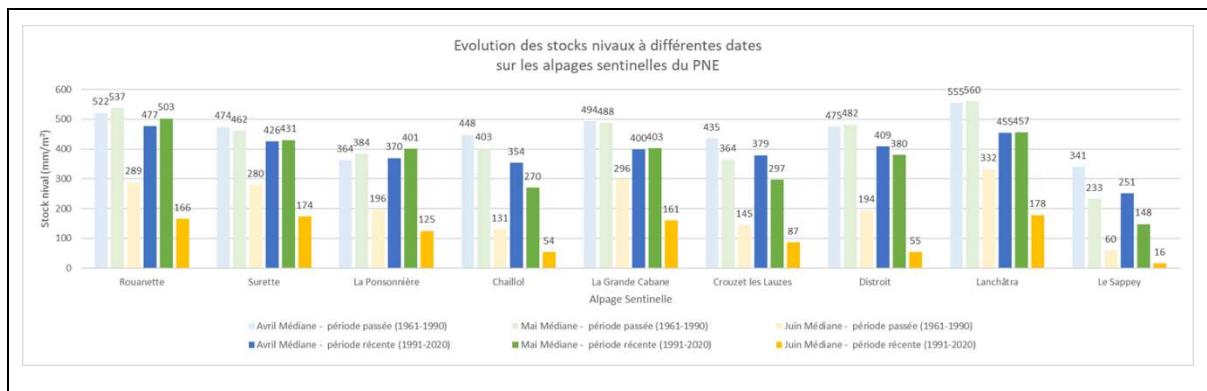


Figure 14 : Indicateur Stock nival. Variation des valeurs de synthèse entre période de référence récente et passée pour chaque alpage sentinelle.

g) Bilans hydriques sur différentes périodes

La Figure 15 présente l'ensemble des bilans hydriques à l'échelle des surfaces d'alpage du PNE. On note pour toutes les périodes **une forte variabilité interannuelle** de la valeur du bilan hydrique.

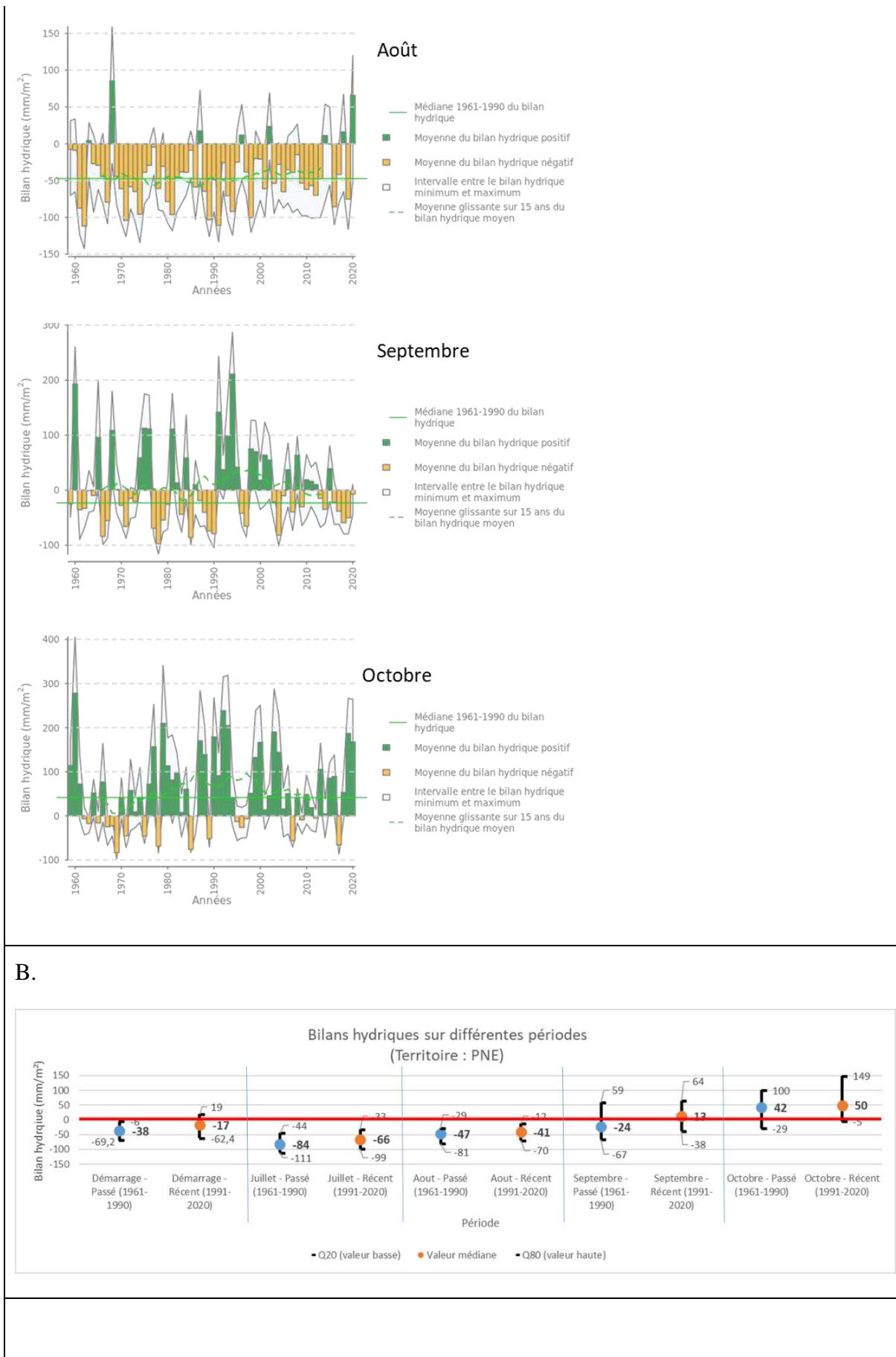
Le bilan hydrique sur le démarrage de végétation est négatif sur les périodes passées et récentes mais semble se rapprocher de 0 sur la période récente. La variabilité interannuelle du territoire est forte et les alpages une année donnée peuvent présenter des situations contrastées (enveloppe étendue entre bilan minimal et maximal). Il est fait l'hypothèse que ce déficit hydrique est probablement compensé par les stocks nivaux permettant le démarrage de végétation.

Les variations de bilan hydrique sur les mois de juillet, août et octobre sont **mineures** et vont dans le sens d'une légère augmentation sur la période récente.

Sur le mois de septembre, le bilan hydrique devient positif sur la période récente quand il était négatif sur la période passée. Les valeurs basses de ce bilan hydrique semblent diminuer (sur la période récente, la valeur Q20 augmente).

Les variations dans les bilans hydriques par UP sont illustrées en Figure 15 pour la période récente.





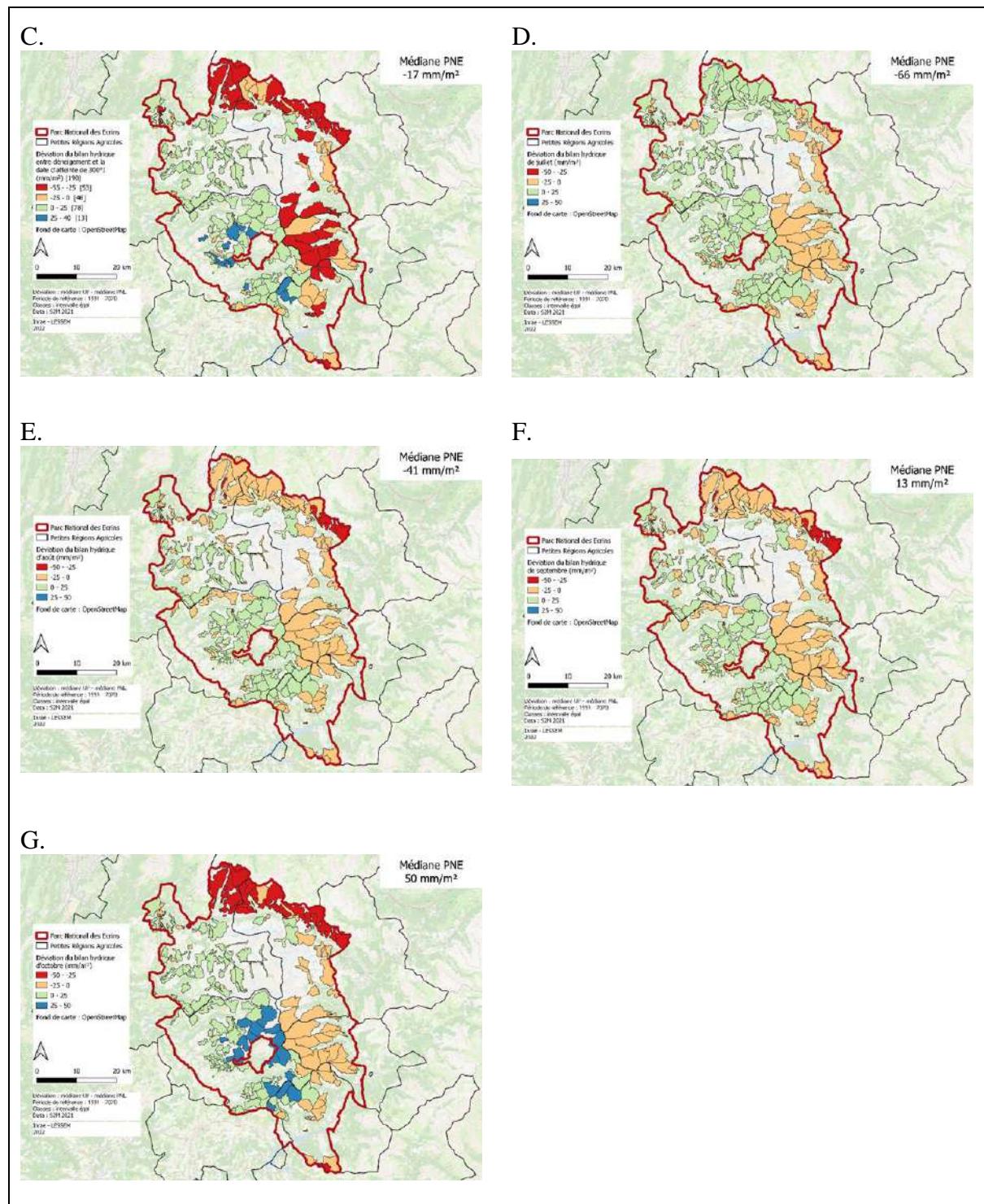


Figure 15 : Indicateur Bilan hydrique. A. Série temporelle, B. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. démarrage de végétation, D. juillet, E. août, F. septembre, et G. octobre.

Les **bilans hydriques de démarrage de végétation sont négatifs ou nuls** sur les alpages sentinelles (Figure 16, même hypothèse que sur le PNE de compensation par les stocks nivaux).

Les bilans hydriques de juillet et août sont négatifs pour tous les alpages sentinelles.

Ceux de **septembre** s'approchent d'une valeur nulle, mais sont très variable d'un an sur l'autre.

On note pour tous les alpages sentinelles des **bilans positifs en octobre**. C'est sur la Ponsonnière que ce bilan est le moins favorable.

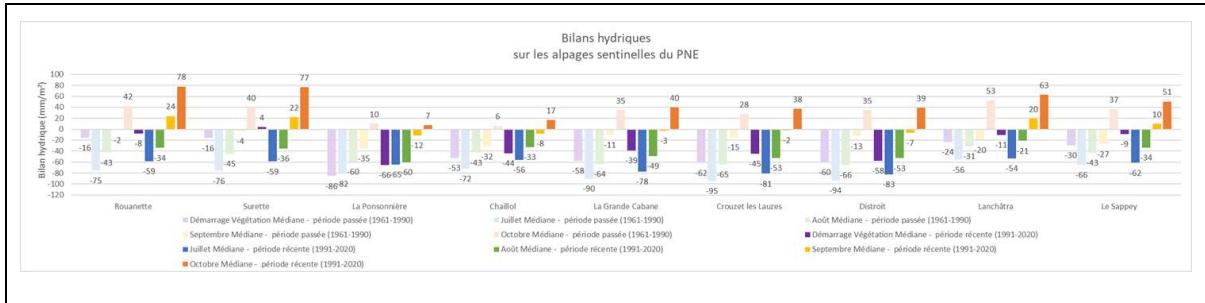


Figure 16 : Indicateur Bilans hydriques. Valeurs de synthèse sur la période de référence récente pour chaque alpage sentinelles.

h) Episodes de gels et de gels sévères après déneigement

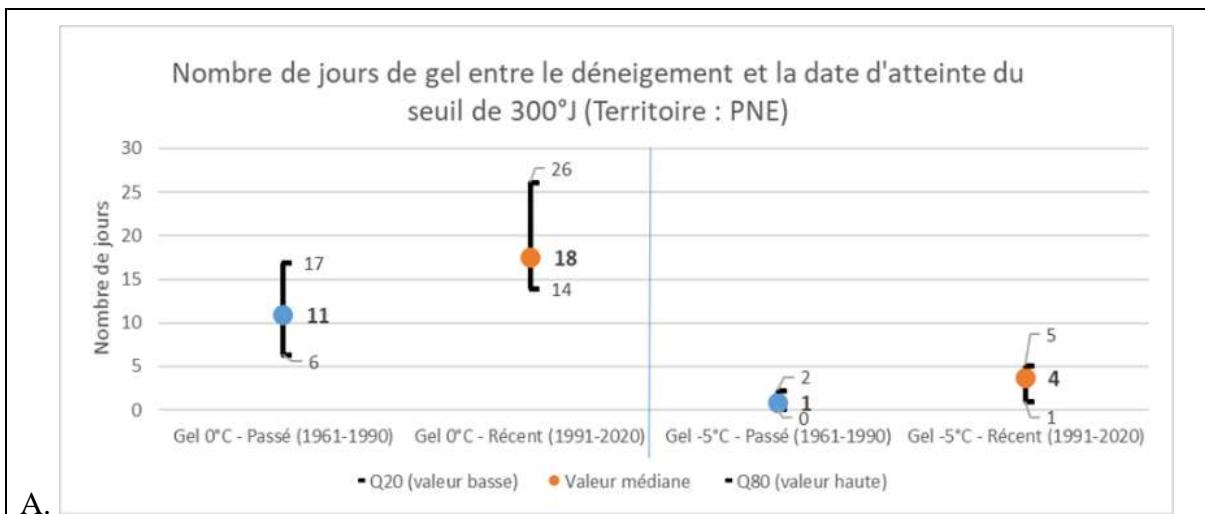
Le nombre de jours de gel (0°C) augmente sur la période récente (Figure 17) : +6,6 jours environ sur les parties les plus précoces des alpages par rapport à la valeur médiane passée (de 11 à 18 jours), ce qui représente une augmentation de +60% par rapport aux valeurs passées.

La gamme de variation Q20-Q80 augmente légèrement sur la période récente avec un accroissement de +1,7 jours entre les valeurs Q80 et Q20 sur la période récente.

Le nombre jours de gel sévères (-5°C) augmente également sur la période récente : +3 jours environ sur les parties les plus précoces des alpages par rapport à la valeur médiane passée (Figure 17).

La proportion médiane de gels sévères dans les gels totaux augmente sur la période récente : les gels sévères représentaient 9% des gels totaux sur la période passée (soit environ 1 jour de gel sévère sur 11 jours de gel), contre 17% en période récente (soit environ 1 jour de gel sévère sur 6 jours de gel). Ces gels sévères restent tout de même modérés en nombre de jours absolus.

Les variations dans les épisodes de gel et de gel sévères par UP sont illustrées en Figure 17 pour la période récente.



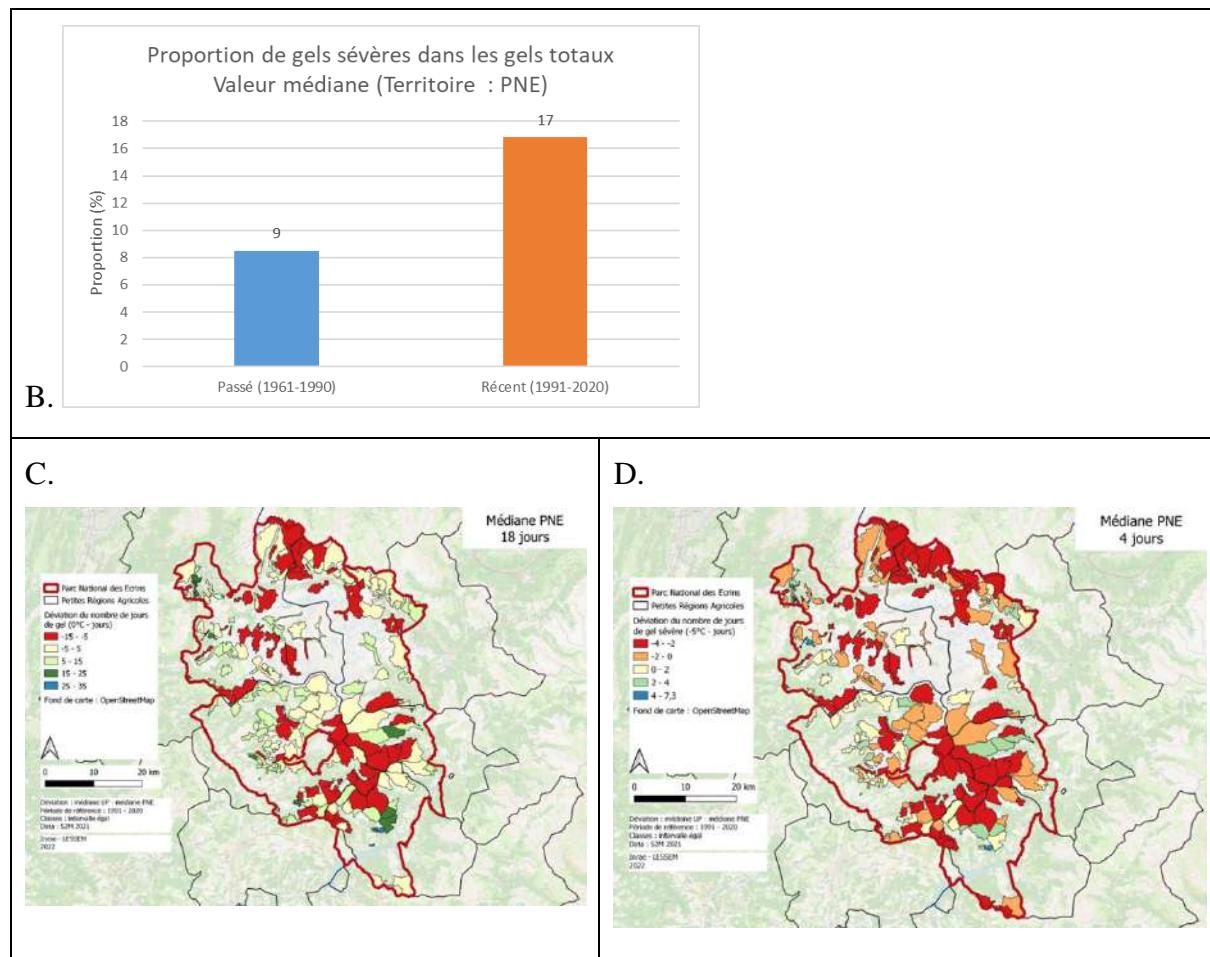


Figure 17 : Indicateur Episodes de gel et gel sévère. A. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE. B. Proportion de gels sévères dans les jours de gel sur chaque période de référence (valeur médiane). Carte de déviation à la valeur médiane sur le PNE en période récente C. jours de gel (0°C), D. jours de gel sévère (-5°C).

Comme pour le PNE, le **nombre de jours de gel augmente sur la période récente** pour tous les alpages sentinelles (Figure 18) : +2,6 jours sur Crouzet les Lauzes à +15,1 jours sur le Sappey (valeur de référence PNE +6,6 jours).

Le nombre jours de gel sévères augmente également sur la période récente : entre +0,5 et +3 jours sur les parties les plus précoces des alpages par rapport à la valeur médiane passée selon les AS.

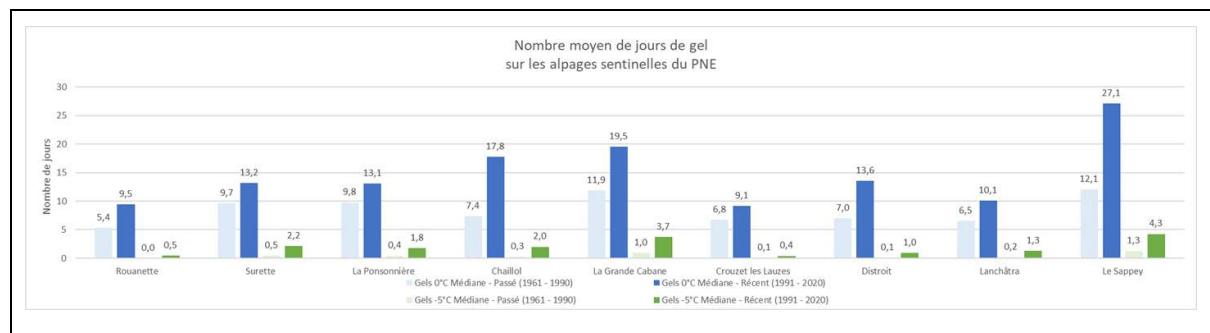


Figure 18 : Indicateur Episodes de gel et gel sévère. Valeurs de synthèse sur les deux périodes de référence pour chaque alpage sentinelles.

i) Bilan sur les évolutions climatiques à l'échelle du PNE

La Figure 19 présente quelques messages clés issus des résultats précédents à l'échelle du PNE.

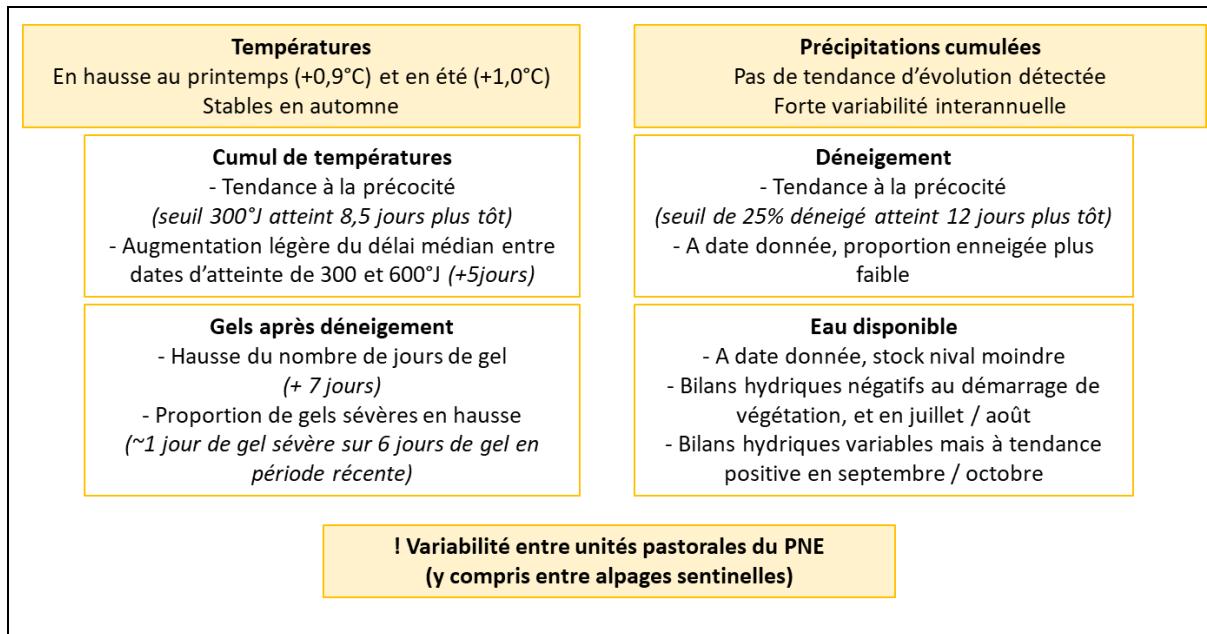


Figure 19 : Messages clés issus de l'analyse des indicateurs agroclimatiques sur l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE.
AS = alpages sentinelles

3. Séquences météorologiques annuelles à l'échelle du PNE

Pour comprendre les variations dans les suivis réalisés sur les alpages sentinelles, nous avons identifié **les événements météorologiques marquants chaque année depuis 2007**. La démarche méthodologique est la suivante pour chaque indicateur agroclimatique :

- Extraction des valeurs annuelles de l'indicateur pour le PNE depuis 2007,
- Identification des valeurs 'basse' (Q20) et 'haute' (Q80) de la distribution de l'indicateur pour le PNE en période de référence récente,
- Détection d'aléas météo 'marquants' annuellement depuis 2007 : années où l'indicateur prend des valeurs < Q20 ou > Q80.

a) Date d'atteinte des 25% de déneigement

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 20) :

- 2011, 2012, 2017 et 2020 en déneigement très précoce [$\le Q20$],
- 2010, 2013 et 2018 en déneigement très tardif [$\ge Q80$].

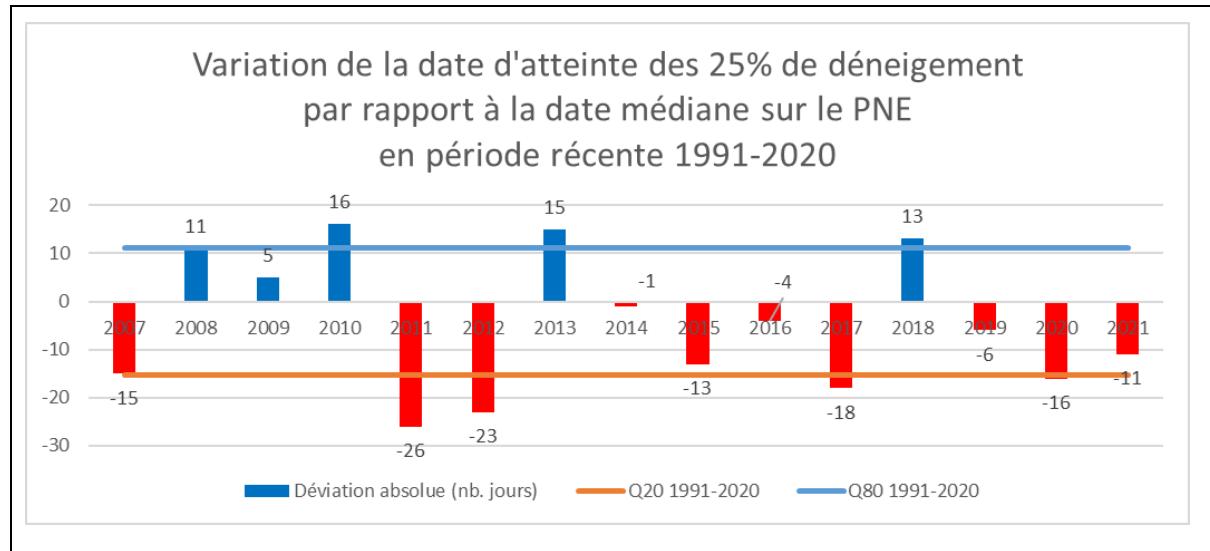


Figure 20 : Indicateur Date d'atteinte des 25% de déneigement. Détection des aléas météorologiques depuis 2007.

b) Températures moyennes saisonnières

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 21):

- ➔ Pour le printemps
 - 2007, 2009 et 2012 en printemps très froids [$\le Q20$],
 - 2010, 2011, 2014, 2016 et 2019 en printemps très chauds [$\ge Q80$].
- ➔ Pour l'été
 - Aucune année en été très froid [$\le Q20$],
 - 2012, 2015, 2017, 2018 et 2019 en été très chauds [$\ge Q80$].
- ➔ Pour l'automne :
 - 2008 et 2010 en automne très froids [$\le Q20$],
 - 2011, 2014, 2018, 2019 et 2020 en automne très chauds [$\ge Q80$].

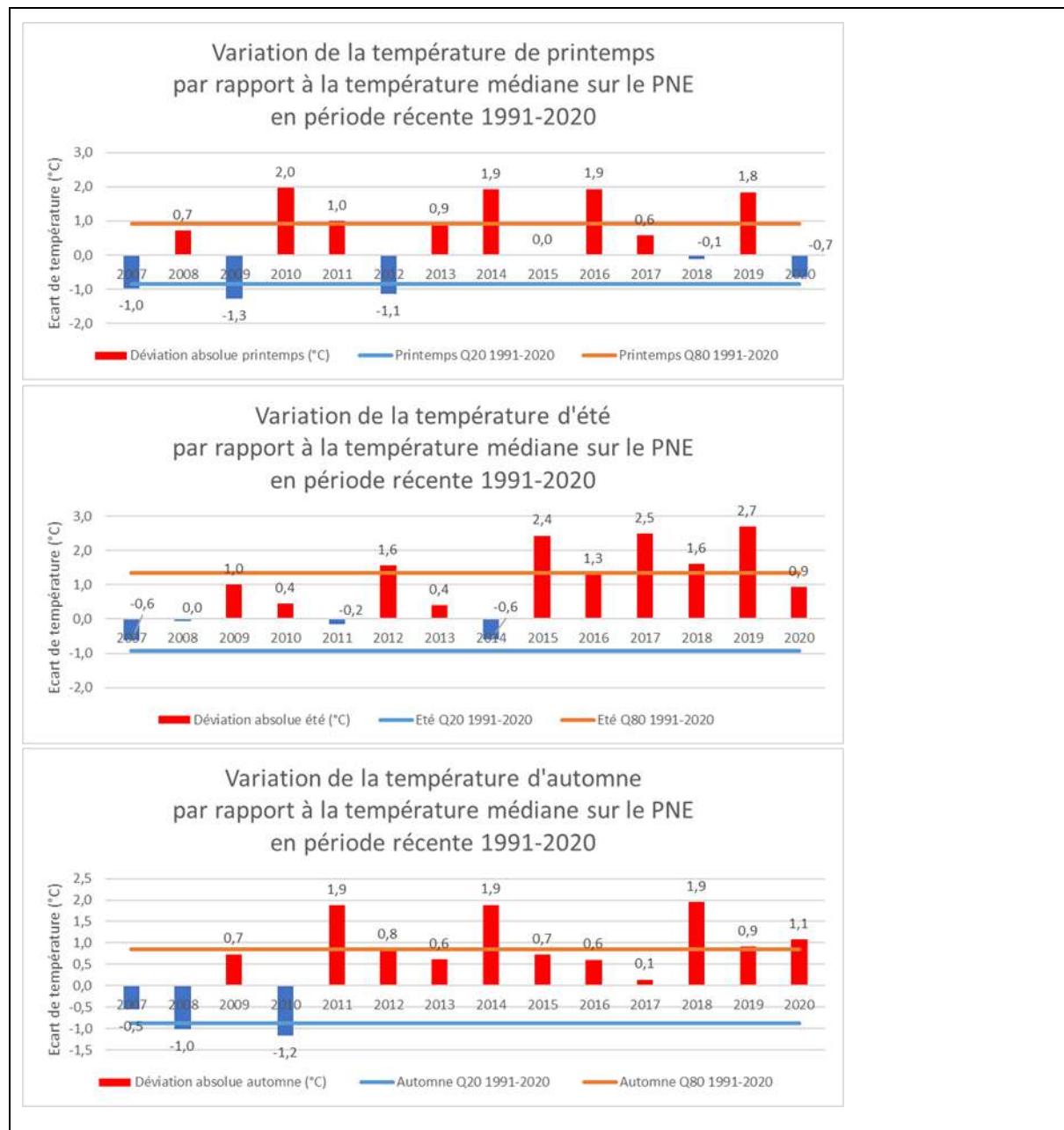


Figure 21 : Indicateur Températures moyennes saisonnières. Détection des aléas météorologiques depuis 2007.

c) Cumuls de températures

En ce qui concerne **la date d'atteinte du seuil de 300°J**, si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 22A.) :

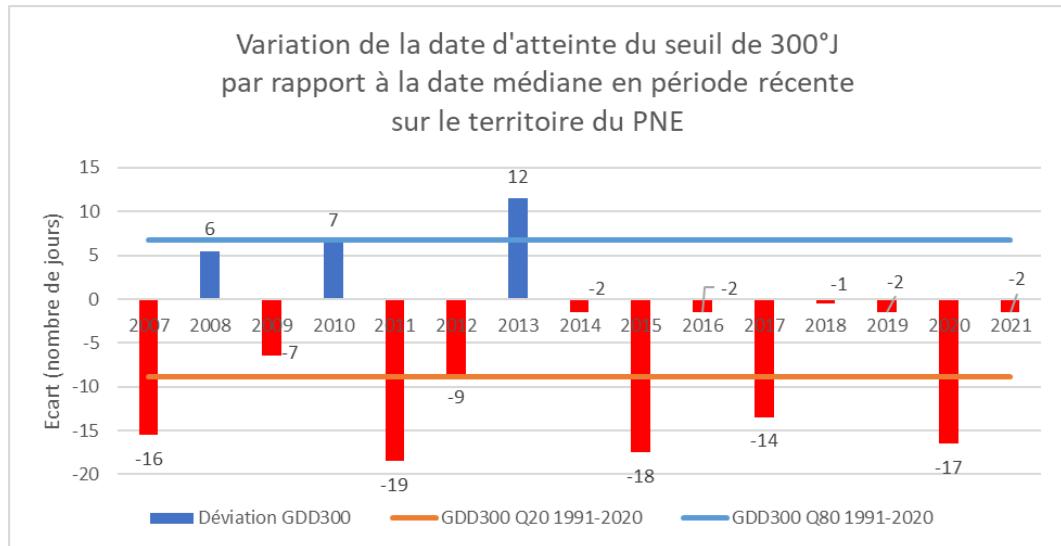
- 2007, 2011, 2015, 2017 et 2020 où le seuil de 300°J a été atteint très précocement [\leq Q20],
- 2013 où le seuil de 300°J a été atteint très tardivement [\geq Q80].

NB : Les mêmes années sont identifiées en extrêmes pour le seuil de GDD600, avec 2008 et 2010 également années tardives.

En ce qui concerne **le délai entre les dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J**, si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 22B.) :

- 2010, 2013 et 2019 où le délai entre GDD600 et GDD300 a été très court [$\le Q20$],
- 2007, 2011, 2015 et 2020 où le délai entre GDD600 et GDD300 a été très long [$\ge Q80$].

A.



B.

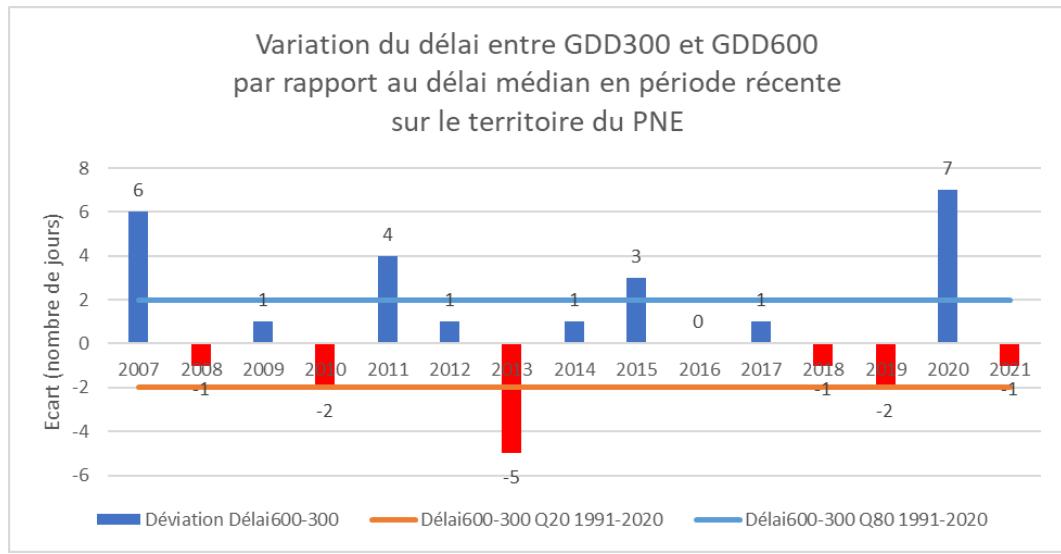


Figure 22 : Indicateur Cumuls de températures. Détection des aléas météorologiques depuis 2007. A. Date d'atteinte du seuil de 300°J, B. Délai entre les dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J

d) Précipitations cumulées saisonnières

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 23 - NB : 2021 = no data pour les précipitations d'été et d'automne) :

- 2009, 2011 et 2014 où les précipitations cumulées de printemps ont été faibles [$\le Q20$],
- 2008, 2012, 2013, 2018 et 2021 où les précipitations cumulées de printemps ont été fortes [$\ge Q80$].
- 2012 où les précipitations cumulées d'été ont été faibles [$\le Q20$],
- 2011, 2014 et 2020 où les précipitations cumulées d'été ont été fortes [$\ge Q80$].
- 2007, 2009, 2017 et 2018 où les précipitations cumulées d'automne ont été faibles [$\le Q20$],
- Aucune année où les précipitations cumulées d'été ont été fortes [$\ge Q80$].

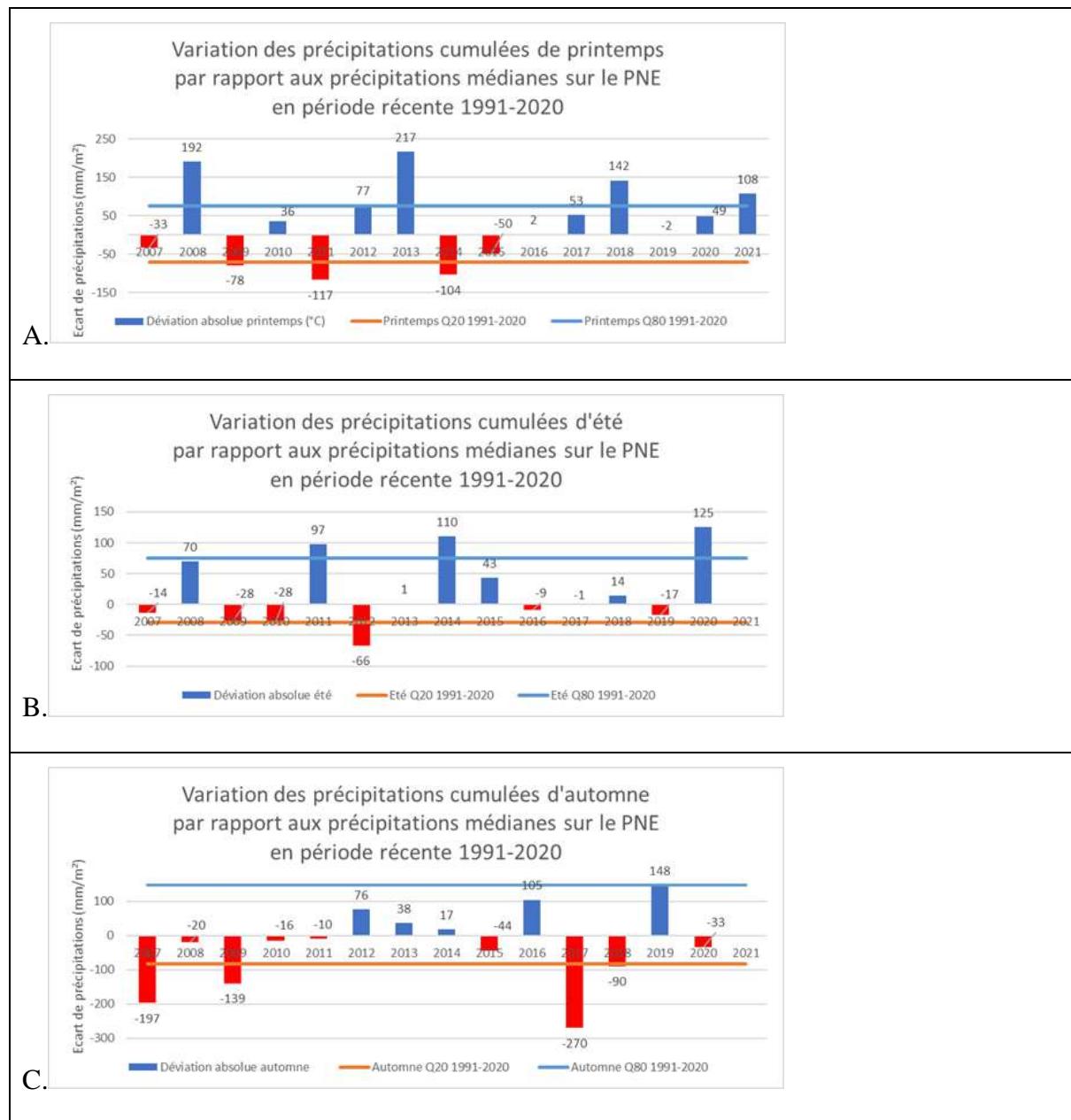


Figure 23 : Indicateur Précipitations cumulées saisonnières. Détection des aléas météorologiques depuis 2007. A. Printemps, B. Eté, C. Automne

e) Stock nival

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 24) :

- 2012, 2017, 2019 et 2021 où les stocks nivaux au 01er avril ont été faibles [$\le Q20$],
- 2010, 2012, 2013 et 2018 où les stocks nivaux au 01er avril ont été forts [$\ge Q80$].
- 2007, 2011, 2015 et 2020 où les stocks nivaux au 01^{er} mai ont été faibles [$\le Q20$],
- 2008, 2013 et 2018 où les stocks nivaux au 01^{er} mai ont été forts [$\ge Q80$].
- 2007, 2009, 2011 et 2015 où les stocks nivaux au 01^{er} juin ont été faibles [$\le Q20$],
- 2008, 2010, 2013 et 2021 où les stocks nivaux au 01^{er} juin ont été forts [$\ge Q80$].

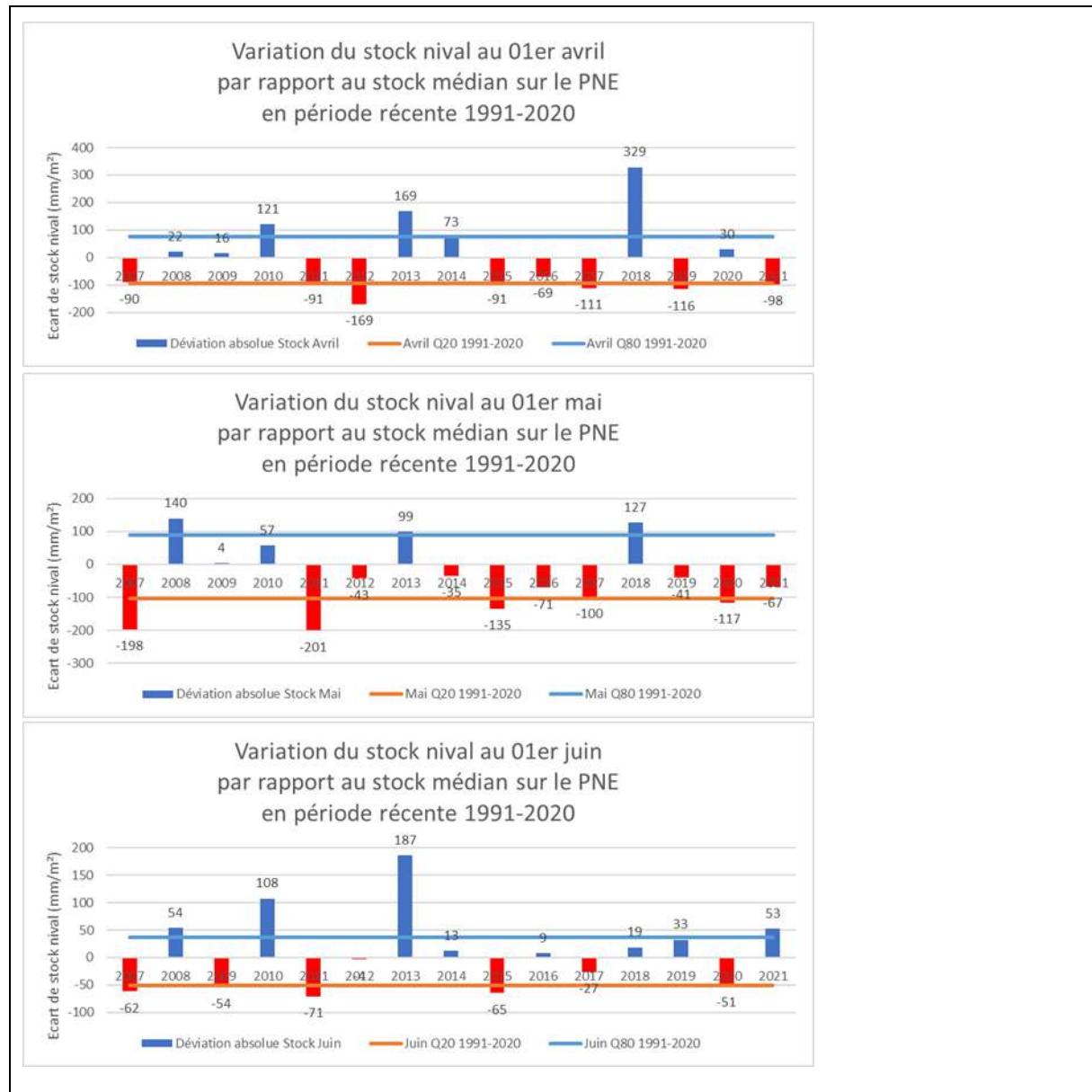


Figure 24 : Indicateur Stock nival. Détection des aléas météorologiques depuis 2007.

f) Bilans hydriques

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 25) :

➔ Sur le démarrage de végétation, par rapport à la période de référence :

- 2007, 2011 et 2014 où le bilan hydrique de démarrage de végétation a été très défavorable [$\le Q20$],
- 2008, 2012, 2013, 2017, 2020 et 2021 où le bilan hydrique de démarrage de végétation a été très favorable [$\ge Q80$].

➔ En juillet, par rapport à la période de référence :

- 2009, 2010 et 2012 où le bilan hydrique de juillet a été très défavorable [$\le Q20$],
- 2011, 2013, 2014 et 2021 où le bilan hydrique de juillet a été très favorable [$\ge Q80$].

➔ En août, par rapport à la période de référence :

- 2016 et 2019 où le bilan hydrique d'août a été très défavorable [$\le Q20$],
- 2014, 2015, 2018 et 2020 où le bilan hydrique d'août a été très favorable [$\ge Q80$].

➔ En septembre, par rapport à la période de référence :

- 2007, 2018 et 2019 où le bilan hydrique de septembre a été très défavorable [$\le Q20$],
- 2008 où le bilan hydrique de septembre a été très favorable [$\ge Q80$].

➔ En octobre, par rapport à la période de référence :

- 2007, 2009 et 2017 où le bilan hydrique d'octobre a été très défavorable [$\le Q20$],
- 2019 et 2020 où le bilan hydrique d'octobre a été très favorable [$\ge Q80$].

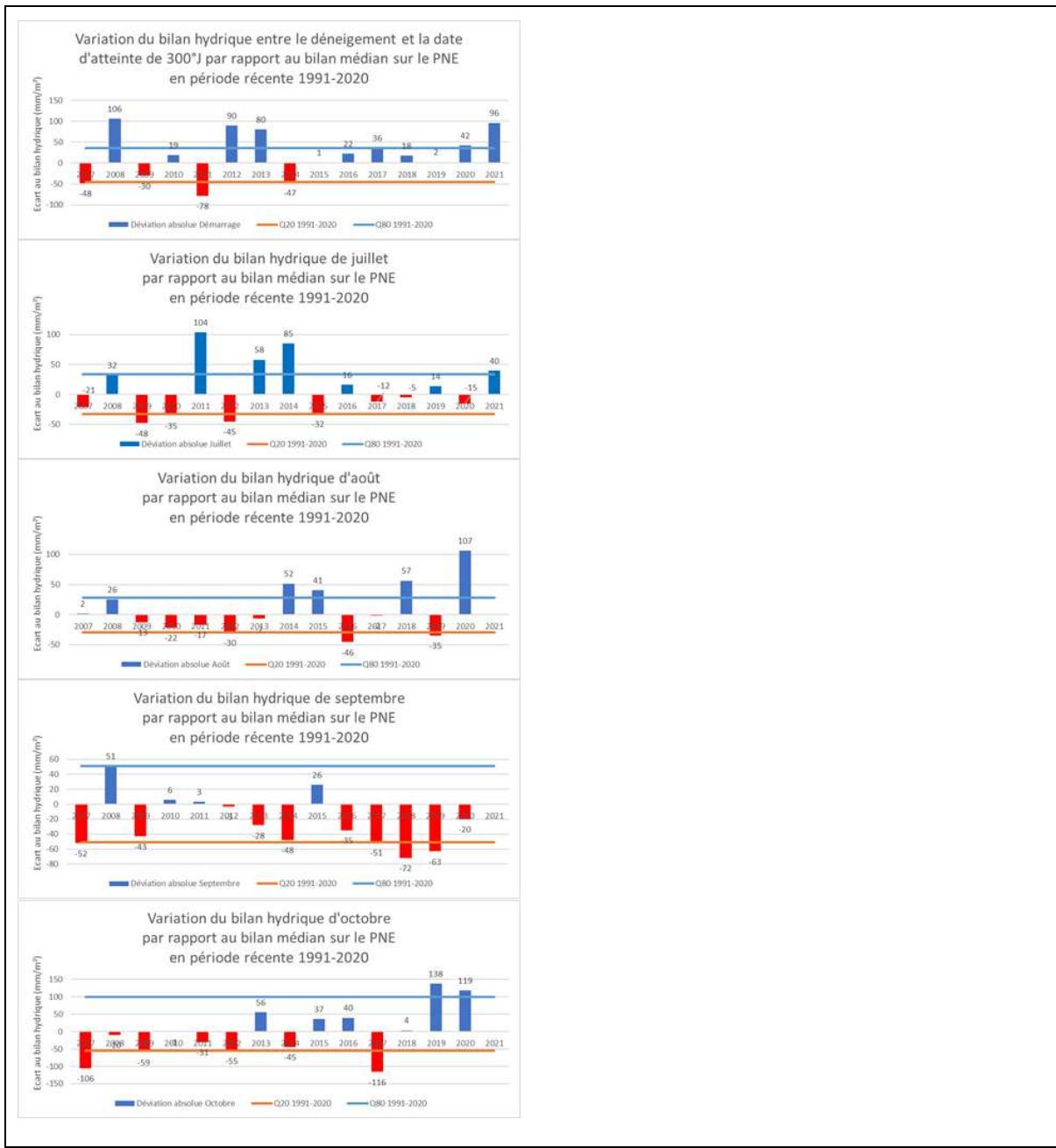


Figure 25 : Indicateur Bilans hydriques. Détection des aléas météorologiques depuis 2007.

g) Nombre de jours de gel

Si on se base sur les valeurs Q20-Q80 pour détecter les valeurs extrêmes, on identifie (Figure 26) :

➔ Pour les épisodes de gel (0°C) :

- 2009, 2010 et 2018 où le nombre de jours de gel est très bas [$\le Q20$],
- 2012, 2019 et 2021 où le nombre de jours de gel est très élevé [$\ge Q80$].

➔ Pour les épisodes de gel sévère (-5°C) :

- 2009, 2010, 2013, 2014 et 2018 où le nombre de jours de gel sévère est très bas [\leq Q20],
- 2012, 2017 et 2021 où le nombre de jours de gel sévère est très élevé [\geq Q80].

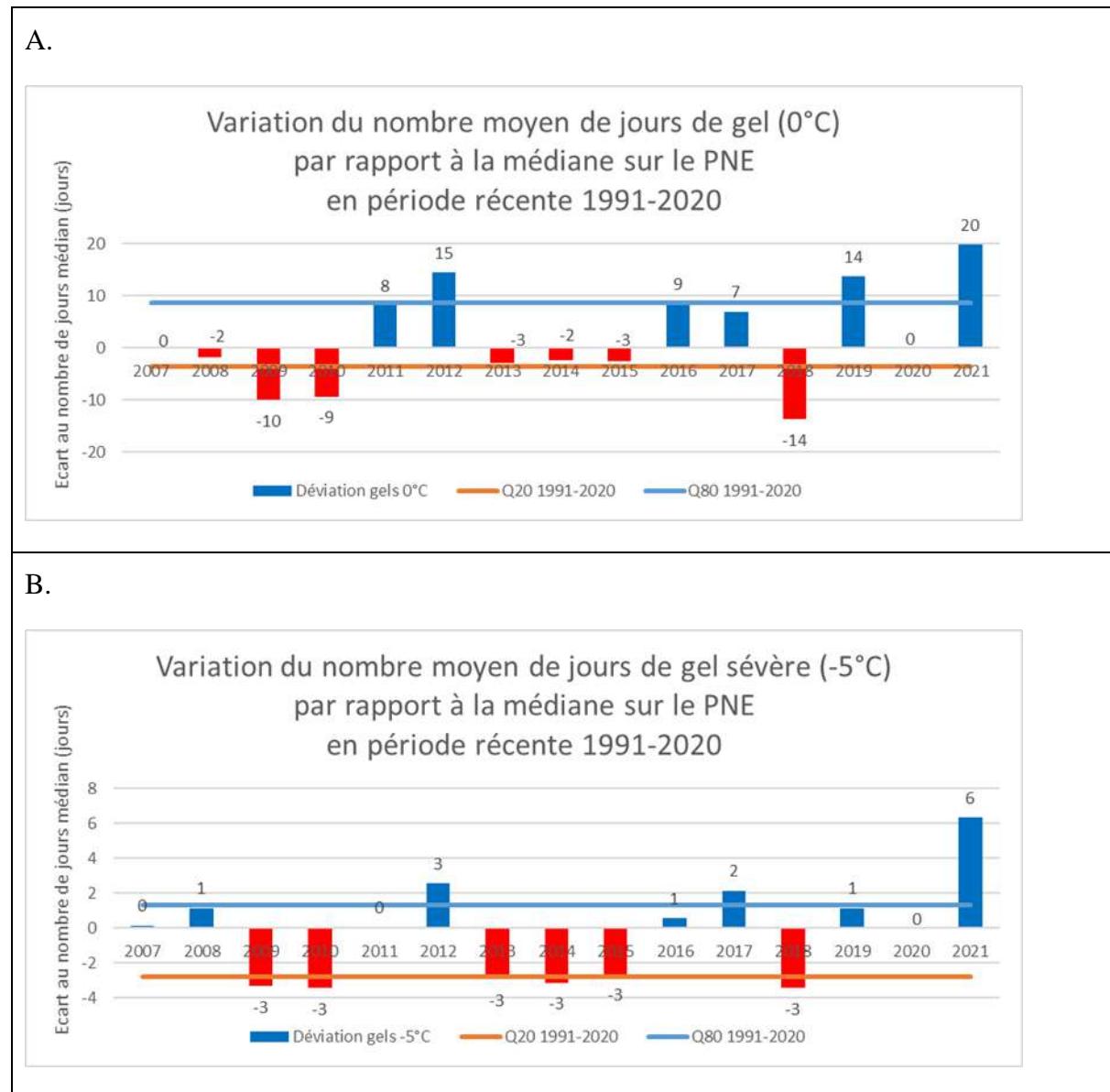


Figure 26 : Indicateur Nombre de jours de gel. Détection des aléas météorologiques depuis 2007. A. Gels (0°C) ; B. Gels sévères (-5°C).

h) Bilan sur les séquences météorologiques depuis 2007

La Figure 27 présente un bilan des résultats présentés individuellement par indicateur ci-avant. Elle permet une visualisation synthétique des aléas météorologiques marquants par saison. On note qu'**aucune séquence type n'apparaît** : les aléas météorologiques diffèrent d'une année sur l'autre. **C'est la variabilité des conditions météorologiques (y compris extrêmes) qui domine sur la période analysée.** Les données sont ici présentées à l'échelle de l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE.

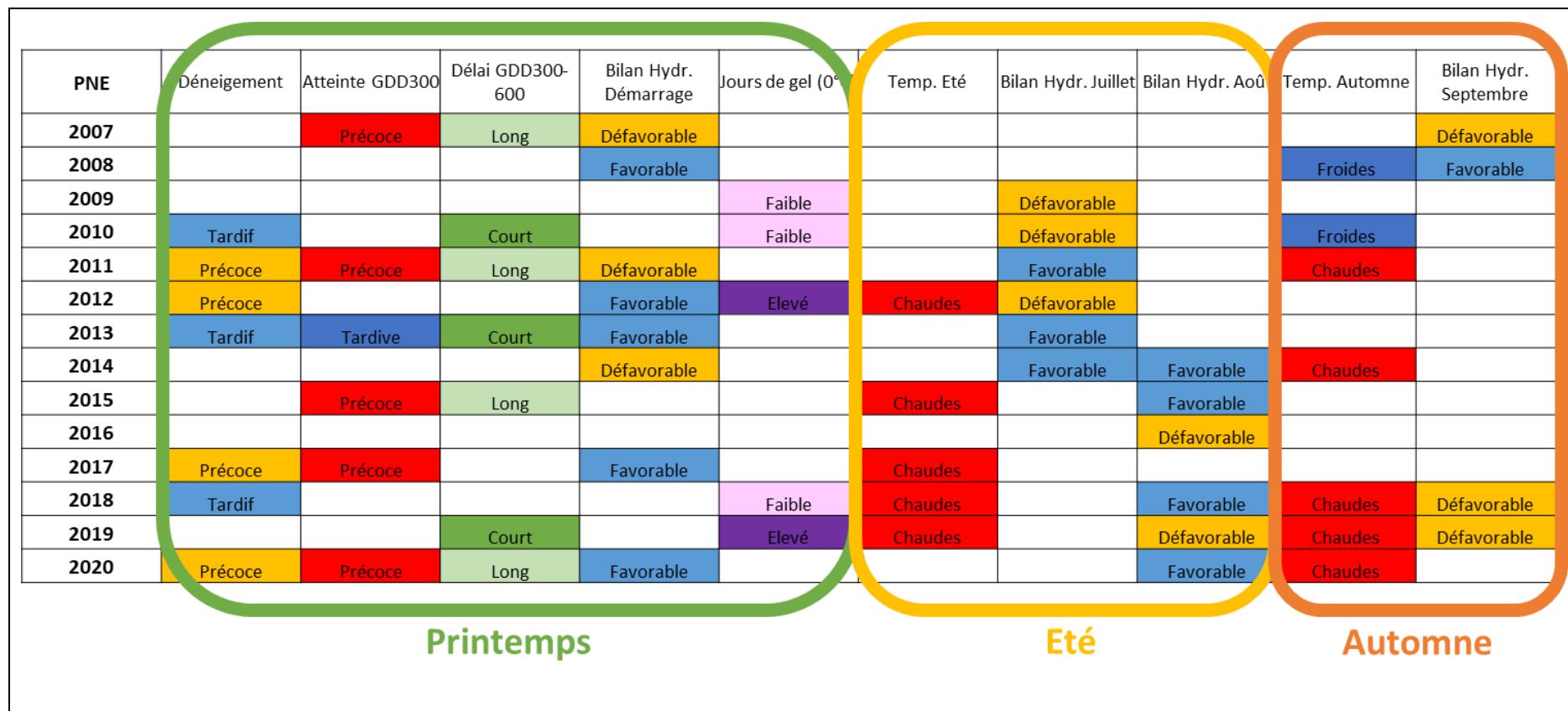


Figure 27 : Bilan sur les séquences météorologiques depuis 2007 à l'échelle de l'ensemble des surfaces d'alpage du PNE

4. Séquences météorologiques annuelles pour les alpages sentinelles du PNE

La démarche méthodologique suivie dans cette section est la même que celle exposée précédemment à l'échelle de l'ensemble des alpages du PNE (section IV). Elle est déclinée de manière spécifique sur chacun des alpages sentinelles du PNE, en prenant en compte uniquement les données relatives à chacun de ces alpages successivement (Figure 28 à Figure 32).

a) Date d'atteinte des 25% de déneigement

Année	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême
2007	113	-22	<= Q20	106	-16		120	-26.5	<= Q20	110	-19.5		109	-22	
2008	148	13	>= Q80	139	17	>= Q80	153	6.5	>= Q80	136	6.5	>= Q80	143	12	>= Q80
2009	133	-2		124	2		145	-1.5		122	-7.5		130	-1	
2010	150	15	>= Q80	139	17	>= Q80	155	8.5	>= Q80	121	-8.5		144	13	>= Q80
2011	107	-28	<= Q20	97	-25	<= Q20	102	-44.5	<= Q20	94	-35.5	<= Q20	101	-30	<= Q20
2012	134	-1		77	-45	<= Q20	147	0.5		89	-40.5	<= Q20	86	-45	<= Q20
2013	155	20	>= Q80	129	7		166	19.5	>= Q80	132	2.5		133	2	
2014	133	-2		120	-2		136	-10.5		106	-23.5	<= Q20	127	-4	
2015	111	-24	<= Q20	100	-22	<= Q20	125	-21.5	<= Q20	112	-17.5		105	-26	<= Q20
2016	130	-5		113	-9		153	6.5	>= Q80	126	-3.5		123	-8	
2017	109	-26	<= Q20	98	-24	<= Q20	146	-0.5		99	-30.5	<= Q20	106	-25	<= Q20
2018	146	11		137	15	>= Q80	143	-3.5		131	1.5		132	1	
2019	134	-1		108	-14		153	6.5	>= Q80	130	0.5		124	-7	
2020	119	-16	<= Q20	106	-16		118	-28.5	<= Q20	102	-27.5	<= Q20	106	-25	<= Q20
2021	133	-2		99	-23	<= Q20	153	6.5	>= Q80	99	-30.5	<= Q20	94	-37	<= Q20
Année	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême	Déneigement	Ecart médiane	Extrême			
2007	106	-18		111	-26	<= Q20	111	-23	<= Q20	96	3.5				
2008	133	9	>= Q80	150	13	>= Q80	143	9	>= Q80	107	14.5				
2009	124	0		138	1		128	-6		103	10.5				
2010	136	12	>= Q80	151	14	>= Q80	142	8	>= Q80	113	20.5	>= Q80			
2011	100	-24	<= Q20	106	-31	<= Q20	100	-34	<= Q20	73	-19.5	<= Q20			
2012	93	-31	<= Q20	93	-44	<= Q20	131	-3		77	-15.5	<= Q20			
2013	128	4		155	18	>= Q80	133	-1		113	20.5	>= Q80			
2014	124	0		136	-1		128	-6		98	5.5				
2015	101	-23	<= Q20	114	-23	<= Q20	116	-18	<= Q20	91	-1.5				
2016	116	-8		136	-1		128	-6		94	1.5				
2017	103	-21	<= Q20	112	-25	<= Q20	106	-28	<= Q20	88	-4.5				
2018	126	2		140	3		138	4		113	20.5	>= Q80			
2019	118	-6		140	3		142	8	>= Q80	90	-2.5				
2020	109	-15		114	-23	<= Q20	114	-20	<= Q20	71	-21.5	<= Q20			
2021	116	-8		120	-17		142	8	>= Q80	63	-29.5	<= Q20			

Figure 28 : Indicateur Date d'atteinte des 25% de déneigement.. Détection des aléas météorologiques depuis 2007 à l'échelle de chacun des alpages sentinelles du PNE. En rouge, les années marquées par un déneigement précoce (date de déneigement <= à la date Q20), en bleu, les années marquées par un déneigement tardif (date de déneigement >= à la date Q80).

b) Températures moyennes saisonnières

A.

Année	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême
2007	-2,3	-1,3 <= Q20		-2,3	-1,3 <= Q20		-2,8	-1,5 <= Q20		-0,2	-0,9		-2,5	-1,5 <= Q20	
2008	-0,6	0,3		-0,6	0,3		-1,2	0,1		1,6	0,9		-0,9	0,2	
2009	-2,8	-1,8 <= Q20		-2,8	-1,8 <= Q20		-3,1	-1,8 <= Q20		-0,5	-1,2 <= Q20		-2,9	-1,8 <= Q20	
2010	0,2	1,1 >= Q80		0,2	1,1 >= Q80		-0,1	1,2 >= Q80		3,1	2,4 >= Q80		0,2	1,3 >= Q80	
2011	-0,7	0,2		-0,7	0,2		-1,0	0,4		1,9	1,2 >= Q80		-0,7	0,4	
2012	-2,7	-1,8 <= Q20		-2,7	-1,8 <= Q20		-3,0	-1,7 <= Q20		-0,5	-1,2 <= Q20		-2,7	-1,6 <= Q20	
2013	-0,8	0,1		-0,8	0,1		-1,1	0,2		1,5	0,7		-0,8	0,2	
2014	0,4	1,3 >= Q80		0,4	1,3 >= Q80		-0,1	1,2 >= Q80		2,4	1,7 >= Q80		0,4	1,4 >= Q80	
2015	-1,6	-0,7		-1,6	-0,7		-2,0	-0,6		0,4	-0,4		-1,7	-0,6	
2016	0,4	1,4 >= Q80		0,4	1,4 >= Q80		0,2	1,5 >= Q80		2,5	1,8 >= Q80		0,4	1,5 >= Q80	
2017	-0,6	0,3		-0,6	0,3		-1,1	0,2		1,2	0,4		-0,9	0,2	
2018	-1,7	-0,7		-1,7	-0,7		-2,1	-0,7		0,0	-0,7		-1,8	-0,8	
2019	0,5	1,4 >= Q80		0,5	1,4 >= Q80		0,5	1,9 >= Q80		2,7	2,0 >= Q80		0,4	1,5 >= Q80	
2020	-2,1	-1,2 <= Q20		-2,1	-1,2 <= Q20		-2,3	-1,0 <= Q20		-0,4	-1,1 <= Q20		-2,2	-1,1 <= Q20	
2021															
	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
Année	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême	Printemps	Ecart médian	Extrême
2007	2,6	-0,5		-2,5	-1,5 <= Q20		-2,5	-1,4 <= Q20		2,1	-0,7 <= Q20				
2008	4,1	1,0		-0,9	0,2		-0,6	0,4		3,8	1,0				
2009	2,1	-1,0 <= Q20		-2,9	-1,8 <= Q20		-2,7	-1,7 <= Q20		1,6	-1,2 <= Q20				
2010	5,4	2,3 >= Q80		0,2	1,3 >= Q80		0,3	1,4 >= Q80		5,3	2,4 >= Q80				
2011	4,4	1,3 >= Q80		-0,7	0,4		-0,6	0,5		4,1	1,3 >= Q80				
2012	2,2	-0,8 <= Q20		-2,7	-1,6 <= Q20		-2,7	-1,6 <= Q20		1,6	-1,2 <= Q20				
2013	4,3	1,2		-0,8	0,2		-0,7	0,3		3,6	0,8				
2014	5,2	2,2 >= Q80		0,4	1,4 >= Q80		0,4	1,4 >= Q80		4,7	1,8 >= Q80				
2015	3,3	0,2		-1,7	-0,6		-1,6	-0,6		2,8	0,0				
2016	5,0	1,9 >= Q80		0,4	1,5 >= Q80		0,4	1,5 >= Q80		4,8	2,0 >= Q80				
2017	3,6	0,5		-0,9	0,2		-0,8	0,3		3,5	0,7				
2018	3,0	0,0		-1,8	-0,8		-1,9	-0,9		2,7	-0,2				
2019	5,0	2,0 >= Q80		0,4	1,5 >= Q80		0,5	1,5 >= Q80		5,0	2,2 >= Q80				
2020	2,5	-0,5		-2,2	-1,1 <= Q20		-2,4	-1,3 <= Q20		2,2	-0,6				
2021															

B.

	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
Année	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême
2007	7,2	-0,7	<= Q20	7,2	-0,7	<= Q20	6,9	-0,6	<= Q20	9,1	-0,5		7,1	-0,7	<= Q20
2008	7,7	-0,2		7,7	-0,2		7,4	-0,1		9,5	-0,1		7,6	-0,2	
2009	8,6	0,7		8,6	0,7		8,4	1,0		10,8	1,1		8,6	0,8	
2010	7,8	-0,1		7,8	-0,1		7,4	0,0		9,8	0,1		7,8	-0,1	
2011	7,4	-0,5		7,4	-0,5		7,2	-0,3		9,7	0,0		7,4	-0,5	
2012	9,0	1,1		9,0	1,1		9,0	1,5	>= Q80	11,5	1,9	>= Q80	9,1	1,2	
2013	7,8	-0,1		7,8	-0,1		7,8	0,3		10,3	0,6		7,9	0,0	
2014	6,9	-0,9	<= Q20	6,9	-0,9	<= Q20	6,7	-0,8	<= Q20	9,3	-0,3		6,9	-0,9	<= Q20
2015	10,0	2,1	>= Q80	10,0	2,1	>= Q80	9,9	2,5	>= Q80	12,2	2,6	>= Q80	10,0	2,2	>= Q80
2016	9,0	1,1		9,0	1,1		8,9	1,5		10,6	0,9		9,1	1,2	>= Q80
2017	10,0	2,2	>= Q80	10,0	2,2	>= Q80	10,2	2,7	>= Q80	12,1	2,5	>= Q80	10,2	2,4	>= Q80
2018	9,3	1,5	>= Q80	9,3	1,5	>= Q80	9,4	1,9	>= Q80	11,3	1,6	>= Q80	9,5	1,6	>= Q80
2019	10,5	2,7	>= Q80	10,5	2,7	>= Q80	10,6	3,1	>= Q80	12,6	3,0	>= Q80	10,6	2,8	>= Q80
2020	8,8	0,9		8,8	0,9		9,0	1,5		10,9	1,3		9,0	1,2	
2021															
	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
Année	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême	Eté	Ecart médian	Extrême			
2007	12,1	-0,3		7,1	-0,7	<= Q20	6,9	-0,7	<= Q20	11,7	-0,3				
2008	12,4	0,1		7,6	-0,2		7,6	0,0		11,9	-0,1				
2009	13,7	1,3		8,6	0,8		8,6	1,0		13,4	1,4				
2010	13,2	0,8		7,8	-0,1		7,6	0,0		12,4	0,4				
2011	12,3	-0,1		7,4	-0,5		7,2	-0,4		11,9	-0,1				
2012	14,2	1,9	>= Q80	9,1	1,2		8,8	1,3		13,8	1,8	>= Q80			
2013	13,3	1,0		7,9	0,0		7,6	0,0		12,6	0,6				
2014	12,1	-0,3		6,9	-0,9	<= Q20	6,7	-0,9	<= Q20	11,6	-0,4				
2015	14,8	2,4	>= Q80	10,0	2,2	>= Q80	9,8	2,2	>= Q80	14,4	2,4	>= Q80			
2016	13,4	1,1		9,1	1,2	>= Q80	8,7	1,1		12,9	0,8				
2017	14,7	2,3	>= Q80	10,2	2,4	>= Q80	9,9	2,3	>= Q80	14,4	2,4	>= Q80			
2018	13,8	1,4	>= Q80	9,5	1,6	>= Q80	9,1	1,5	>= Q80	13,5	1,5	>= Q80			
2019	14,8	2,4	>= Q80	10,6	2,8	>= Q80	10,2	2,6	>= Q80	14,6	2,6	>= Q80			
2020	13,3	1,0		9,0	1,2		8,6	1,0		13,1	1,1				
2021															

C.

Année	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chailhol			La Grande Cabane		
	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême
2007	2,0	0,0		2,0	0,0		0,9	-0,7		2,8	-0,7		1,5	-0,2	
2008	0,6	-1,4 <= Q20		0,6	-1,4 <= Q20		0,1	-1,5 <= Q20		2,5	-1,0 <= Q20		0,4	-1,3 <= Q20	
2009	2,3	0,3		2,3	0,3		1,8	0,2		4,4	0,9		2,1	0,3	
2010	0,5	-1,5 <= Q20		0,5	-1,5 <= Q20		0,0	-1,6 <= Q20		2,3	-1,2 <= Q20		0,3	-1,5 <= Q20	
2011	3,6	1,6 >= Q80		3,6	1,6 >= Q80		3,1	1,5 >= Q80		5,7	2,2 >= Q80		3,3	1,6 >= Q80	
2012	2,4	0,4		2,4	0,4		1,9	0,3		4,7	1,2 >= Q80		2,1	0,4	
2013	2,0	0,0		2,0	0,0		1,7	0,1		4,1	0,6		1,8	0,1	
2014	3,3	1,3 >= Q80		3,3	1,3 >= Q80		2,9	1,3 >= Q80		5,9	2,4 >= Q80		3,0	1,3 >= Q80	
2015	2,7	0,7		2,7	0,7		2,0	0,4		4,2	0,7		2,3	0,6	
2016	2,4	0,4		2,4	0,4		1,9	0,4		4,1	0,6		2,1	0,4	
2017	2,0	0,1		2,0	0,1		1,7	0,1		3,4	-0,1		1,9	0,2	
2018	3,5	1,5 >= Q80		3,5	1,5 >= Q80		3,0	1,5 >= Q80		5,4	1,9 >= Q80		3,2	1,5 >= Q80	
2019	2,5	0,5		2,5	0,5		2,3	0,7		4,6	1,0		2,3	0,6	
2020	2,7	0,8 >= Q80		2,7	0,8 >= Q80		2,5	0,9 >= Q80		4,7	1,2 >= Q80		2,6	0,9 >= Q80	
2021															
Crouzet les Lauzes															
Année	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême	Automne	Ecart médian	Extrême			
2007	4,6	-0,4		1,5	-0,2		1,6	-0,2		4,3	-0,7				
2008	4,2	-0,7		0,4	-1,3 <= Q20		0,6	-1,2 <= Q20		4,2	-0,8				
2009	5,7	0,8		2,1	0,3		2,4	0,6		6,1	1,1				
2010	3,8	-1,1 <= Q20		0,3	-1,5 <= Q20		0,6	-1,2 <= Q20		4,0	-1,0 <= Q20				
2011	6,5	1,5 >= Q80		3,3	1,6 >= Q80		3,7	1,9 >= Q80		7,0	2,0 >= Q80				
2012	5,6	0,7		2,1	0,4		2,4	0,6		5,9	0,9				
2013	5,8	0,9 >= Q80		1,8	0,1		2,0	0,2		5,5	0,6				
2014	7,0	2,0 >= Q80		3,0	1,3 >= Q80		3,3	1,5 >= Q80		7,4	2,4 >= Q80				
2015	5,4	0,5		2,3	0,6		2,4	0,6		5,6	0,6				
2016	5,1	0,2		2,1	0,4		2,3	0,5		5,6	0,6				
2017	5,1	0,1		1,9	0,2		1,9	0,1		4,9	-0,1				
2018	6,8	1,9 >= Q80		3,2	1,5 >= Q80		3,3	1,5 >= Q80		7,1	2,1 >= Q80				
2019	5,9	1,0 >= Q80		2,3	0,6		2,3	0,5		6,1	1,1 >= Q80				
2020	5,7	0,8		2,6	0,9 >= Q80		2,6	0,8 >= Q80		6,1	1,1 >= Q80				
2021															

Figure 29 : Indicateur Températures moyennes saisonnières.. Détection des aléas météorologiques depuis 2007 à l'échelle de chacun des alpages sentinelles du PNE. En bleu, les années marquées par une saison fraîche (températures <= à la température Q20), en rouge, les années marquées par une saison chaude (températures >= à la température Q80). A. Températures de printemps ; B. Températures d'été ; C. Températures d'automne

c) Cumuls de températures

A.

	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
Année	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême
2007	164,0	-14,5	<= Q20	151,0	-16,0	<= Q20	188,0	-4,5		162,0	-14,0	<= Q20	159,0	-14,5	<= Q20
2008	184,0	5,5		177,0	10,0	>= Q80	201,0	8,5		180,0	4,0		181,0	7,5	>= Q80
2009	170,0	-8,5		163,0	-4,0		195,0	2,5		164,0	-12,0		167,0	-6,5	
2010	185,0	6,5		175,0	8,0	>= Q80	195,0	2,5		180,0	4,0		180,0	6,5	
2011	163,0	-15,5	<= Q20	148,0	-19,0	<= Q20	182,0	-10,5	<= Q20	150,0	-26,0	<= Q20	159,0	-14,5	<= Q20
2012	175,0	-3,5		158,0	-9,0		190,0	-2,5		165,0	-11,0		166,0	-7,5	
2013	190,0	11,5	>= Q80	174,0	7,0		206,0	13,5	>= Q80	188,0	12,0	>= Q80	185,0	11,5	>= Q80
2014	176,0	-2,5		166,0	-1,0		197,0	4,5		170,0	-6,0		170,0	-3,5	
2015	157,0	-21,5	<= Q20	148,0	-19,0	<= Q20	180,0	-12,5	<= Q20	159,0	-17,0	<= Q20	154,0	-19,5	<= Q20
2016	176,0	-2,5		163,0	-4,0		193,0	0,5		177,0	1,0		174,0	0,5	
2017	162,0	-16,5	<= Q20	151,0	-16,0	<= Q20	177,0	-15,5	<= Q20	161,0	-15,0	<= Q20	162,0	-11,5	<= Q20
2018	179,0	0,5		169,0	2,0		184,0	-8,5		173,0	-3,0		170,0	-3,5	
2019	174,0	-4,5		165,0	-2,0		183,0	-9,5		176,0	0,0		170,0	-3,5	
2020	168,0	-10,5	<= Q20	152,0	-15,0	<= Q20	182,0	-10,5	<= Q20	154,0	-22,0	<= Q20	158,0	-15,5	<= Q20
2021	175	-3,5		167	0		190	-2,5		170	-6		167	-6,5	
	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
Année	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême	GDD300	Ecart médian	Extrême			
2007	143,0	-19,0	<= Q20	165,0	-12,0	<= Q20	163,0	-13,0	<= Q20	129,0	-13,5	<= Q20			
2008	171,0	9,0	>= Q80	185,0	8,0		182,0	6,0		144,0	1,5				
2009	154,0	-8,0		172,0	-5,0		166,0	-10,0		140,0	-2,5				
2010	166,0	4,0		185,0	8,0		182,0	6,0		152,0	9,5	>= Q80			
2011	143,0	-19,0	<= Q20	166,0	-11,0	<= Q20	162,0	-14,0	<= Q20	122,0	-20,5	<= Q20			
2012	152,0	-10,0		177,0	0,0		173,0	-3,0		138,0	-4,5				
2013	169,0	7,0		189,0	12,0	>= Q80	187,0	11,0	>= Q80	157,0	14,5	>= Q80			
2014	161,0	-1,0		176,0	-1,0		174,0	-2,0		142,0	-0,5				
2015	138,0	-24,0	<= Q20	160,0	-17,0	<= Q20	161,0	-15,0	<= Q20	129,0	-13,5	<= Q20			
2016	160,0	-2,0		177,0	0,0		176,0	0,0		142,0	-0,5				
2017	150,0	-12,0	<= Q20	168,0	-9,0	<= Q20	162,0	-14,0	<= Q20	137,0	-5,5				
2018	160,0	-2,0		174,0	-3,0		175,0	-1,0		146,0	3,5				
2019	162,0	0,0		175,0	-2,0		176,0	0,0		147,0	4,5				
2020	147,0	-15,0	<= Q20	168,0	-9,0	<= Q20	163,0	-13,0	<= Q20	120,0	-22,5	<= Q20			
2021	162	0		173	-4		176	0		137	-5,5				

B.

Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane			
Année	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême
2007	34,0	7,0	>= Q80	29,0	4,5					35,0	6,0	>= Q80	36,0	7,0	>= Q80
2008	28,0	1,0		22,0	-2,5					31,0	2,0		29,0	0,0	
2009	29,0	2,0		23,0	-1,5					31,0	2,0		29,0	0,0	
2010	22,0	-5,0	<= Q20	19,0	-5,5	<= Q20				22,0	-7,0	<= Q20	22,0	-7,0	<= Q20
2011	28,0	1,0		30,0	5,5	>= Q80				36,0	7,0	>= Q80	30,0	1,0	
2012	25,0	-2,0		27,0	2,5					26,0	-3,0		23,0	-6,0	<= Q20
2013				24,0	-0,5					23,0	-6,0	<= Q20	24,0	-5,0	<= Q20
2014	31,0	4,0	>= Q80	27,0	2,5					32,0	3,0		30,0	1,0	
2015	28,0	1,0		25,0	0,5		21,0	-8,0	<= Q20	27,0	-2,0		29,0	0,0	
2016	25,0	-2,0		23,0	-1,5					26,0	-3,0		25,0	-4,0	
2017	23,0	-4,0	<= Q20	24,0	-0,5		32,0	3,0	>= Q80	25,0	-4,0		22,0	-7,0	<= Q20
2018	23,0	-4,0	<= Q20	20,0	-4,5	<= Q20	29,0	0,0		26,0	-3,0		24,0	-5,0	<= Q20
2019	20,0	-7,0	<= Q20	18,0	-6,5	<= Q20	28,0	-1,0	<= Q20	20,0	-9,0	<= Q20	19,0	-10,0	<= Q20
2020	26,0	-1,0		32,0	7,5	>= Q80	29,0	0,0		35,0	6,0	>= Q80	30,0	1,0	
2021	28	1		23	-1,5					30	1		27	-2	
Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey						
Année	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême	Délai GDD60	Ecart médian	Extrême			
2007	30,0	5,0	>= Q80	34,0	8,0	>= Q80	35,0	7,5	>= Q80	28,0	1,5	>= Q80			
2008	21,0	-4,0	<= Q20	29,0	3,0		30,0	2,5		29,0	2,5	>= Q80			
2009	26,0	1,0		29,0	3,0		30,0	2,5		24,0	-2,5	<= Q20			
2010	24,0	-1,0		23,0	-3,0	<= Q20	22,0	-5,5	<= Q20	25,0	-1,5				
2011	30,0	5,0	>= Q80	26,0	0,0		29,0	1,5		27,0	0,5				
2012	25,0	0,0		25,0	-1,0		27,0	-0,5		26,0	-0,5				
2013	25,0	0,0		24,0	-2,0	<= Q20	25,0	-2,5	<= Q20	24,0	-2,5	<= Q20			
2014	24,0	-1,0		31,0	5,0	>= Q80	33,0	5,5	>= Q80	25,0	-1,5				
2015	30,0	5,0	>= Q80	26,0	0,0		26,0	-1,5		27,0	0,5				
2016	25,0	0,0		25,0	-1,0		26,0	-1,5		28,0	1,5	>= Q80			
2017	21,0	-4,0	<= Q20	24,0	-2,0	<= Q20	25,0	-2,5	<= Q20	24,0	-2,5	<= Q20			
2018	22,0	-3,0		24,0	-2,0	<= Q20	25,0	-2,5	<= Q20	24,0	-2,5	<= Q20			
2019	20,0	-5,0	<= Q20	19,0	-7,0	<= Q20	22,0	-5,5	<= Q20	24,0	-2,5	<= Q20			
2020	31,0	6,0	>= Q80	26,0	0,0		30,0	2,5		29,0	2,5	>= Q80			
2021	21	-4	<= Q20	28	2		28	0,5		28	1,5	>= Q80			

Figure 30 : Indicateur Cumuls de températures.. Détection des aléas météorologiques depuis 2007 à l'échelle de chacun des alpages sentinelles du PNE. A. Dates d'atteinte du seuil de 300°J : En rouge, les années marquées par une atteinte précoce du seuil (date <= à la date Q20), en bleu, les années marquées par une atteinte tardive du seuil (date >= à la date Q80). B. Délai entre dates d'atteinte des seuils de 300 et 600°J : En rouge, les années marquées par un délai court (délai <= au délai Q20), en bleu, les années marquées par un délai long (délai >= au délai Q80).

d) Bilans hydriques

A.

Année	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême
2007	-100,0	-41,5	<= Q20	-43,0	-43,0	<= Q20	-111,0	-46,5	<= Q20	-44,0	12,0		-92,0	-14,5	
2008	-15,0	43,5		42,0	-43,0	>= Q80	-39,0	25,5		-6,0	50,0	>= Q80	-57,0	20,5	
2009	-117,0	-58,5	<= Q20	-60,0	-43,0	<= Q20	-126,0	-61,5	<= Q20	-83,0	-27,0		-117,0	-39,5	<= Q20
2010	-103,0	-44,5	<= Q20	-45,0	-43,0	<= Q20	-11,0	53,5	>= Q80	-97,0	-41,0	<= Q20	-107,0	-29,5	<= Q20
2011	77,0	135,5	>= Q80	135,0	-43,0	>= Q80	-9,0	55,5	>= Q80	21,0	77,0	>= Q80	30,0	107,5	>= Q80
2012	-109,0	-50,5	<= Q20	-51,0	-43,0	<= Q20	-90,0	-25,5		-114,0	-58,0	<= Q20	-110,0	-32,5	<= Q20
2013	34,0	92,5	>= Q80	93,0	-43,0	>= Q80	-24,0	40,5	>= Q80	-35,0	21,0		-29,0	48,5	>= Q80
2014	22,0	80,5	>= Q80	81,0	-43,0	>= Q80	-1,0	63,5	>= Q80	50,0	106,0	>= Q80	-3,0	74,5	>= Q80
2015	-100,0	-41,5	<= Q20	-43,0	-43,0	<= Q20	-123,0	-58,5	<= Q20	-86,0	-30,0		-99,0	-21,5	<= Q20
2016	-40,0	18,5		17,0	-43,0		-44,0	20,5		-43,0	13,0		-57,0	20,5	
2017	-80,0	-21,5		-22,0	-43,0		-69,0	-4,5		-55,0	1,0		-95,0	-17,5	
2018	-56,0	2,5		4,0	-43,0		-59,0	5,5		-67,0	-11,0		-76,0	1,5	
2019	-34,0	24,5		25,0	-43,0		-42,0	22,5		-68,0	-12,0		-56,0	21,5	
2020	-41,0	17,5		18,0	-43,0		-119,0	-54,5	<= Q20	-105,0	-49,0	<= Q20	-97,0	-19,5	
2021	-17	41,5		41	-43		-38	26,5		-22	34	>= Q80	-49	28,5	
	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey					
Année	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême	Juillet Bilan	Ecart médian	Extrême			
2007	-90,0	-9,0		-94,0	-11,5		-56,0	-2,5		-64,0	-2,5				
2008	-59,0	22,0		-61,0	21,5		-18,0	35,5	>= Q80	-30,0	31,5	>= Q80			
2009	-113,0	-32,0	<= Q20	-119,0	-36,5	<= Q20	-104,0	-50,5	<= Q20	-113,0	-51,5	<= Q20			
2010	-106,0	-25,0	<= Q20	-110,0	-27,5	<= Q20	-88,0	-34,5		-95,0	-33,5				
2011	20,0	101,0	>= Q80	24,0	106,5	>= Q80	57,0	110,5	>= Q80	37,0	98,5	>= Q80			
2012	-103,0	-22,0	<= Q20	-112,0	-29,5	<= Q20	-100,0	-46,5	<= Q20	-100,0	-38,5	<= Q20			
2013	-38,0	43,0	>= Q80	-37,0	45,5	>= Q80	6,0	59,5	>= Q80	-9,0	52,5	>= Q80			
2014	-9,0	72,0	>= Q80	-6,0	76,5	>= Q80	58,0	111,5	>= Q80	39,0	100,5	>= Q80			
2015	-96,0	-15,0		-101,0	-18,5		-74,0	-20,5		-83,0	-21,5				
2016	-58,0	23,0		-61,0	21,5		-20,0	33,5		-31,0	30,5				
2017	-92,0	-11,0		-98,0	-15,5		-53,0	0,5		-59,0	2,5				
2018	-76,0	5,0		-80,0	2,5		-72,0	-18,5		-78,0	-16,5				
2019	-62,0	19,0		-62,0	20,5		-54,0	-0,5		-67,0	-5,5				
2020	-96,0	-15,0		-105,0	-22,5	<= Q20	-90,0	-36,5	<= Q20	-90,0	-28,5				
2021	-48	33	>= Q80	-53	29,5		8	61,5	>= Q80	1	62,5	>= Q80			

B.

Année	Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillol			La Grande Cabane		
	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême
2007	-38,0	-4,0		-41,0	-5,5		-56,0	4,0		12,0	44,5	>= Q80	-71,0	-22,0	
2008	3,0	37,0		0,0	35,5		-81,0	-21,0		0,0	32,5		-45,0	4,0	
2009	-36,0	-2,0		-38,0	-2,5		-50,0	10,0		-61,0	-28,5		-46,0	3,0	
2010	-52,0	-18,0		-54,0	-18,5		-85,0	-25,0		-43,0	-10,5		-77,0	-28,0	
2011	-32,0	2,0		-35,0	0,5		-91,0	-31,0	<= Q20	-77,0	-44,5	<= Q20	-68,0	-19,0	
2012	-72,0	-38,0		-75,0	-39,5		-83,0	-23,0		-63,0	-30,5		-79,0	-30,0	<= Q20
2013	-42,0	-8,0		-44,0	-8,5		-59,0	1,0		-44,0	-11,5		-70,0	-21,0	
2014	39,0	73,0	>= Q80	37,0	72,5	>= Q80	-32,0	28,0	>= Q80	8,0	40,5	>= Q80	-13,0	36,0	
2015	46,0	80,0	>= Q80	44,0	79,5	>= Q80	-7,0	53,0	>= Q80	-34,0	-1,5		9,0	58,0	>= Q80
2016	-83,0	-49,0	<= Q20	-85,0	-49,5	<= Q20	-99,0	-39,0	<= Q20	-76,0	-43,5	<= Q20	-95,0	-46,0	<= Q20
2017	-40,0	-6,0		-42,0	-6,5		-72,0	-12,0		-53,0	-20,5		-51,0	-2,0	
2018	62,0	96,0	>= Q80	61,0	96,5	>= Q80	2,0	62,0	>= Q80	-14,0	18,5		3,0	52,0	>= Q80
2019	-79,0	-45,0	<= Q20	-81,0	-45,5	<= Q20	-71,0	-11,0		-72,0	-39,5		-78,0	-29,0	<= Q20
2020	115,0	149,0	>= Q80	112,0	147,5	>= Q80	35,0	95,0	>= Q80	44,0	76,5	>= Q80	55,0	104,0	>= Q80
2021															

Année	Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey		
	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême	Août Bilan h	Ecart médian	Extrême
2007	-67,0	-14,5		-75,0	-22,0		-18,0	3,0		-25,0	8,5	
2008	-44,0	8,5		-50,0	3,0		23,0	44,0	>= Q80	11,0	44,5	>= Q80
2009	-43,0	9,5		-50,0	3,0		-57,0	-36,0		-64,0	-30,5	<= Q20
2010	-72,0	-19,5	<= Q20	-81,0	-28,0	<= Q20	-58,0	-37,0	<= Q20	-63,0	-29,5	
2011	-66,0	-13,5		-73,0	-20,0		-39,0	-18,0		-49,0	-15,5	
2012	-71,0	-18,5		-81,0	-28,0	<= Q20	-49,0	-28,0		-56,0	-22,5	
2013	-67,0	-14,5		-75,0	-22,0		-15,0	6,0		-26,0	7,5	
2014	-12,0	40,5		-18,0	35,0		49,0	70,0	>= Q80	35,0	68,5	>= Q80
2015	4,0	56,5	>= Q80	4,0	57,0	>= Q80	-22,0	-1,0		-33,0	0,5	
2016	-88,0	-35,5	<= Q20	-98,0	-45,0	<= Q20	-74,0	-53,0	<= Q20	-79,0	-45,5	<= Q20
2017	-47,0	5,5		-54,0	-1,0		-6,0	15,0		-17,0	16,5	
2018	-3,0	49,5	>= Q80	-4,0	49,0	>= Q80	27,0	48,0	>= Q80	13,0	46,5	>= Q80
2019	-72,0	-19,5	<= Q20	-79,0	-26,0		-56,0	-35,0		-59,0	-25,5	
2020	48,0	100,5	>= Q80	48,0	101,0	>= Q80	96,0	117,0	>= Q80	73,0	106,5	>= Q80
2021												

C.

Rouanette												Surette												La Ponsonnière												Chaillol												La Grande Cabane											
Année	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême																																
2007		-33,0	-57,0 <= Q20		-36,0	-57,5 <= Q20		-68,0	-56,5 <= Q20		-33,0	-25,0					-56,0	-53,5 <= Q20																																									
2008		81,0	57,0		78,0	56,5		37,0	48,5 >= Q80		68,0	76,0 >= Q80					54,0	56,5																																									
2009		-2,0	-26,0		-4,0	-25,5		-53,0	-41,5		-56,0	-48,0 <= Q20					-34,0	-31,5																																									
2010		64,0	40,0		61,0	39,5		-49,0	-37,5		-22,0	-14,0					3,0	5,5																																									
2011		32,0	8,0		29,0	7,5		-19,0	-7,5		12,0	20,0					3,0	5,5																																									
2012		16,0	-8,0		14,0	-7,5		-1,0	10,5		19,0	27,0					-8,0	-5,5																																									
2013		1,0	-23,0		0,0	-21,5		-66,0	-54,5 <= Q20		-13,0	-5,0					-53,0	-50,5 <= Q20																																									
2014		-23,0	-47,0		-24,0	-45,5		-42,0	-30,5		-50,0	-42,0					-36,0	-33,5																																									
2015		78,0	54,0		75,0	53,5		16,0	27,5		-2,0	6,0					26,0	28,5																																									
2016		0,0	-24,0		-2,0	-23,5		15,0	26,5		-45,0	-37,0					-17,0	-14,5																																									
2017		-36,0	-60,0 <= Q20		-38,0	-59,5 <= Q20		-61,0	-49,5 <= Q20		-35,0	-27,0					-53,0	-50,5 <= Q20																																									
2018		-65,0	-89,0 <= Q20		-65,0	-86,5 <= Q20		-47,0	-35,5		-62,0	-54,0 <= Q20					-47,0	-44,5																																									
2019		-35,0	-59,0 <= Q20		-37,0	-58,5 <= Q20		-78,0	-66,5 <= Q20		-62,0	-54,0 <= Q20					-60,0	-57,5 <= Q20																																									
2020		7,0	-17,0		6,0	-15,5		-33,0	-21,5		3,0	11,0					-21,0	-18,5																																									
2021																																																											
Crouzet les Lauzes												Distroit												Lanchâtra												Le Sappey																							
Année	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême	Septembre	Ecart médian	Extrême																																
2007		-51,0	-49,0 <= Q20		-59,0	-52,5 <= Q20		-19,0	-38,5		-29,0	-38,5																																															
2008		52,0	54,0 >= Q80		52,0	58,5		92,0	72,5		73,0	63,5 >= Q80																																															
2009		-33,0	-31,0		-37,0	-30,5		-33,0	-52,5		-41,0	-50,5																																															
2010		2,0	4,0		-3,0	3,5		26,0	6,5		14,0	4,5																																															
2011		3,0	5,0		0,0	6,5		39,0	19,5		23,0	13,5																																															
2012		-8,0	-6,0		-10,0	-3,5		47,0	27,5		32,0	22,5																																															
2013		-50,0	-48,0 <= Q20		-59,0	-52,5 <= Q20		13,0	-6,5		5,0	-4,5																																															
2014		-34,0	-32,0		-38,0	-31,5		-27,0	-46,5		-33,0	-42,5																																															
2015		22,0	24,0		22,0	28,5		43,0	23,5		27,0	17,5																																															
2016		-18,0	-16,0		-19,0	-12,5		-39,0	-58,5 <= Q20		-48,0	-57,5 <= Q20																																															
2017		-48,0	-46,0 <= Q20		-55,0	-48,5 <= Q20		-19,0	-38,5		-25,0	-34,5																																															
2018		-43,0	-41,0		-48,0	-41,5		-53,0	-72,5 <= Q20		-57,0	-66,5 <= Q20																																															
2019		-54,0	-52,0 <= Q20		-63,0	-56,5 <= Q20		-44,0	-63,5 <= Q20		-47,0	-56,5 <= Q20																																															
2020		-22,0	-20,0		-24,0	-17,5		7,0	-12,5		-3,0	-12,5																																															
2021																																																											

Figure 31 : Indicateur Bilans hydriques.. Détection des aléas météorologiques depuis 2007 à l'échelle de chacun des alpages sentinelles du PNE. En rouge, les années marquées par un bilan hydrique plus contraignant (bilan hydrique \leq au bilan Q20), en bleu, les années marquées par un bilan hydrique moins contraignant (bilan \geq au bilan Q80). A. Juillet, B. Août, C. Septembre.

e) Nombre de jours de gel

Rouanette			Surette			La Ponsonnière			Chaillool			La Grande Cabane			
Année	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême
2007	9,4	0,0		11,6	-1,6		20,2	7,1		9,7	-8,1	<= Q20	21,5	2,0	
2008	1,2	-8,3	<= Q20	7,3	-5,9	<= Q20	10,1	-3,0	<= Q20	5,8	-12,0	<= Q20	13,1	-6,4	<= Q20
2009	2,2	-7,2	<= Q20	4,8	-8,4	<= Q20	8,6	-4,5	<= Q20	12,9	-4,9		6,6	-12,9	<= Q20
2010	3,3	-6,1		5,3	-7,9	<= Q20	10,2	-2,9		20,0	2,3		6,1	-13,4	<= Q20
2011	13,1	3,7		14,6	1,4		35,9	22,8	>= Q80	37,4	19,7	>= Q80	21,2	1,7	
2012	27,4	18,0	>= Q80	34,5	21,3	>= Q80	22,4	9,3	>= Q80	34,0	16,3	>= Q80	41,6	22,1	>= Q80
2013	13,9	4,5		14,5	1,3		11,8	-1,3		19,4	1,6		16,5	-3,0	
2014	12,0	2,6		10,3	-2,9		30,1	17,1	>= Q80	26,1	8,4		17,6	-1,9	
2015	9,5	0,1		10,4	-2,8		16,5	3,4		13,5	-4,3		19,6	0,1	
2016	14,8	5,4		20,4	7,2		12,6	-0,5		23,6	5,9		24,3	4,8	
2017	22,0	12,6	>= Q80	21,4	8,2		15,4	2,3		30,2	12,5	>= Q80	29,6	10,1	>= Q80
2018	1,7	-7,7	<= Q20	2,6	-10,6	<= Q20	4,8	-8,3	<= Q20	5,0	-12,8	<= Q20	4,3	-15,2	<= Q20
2019	21,8	12,4	>= Q80	31,6	18,4	>= Q80	22,4	9,3	>= Q80	25,5	7,8		41,5	22,0	>= Q80
2020	4,3	-5,1		9,4	-3,8		15,1	2,0		12,0	-5,8		16,0	-3,5	
2021	26	16,55	>= Q80	35	21,8	>= Q80	20,5	7,45		48,1	30,35	>= Q80	45,5	26	>= Q80
Crouzet les Lauzes			Distroit			Lanchâtra			Le Sappey						
Année	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême	Gels (0°C)	Ecart médian	Extrême			
2007	5,0	-4,1		15,2	1,6		7,0	-3,1		28,9	1,8				
2008	0,8	-8,3	<= Q20	4,0	-9,6	<= Q20	6,4	-3,7	<= Q20	45,8	18,7	>= Q80			
2009	3,1	-6,0	<= Q20	3,4	-10,2	<= Q20	4,9	-5,2	<= Q20	8,7	-18,4	<= Q20			
2010	5,0	-4,1		2,3	-11,3	<= Q20	8,5	-1,6		13,6	-13,5	<= Q20			
2011	8,6	-0,5		21,7	8,1	>= Q80	17,2	7,1		51,7	24,6	>= Q80			
2012	28,2	19,1	>= Q80	42,9	29,3	>= Q80	21,0	11,0	>= Q80	23,8	-3,3				
2013	13,2	4,1		14,6	1,0		16,0	5,9		17,3	-9,8				
2014	9,1	0,0		15,5	1,9		14,1	4,0		11,6	-15,5	<= Q20			
2015	9,2	0,1		15,5	1,9		9,9	-0,2		17,4	-9,7				
2016	18,4	9,3	>= Q80	18,5	4,9		19,3	9,3	>= Q80	46,0	18,9	>= Q80			
2017	22,9	13,8	>= Q80	27,7	14,1	>= Q80	22,6	12,6	>= Q80	19,3	-7,8				
2018	4,1	-5,0		3,6	-10,0	<= Q20	2,4	-7,7	<= Q20	7,2	-19,9	<= Q20			
2019	19,6	10,5	>= Q80	29,6	16,1	>= Q80	16,5	6,4		34,1	7,0				
2020	4,4	-4,7		9,4	-4,2		8,0	-2,1		29,3	2,2				
2021	28,6	19,45	>= Q80	36	22,45	>= Q80	23,4	13,35	>= Q80	41,1	14	>= Q80			

Figure 32 : Indicateur Jours de gel (0°C) entre déneigement et date d'atteinte du seuil de 300°J sur les parties les plus précoces des alpages.. Détection des aléas météorologiques depuis 2007 à l'échelle de chacun des alpages sentinelles du PNE.

f) Bilan sur les séquences météorologiques annuelles

Figure 33 : Séquences météorologiques annuelles pour chacun des alpages sentinelles du PNE.

ROUANETTE	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Précoce	Précoce	Long	Favorable	Faible					
2007	Précoce	Précoce	Long	Favorable	Faible	Froides	Défavorable			Défavorable
2008	Tardif			Favorable	Faible				Froides	
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif		Court				Défavorable		Froides	
2011	Précoce	Précoce		Défavorable			Favorable		Chaudes	
2012				Favorable	Elevé		Défavorable			
2013	Tardif	Tardive					Favorable			
2014			Long			Froides	Favorable	Favorable	Chaudes	
2015	Précoce	Précoce				Chaudes	Défavorable	Favorable		
2016								Défavorable		
2017	Précoce	Précoce	Court	Favorable	Elevé	Chaudes				Défavorable
2018			Court		Faible	Chaudes		Favorable	Chaudes	Défavorable
2019			Court		Elevé	Chaudes		Défavorable		Défavorable
2020	Précoce	Précoce		Favorable				Favorable	Chaudes	

SURETTE	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Tardif	Précoce	Long	Défavorable	Faible					
2007				Favorable	Faible	Froides	Favorable			
2008	Tardif	Tardive			Faible		Défavorable		Froides	
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif	Tardive	Court		Faible		Défavorable		Froides	
2011	Précoce	Précoce	Long	Défavorable			Favorable		Chaudes	
2012	Précoce			Favorable	Elevé		Défavorable			
2013				Favorable			Favorable			
2014						Froides	Favorable	Favorable	Chaudes	
2015	Précoce	Précoce				Chaudes	Défavorable	Favorable		
2016								Défavorable		
2017	Précoce	Précoce		Favorable		Chaudes				Défavorable
2018	Tardif		Court		Faible	Chaudes		Favorable	Chaudes	Défavorable
2019			Court		Elevé	Chaudes		Défavorable		Défavorable
2020		Précoce	Long					Favorable	Chaudes	

LA PONSONNIERE	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Précoce	Tardif	Favorable	Faible	Froides					
2007	Précoce									Défavorable
2008	Tardif								Froides	Favorable
2009										
2010	Tardif						Favorable		Froides	
2011	Précoce	Précoce			Elevé		Favorable	Défavorable	Chaudes	
2012					Elevé		Chaudes			
2013	Tardif	Tardive					Favorable			Défavorable
2014					Elevé	Froides	Favorable	Favorable	Chaudes	
2015	Précoce	Précoce				Chaudes	Défavorable	Favorable		
2016	Tardif			Favorable				Défavorable		
2017		Précoce			Faible	Chaudes		Favorable	Chaudes	Défavorable
2018					Elevé	Chaudes		Favorable	Chaudes	
2019	Tardif					Défavorable	Favorable			Défavorable
2020	Précoce	Précoce		Favorable					Chaudes	

CHAILLOL	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Précoce	Long	Favorable	Faible	Favorable					
2007	Tardif	Précoce	Long	Favorable	Faible	Froides	Favorable	Favorable	Froides	Défavorable
2008										
2009										
2010			Court	Favorable			Défavorable		Froides	
2011	Précoce	Précoce	Long	Défavorable	Elevé		Favorable	Défavorable	Chaudes	
2012	Précoce			Favorable	Elevé	Chaudes	Défavorable		Chaudes	
2013		Tardive	Court							
2014	Précoce						Favorable	Favorable	Chaudes	
2015		Précoce		Favorable		Chaudes				
2016								Défavorable		
2017	Précoce	Précoce			Elevé	Chaudes				
2018					Faible	Chaudes			Chaudes	Défavorable
2019			Court			Chaudes				Défavorable
2020	Précoce	Précoce	Long				Défavorable	Favorable	Chaudes	

LA GRANDE CABANE	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Précoce	Long	Favorable	Faible	Froides					
2007	Tardif	Tardive		Favorable	Faible	Froides			Froides	Défavorable
2008										
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif		Court		Faible		Défavorable		Froides	
2011	Précoce	Précoce		Défavorable			Favorable		Chaudes	
2012	Précoce		Court	Favorable	Elevé		Défavorable	Défavorable		
2013		Tardive	Court	Favorable			Favorable			Défavorable
2014				Défavorable		Froides	Favorable		Chaudes	
2015	Précoce	Précoce					Chaudes	Défavorable	Favorable	
2016				Favorable		Chaudes		Défavorable		
2017	Précoce	Précoce	Court		Elevé	Chaudes				Défavorable
2018			Court		Faible	Chaudes		Favorable	Chaudes	
2019			Court		Elevé	Chaudes		Défavorable		Défavorable
2020	Précoce	Précoce					Favorable		Chaudes	

CROUZET LES LAUZES	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
	Précoce	Long	Défavorable	Faible	Froides					
2007	Tardif	Précoce	Long	Défavorable	Faible					Défavorable
2008			Court	Favorable	Faible					Favorable
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif						Défavorable	Défavorable	Froides	
2011	Précoce	Précoce	Long	Défavorable			Favorable		Chaudes	
2012	Précoce			Favorable	Elevé	Chaudes	Défavorable			
2013				Favorable			Favorable		Chaudes	Défavorable
2014							Favorable		Chaudes	
2015	Précoce	Précoce	Long			Chaudes		Favorable		
2016				Favorable	Elevé			Défavorable		
2017	Précoce	Précoce	Court		Elevé	Chaudes				Défavorable
2018						Chaudes		Favorable	Chaudes	
2019			Court		Elevé	Chaudes		Défavorable	Chaudes	Défavorable
2020		Précoce	Long	Favorable			Favorable		Chaudes	

DISTRICT	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0 °C)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
2007	Précoce	Précoce	Long			Froides				Défavorable
2008	Tardif			Favorable	Faible				Froides	
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif		Court		Faible		Défavorable	Défavorable	Froides	
2011	Précoce	Précoce			Elevé		Favorable		Chaudes	
2012	Précoce			Favorable	Elevé		Défavorable	Défavorable		
2013	Tardif	Tardive	Court				Favorable			Défavorable
2014			Long			Froides	Favorable		Chaudes	
2015	Précoce	Précoce				Chaudes		Favorable		
2016				Favorable		Chaudes		Défavorable		
2017	Précoce	Précoce	Court		Elevé	Chaudes				Défavorable
2018			Court		Faible	Chaudes		Favorable	Chaudes	
2019			Court		Elevé	Chaudes				Défavorable
2020	Précoce	Précoce		Favorable		Défavorable	Favorable		Chaudes	

LANCHÂTRA	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0°C)	Temp. Eté	Bilan Hydr. Juillet	Bilan Hydr. Août	Temp. Automne	Bilan Hydr. Septembre
2007	Précoce	Précoce	Long	Défavorable		Froides				
2008	Tardif			Favorable	Faible		Favorable	Favorable	Froides	
2009					Faible		Défavorable			
2010	Tardif		Court					Défavorable	Froides	
2011	Précoce	Précoce		Défavorable			Favorable		Chaudes	
2012				Favorable	Elevé		Défavorable			
2013		Tardive	Court	Favorable			Favorable			
2014			Long			Froides	Favorable	Favorable	Chaudes	
2015	Précoce	Précoce					Chaudes			
2016					Elevé			Défavorable		Défavorable
2017	Précoce	Précoce	Court	Favorable	Elevé		Chaudes			
2018			Court		Faible		Chaudes		Favorable	Défavorable
2019	Tardif		Court				Chaudes			Défavorable
2020	Précoce	Précoce		Favorable			Défavorable	Favorable	Chaudes	

LE SAPPEY	Déneigement	Atteinte GDD300	Délai GDD300-600	Bilan Hydr. Démarrage	Jours de gel (0)	Temp. Hiver	Temp. Printemps		Temp. Eté		Temp. Automne		Bilan Hydr. Septembre
							Temp. Printemps	Temp. Hiver	Temp. Printemps	Temp. Eté	Temp. Automne	Temp. Automne	
2007		Précoce	Long										
2008			Long	Favorable	Elevé				Favorable	Favorable			
2009			Court		Faible				Défavorable	Défavorable			
2010	Tardif	Tardive			Faible						Froides		
2011	Précoce	Précoce		Défavorable	Elevé				Favorable		Chaudes		
2012	Précoce			Favorable					Chaudes	Défavorable			
2013	Tardif	Tardive	Court	Favorable					Favorable				
2014					Faible				Favorable	Favorable	Chaudes		
2015		Précoce							Chaudes				
2016			Long		Elevé						Défavorable		
2017			Court						Chaudes				
2018	Tardif		Court		Faible				Chaudes		Favorable	Chaudes	Défavorable
2019			Court						Chaudes			Chaudes	Défavorable
2020	Précoce	Précoce	Long							Favorable		Chaudes	

III. Volet Pratiques pastorales

1. Données et méthodes

Le travail sur les pratiques pastorales a été conduit en s'appuyant sur les indicateurs définis collectivement par le réseau, détaillés dans la plaquette 'Un observatoire alpin de l'évolution des pratiques pastorales en alpage' publiée en 2018.

Les indicateurs suivants ont été repris :

- **Biomasse disponible** : Quantité d'herbe disponible, exprimée en hauteur d'herbe (cm),
- **Chargement animal total** : Animaux (nombre et types) * temps de présence, exprimé en journées UGB pâturage ou en UFL,
- **Durée du pâturage** : Date de départ maximale – date d'arrivée minimale, exprimée en nombre de jours,
- **Date de montée** : Date d'arrivée du premier animal ou lot, exprimée en jours juliens,
- **Date de descente** : Date de départ du dernier animal ou lot, exprimée en jours juliens,
- **Proportion de notes de consommation** : nombre de notes de niveau x / nombre de notes total, exprimée en % du nombre de notes total.

Les données individuelles de chaque alpage sont disponibles en accès libre sur l'interface web dédiée via le site d'Alpages Sentinelles. Elles ne sont donc pas toutes reprises dans ce rapport.

Les données ont été compilées pour chaque alpage individuellement, puis analysées conjointement pour les couples années*alpages disposant d'information (besoin d'un jeu stable d'alpages tout au long des années de suivi analysées). Les données manquantes dans certains suivis expliquent la non considération de certains alpages dans les analyses groupées.

Les tendances d'évolution au fil du temps ont été détectées en utilisant des modèles statistiques linéaires (GLM – GLMER).

2. Indicateur de biomasse disponible

L'ensemble des données collectées sur les alpages sentinelles permet d'illustrer **la gamme de variation de la biomasse disponible en début de saison par type de végétation** (Figure 34). L'analyse de ces données au regard des variations météorologiques est réalisée par ailleurs avec l'ensemble du jeu de données collecté à l'échelle réseau afin de gagner en robustesse. Dans le cadre de ce travail, ces données de biomasse servent au croisement avec les données de pratiques pastorales.

A noter : ces suivis ne renseignent pas sur la quantité totale de ressource disponible sur l'alpage, car les stations de suivi ne couvrent pas tous les secteurs et tous les milieux des alpages et que ces données n'intègrent pas les dynamiques complexes de repousse tout au long de la saison.

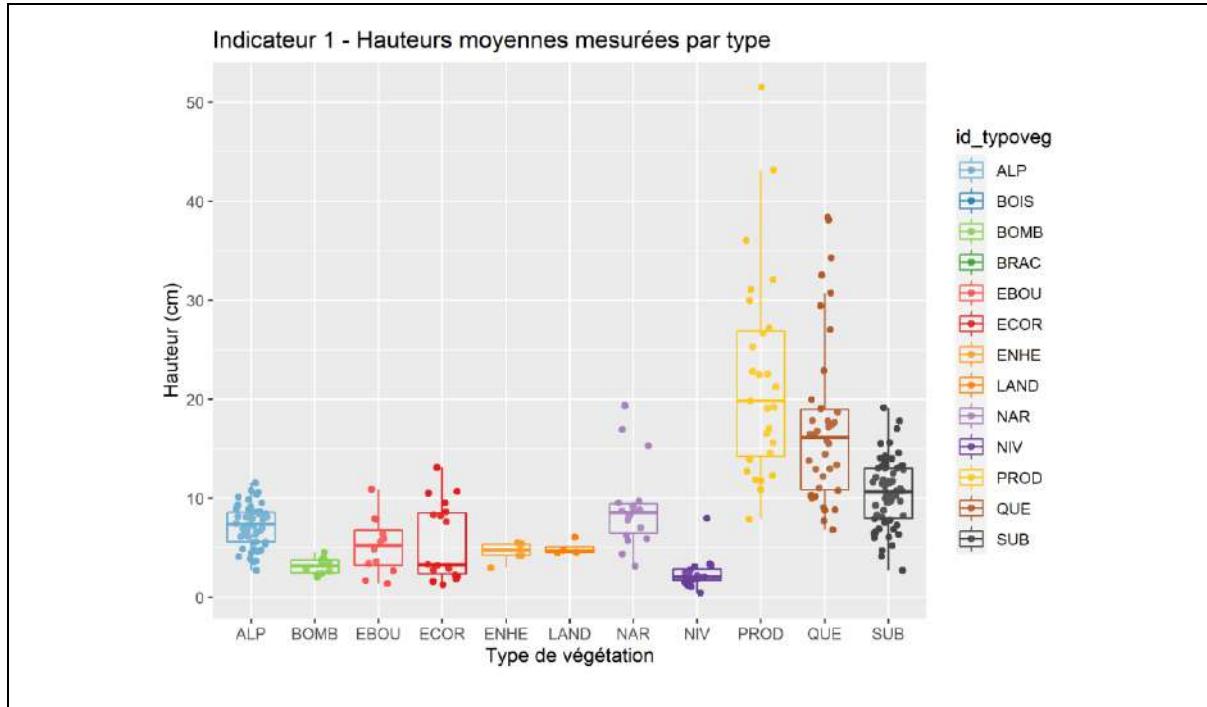


Figure 34 : Hauteurs moyennes de biomasse en début de saison, par type de végétation. Données issues des alpages sentinelles du PNE.

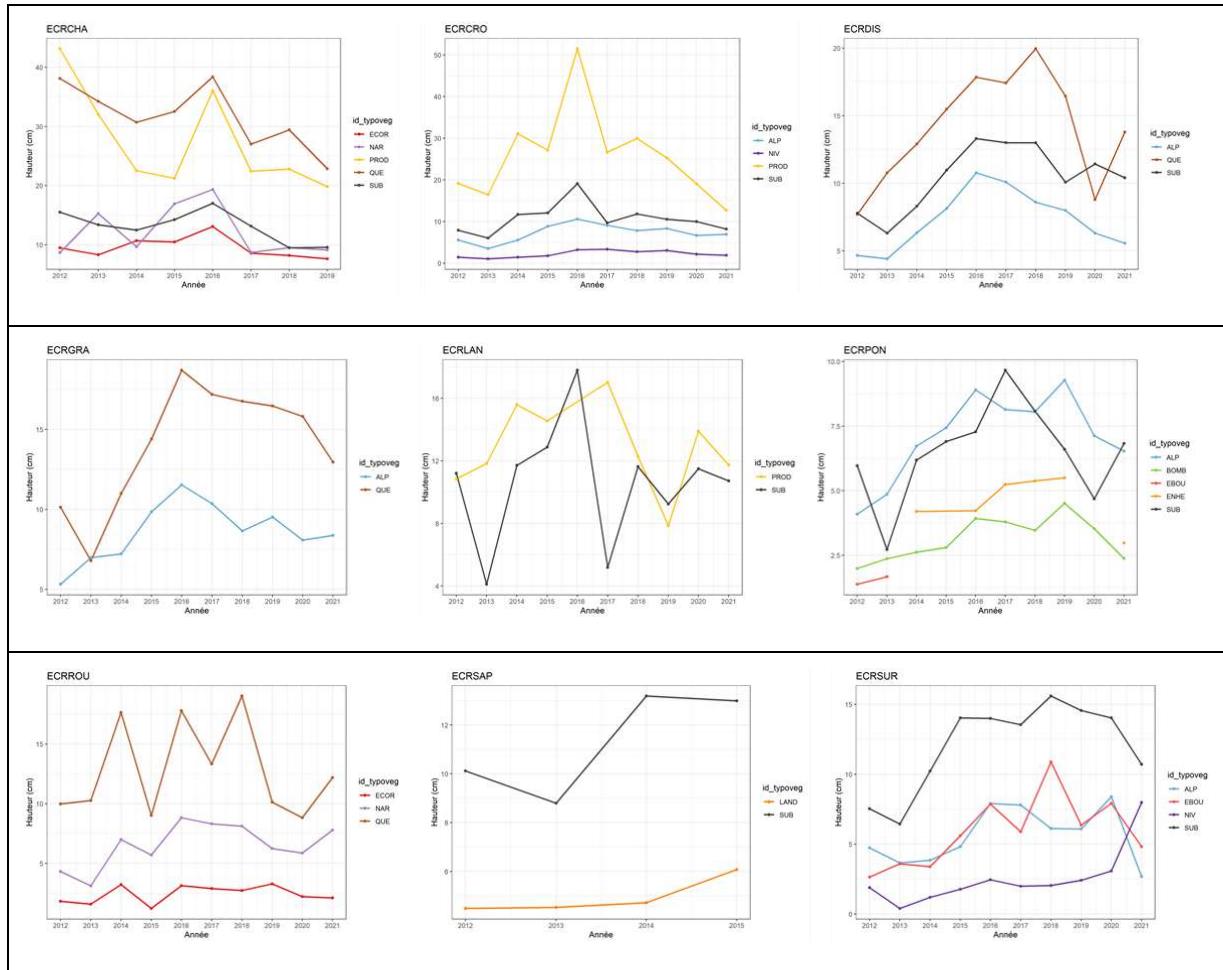


Figure 35 : Hauteurs d'herbe moyennes mesurées en début de saison par type de végétation et par alpage sentinelle.

Les variations interannuelles des valeurs mesurées sont fortes (Figure 35), en cohérence avec les résultats de ces analyses à l'échelle du réseau. La Figure 36 met en évidence les années pour lesquelles la biomasse mesurée sort d'une gamme moyenne (moyenne +/- écart-type), par alpage et par type de végétation. C'est une détection relative au **taux de variation de la biomasse par rapport aux valeurs moyennes sur chaque type et sur chaque alpage sentinelle**.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ECRCHA					élevée			faible		
ECRCRO		faible			élevée					
ECRDIS	faible	faible			élevée	élevée				
ECRGRA	faible	faible			élevée					
ECRLAN		faible			élevée					
ECRPON	faible	faible				élevée		élevée		
ECRROU	faible	faible			élevée		élevée			
ECRSAP				élevée						
ECRSUR	faible	faible	faible							

Figure 36 : Détection des années où les mesures de biomasse de début de saison sont particulièrement hautes ou basses, par alpage (hors de la gamme 'moyenne +/- écart-type'). Le taux de variation est classé relativement aux valeurs par type et par alpage, et les moyennes sont pondérées par le nombre de lignes associées à chaque type sur chaque alpage.

3. Indicateur de chargement animal total

Le chargement animal total permet une lecture synthétique du niveau de prélèvement réalisé par le troupeau à l'échelle de chaque saison d'estive. Il dépend du nombre et du type d'animaux ainsi que de leurs dates de présence. Il tient compte des dates de montée ou descente échelonnées.

La Figure 37 montre **la variabilité des chargements entre alpages sentinelles** sur le PNE, avec Chaillol et Grande Cabane présentant des chargements plus élevés que les autres alpages suivis. Elle montre également **l'étendue des variations pour chaque alpage sur les années de suivi**, plus ou moins resserrée autour d'une valeur médiane.

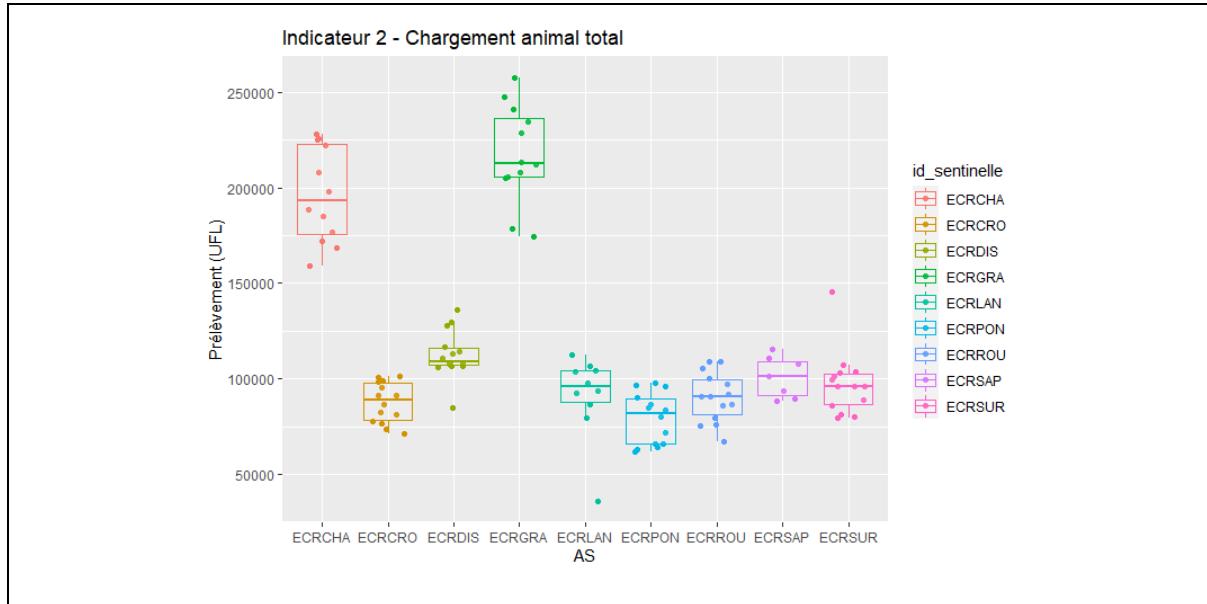


Figure 37 : Chargement animal total par alpage sentinel, toutes années de suivi.

Le bilan sur l'ensemble des alpages suivis (sauf ECRSAP et ECRLAN) est présenté en Figure 38. L'analyse statistique de la série de données permet de conclure que **le chargement total des alpages ne présente pas de tendance significative d'évolution depuis le début des suivis à l'échelle des alpages sentinelles du PNE** (p -value : 0.7), à l'échelle de l'alpage comme à celle du type de quartier (alpin / subalpin).

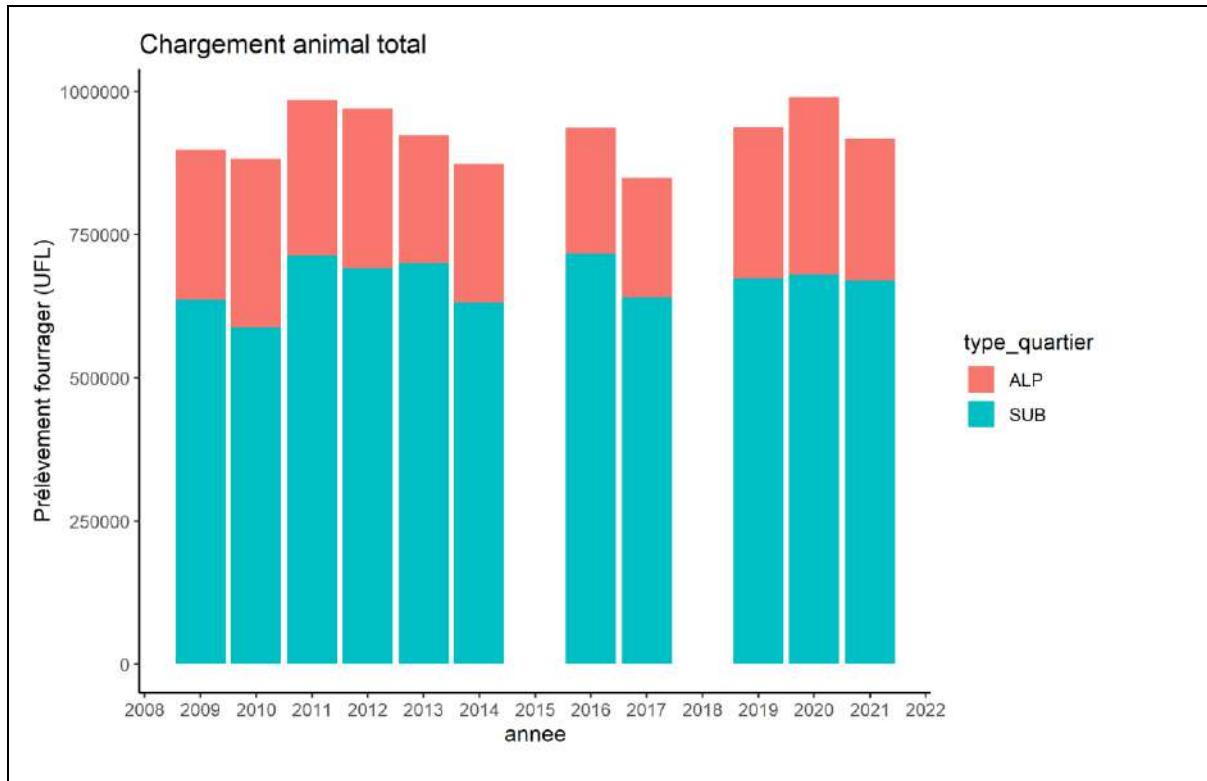


Figure 38 : Chargement animal total sur les alpages sentinelles du PNE. Alpages considérés : tous sauf ECRSAP et ECRLAN. 2015 manquent ECRCRO et ECRGRA - 2018 manque ECRCHA. Les couleurs correspondent à l'attribution des valeurs de chargement aux quartiers alpins ou subalpins de chaque alpage. Attention, en 2011 et 2021 – pas d'attribution ALP pour ECRDIS.

Des tendances individuelles permettent d'affiner cette lecture globale (Figure 39). On détecte en effet :

- Une **tendance significative à la hausse** dans le chargement total sur les années de suivi pour Chaillol (tirée par le chargement des quartiers subalpins),
- Une **tendance significative à la baisse** dans le chargement total sur les années de suivi pour Crouzet (tirée par le chargement des quartiers alpins), Lanchâtra (on note le changement de gestion associé au changement d'alpagiste en 2021), La Ponsonnière (tirée par le chargement des quartiers subalpins) et Surette (tirée à la fois par le chargement des quartiers alpins et subalpins),
- **Pas de signal d'évolution significatif** dans le chargement total sur les années de suivi pour Distroit, Grande Cabane, Rouanette (mais les chargements sont tirés positivement sur les quartiers subalpins et négativement sur les quartiers alpins) et le Sappey.

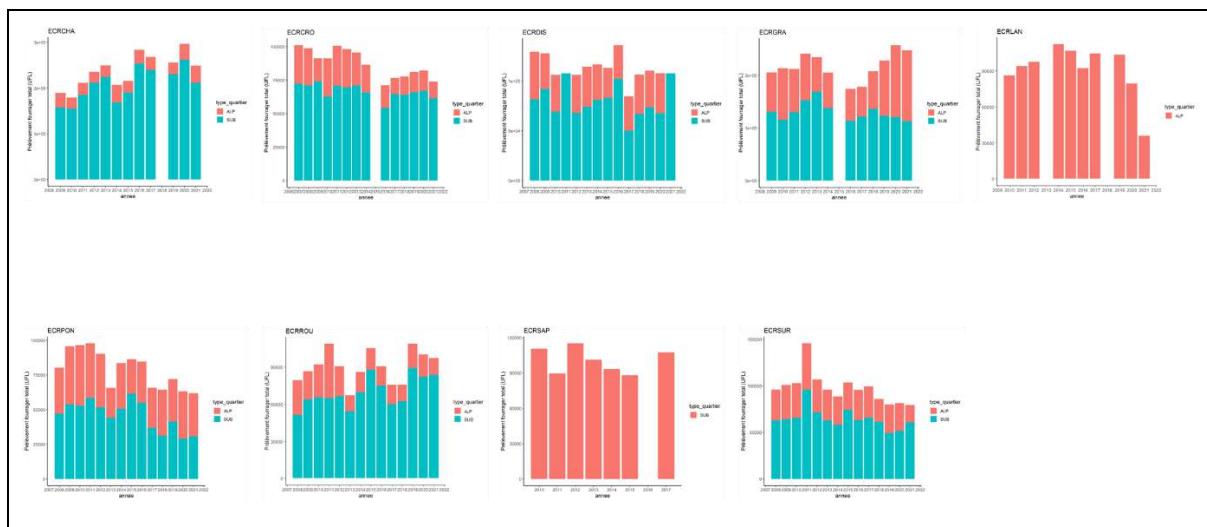


Figure 39 : Chargement total par alpage sentinelles. Les couleurs correspondent à l'attribution des valeurs de chargement aux quartiers alpins ou subalpins de chaque alpage. Attention, en 2011 et 2021 – pas d'attribution ALP pour ECRDIS.

4. Indicateur de durée totale de pâturage, et dates de montée et descente

La durée totale de pâturage dépend de la date d'arrivée du premier animal ou lot et de la date de descente du dernier animal ou lot. Elle s'avère variable entre alpages sentinelles du PNE, avec une gamme qui s'étend de 80 à 160 jours environ sur l'ensemble des années suivies (Figure 40). **Chaque alpage présente également une variabilité plus ou moins marquée de cette durée au fil des années de suivi**, visible à la dispersion des valeurs autour de la médiane par alpage. Par exemple, la durée de pâturage est très concentrée sur Surette ou Crouzet (faible dispersion des valeurs) alors qu'elle est beaucoup plus variable sur Rouanette et Lanchâtra (forte dispersion des valeurs).

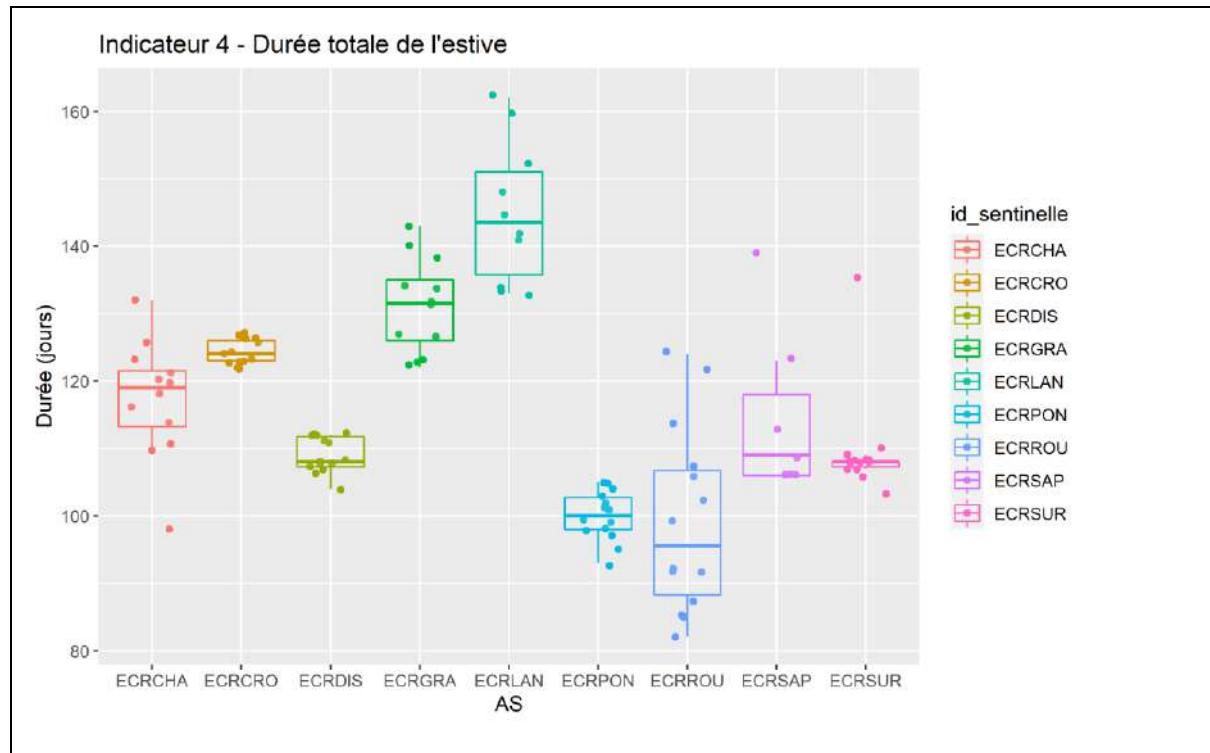


Figure 40 : Durée totale d'estive par alpage sentinelle, toutes années de suivi.

Le bilan sur l'ensemble des alpages suivis (sauf ECRSAP et ECRLAN) est présenté en Figure 41. L'analyse statistique de la série de données permet de conclure que **la durée totale de pâturage en alpage ne présente pas de tendance significative d'évolution depuis le début des suivis à l'échelle des alpages sentinelles du PNE** (p-value : 0.09). Les dates de montée et de descente ne présentent pas non plus d'évolution significative à cette échelle globale.

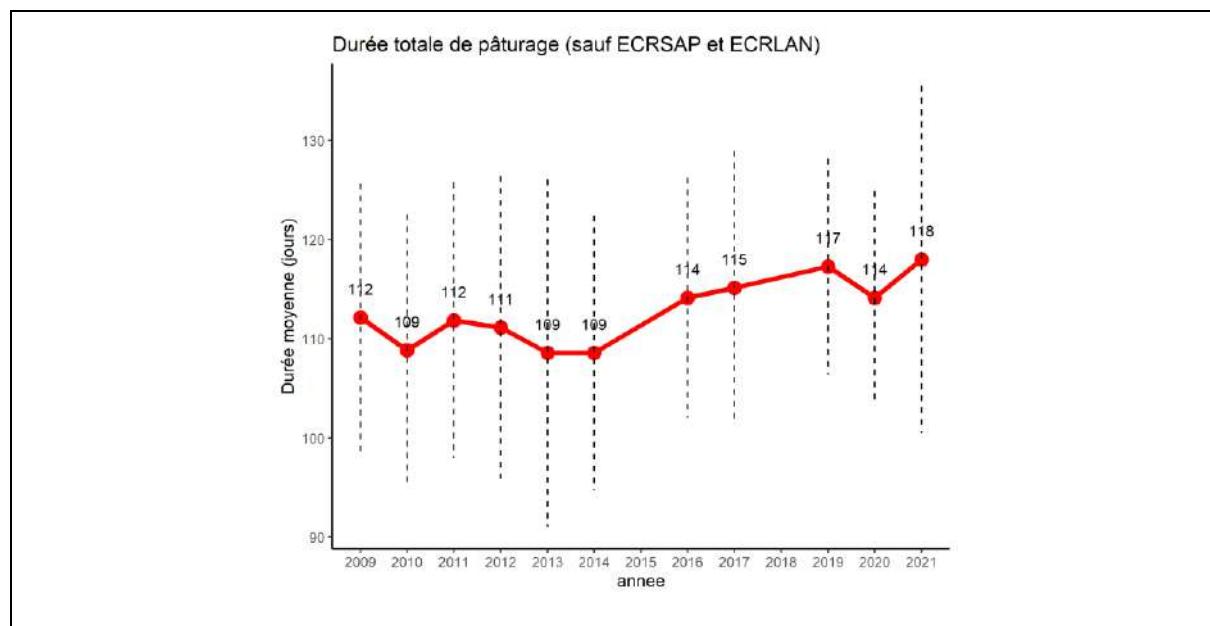


Figure 41 : Durée totale de pâturage sur les alpages sentinelles du PNE. Alpages considérés : tous sauf ECRSAP et ECRLAN.

A l'échelle individuelle, la Figure 42 présente les dates de montée et de descente sur chaque alpage. On détecte uniquement **un signal significatif d'évolution lié aux dates de pâturage**

sur Rouanette, où les dates de montée sont significativement plus précoce au fil du temps et induisent une durée totale d'estive qui s'allonge (Figure 43).

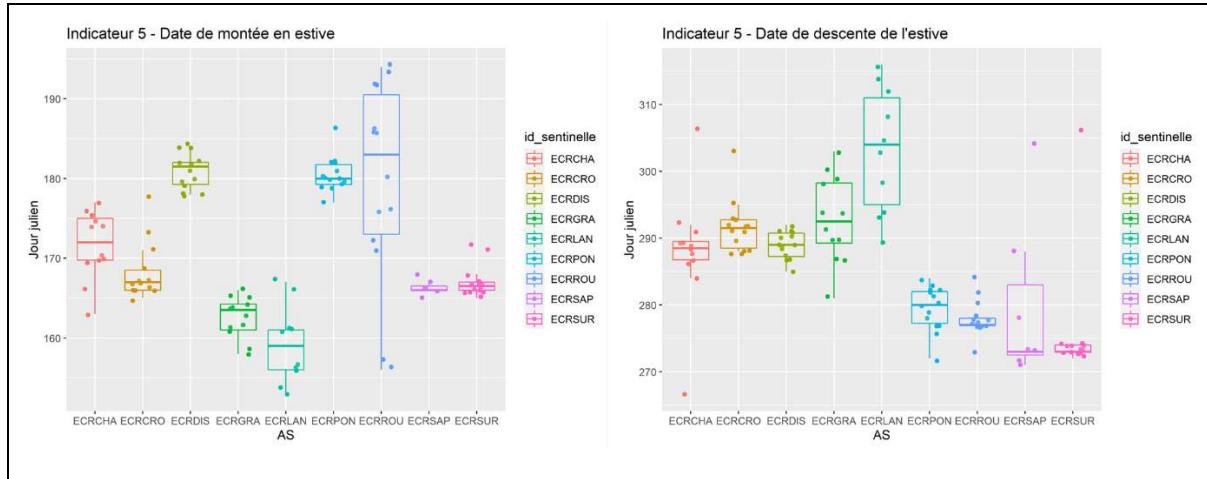


Figure 42 : Dates de montée et descente en estive, par alpage sentinelle, toutes années de suivi.

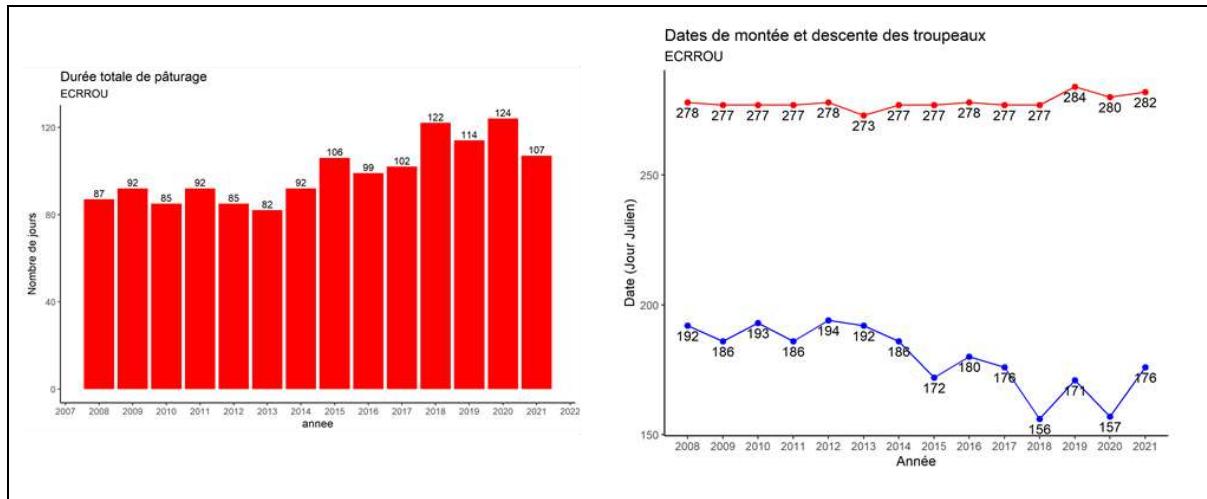


Figure 43 : Durée totale de pâturage et dates de montée et descente sur l'alpage de Rouanette, le seul alpage sentinelle du PNE qui présente un signal significatif d'évolution sur cet indicateur.

La Figure 44 présente une détection d'années extrêmes, c'est-à-dire d'années où la durée de l'estive est particulièrement longue ou courte, relativement aux valeurs moyennes sur chaque alpage. Il est frappant de constater que **les années singulières en termes de durée totale d'estive varient en fonction des alpages**. Il n'y a donc pas de réponse uniforme de cet indicateur entre alpages une année donnée.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
ECRCHA								courte		longue					
ECRCRO	longue	longue			courte	longue					courte				
ECRDIS					courte	longue	longue		courte		longue	longue			
ECRGRA			courte						courte	longue	longue		courte	longue	
ECRLAN				courte					longue	longue			courte	courte	
ECRPON									longue	longue	longue		courte	courte	
ECRROU			courte	courte		courte						longue	longue	longue	
ECRSAP			longue												
ECRSUR	longue														longue

Figure 44 : Détection des années extrêmes où la durée totale de pâturage est particulièrement courte ou longue. Détection basées sur les seuils de 'moyenne +/- écart-type' par alpage, avec ajout d'une condition supplémentaire d'au moins 10 jours d'écart par rapport à la valeur moyenne.

5. Indicateur de notes de consommation de la ressource

Les notes de consommation sont attribuées à chaque point de suivi lors de la tournée de fin d'estive. Elles s'échelonnent de 0 (pas de trace du passage du troupeau) à 5 (pelouse raclée) et s'intéressent au niveau de prélèvement de la ressource. **Il est important de souligner qu'une note de 5 n'équivaut pas à une indication de dégradation sur la station de suivi.**

Le bilan sur l'ensemble des alpages suivis (sauf ECRSAP et ECRLAN) est présenté en Figure 45. L'analyse statistique de la série de données permet de conclure que **la proportion de notes de consommation de niveau 5 présente une tendance significative d'évolution à la hausse depuis le début des suivis à l'échelle des alpages sentinelles du PNE (p-value < 0.01)**.

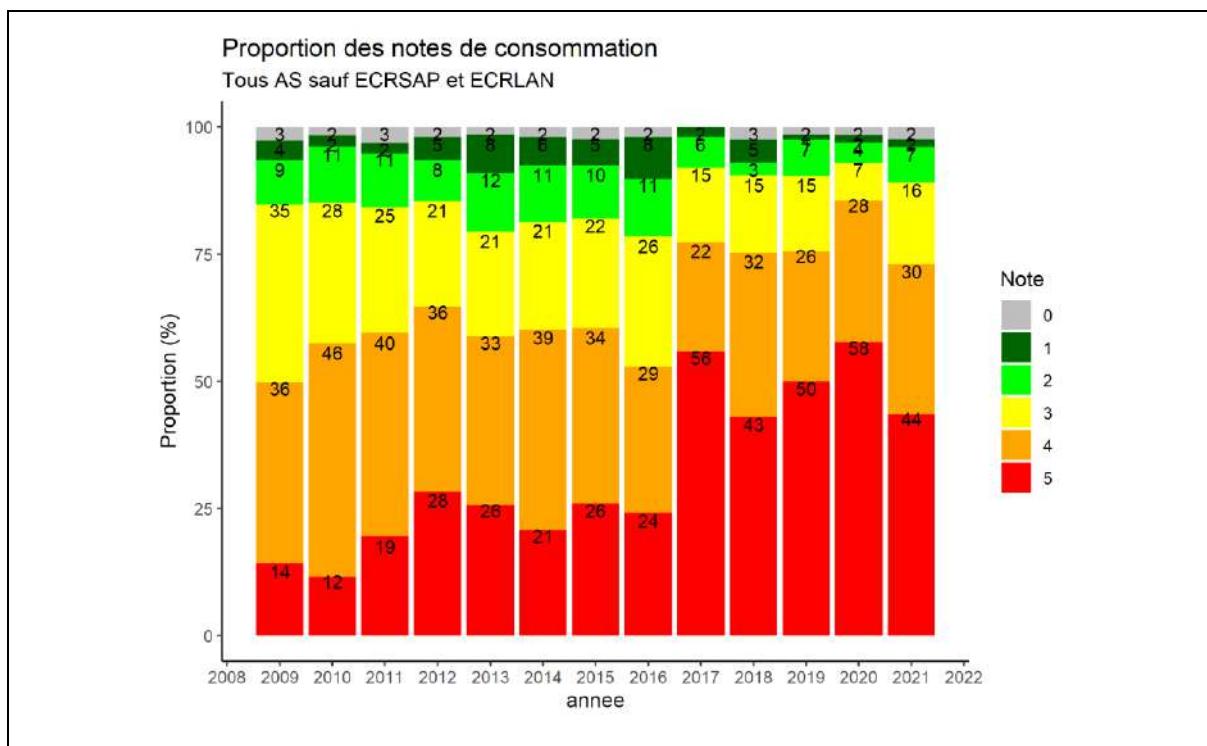


Figure 45 : Proportion des notes de consommation sur les alpages sentinelles du PNE. Alpages considérés : tous sauf ECRSAP et ECRLAN.

A l'échelle individuelle (Figure 46), **cette tendance à la hausse se retrouve pour les alpages de Chaillol, Crouzet, Grande Cabane, Lanchâtra** (probablement tirée par la réorganisation de la gestion induite en 2020 par le fort impact de la prédateur) **et la Ponsonnière**. Elle n'apparaît pas significative sur les alpages du Distroit, Rouanette, le Sappey et Surette.

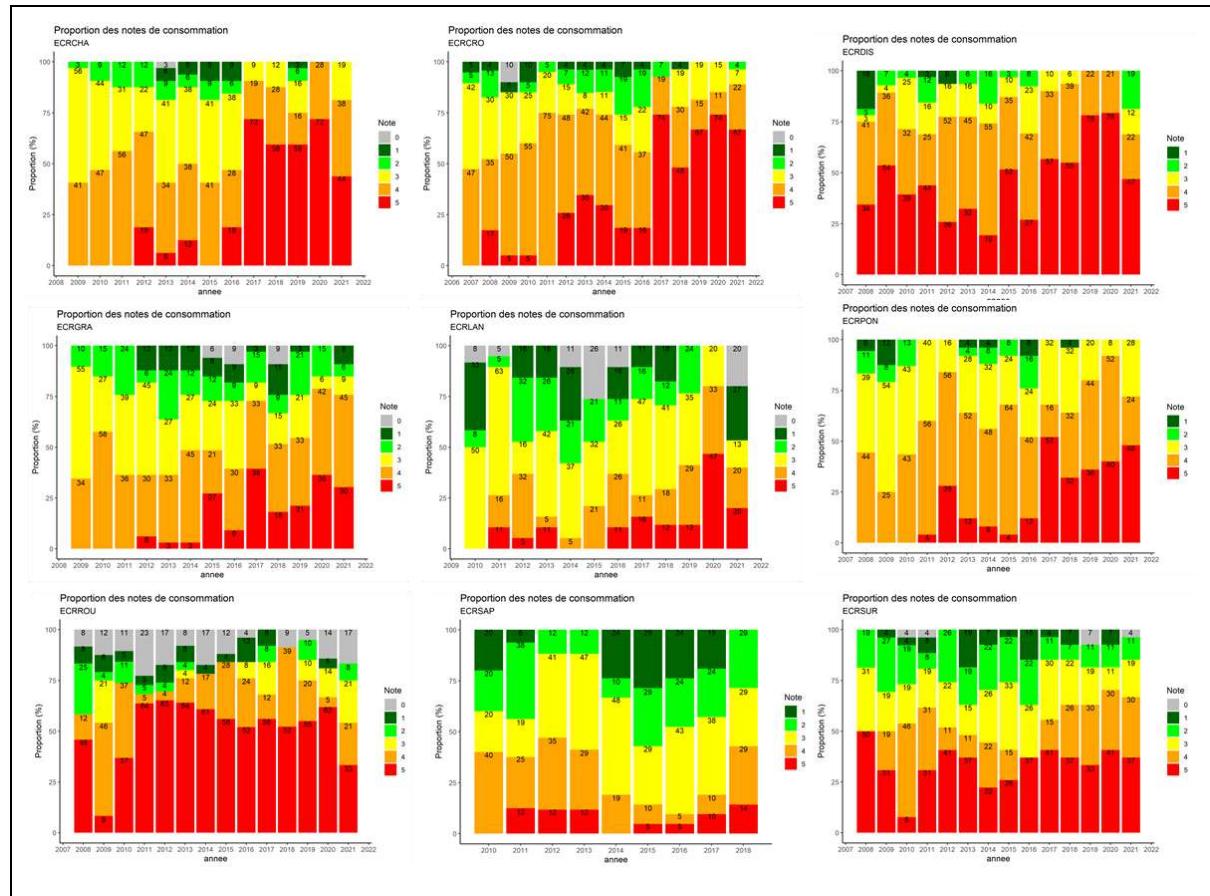


Figure 46 : Proportion des notes de consommation par alpage sentinelle.

Trois points sont essentiels à souligner :

- L'augmentation de la proportion de notes de niveau 5 n'est **pas synonyme de dégradations sur l'alpage**,
- **Le protocole n'a pas connu d'évolution majeure** dans les dernières années de mise en œuvre (ce qui aurait pu expliquer 'un changement de regard' sur les niveaux de consommation des végétations),
- Les stations de suivi auxquelles sont associées ces notes ne couvrent **pas forcément tous les secteurs de l'alpage**. Les changements lus doivent donc s'interpréter avec précaution.

En conclusion, ce qui est traduit par les évolutions de notes de consommation, ce sont **des modifications dans les dynamiques de mobilisation des différents secteurs de l'alpage**, visibles notamment à partir de 2017.

IV. Analyses intégrées

1. Croisements des données quantitatives toutes années confondues

Les analyses précédentes ont montré :

- **Une forte variabilité interannuelle de la production en première pousse mais pas de tendance d'évolution** (à l'échelle des analyses réseau, ces variations sont de l'ordre de +/- 20% en année 'normale', et de +/- 50% en année extrême),
- **Pas de tendance d'évolution globale mais des différences entre alpages en termes de chargement animal total,**
- **Un signal d'accroissement du taux de consommation des végétations au cours du temps**, signalé par la hausse de la proportion de notes de niveau 5.

Nous avons cherché à savoir si ces différents indicateurs présentent des co-variations détectables statistiquement, globalement et à l'échelle de chaque alpage.

Le bilan sur l'ensemble des alpages suivis (sauf ECRSAP et ECRLAN) est présenté Figure 47 et les valeurs individuelles en Figure 48. L'analyse statistique de la série de données permet de conclure que l'on ne détecte **pas de lien d'explication significatif entre ces facteurs** sur les alpages sentinelles du PNE sur les années de suivi, considéré collectivement comme individuellement par alpage. Les croisements d'indicateurs deux à deux ne donnent pas non plus lieu à des relations significatives (ex. biomasse / chargement ou encore chargement / notes de consommation).

Cette conclusion vient notamment du fait que **l'estimation de la hauteur d'herbe en 1ère pousse sur les stations de suivi n'équivaut pas à une estimation de la ressource disponible sur un alpage**. En effet, les mesures réalisées sur chaque alpage ne couvrent pas forcément toute la diversité des milieux présents et ne représentant pas non plus leurs proportions respectives. De plus, la repousse n'est pas captée par cet indicateur alors qu'elle représente une part importante de la ressource consommée sur l'alpage.

Ce résultat souligne que les protocoles analysés ici n'ont **pas été conçus pour créer des modèles quantitatifs globaux** des relations entre végétations, pratiques pastorales, exploitations et climat.

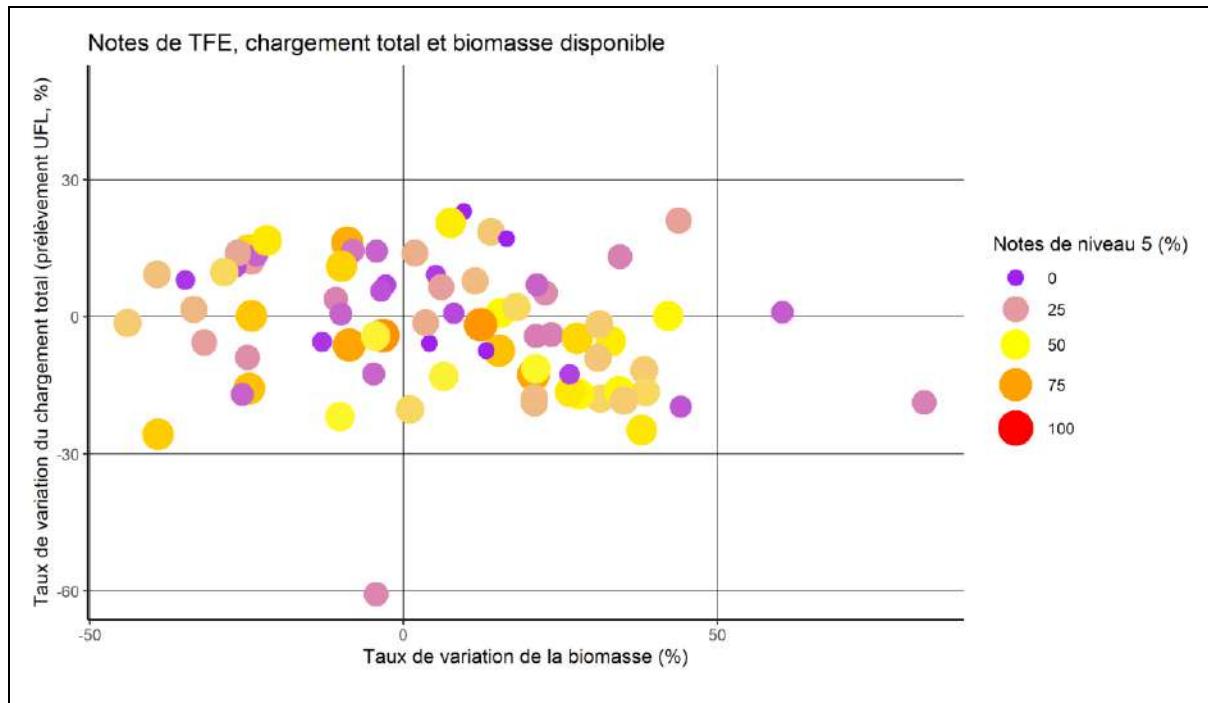


Figure 47 : Co-variation de indicateurs de biomasse disponible en première pousse, chargement total et proportion de notes de consommation de niveau 5, tous alpages et toutes années de suivi. Les valeurs de chargement et de biomasse sont exprimées en taux de variation par rapport aux valeurs moyennes de chaque alpage.

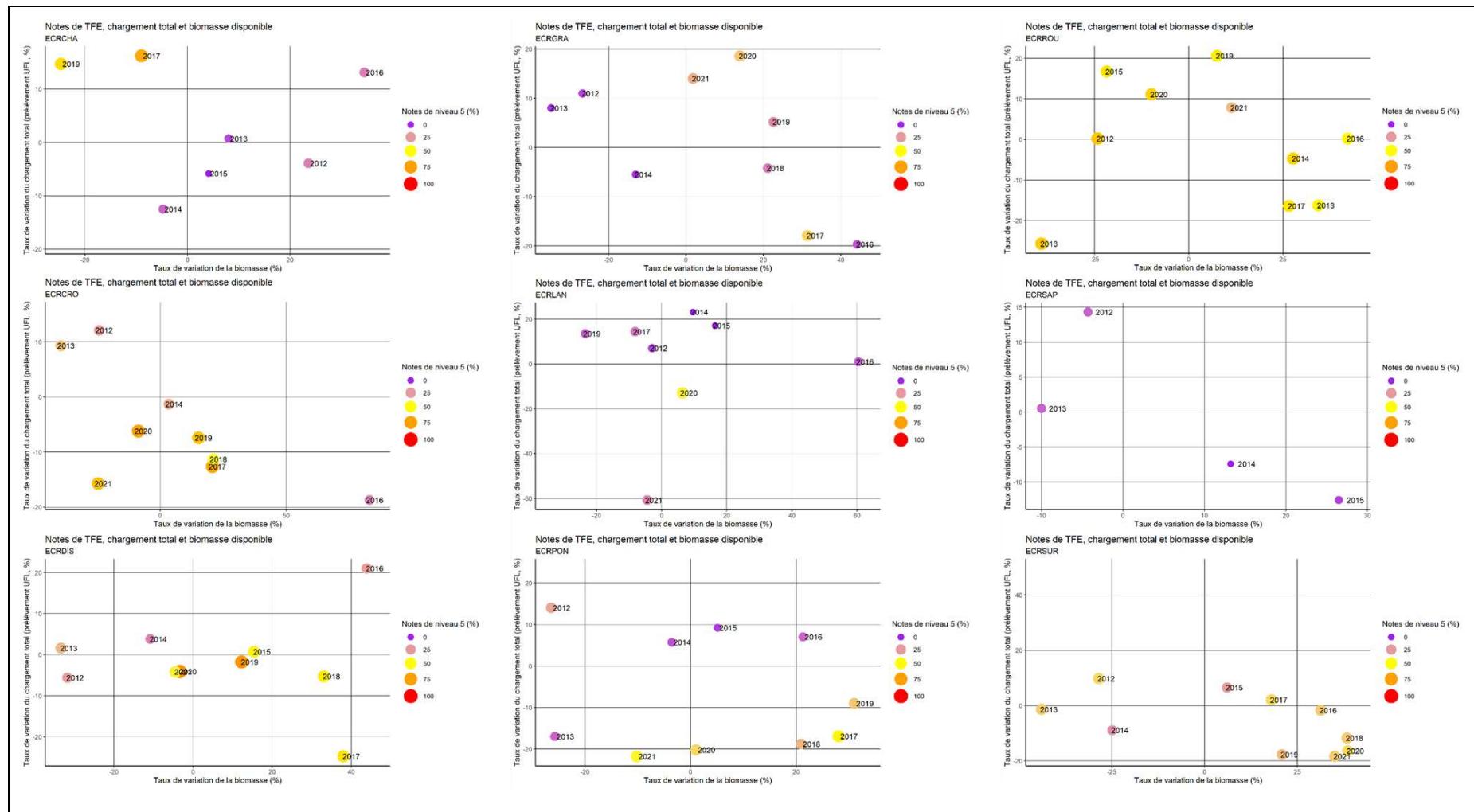


Figure 48 : Co-variation de indicateurs de biomasse disponible en première pousse, chargement total et proportion de notes de consommation de niveau 5, par alpage et sur toutes les années de suivi. Les valeurs de chargement et de biomasse sont exprimées en taux de variation par rapport aux valeurs moyennes de chaque alpage.

2. Relations entre facteurs météorologiques et données de pratiques pastorales

Une analyse en composantes principales menée à titre exploratoire pour croiser données météorologiques et données de pratiques pastorales n'a pas mis en évidence de lien évident entre ces deux aspects (analyse non reprise dans ce document). Autrement dit, **les variables 'pratiques' sont mal expliquées par les variables 'météorologiques' lorsqu'on les considère dans leur ensemble**.

De ce fait, nous avons cherché à explorer si des années météorologiques marquantes induisaient des réponses particulières en termes de suivis de pratiques, en prenant l'exemple des années 2013 et 2017. La Figure 49 fait le bilan des données croisées sur ces deux années, et met en avant les faits marquants identifiés. Ce focus souligne **la diversité des réponses enregistrées sur les différents alpages sentinelles** une année donnée. Il met aussi en avant **la forte plus-value des discussions menées avec les éleveurs et berger**s, qui permettent de renseigner la diversité des adaptations réalisées ainsi que d'identifier les facteurs qui ont rendu ces adaptations nécessaires ou possibles.

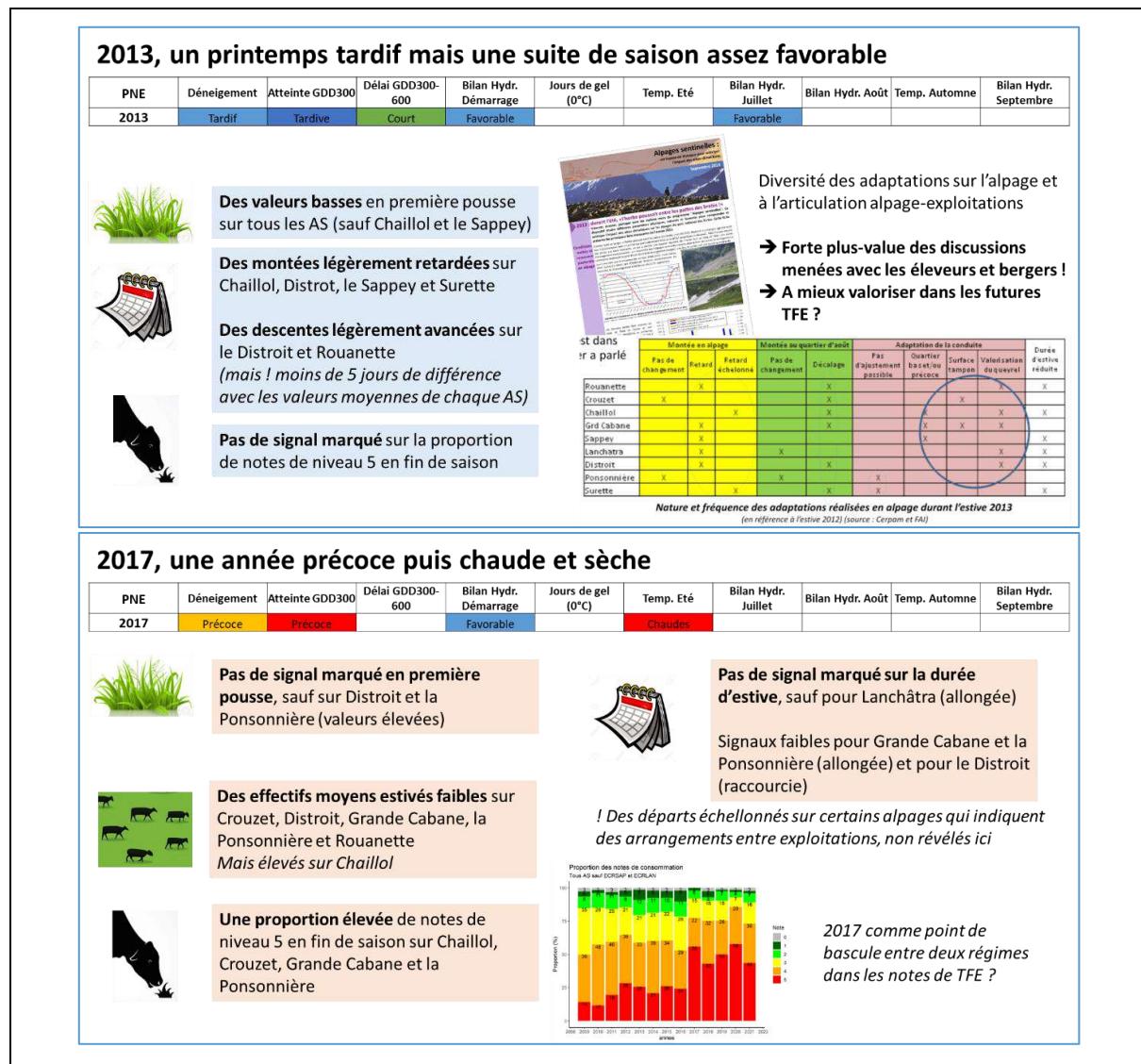


Figure 49 : Relations croisées entre facteurs météorologiques et suivis des pratiques pastorales en 2013 et 2017.

3. Arbre de réflexion : niveaux de vigilance face au changement climatique

L'ensemble du travail réalisé nous a amené à analyser les **données quantitatives**, permettant de mettre en lumière des années ou situations particulières, au prisme de l'**expertise de terrain** des membres du groupe de travail. Ces apports qualitatifs se sont avérés indispensables pour identifier des facteurs explicatifs des situations individuelles, en termes de caractéristiques biophysiques des alpages, de spécificités de gestion de chaque troupeau ou encore de capacités d'adaptation des éleveurs selon leur cas particulier.

Ces différents récits ne sont pas repris dans ce rapport mais ils ont permis d'élaborer progressivement une arborescence de réflexion plus générique qui permet d'identifier des niveaux de vigilance différents par rapport à **l'évolution de l'alpage dans un contexte de changement climatique** (Figure 50).

Cette arborescence n'est pas exhaustive quant aux questions à se poser pour raisonner un cas particulier, elle donne des repères de base pour situer un alpage face à la problématique du changement climatique, avant d'aller plus loin via des informations spécifiques (gestion individuelle ou collective, complémentarité entre exploitations sur un même alpage, autres marges disponibles sur les exploitations, ...). De plus, la situation sur un alpage donné est dynamique et peut évoluer au fil des années et des décisions de gestion.

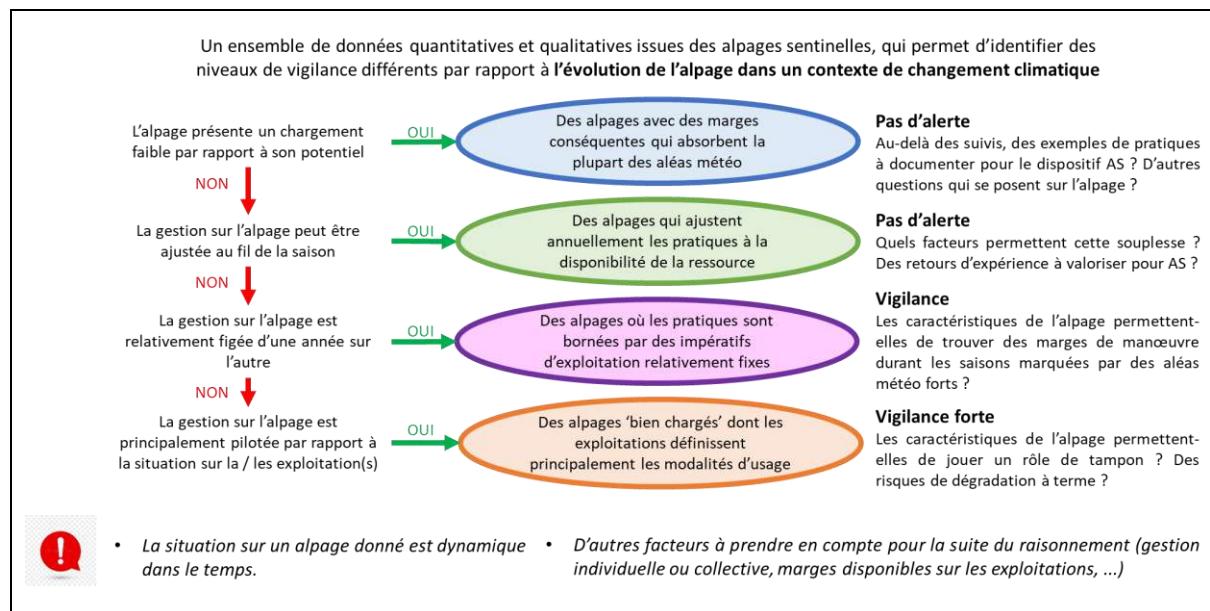


Figure 50 : Arborescence de réflexion : premières pistes pour identifier des niveaux de vigilance différents par rapport à **l'évolution de l'alpage dans un contexte de changement climatique**.

V. Bilan et messages-clés

Ces analyses ont été menées spécifiquement sur le PNE à partir d'indicateurs établis à l'échelle du réseau alpin.

Ce travail a été l'occasion de rappeler que **ces suivis n'ont pas été conçus comme des outils de pilotage** pour la gestion de chaque alpage. Ils n'ont pas non plus vocation à renseigner des modèles quantitatifs globaux des relations entre végétations, pratiques pastorales, exploitations et climat, car **ils ont été établis indépendamment pour répondre à des questions spécifiques**.

Ceci étant, les résultats acquis indiquent que **les protocoles de suivi mis en place permettent de répondre progressivement aux questions initiales du réseau**. Ils soulignent également le rôle des alpages sentinelles comme supports **d'observations quantitatives et qualitatives** et comme **potentielles alertes** sur des cas contrastés.

Six messages clés issus de ce travail sont synthétisés ci-dessous :

Messages-clés des analyse de suivis Alpages Sentinelles sur le Parc National des Ecrins

1. **Le contexte des alpages du PNE est marqué par une forte variabilité interannuelle**, visible par exemple à la lecture des indicateurs agroclimatiques et des indicateurs liés aux ressources pastorales.
2. **Les situations individuelles entre alpages sentinelles sont contrastées**, ce qui souligne l'importance de capter les histoires individuelles comme autant de facteurs explicatifs des données enregistrées.
3. **La plupart des impacts liés à des aléas météorologiques a pu être absorbée** par les systèmes d'élevage et/ou les milieux, jusqu'ici.
4. Dans les facteurs explicatifs des décisions de gestion, **les facteurs d'influence non climatiques sont souvent prépondérants** jusqu'ici, notamment l'effet individuel des berger et l'effet des modifications liées à la prédation par le loup.
5. **On ne détecte pas d'évolution tendancielle de la présence pastorale en alpage** en termes de calendriers et d'effectifs, globalement sur les alpages sentinelles suivis, jusqu'ici. Des variations individuelles sont identifiées sur certains alpages pour certains indicateurs.
6. **On identifie des signaux d'alerte précoce** sur deux points principalement :
 - **Un taux de consommation de la ressource pastorale qui tend à augmenter globalement** et qui traduit *a minima* des réorganisations dans la mobilisation des alpages,
 - **Certaines situations à faible flexibilité de gestion et peu de marges** face au changement climatique pour préserver les milieux et les troupeaux sur certains alpages.

Ces analyses ont ouvert également des questions et perspectives nouvelles qui pourront se mettre en place dans d'autres cadres suite à ce travail :

- **A l'échelle du PNE :**
 - Un approfondissement sur un alpage test pour travailler à l'échelle des quartiers ?
 - Des retours d'expérience ou des accompagnements complémentaires à mener sur certains alpages sentinelles ?
 - De possibles évolutions à renseigner à court terme suite à l'année choc 2022 ?
- **A l'échelle du réseau alpin :**
 - Quelle est la situation sur les autres territoires / alpages sentinelles ? Les messages-clés sont-ils les mêmes ?
 - Le réseau souhaite-t-il progressivement faire évoluer les questions qui se posent et les suivis qui en découlent ?