INSTITUT DES GEOSCIENCES DE L'ENVIRONNEMENT

CNRS - Université Grenoble Alpes
OBSERVATOIRE DES SCIENCES DE L'UNIVERS - GRENOBLE

BP 96, 38402 SAINT MARTIN D'HERES CEDEX
TEL : 04.76 82.42.00

GLACIER DE GEBROULAZ
2022

Rapport annuel pour le Parc de la Vanoise

Delphine SIX, Christian VINCENT et Olivier LAARMAN

Remplacement des balises sur le Glacier de Gébroulaz (cliché de G. Chagnaud, 22 août 2022)

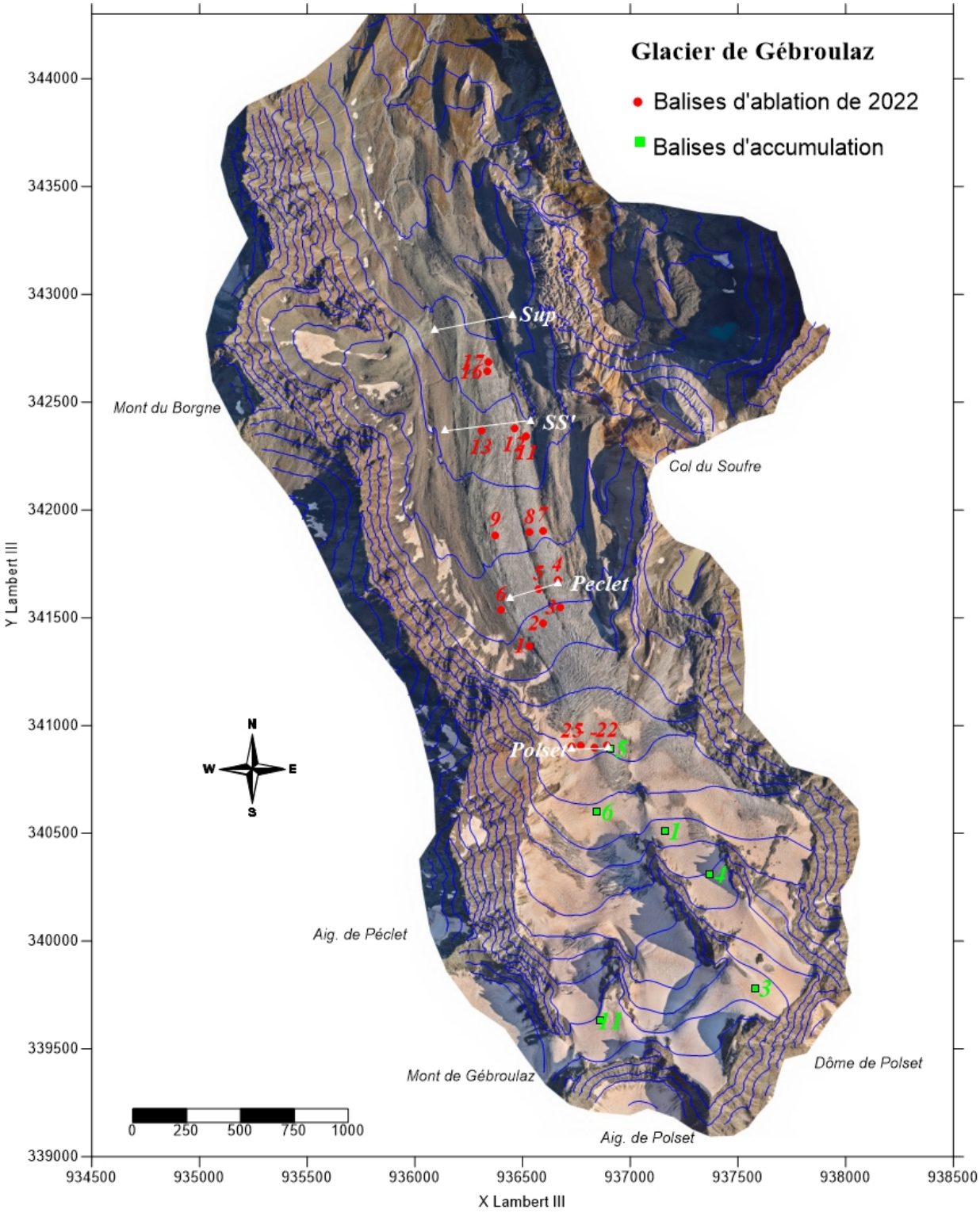

Figure 1 : Carte du glacier de Gébroulaz obtenue à partir du levé LIDAR aérien et de l'orthophotographie de 2021 (IGN Lambert III). Sont reportées les balises d'ablation (en rouge) implantées en 2022 et les sites de carottage (en vert), mesurés en 2022. Les 4 profils transversaux de la zone d'ablation sont représentés sur cette figure du plus haut au plus bas: Polset, Peclet, Supreme (ou SS') et Supérieur.

I. Campagnes de mesures en 2022

L'IGE (*Institut des Géosciences de l'Environnement*, CNRS-UGA, Grenoble) réalise depuis de nombreuses années le suivi du glacier de GEBROULAZ pour le compte du Parc National de la Vanoise (PNV). La subvention annuelle en cours entre IGE et le PNV couvre une durée de 3 ans à compter de 2022 (rendus des rapports annuels aux 31 décembre 2022, 2023, et 2024).
Très classiquement dans ce rapport 2022, nous rassemblons l'ensemble des observations glaciologiques de l'année en cours, ainsi qu'un historique des observations présentant l'évolution de l'état du glacier au cours du temps.
Le suivi du Glacier de Gébroulaz par l'IGE a été mené en 2022 au cours de trois campagnes de terrain entre mai 2022 et octobre 2022. Cette année, nous avons entièrement réinstallé le réseau de balises dans la zone d'ablation, la dernière implantation datait de 2020.
Les participants à ces mesures, du printemps à l'automne, sont du personnel de l'IGE : Bruno Jourdain, Olivier Laarman, Delphine Six, Victor Chagnaud, Victor Ramseyer, Adrien Gilbert, Thomas Condom, Olivier Gagliardini. Le traitement des données et la rédaction du rapport ont été réalisés par D. Six, O. Laarman et C. Vincent à l'automne 2022.

Les différentes campagnes se sont déroulées ainsi :

. Le 12 mai 2022, pour les mesures de bilans hivernaux sur tout le glacier. Cette mission a été opérée par 5 agents en 1 journée. En zone d'accumulation, 6 carottages ont été effectués (voir points verts de la carte de la *Figure 1*) pour obtenir les hauteurs de neige hivernale. Ces hauteurs de neige sont ensuite converties en hauteurs d'eau grâce aux profils de densité que nous réalisons sur place (mesures du volume et de la masse des carottes de neige). En zone d'ablation, nous avons estimé la hauteur de neige par sondage, que nous convertissons également en hauteur d'eau. Chaque sondage est réalisé aux emplacements des balises d'ablation enfouies sous la neige à cette époque de l'année. Vingt et un sondages ont ainsi été réalisés dans la zone basse du glacier. Aucun carottage n'a été réalisé en zone d'ablation pour réaliser une mesure de densité qui a donc été déduite de carottages réalisés plus haut sur le glacier. Les résultats de ces mesures sont donnés en *Annexe XI*.

. les 22 et 23 août 2022, pour le relevé de l'émergence du réseau de balises des zones d'accumulation et d'ablation. C'est à cette occasion que nous avons pu replanter l'ensemble du réseau de balises dans la zone d'ablation (points rouges sur la *Figure 1*). Pour se faire, nous avons eu l'autorisation du Parc et de la commune de Pralognan pour approcher au plus près du refuge de Peclet-Polset en voiture. Nous avons eu un accueil très agréable et très facilitant au refuge. Enfin, un agent du Parc (Maxime Chaussinand) nous a accompagné sur le terrain, après des échanges fructueux avec Nicolas Gomez.
Ces balises ont été implantées grâce à une tarière métallique (5 jalons en bois de 2m chacun, reliés par une chainette). Les photos ci-dessous illustrent cette mission. Nous avons également redescendu une grande quantité de balises anciennes. Les balises en bois non descendues ont été regroupées en 2 endroits, au front du glacier et sur la moraine en rive droite, afin d'être redescendues lors de la journée de nettoyage organisée par le Parc le 16 septembre 2022. L'ensemble de cette opération a été réalisée par 5 agents de l'IGE sur 2 jours.

Au cours de ces journées, nous avons également réalisé les mesures topographiques classiques : vitesses du glacier (grâce aux déplacements mesurés des balises, voir les résultats *section IV*, variations d'épaisseur pour les 4 profils en travers du glacier (voir les profils en blanc sur la carte de la *Figure 1* (nommés Polset, Péclet, suprême (SS') et supérieur) et résultats *section III* et position du front (*section V*). Ces mesures sont réalisées à l'aide d'un GPS différentiel bi-fréquence. Les résultats annuels sont comparés aux années précédentes dans des graphiques afin de suivre l'évolution du glacier. Des tableaux en annexes regroupent les résultats depuis le début des observations.

. Enfin, le 5 octobre 2022 pour une dernière mesure des émergences des balises à la fin de la saison hydrologique afin de déterminer les bilans de masse annuels en fin de saison d'ablation en chaque point du glacier. Cumulant les valeurs d'accumulation mesurées au printemps aux bilans annuels, nous pouvons en déduire, en tout point, la fonte estivale sur le glacier (voir *section II*). Ces émergences ont été relevées dans toute la zone d'ablation du glacier et également en zone d'accumulation. 2 personnes de l'IGE ont été mobilisées à la journée pour cette mission.

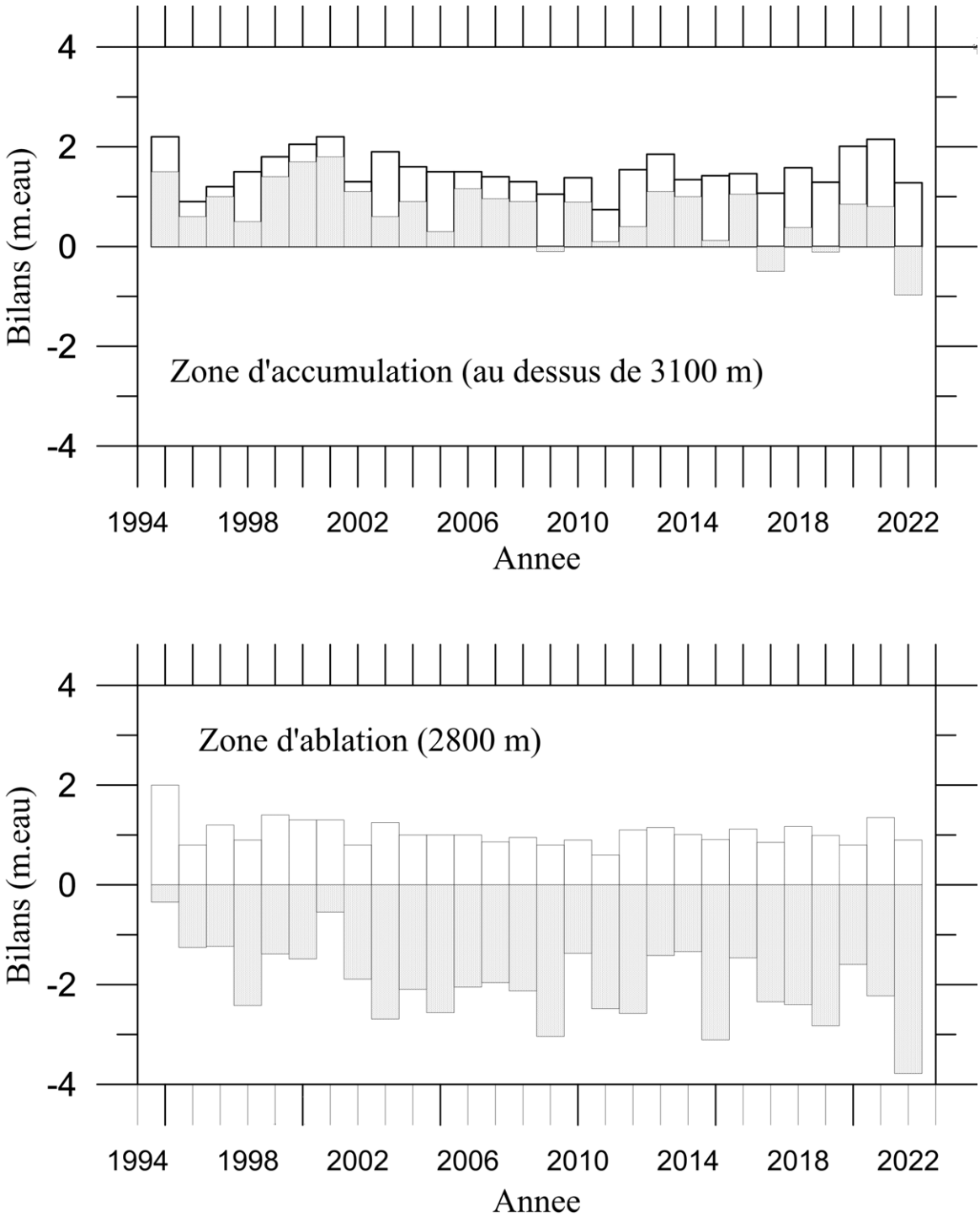

Figure 2: Bilans annuels (en gris) observés sur le glacier de Gébroulaz depuis 1994/1995 en zone d'accumulation (graphe du haut) et en zone d'ablation (graphe du bas). En zone d'accumulation comme en zone d'ablation, les bilans hivernaux (en blanc) sont représentés à partir de l'ordonnée zéro. Pour la zone d'accumulation, le bilan estival est la différence entre la partie blanche et la partie grisée. Pour la zone d'ablation, le bilan estival est la somme algébrique de la partie blanche et de la partie grisée (bilan annuel négatif). De cette façon, la partie grisée représente en zone d'accumulation la quantité de neige restante à la fin de la saison hydrologique (pour les années 2008/2009, 2016/2017, 2018/2019 et 2021 /2022, le bilan de masse est négatif dans la zone d'accumulation au dessus de 3100 m) et en zone d'ablation la quantité de glace disparue.

II. Bilans de masse de l'année 2022

a. Bilan hivernal

Pour rappel, en ce qui concerne la mesure du bilan hivernal, nous procédons comme suit : en zone d'accumulation tout d'abord, nous réalisons chaque année 6 carottages à l'aide d'un carottier PICO (*Figure 1,* points verts et *Annexe XI* pour les mesures de hauteur de neige en chaque point). Les carottages permettent d'observer la stratigraphie du manteau neigeux et de reconnaître le névé (ou la glace) des années antérieures. Ils permettent également de mesurer la densité du manteau neigeux (et donc donnent accès à l'équivalent en eau) à partir de la mesure de la masse et du volume des carottes. En zone d'ablation, nous mesurons les accumulations de neige aux sites des balises d'ablation (points rouges de la *Figure 1*). Ces balises sont invisibles au mois de mai lors de la campagne de carottages (elles sont enfouies sous la neige) mais elles ont été localisées à l'aide d'un instrument GPS de navigation. Les bilans de masse hivernaux en zone d'ablation sont réalisés par sondages (avec une sonde à neige). Ces sondages sont utilisés uniquement en zone d'ablation dans la région du glacier où il n'y a pas de risque de confusion de la détection de la couche de l'année passée (puisque la surface de l'automne précédent est en glace). Certaines années, en zone d'ablation, ces observations sont complétées par un ou deux carottages qui permettent de mesurer la densité du manteau neigeux également dans cette région (ce ne fût pas le cas en 2022).

Les bilans hivernaux sont reportés sur la *Figure 2*, en zone d'accumulation du glacier d'une part (au dessus de 3100 m : sites de forage 11, 3, 4, 1) et en zone d'ablation d'autre part (vers 2800 m : balises 4, 5 et 6) depuis 1994. En 2022, en zone d'accumulation, au-dessus de 3100 m, la valeur de l'accumulation hivernale est d'environ +1.3 m d'eau (partie blanche de la *Figure 2*, en haut), valeur légèrement inférieure à la moyenne des 27 dernières années, qui est de +1.52 m d'eau (l'incertitude sur la mesure des bilans hivernaux est supérieure à 20 cm d'eau. La variabilité temporelle de l'accumulation hivernale est de 0.38 m d'eau). En zone d'accumulation, l'année hydrologique 2021/2022 se caractérise ainsi par un stock de neige hivernal plutôt déficitaire. La figure 2 montre également la très forte variabilité interannuelle de l'accumulation annuelle.

En zone d'ablation vers 2800 m, l'accumulation hivernale est de +0.9 m d'eau, très légèrement inférieure également à la moyenne qui est de + 1,05 m d'eau dans cette région.

b. Bilan estival

En zone d'accumulation, l'ablation estivale est mesurée grâce aux balises implantées au printemps dans les trous de carottages. En zone d'ablation, l'ablation est obtenue par la lecture de l'émergence de balises dans la glace dont le renouvellement du réseau s'effectue tous les 2 ou 3 ans sur Gébroulaz. Il avait été renouvelé en septembre 2017 et plus récemment le 16 juillet 2020. Comme précisé en *Section I*, nous avons remplacé ces balises les 22 et 23 août 2022. Quelques balises n'ont cependant pas réussi à se maintenir dans la glace au cours de cet été 2022 qui a été très long, très chaud, et très sec.

En zone d'accumulation, le bilan estival de 2022 est égal à -2.25 m d'eau, comparé à la moyenne de la période 1995-2022 qui est de -0.82 m d'eau. La fonte estivale, y compris dans ces régions de très haute montagne a donc été extrêmement importante, la plus forte observée depuis le début des

mesures dans cette zone d'accumulation en 1994. Jamais la fonte estivale en zone d'accumulation n'avait dépassé -1.5 m d'eau. Le bilan hivernal ayant été légèrement déficitaire également en zone d'accumulation, le bilan annuel 2022 dans cette zone du glacier, est très fortement négatif (-0.97 m d'eau). La moyenne des bilans depuis 1994 dans cette région est de +0.75 m d'eau (la valeur est positive car on est en zone d'accumulation). Cela signifie également que sur l'ensemble de la zone d'accumulation, toute la neige de l'hiver 2021-2022 a disparu, le glacier n'ayant donc pas pu reconstituer son stock de neige.

Dans la zone d'ablation vers 2800 m, le bilan estival est égal à -4.68 m d'eau, valeur, là encore, extrêmement négative, la plus négative de la période de mesure. La moyenne des bilans estivaux depuis 1994 est de -2.9 m d'eau. Associé à une accumulation également déficitaire, le bilan annuel dans cette région du glacier est de -3.78 m d'eau, valeurs encore bien plus négative que les années les plus déficitaires 2009 et 2015 pour lesquelles le bilan de surface annuel à cette altitude était de -3,0 et -3,1 m respectivement.

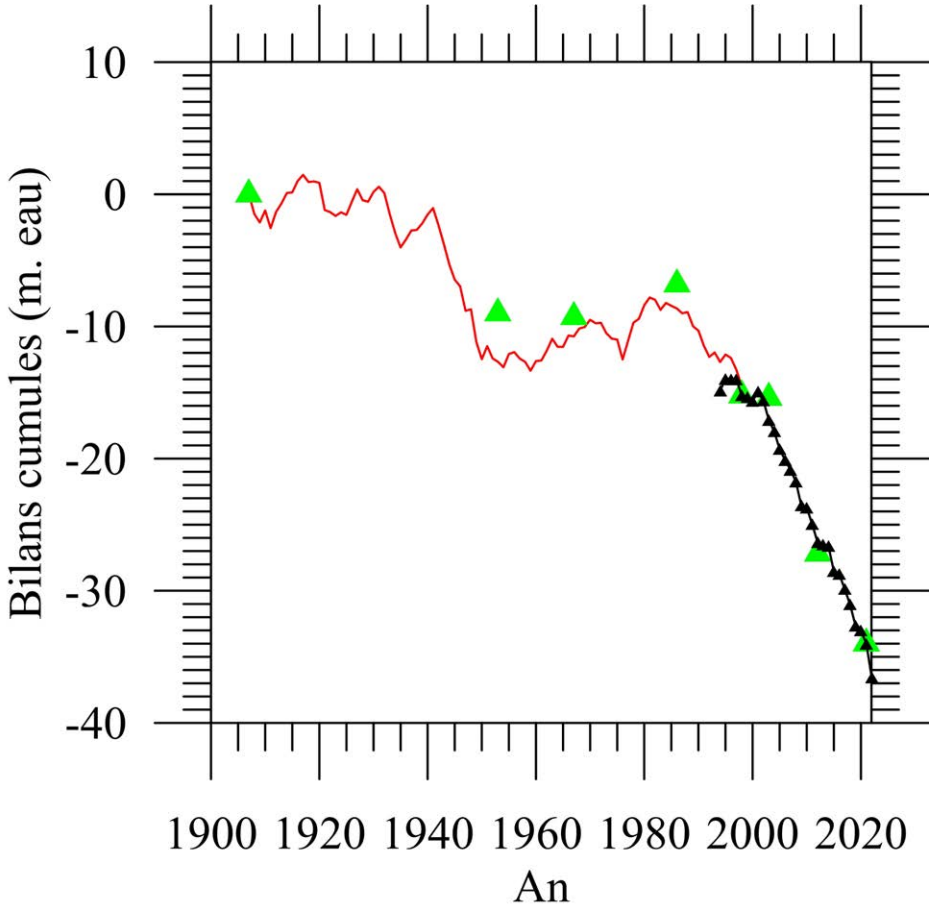

Figure 3 : Bilans de masse cumulés du glacier de Gébroulaz depuis le début du 20ème siècle. Ces bilans représentent la variation d'épaisseur moyenne sur l'ensemble de la surface du glacier, exprimée en mètres d'eau. Ainsi, le glacier de Gébroulaz a perdu l'équivalent d'une lame d'eau de 36.6 m d'eau depuis 1907. Les petits triangles représentent les résultats des mesures directes de terrain des bilans de masse ; les triangles plus larges représentent les résultats obtenus d'une part à partir des restitutions photogrammétriques réalisées par le LGGE (IGE) grâce aux clichés photogrammétriques aériens, d'autre part de la carte topographique du service géographique de l'Armée établie en 1905/1907. La courbe continue rouge résulte d'un modèle de calcul réalisé à partir des données météorologiques des stations de plaine ou de vallée (Précipitations de Besse en Oisans entre le 1er octobre et le 31 mai, et températures de Lyon entre 1er mai et le 31 septembre).

c. Bilan de masse annuel global du glacier

Le bilan de masse annuel du glacier est calculé à partir des observations de bilans mesurés dans la zone d'altitude 2700-2850 m et d'une analyse des variations de ces bilans dans cette zone. Pour faire ce calcul, nous utilisons un modèle de variations linéaires du bilan de masse : pour appliquer cette méthode, nous supposons que les variations temporelles du bilan de masse annuel sont similaires sur l'ensemble du glacier. Cette hypothèse a été validée sur plusieurs glaciers alpins. Ce modèle a le gros avantage de calculer des variations temporelles de bilans qui ne sont pas affectées par des observations ponctuelles manquantes. Ce type d'analyse permet d'obtenir ainsi une série temporelle de bilans de masse sur l'ensemble de la période de mesure. Le bilan de masse correspond à l'équivalent de la lame d'eau perdue (ou gagnée) sur l'ensemble de la surface.

Le bilan de masse de l'année 2021/2022 est extrêmement négatif, de -2.55 m d'eau, lié à des accumulations plutôt faibles, et des bilans estivaux très déficitaires liés à un printemps précoce, un été chaud, long et sec. Des dépôts de poussières sahariennes au printemps peuvent également avoir favorisé la fonte rapide de la neige printanière.
Le bilan annuel total du glacier est donc beaucoup plus négatif que le bilan annuel moyen sur la période 1994-2022, qui est de -0.77 m d'eau. Jamais le bilan n'avait dépassé les -2 m d'eau, la valeur la plus négative en 2015 était de -1.88 m d'eau. Nous avons donc un bilan 30% plus négatif que l'année la plus négative. Le bilan 2022 est 3 fois plus déficitaire que la moyenne des 27 dernières années.

d. Bilans de masse cumulés, par photogrammétrie et mesures lidar.

Grâce aux mesures lidar aéroportées de 2021, qui ont une précision décimétrique, nous avons pu recaler les bilans géodésiques sur différentes périodes. Ainsi, pour obtenir le bilan de masse cumulé de l'ensemble du glacier sur la période, nous utilisons les observations photogrammétriques de 1998 et 2003 et les observations lidar héliportées de 2012 et 2021, totalement indépendantes des mesures de terrain. Ces campagnes aériennes permettent d'obtenir des modèles numériques de terrain du glacier et les pertes d'épaisseur sur ces différentes périodes. Les bilans de masse cumulés depuis 1907 sont reportés sur la *Figure 3.* Ils indiquent une forte décrue depuis le milieu des années 80 avec une accélération de cette décrue depuis 2003. De 1995 à 2022, la moyenne des bilans est de -0.77 m d'eau/an ; depuis 2003, la perte moyenne s'accélère et s'élève à -1.04 m d'eau/an.
Depuis 1907, le glacier a perdu une lame d'eau de 36.6 m, soit 40.7 m de glace en moyenne sur toute sa surface (*Figure 3*). Bien sûr, les parties hautes du glacier perdent moins que les parties basses. Notons que sur les 35 dernières années (depuis le milieu des années 80), les dix années les plus déficitaires se situent après 2003. La couverture morainique de la langue atténue sans doute le déficit de masse du glacier mais il n'est probablement pas fondamental au vu de la comparaison entre les bilans obtenus à partir des balises (implantées dans les parties dépourvues de couverture morainique) et les bilans géodésiques qui prennent en compte la totalité de la surface du glacier.

III. Variations des épaisseurs aux profils transversaux

a. Historique des mesures de ces profils.

Les mesures de variations d'épaisseurs du glacier sont réalisées sur la langue glaciaire sur 4 profils transversaux indiqués sur les *Figures 1* et *6* (zoom sur le front et les profils les plus bas), à l'aide d'instruments de topographie GPS (récepteurs GPS différentiel bi-fréquence). L'altitude moyenne de chacun des profils est calculée à partir des points topographiques (GPS) relevés sur le terrain et la méthode dite « des aires » : entre les deux extrémités d'un profil transversal, fixées une fois pour toutes, l'altitude de chaque segment est pondérée par la distance de ces segments. On obtient donc une altitude moyenne (qui n'est pas une moyenne arithmétique) qui est indépendante de l'échantillonnage de points mesurés sur le terrain. Les altitudes sont reportées dans les tableaux de l'*Annexe III*.
Les variations d'altitude sont mesurées depuis le début des observations par les Eaux et Forêts en 1904 sur les profils inférieur et supérieur. On peut voir une large interruption entre 1954 et 1983, qui correspond par ailleurs à une période de crue du glacier. Le profil inférieur est totalement déglacé depuis 2002 suite au recul de la langue (illustré *Figure 5, en haut*). Le profil dit « suprême » et le profil dit « supérieur » sont mesurés depuis 1986. L'appellation du profil « supérieur » a été donnée par les Eaux et Forêts au début du 20ème siècle. Il se situe pourtant aujourd'hui dans la zone inférieure du glacier.
Les mesures sur les deux profils dit « Peclet » (à 2850 m) et « Polset » (à 3000 m) ont débuté en août 2007 pour compléter le suivi des variations d'épaisseurs du glacier dans des zones plus élevées de la zone d'ablation et pour rendre compte de la perte d'épaisseur en fonction de l'altitude.
Depuis 1993, nous avons rétabli l'ancien profil « Suprême SS' » (vers 2760 m d'altitude) des Eaux et Forêts à proximité du Col du Soufre. Ce profil avait été implanté en 1953 (au moment où le profil inférieur disparaissait). Ce profil a été aussi rattaché au réseau NGF (Nivellement Général de la France). L'altitude de 1986 est issue de la restitution photogrammétrique des clichés du 11 septembre 1986. Dans ce rapport, les altitudes sont calculées selon le système NGF (*annexe III*).

b. Variations d'épaisseur en 2022

Nous avons réalisé les mesures topographiques (épaisseurs, vitesses, position du front) les 22 et 23 septembre 2022. Les *Figures 4a, 4b* montrent la perte d'altitude de la surface glaciaire pour quelques années depuis le début des mesures, et pour 2022 (en rouge) le long des profils. Nous n'avons pu réaliser en entier le profil supérieur car il désormais coupé, lié au recul du front. Nous ne calculons donc pas la variation d'épaisseur sur l'ensemble du profil comme nous le faisions les années d'avant. Les variations d'altitude sont relativement homogènes d'une rive à l'autre du glacier. Les variations d'épaisseur dépendent à la fois des bilans de masse de surface et de la dynamique du glacier. Les valeurs de l'altitude moyenne de chaque profil sont ensuite calculées et reportées *Figure 5* (en haut). On note une homogénéité spatiale de la perte d'épaisseur depuis le milieu des années 90 pour les profils SS' et Supérieur.
Dans le tableau suivant, et pour chacun des profils, nous reportons les variations d'altitude depuis 2017. Nous observons des pertes d'épaisseurs en relation avec l'altitude :

	Polset	Peclet	SS'	Supérieur
2017	-0.6 m	-1.7 m	-2.6 m	-2.8 m
2018	-2.3 m	-2.1 m	-2.4 m	-2.5 m
2019	-0.9 m	-1.9 m	-2.3 m	-2.7 m
2020	-0.7 m	-1.3 m	-1.6 m	-2.0 m
2021	-0,1 m	-1,6 m	-2,5 m	-2,7 m
2022	**-1.9 m**	**-3 m**	**-3.2 m**	**/**

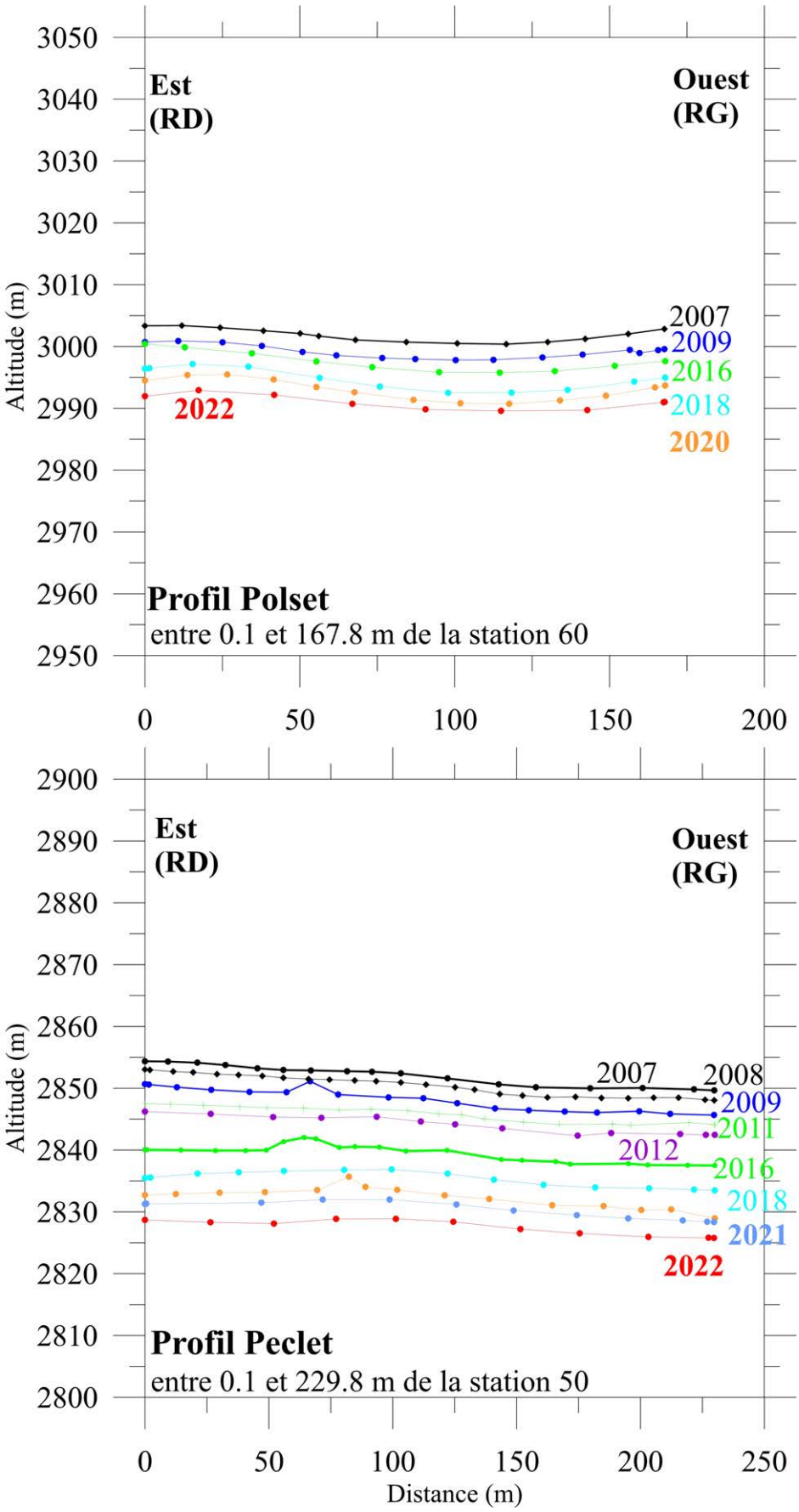

Figure 4a: Variations d'altitude aux profils Polset (3000 m d'altitude) et Peclet (2850 m d'altitude). La situation de ces profils est reportée sur la Figure 1. RD et RG signifient Rive Droite et Rive Gauche.

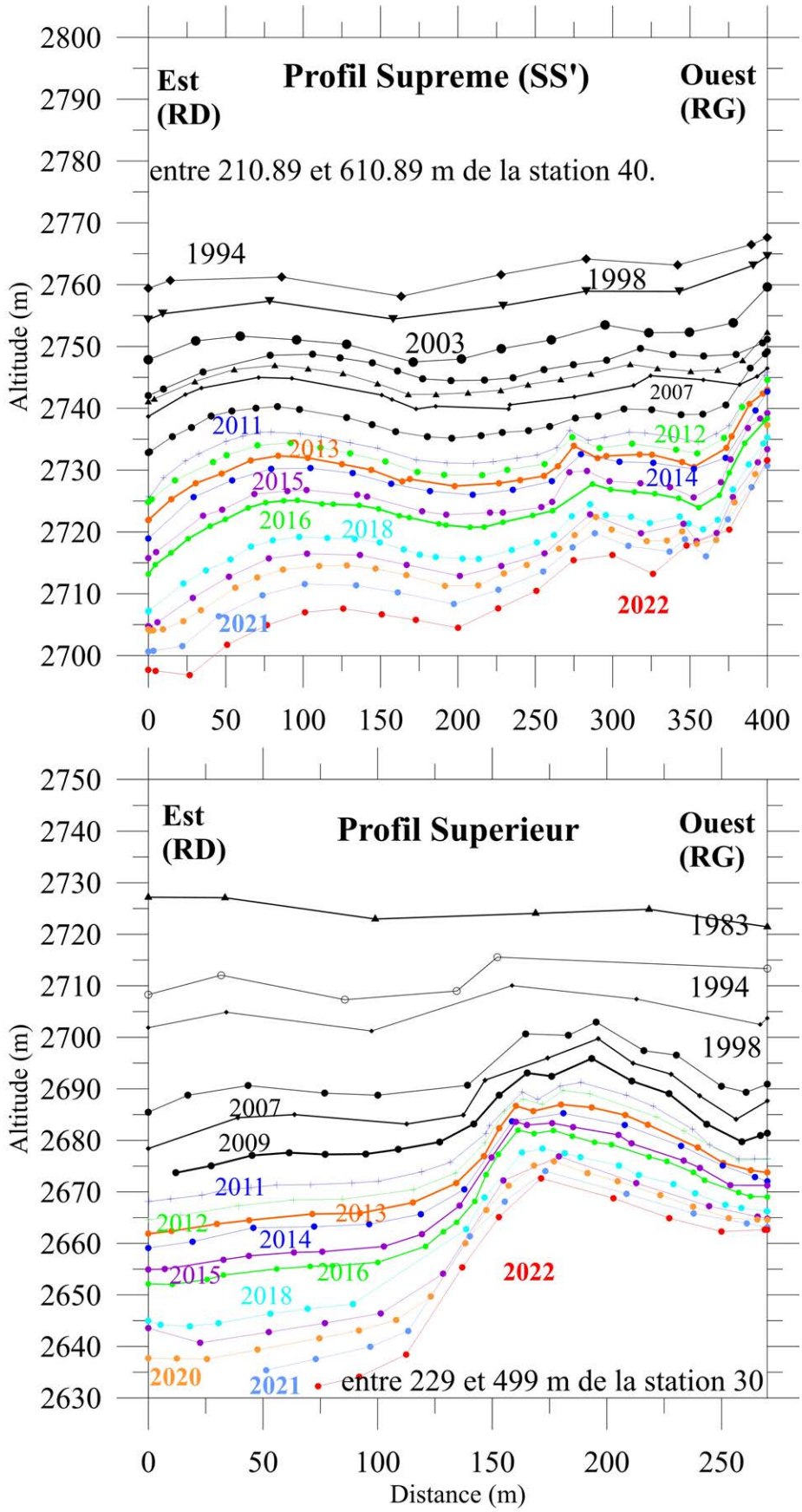

Figure 4b: Variations d'altitude aux profils Suprême et Supérieur (profils vus de l'aval). La situation de ces profils est reportée sur les Figures 1 et 6. RD et RG signifient Rive Droite et Rive Gauche.

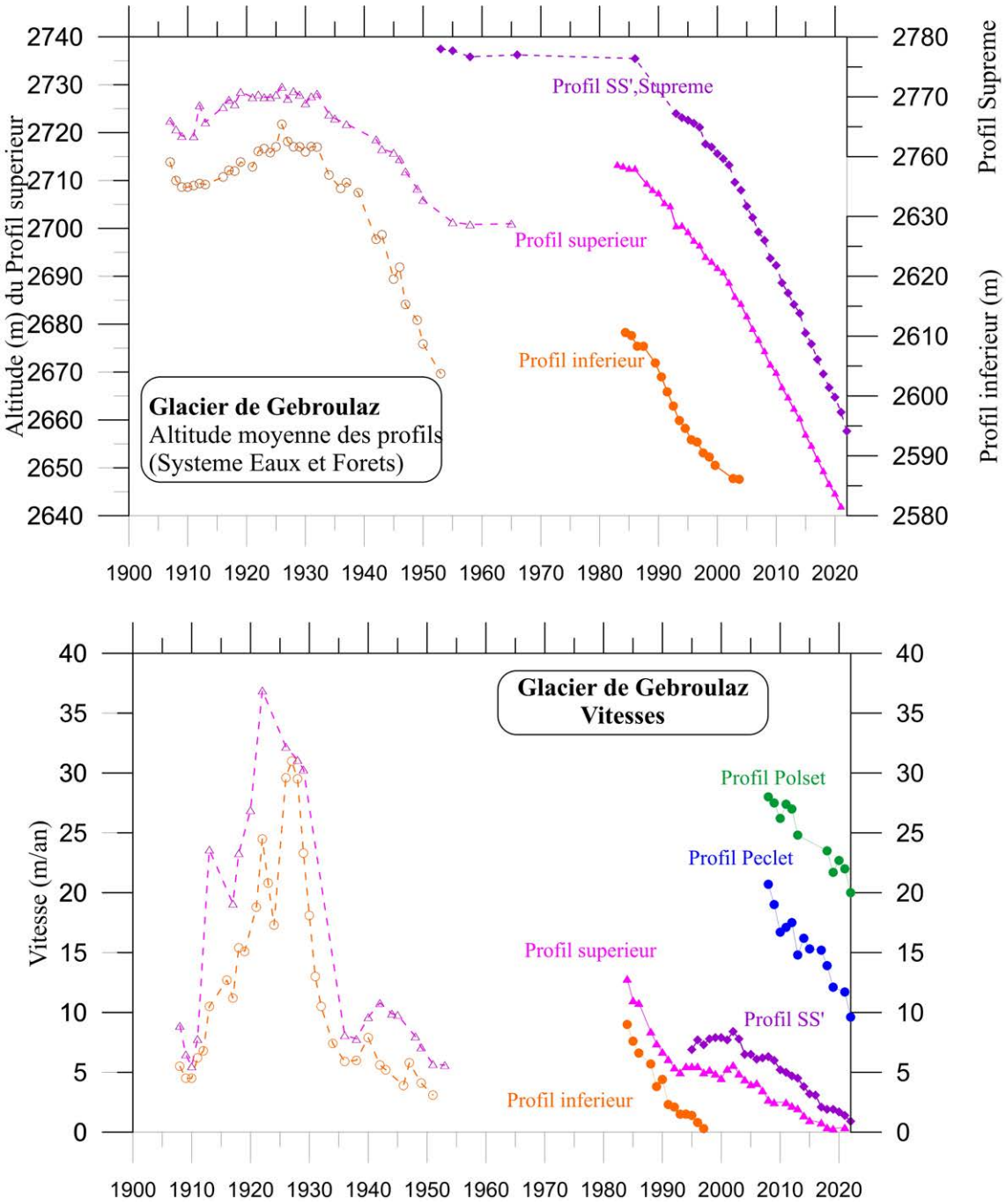

Figure 5 : Variations des épaisseurs aux trois profils transversaux Suprême, Supérieur et Inférieur (haut de la figure) et variations de vitesses sur ces trois profils (depuis 1983, les vitesses sont celles du centre du glacier) (bas de la figure). Les vitesses et altitudes moyennes des profils Peclet et Polset ne sont pas représentées sur cette figure. Les mesures entre 1907 et 1954 ont été réalisées par les Eaux et Forêt ; à partir de 1983, les observations ont été faites par le Laboratoire de Glaciologie de Grenoble (IGE). Il n'y a pas eu de mesures de vitesses sur le glacier entre 1954 et 1983. Les altitudes des profils inférieur et supérieur sont exprimées dans le système altimétrique des Eaux et Forêts, qui diffèrent de plusieurs mètres du système NGF (Cf. Tableaux de l'Annexe III).

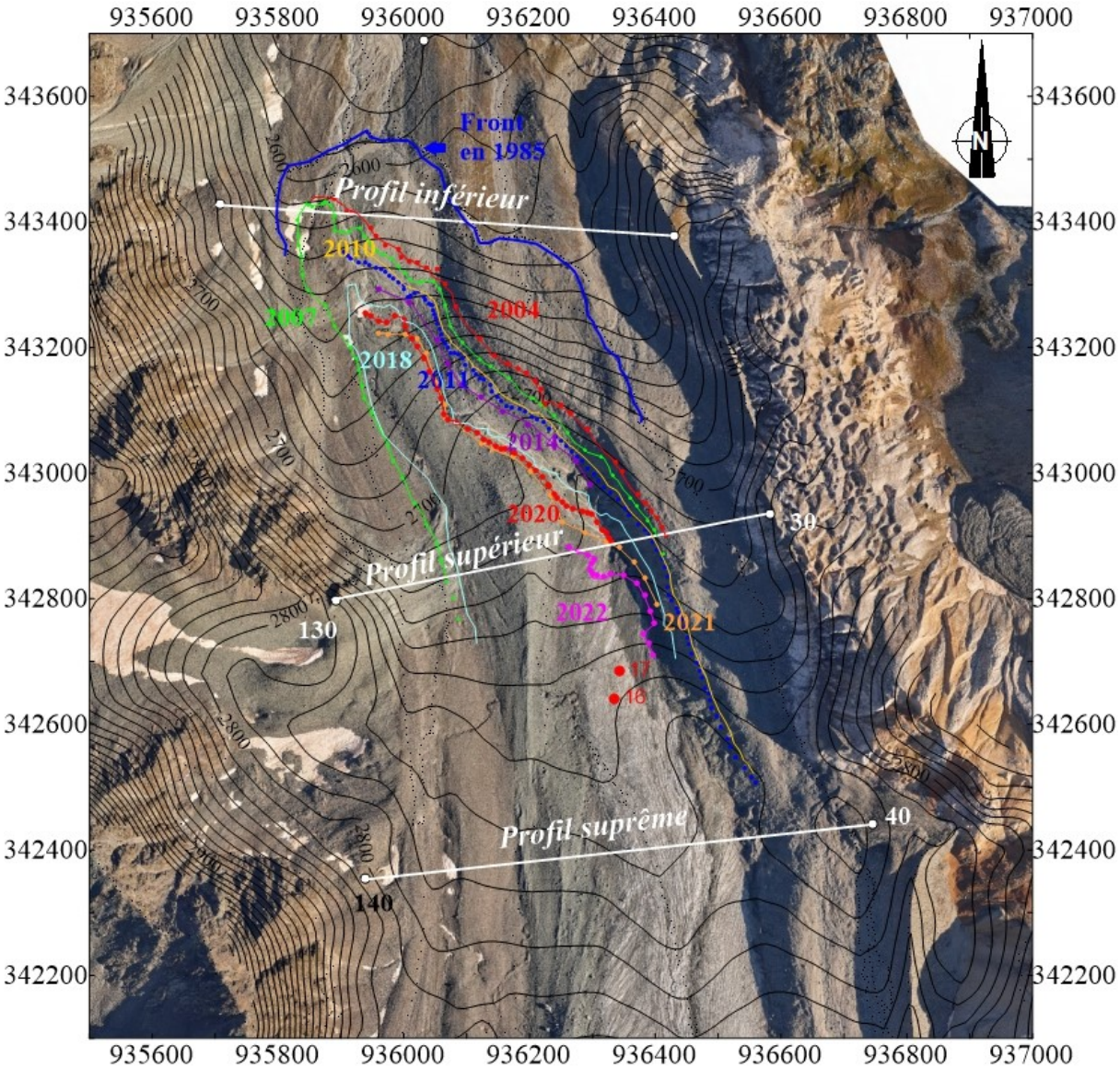

Figure 6 : Evolution du front du glacier depuis 1985. Localisation des balises d'ablation implantées en bas du glacier en 2022en rouge. Les trois profils transversaux du bas sont également représentés. En 2022, le front est représenté en rose et a été mesuré à partir de la rive droite jusqu'au torrent exutoire. En rive gauche, les éboulements de la moraine n'ont pas permis de se rapprocher du front. Dans cette zone du glacier, il est complexe de déterminer la glace active des moraines. La position du front est généralement donnée avec plusieurs mètres d'incertitude.

En 2022, il est compliqué de calculer l'altitude ainsi que la perte d'épaisseur sur la totalité du profil *Supérieur* car une partie du profil (en rive droite) n'existe plus (voir photo ci-dessous de la mesure sur le profil, à proximité du front du glacier). Si l'on se retreint à la rive gauche du glacier, là où la moraine protège le glacier (bosse sur la *Figure 4b* en bas. La distance d'application est alors calculée sur 200 m et non 270 m), alors la perte d'épaisseur est de -2.8 m.

Mesures topographiques du front du Glacier de Gébroulaz, Aout 2022 (crédit D. Six)

On note une très forte perte d'épaisseur sur chacun des profils en 2022, bien supérieure à ceux observés sur les dernières années, et ce, quelle que soit l'altitude du profil.

IV. Variations des vitesses d'écoulement du glacier

a. Méthode de mesures

Les vitesses d'écoulement en surface du glacier (*Figure 5,* bas de la figure) sont mesurées à partir du déplacement des balises au centre du glacier, à l'aide des instruments de topographie GPS différentiel. Ces déplacements sont calculés sur une année entière en m/an. Ils sont connus avec une précision de 5 cm environ ; en fait, la précision dépend de la matérialisation du point mesuré (la balise implantée dans le glacier), plutôt que la précision (millimétrique) de la mesure géodésique elle même. Toutes ces observations de vitesses sont reportées en *annexes I* et *XI*.

b. Résultats

En 2022, nous avons perdu certaines balises implantées en 2020 et qui n'ont pas tenu tout l'été dans la glace. Il est cependant possible de calculer les vitesses au profil Polset à partir des vitesses des balises 23 et 24, au profil Peclet, à partir de la balise 5 et au profil SS' à partir des balises 12 et 13. Il n'est plus possible de calculer de vitesse sur le profil Supérieur, le front se situant désormais au niveau de ce profil. D'une façon générale, le glacier ralentit, y compris en 2022 au profil Polset le plus haut (depuis plusieurs années, les vitesses du profil de Polset étaient stables depuis 3 ans, en concordance avec une diminution faible des épaisseurs à cette altitude, ce qui n'est pas le cas en 2022, perte d'épaisseur de quasiment 2 m). Les vitesses du profil Peclet et du profil Suprême

diminuent notablement. Celles du profil supérieur sont proches de zéro (0.3 à 0.4 m/an).
L'aspect chaotique des courbes de vitesses mesurées aux profils Polset et Peclet (*Figure 5*) sont à mettre en relation avec la localisation des balises utilisées pour estimer ces vitesses. En effet, la variabilité spatiale de la vitesse est importante dans ces deux régions et les estimations de vitesses ne sont pas déterminées exactement aux mêmes sites puisque les balises avancent avec l'écoulement du glacier et ne sont pas renouvelées chaque année.

V. Variations de la position du front

La détection de la présence de glace en rive gauche est très délicate puisque sur cette rive, le glacier est couvert d'une épaisse couverture morainique. Aussi, il est très difficile de délimiter sur le terrain le bord du glacier en rive gauche. L'estimation de la rive gauche reste donc subjective et on peut supposer que son évolution est lente, sous cet amas de débris.
En rive droite, la délimitation ne pose aucun problème puisque le glacier est dépourvu de débris morainiques.
En 2022, à cause de la réduction de longueur du glacier, de la présence d'un torrent émissaire à fort débit, et de chutes de pierre sur la moraine de la rive gauche, nous n'avons mesuré que quelques points sur la rive droite jusqu'au torrent (photo ci-dessus et *Figure 6*).
En 2018, nous avions recalculé les fluctuations du front depuis 1983 à partir d'une méthode de perte de surface sur une distance donnée en rive droite. Cette perte n'est pas forcément représentative de la perte en rive gauche. Avec cette méthodologie, nous avions estimé que le glacier avait reculé de 10 m entre 2018 et 2020.
En 2021, nous avons fait la mesure du front (ligne orange sur la *Figure 6*) mais nous n'avons pas refait d'estimation. Ces estimations de fluctuations de longueurs sont pertinentes à l'échelle de 5 ans environ puisque la langue glaciaire est dissimulée sous les rochers en rive gauche. Il en est de même pour 2022.
Depuis 1983 (maximum de la dernière avancée), le front a reculé de 240 m. Entre 1990 et 2020, le recul était égal à 180 m. C'est un recul modéré par rapport à d'autres glaciers *(Figure 7*), à nouveau en raison de la forte couverture morainique de la rive gauche.

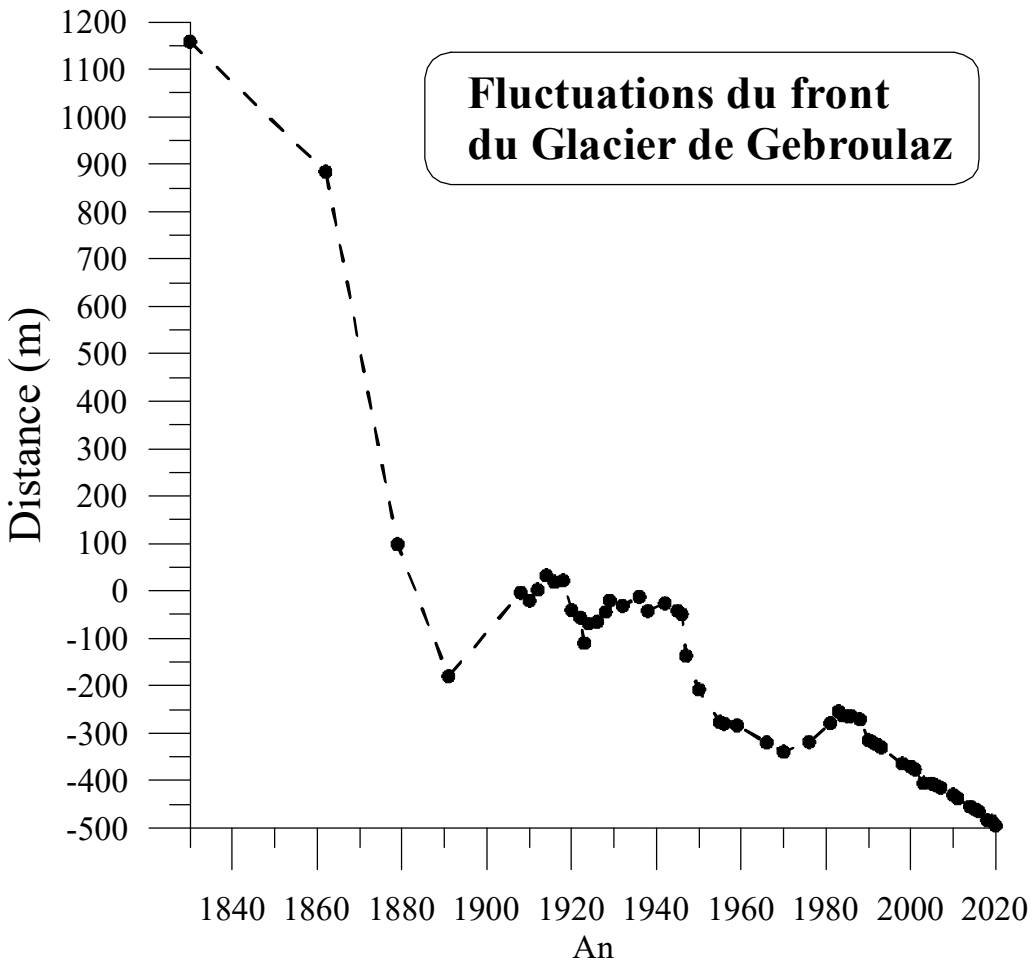

Figure 7 : Fluctuations de longueur du glacier de Gébroulaz depuis 1830.

VI. Conclusions

L'année 2022 se caractérise par un bilan de masse extrêmement négatif sur le glacier de Gébroulaz, avec une lame d'eau perdue de -2.55 m d'eau, soit plus de 3 fois la valeur moyenne du bilan sur la période 1994-2022 qui est de -0.77 m d'eau. C'est la valeur la plus déficitaire jamais mesurée sur ce glacier, liée d'une part à des bilans hivernaux inférieurs à la moyenne et à un bilan estival extrêmement négatif. Le manteau hivernal a très vite disparu au printemps, laissant vite apparaitre la glace. L'été 2022 a été long, chaud et sec. Tout comme sur les autres glaciers suivis dans le cadre de GLACIOCLIM (Mont-Blanc, Grandes Rousses et Ecrins), l'année 2022 restera donc une année de tous les records. Au-delà de cet été très chaud, il est à noter que sur tous les glaciers suivis, aucune zone d'accumulation n'a subsisté à la fin de l'été, à l'exception des zones très hautes (>3400 m sur le glacier d'Argentière).
Toutes les balises du glacier ont été réimplantées sur le glacier en août 2022. Nous avons été largement aidé par la logistique du refuge de Peclet-Polset (que nous remercions), les autorisations du Parc et la présence d'un agent du Parc.

Grâce à des mesures LIDAR aéroportées réalisées en 2021, nous avons pu déterminer les bilans géodésiques de ce glacier (variations de masse et de volume) sur l'ensemble de la série de mesures. Ainsi, nous avons « recalé » notre série de bilans mesurés « in-situ ». Le glacier de Gébroulaz a perdu une lame d'eau de 36.6 m depuis 1907 sur l'ensemble de sa surface et de 18.8 m d'eau depuis 1998. L'analyse les pertes de masse du glacier sur le siècle indique que le glacier perd de la masse depuis le milieu des années 80, avec de très courtes périodes de répit, et que cette perte de masse s'est accentuée après 2003. Dorénavant, les 10 années les plus négatives depuis 1985 se situent après 2003. En conséquence, le glacier ralentit et l'épaisseur diminue. En 2022, quelle que soit l'altitude, les pertes d'épaisseur sont importantes. En bas du glacier, le profil dit « Supérieur » est désormais très largement coupé puisque touchant le front du glacier.

Les observations du glacier de Gébroulaz sont essentielles dans le cadre des recherches sur les relations glaciers-climat et ce glacier fait partie d'un *Service d'Observation* national (GLACIOCLIM), reconnu par l'Institut National des Sciences de l'Univers (du CNRS) et le Ministère de la Recherche (http://glacioclim.osug.fr) et constitue l'une des plus longues séries d'observations dans les Alpes.
Le glacier de Gébroulaz est également intégré dans la base de données internationale du WGMS (*World Glacier Monitoring Service* de l'UNESCO) ainsi que dans le réseau CRYONET, programme du *Global Cryosphere Watch* (Organisation Météorologique Mondiale). Il fait partie aussi de la base de données de l'ONERC (*Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique*).

Le soutien du Parc de la Vanoise est indispensable à ce suivi récurrent du glacier et nous tenons à remercier le Parc pour son engagement auprès de l'IGE depuis de nombreuses années. En particulier, nous remercions nos contacts privilégiés en les personnes de Vincent AUGE et Nicolas GOMEZ, tous deux facilitateurs de nos échanges scientifiques, techniques et administratifs.

A Saint Martin d'Hères, IGE, 24 Novembre 2022

Delphine SIX, Christian VINCENT et Olivier LAARMAN

ANNEXE I : Vitesses mesurées sur les profils transversaux

Les vitesses sont calculées à partir des relevés topographiques de pierres placées chaque année sur les mêmes profils transversaux (la méthode de mesure est similaire à celle adoptée par les Eaux et Forêts). Dans le tableau ci-dessous, depuis 1983, nous avons reporté non pas les valeurs moyennes des vitesses en surface mais celles des vitesses au centre du glacier (donc les vitesses maximales mesurées).

	Vitesses au centre du glacier				
Date	Profil Polset	Profil Peclet	Profil SS'	Profil sup.	Profil inf.
12.08.1983					
21.08.1984				12.8 m/an	9.0 m/an
25.10.1985				11.0 m/an	7.6 m/an
20.08.1986				10.8 m/an	6.6 m/an
24.08.1988				8.4 m/an (sur 2 ans)	5.7 m/an (sur 2 ans)
01.09.1989				7.4 m/an	3.8 m/an
01.09.1990				6.7 m/an	4.4 m/an
30.08.1991				6.1 m/an	2.3 m/an
20.08.1992				5.4 m/an	2.1 m/an
17.08.1993				5.0 m/an	1.5 m/an
11.08.1994				5.5 m/an	1.5 m/an
17.08.1995			6.9 m/an	5.5 m/an	1.4 m/an
05.09.1996			7.7 m/an	5.5 m/an	0.8 m/an
02.09.1997			7.3 m/an	5.0 m/an	0.3 m/an
1.09.1998			7.8 m/an	5.2 m/an	1.1 m/an
31.08.1999			7.9 m/an	4.9 m /an	
24.08.2000			7.9 m/an	4.5 m/an	
28.08.2001			7.7 m/an	5.3 m/an	
21.08.2002			8.4 m/an	5.6 m /an	
27.08.2003			7.8 m/an	4.9 m/an	lit rocheux
17.08.2004			6.5 m/an	4.4 m/an	lit rocheux
9.08.2005			6.5 m/an	4.0 m/an	rocher
19.08.2006			6.1 m/an	4.1 m/an	rocher
14.08.2007			6.2 m/an	3.5 m/an	rocher
27.08.2008	28.0 m/an	20.7 m/an	6.3 m/an	2.7 m/an	rocher
31.08.2009	27.5 m/an	19.0 m/an	6.0 m/an	2.5 m/an	rocher
10.08.2010	26.2 m/an	16.7 m/an	5.2 m/an	Non mesurable	rocher
23.08.2011	27.4 m/an	17.1 m/an	5.0 m/an	2.5 m/an	rocher
14.08.2012	27.0 m/an	17.5 m/an	4.7 m/an	2.2 m/an	rocher
20.08.2013	24.8 m/an	14.8 m/an	4.5 m/an	2.0 m/an	rocher
25.08.2014	Non mesurée	16.2 m/an	3.8 m/an	1.4 m/an	rocher
26.08.2015	Balises trop éloignées du profil	15.3 m/an	3.2 m/an	1.0 m/an	rocher
01.09.2016			3.1 m/an		rocher
23.08.2017	/	15.2 m/an	2.1 m/an	0.8 m/an	rocher
26.09.2018	23.4 m/an	13.9 m/an	1.9 m/an	0.4 m/an	rocher
09.09.2019	21.7 m/an	12.1 m/an	1.9 m/an	0.3 m/an	rocher
26.08.2020	22.7 m/an	/	1.7 m/an	/	rocher
06.09.2021	22.0 m/an	11.7 m/an	1.4 m/an	0.3 m/an	rocher
22.08.2022	20.0 m/an	9.6 m/an	0.9 m/an	*	

ANNEXE II : Variations du front de 1983 (m) à 2020, à partir d'une référence correspondant au front de 1911 environ.

1983	-254,4
1984	-263,0
1985	- 263,7
1986	263,7
1988	-271,0
1990	-315,2
1991	-319,1
1992	-324,2
1993	-329,9
1998	-364,5
2000	-370,7
2001	-376,5
2003	-405,6
2005	-406,2
2006	-410,61
2007	-415
2010	-430
2011	-437,5
2014	-455,2
2015	-460
2016	-465
2017	/
2018	-484
2019	*-485*
2020	-495
2021	/
2022	/

ANNEXE III: Variations des épaisseurs aux profils transversaux

Profils Peclet et Polset :

Date	Altitude Peclet NGF (m)	Altitude Polset NGF (m)
14.08.2007	2851.8	3001.7
27.08.2008	2850.3	3000.7
31.08.2009	2848.0	2999.0
10.08.2010	2847.2	2999.5
23.08.2011	2845.7	2998.8
14.08.2012	2844.2	2997.6
20.08.2013	2843.2	2998.0
25.08.2014		2999.3 (neige)
26.09.2015	2840.0	2997.6
01.09.2016	2839.3	2997.3
23.08.2017	2837.6	2996.7
26.09.2018	2835.5	2994.4
09.09.2019	2833.6	2993.5
26.08.2020	2832.3	2992.8
06.09.2021	2830.7	2992.7
22.08.2022	2827.7	2990.8

Profil SS':

Date	Altitude Eaux et Forêts (m)	Altitude NGF (m)
1953	2778.0	2773.3
1955	2777.7	2773.0
1959	2776.7	2772.0
1966	2777.0	2772.3
1986 (photogrammétrie)	2776.4	2771.7
17.08.1993	2767.2	2762.4
11.08.1994	2766.5	2761.8
17.08.1995	2766.1	2761.4
05.09.1996	2765.6	2760.9
02.09.1997	2764.9	2760.2
01.09.1998	2762.1	2757.4
31.08.1999	2761.6	2756.9
24.08.2000	2760.5	2755.8
28.08.2001	2759.65	2754.95
21.08.2002	2758.6	2753.9
27.08.2003	2755.7	2751.0
16.08.2004	2754.4	2749.7
09.08.2005	2751.7	2747.0
18.08.2006	2749.8	2745.1
14.08.2007	2747.4	2742.7
27.08.2008	2746.0	2741.3
31.08.2009	2743.0	2738.3
10.08.2010	2741.8	2737.1
23.08.2011	2738.9	2734.3
14.08.2012	2737.2	2732.5
20.08.2013	2735.3	2730.6
25.08.2014	2733.8	2729.1
26.09.2015	2730.5	2725.8
01.09.2016	2728.7	2724.0
23.08.2017	2726.1	2721.4
26.09.2018	2723.7	2719.0

09.09.2019	2721.4	2716.7
26.08.2020	2719.8	2715.1
06.09.2021	2717.3	2712.6
22.08.2022	2714.1	2709.4

Profil supérieur :

Le profil supérieur (2700 m environ) est mesuré depuis 1907 avec une large interruption entre 1966 et 1983.

Date	Altitude Eaux et Forêts (m)	Altitude NGF (m)
12.08.1983	2713.1	2724.4
21.08.1984	2712.8	2724.1
25.10.1985	2712.3	2723.6
20.08.1986	2712.3	2723.6
1987		
25.08.1988	2709.2	2720.5
01.09.1989	2707.9	2719.2
01.09.1990	2707.2	2718.5
30.08.1991	2705.1	2716.4
20.08.1992	2704.5	2715.8
17.08.1993	2700.3	2711.6
11.08.1994	2700.4	2711.7
17.08.1995	2699.1	2710.4
05.09.1996	2697.3	2708.6
02.09.1997	2696.3	2707.6
01.09.1998	2693.9	2705.2
31.08.1999	2692.9	2704.2
24.08.2000	2691.6	2702.9
28.08.2001	2690.7	2702.0
21.08.2002	2688.5	2699.8
27.08.2003	2685.6	2696.9
16.08.2004	2684.1	2695.4
09.08.2005	2681.5	2692.8
18.08.2006	2678.9	2690.2
14.08.2007	2676.6	2687.9
27.08.2008	2674.2	2685.5
31.08.2009	2671.4	2682.7
10.08.2010	2669.7	2681.0
23.08.2011	2666.7	2678.0
14.08.2012	2664.6	2675.9
20.08.2013	2662.2	2673.5
25.08.2014	2660.2	2671.5
26.08.2015	2656.8	2668.1
01.09.2016	2654.5	2665.8
23.08.2017	2651.7	2663.0
26.09.2018	2649.2	2660.5
09.09.2019	2646.5	2657.8
26.08.2020	2644.5	2655.8
06.09.2021	2641.8	2653.1
22.08.2022		(2649.6). En partie déglacé

Profil inférieur:

Date	Altitude Eaux et Forêts	Altitude NGF
12.08.1983	2610.6	2622.2
21.08.1984	2610.1	2621.8
25.10.1985	2609.3	2620.9
20.08.1986	2608.3	2619.9
1987		
25.08.1988	2605.5	2617.2
01.09.1989	2603.2	2614.9
01.09.1990	2600.7	2612.3
30.08.1991	2598.3	2609.9
20.08.1992	2595.9	2607.5
17.08.1993	2594.6	2606.2
11.08.1994	2592.7	2604.3
17.08.1995	2592.3	2604.0
05.09.1996	2590.5	2601.6
02.09.1997	2589.8	2601.0
01.09.1998	2588.4	2600.1
28.08.2001	2586.2	2597.9
21.08.2002	2586.0	2597.7 déglacé

ANNEXE IV : Coordonnées des stations topographiques (Lambert III)

Correction Lambert: +90 mm/km .Réduction au niveau de la mer et correction Lambert: -0.30 m/km (à 2500m)
Coordonnées recalculées en 2003.

Point	Coordonnées	Gisements	Observations
IGN 20 Sommet Peclet	936275.54 340030.87 3561.9		
106	936979.55 341405.76 2941.33		
140 (S') Profil SS' RG	935938.78 342354.55 2808.46 (sol) 2809.52 (embase)	Profil: 93.295 gr 50: 77.779 gr	Pilier LGGE dist. d'application du profil: entre 200 et 600 m de 140. A 210.89 m de 40.
40 (S) (août 1993)			marque peinture spit. bloc **instable (1.2 m /an !)**
240 (S) (septembre 2000)			marque peinture et spit. Même repère que 40.
130 (30 b) Profil supérieur RG (Distance d'application du profil: 204 à 574 m de 30b)	935890.86 342796.49 2785.66 (sol) 2786.66 (embase)	profil: 87.394 gr	Pilier LGGE dist. d'application du profil: entre 204 et 574 m de la station 130. A 129.65 m de 30.
230	935889.43 342795.68 2787.04		Plaquette LGGE
30 Profil supérieur			station disparue vers 1993 (bloc)
225(25b) Profil inférieur RG	935701.20 343433.44 2667.29 (embase)	Profil: 104.906 gr	station 125 disparue en 1999 dist d'application: entre 191.85 et 331.85 m de la station 225
25 Profil inférieur RD	936429.95 343377.16 2688.53		
2	936031.07 343689.61 2581.21		Bâche Cemagref
Station front n°85 (moraine de 1985) Plaquette	935932.67 343518.90 2588.70		XYZ controlées en 2020
Station crête 2003 N°82	935748.35 342126.59 3007.62		Plaquette
Station 50	936777.26 342659.72 2839.35		Repère métallique LGGE
Profil 50 Peclet RD RG	936664.03 341663.75 936444.07 341596.64		Installé en 2007 Longueur du profil : 230 m
Profil 60 Polset RD RG	936895.85 340900.19 936727.92 340896.87		Installé en 2007 (sur le plateau vers 3000 m) Longueur du profil : 168 m
Plaquette Col	935748.350 342126.590		Z= 3007.620
Vis Col	935733.929 342151.654		Z = ~~3010.320~~ (coord. recalculées en 2017) 3010.68 (corrigées en 2018)

ANNEXE V: Coordonnées des extrémités des profils

	Latitude	longitude
Profil sup RD	45°18’25.761	6°37’41.536
Profil sup RG	45°18’24.012	6°37’24.723
Profil Suprême RD	45°18’09.709	6°37’44.118
Profil Suprême RG	45°18’09.021	6°37’25.776
Profil Peclet RD	45°17’45.096	6°37’48.182
Profil Peclet RG	45°17’43.297	6°37’37.941
Profil Polset RD (vers 3000 m)	45°17’20.008	6°37’56.978
Profil Polset RG	45°17’20.184	6°37’49.275

ANNEXE VI: Coordonnées des balises d'ablation

Balise 1	45°17'35.8	6°37'42.0
Balise 2	45°17'38.6	6°37'44.7
Balise 3	45°17'41.4	6°37'48.5
Balise 4	45°17'45.4	6°37'48.1
Balise 5	45°17'44.5	6°37'43.9
Balise 6	45°17'41.5	6°37'35.8
Balise 7	45°17'53.5	6°37'47.5
Balise 8	45°17'53.4	6°37'42.1
Balise 9	45°17'54.1	6°37'34.3
Balise 10	45°17'53.7	6°37'28.9
Balise 11	45°18'08.4	6°37'44.6
Balise 12	45°18'08.9	6°37'40.6
Balise 13	45°18'08.6	6°37'33.2
Balise 14	45°18'08.4	6°37'25.9
Balise 15	45°18'16.6	6°37'28.6
Balise 16	45°18'17.7	6°37'35.4
Balise 17	45°18'18.3	6°37'39.4
Balise 18	45°18'20.8	6°37'36.4
Balise 19	45°18'23.7	6°37'36.0
Balise 20	45°18'27.7	6°37'33.1
Balise 21	45°17'39.6	6°37'32.5
Balise 22	45°17'20.0	6°37'56.9
Balise 23	45°17'20.1	6°37'53.8
Balise 24	45°17'20.1	6°37'51.6
Balise 25	45°17'20.2	6°37'49.3

ANNEXE VII: Coordonnées des sites de mesures en zone d'accumulation

Site	11 vers col de Gébroulaz 3425 m	3 Sous le Dôme de Polset 3410 m	4 Combe de Polset 3220 m
Position Coord. Lambert WGS 84	936860 339630 45°16'36.5" 6°37'51.0"	937580 339780 45°16'42.6" 6°38'25.6"	937370 340310 45°16'59.1" 6°38'19.2"

Site	5 Plateau 3020 m	1 Pied du Rognon 3100 m	6 Combe de Peclet 3070 m
Position Lambert WGS 84	936900 340870 45°17'19.0" 6°37'57.1"	 45°17'07.3" 6°38'11.7"	936846 340600 45°17'10.4 6°37'54.0

ANNEXE VIII: Coordonnées des secteurs utilisés pour le calcul des bilans

Coordonnées origine	936200 341500
Taille de la maille	200 m
Largeur du secteur (X)	1000 m
Longueur du secteur (Y)	1400 m
Observations	Zone d'ablation

ANNEXE IX : Points d'appui photogrammétriques

106	936979.6796	341405.7709	2941.2890	station
2	936031.0663	343689.6126	2581.2137	bache
225	935701.1221	343433.3981	2679.3117	plaquette
3	937106.7542	342417.5449	2847.1212	bache
5	935900.2621	342727.2263	2795.8325	bache
10	935792.2238	341665.7769	3071.9600	bache
2	936031.0663	343689.6126	2581.2137	bache (vers le front)
6	936983.9099	341390.0021	2941.3592	bache
68	935771.9501	341849.5118	3026.9468	croix peinture sur la crête
69	935963.6311	342445.1215	2797.8185	croix peinture vers station 140
85	935932.6765	343518.9011	2588.6967	croix peinture au front (moraine 1985)
7903	936222.7983	341739.2960	2819.6906	croix peinture sur un rocher, sur glacier (attention au déplacement). (mesuré en aout 2003).
80	936450.2032	343427.8829	2667.2070	croix peinture proche de la station 25
81	935841.8493	341605.2317	3058.5356	gazex (sommet, centre)
225	935701.2002	343433.4410	2667.2881	plaquette
130	935890.8613	342796.4897	2785.66	pilier, altitude/sol
140	935938.7759	342354.5503	2808.4643	pilier , altitude /sol
230	935889.4313	342795.6731	2787.0446	plaquette
25	936429.9527	343377.1631	2688.5311	station, marque peinture
82	935748.3295	342126.5050	3007.6174	station (plaquette) sur la crête
120	936275.54	340030.87	3561.90	Point géodésique IGN, sommet de Péclet.
73	937326.836	341120.137	2906.10	station
30	936580.758	342934.912	2750.67	ancienne station (disparue)
51	936246.997	340008.000	3554.281	rocher proche de Peclet
52	936236.401	339996.700	3550.694	rocher proche de Peclet
53	936306.128	339964.583	3513.467	croix
54	936330.841	339960.418	3507.000	rocher proche de Peclet
57	936406.913	339885.634	3499.825	
58	936406.703	339881.207	3499.857	
59	936349.555	339877.668	3454.281	croix
60	936430.468	339260.162	3376.072	
62	936748.200	339343.902	3506.899	gendarme
63	936987.254	339455.153	3488.426	
64	937018.671	339455.262	3499.108	gendarme
65	937096.106	339475.643	3531.039	Polset, sommet
8	937523.517	339568.998	3491.832	bache
7	937478.291	340302.934	3264.027	bache
74	937804.465	341713.753	2522.401	extremité bloc
75	937893.628	341694.296	2481.619	extremité bloc
76	937909.559	341629.292	2486.252	croix peinture
77	938380.166	341463.118	2438.119	croix peinture (lac)
78	938396.189	341471.310	2437.170	sommet bloc
70	936801.506	342204.877	2803.565	croix peinture
71	936803.516	342173.408	2808.284	
72	936931.849	341958.429	2823.835	
14	936236.829	343405.742	2617.139	cairn
13	936137.606	343637.970	2592.434	sommet bloc
12	935745.796	343465.613	2627.400	sommet bloc
11	935707.716	343426.915	2665.114	sommet bloc
20	935947.186	342398.753	2804.343	sommet rocher
21	935937.767	342354.956	2807.148	sommet rocher
41	935930.420	342340.408	2816.082	sommet rocher
86	935861.8815	341000.3309	3089.2627	coin SO embase pylone
87	935864.7875	340999.7402	3089.5120	coin NE embase pylone
88	935871.1369	340987.2525	3097.2470	plateforme bois, gare arrivée télésiège
89	935876.9785	340993.3687	3097.1206	idem
90	936868.5691	342339.1410	2767.0261	point altimétrique (rocher plat)
91	936724.6453	342752.8631	2787.5992	idem
92	936450.3192	343427.8410	2667.1647	croix peinture (2003)
93	935836.7875	343913.2331	2557.9170	croix peinture, aval du front, (2003)

ANNEXE X : Considérations sur le réseau géodésique

Les profils transversaux relevés par les Eaux et Forêts depuis 1907 et repris depuis 1983 par le LGGE sont indiqués sur la figure n°1:
- le profil SS' ou profil 40-40b
- le profil supérieur ou profil 30-30b
- le profil inférieur ou profil 25-25b

En 2007 ont été rajoutés deux nouveux profils :
-le profil de Peclet ou profil 50-50b
-le profil Polset ou profil 60-60b

De 1983 à 1993, ces profils étaient relevés à partir de stations topographiques en rive droite. Depuis 1994, des piliers ont été installés en rive gauche du glacier pour des raisons de commodité et de stabilité (piliers 40b, 30b, et 25 b, sur la figure n°1).

En 2003, le réseau de triangulation a été totalement revu à l'aide de récepteurs géodésiques GPS, par la méthode différentielle. En premier lieu, les stations 106 (sommet de la moraine) et 225 (extrémité du profil inférieur) ont été rattachées au réseau REGAL (réseau permanent de stations GPS dans les Alpes, géré par l'Observatoire des Sciences de l'Univers). La station permanente la plus proche est localisée à Modane. Ainsi, nous avons déterminé avec une précision centimétrique les coordonnées de ces stations dans le système IGN national Lambert III. Ces coordonnées indiquent des écarts de 20 à 80 cm en planimétrie avec les coordonnées antérieures. Ces différences ont deux causes : d'abord la méthode de triangulation entreprise en 1989 par des moyens topographiques classiques ne permettaient pas d'espérer un positionnement absolu meilleur que 30 cm dans le système Lambert. En effet, la triangulation avait été effectuée du sommet de Peclet (repère géodésique IGN) en visant d'autres repères géodésiques (Dent Parrachée, Chanrossa) non matérialisé préalablement. Les angles de référence (gisements) ont donc été déterminés avec une incertitude de quelques milligrades. La deuxième cause de l'imprécision de l'ancienne triangulation dans le système Lambert provient de l'instabilité des stations topographiques en rive droite. Nous avons notamment relevé des déplacements de plusieurs cm par an des stations 30 et 40. Etant donné que les opérations de triangulation se sont déroulées sur plusieurs années, ces déplacements ont directement altéré la précision du réseau de triangulation, et en particulier lors du transfert des stations topographiques en rive gauche.

Néanmoins, ces imprécisions sur les coordonnées antérieures n'ont pas entaché la précision des mesures relatives par rapport aux stations de référence. Le problème de stabilité des stations sur les moraines de la rive droite ont été résolus lorsque nous avons déplacé , en 1994, toutes les stations en rive gauche (piliers 40b, 30b, et 25b). Seules les coordonnées absolues (par rapport au système national) sont entachées d'incertitude. Le nouveau réseau géodésique de 2003 autour du glacier de Gébroulaz répond à deux critères :
- il est désormais rattaché avec une précision centimétrique au réseau IGN Lambert III. Cela présente l'avantage de travailler directement dans le système WGS84 (système international utilisé pour les récepteurs GPS) en appliquant seulement une transformation standard entre le système WGS84 et la projection Lambert.
- nous avons voulu conserver un système altimétrique le plus proche possible du réseau antérieur afin d'assurer la comparaison des travaux topographiques futurs avec les travaux antérieurs, et notamment les travaux photogrammétriques de 1986. Nous avons donc choisi un système qui minimise les écarts altimétriques obtenus.

Finalement, le réseau planimétrique est celui de la projection Lambert III, et le réseau altimétrique est local (avec un écart d'environ 50 cm au réseau de nivellement NGF). Toutes les coordonnées des balises implantées en 2001 ont été recalculées (2001 à 2003) dans le nouveau système. Les coordonnées des pierres mises en place en 2002 sur les profils transversaux (SS' et supérieur) ont également été recalculées. Les valeurs de vitesses ne sont donc pas affectées par ce changement de système de coordonnées. Seules les altitudes des profils transversaux sont affectées (<30 cm). Les incidences sur la comparaison avec les travaux photogrammétriques de 1986 sont quasiment négligeables étant donnée la précision de la restitution photogrammétrique (écart type de 50 cm).

Enfin, pour la comparaison des altitudes obtenues sur les profils avec celles des Eaux et Forêts mesurées entre 1906 et 1965, nous rappelons qu'il est nécessaire des faire les translations altimétriques suivantes :
- nous devons retrancher 11.65 m pour obtenir l'altitude des Eaux et Forêts au profil inférieur.
- nous devons retrancher 11.30 m pour obtenir l'altitude des Eaux et Forêts au profil supérieur.

nous devons ajouter 4.73 m pour obtenir l'altitude des Eaux et Forêts au profil SS'.

ANNEXE XI: Bilans et vitesses mesurées à partir des balises

Zone d'accumulation, Balises de 2022

point	date	x (m)	y (m)	z (m)	haut. enf. (m)	neige (m)	dens neig	bilan equiv. eau	vites hor. (m/an)	vites pente (m/an)
121	18.10.21	937160.00	340510.00	3130.00	0.01	0.00	0.00			
								1.31	0.0	0.0
122	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	3.29	3.29	0.40			
321	18.10.21	937580.00	339780.00	3390.00	0.01	0.00	0.00			
								1.20	0.0	0.0
322	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	3.10	3.10	0.39			
421	18.10.21	937370.00	340310.00	3200.00	0.01	0.00	0.00			
								1.23	0.0	0.0
422	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	3.10	3.10	0.40			
521	18.10.21	936910.00	340890.00	3005.00	0.01	0.00	0.00			
								0.89	0.0	0.0
522	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	2.04	2.04	0.44			
621	18.10.21	936846.00	340600.00	3070.00	0.01	0.00	0.00			
								1.46	0.0	0.0
622	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	3.33	3.33	0.44			
1121	18.10.21	936860.00	339630.00	3425.00	0.01	0.00	0.00			
								1.35	0.0	0.0
1122	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	3.48	3.48	0.39			

Nota: la hauteur enfouie est totale: glace+neige

Zone d'accumulation, Balises de 2021

point	date	x (m)	y (m)	z (m)	haut. enf. (m)	neige (m)	dens neig	bilan equiv. eau	vites hor. (m/an)	vites pente (m/an)
120	20.10.20	937160.00	340510.00	3130.00	0.01	0.00	0.00			
								1.82	0.0	0.0
121	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	3.97	3.97	0.46			
								-1.41	0.0	0.0
121	6. 9.21	0.00	0.00	0.00	0.78	0.78	0.53			
								-0.14	0.0	0.0
121	18.10.21	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50	0.55			

320	20.10.20	937580.00	339780.00	3390.00	0.01	0.00	0.00			
								2.18	0.0	0.0
321	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	4.75	4.75	0.46			
								-0.95	0.0	0.0
321	6. 9.21	0.00	0.00	0.00	2.33	2.33	0.53			
								-0.08	0.0	0.0
321	18.10.21	0.00	0.00	0.00	2.10	2.10	0.55			
								-0.73	0.0	0.0
322	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	0.71	0.71	0.60			
								-0.31	0.0	0.0
322	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	0.19	0.19	0.63			
420	20.10.20	937370.00	340310.00	3200.00	0.01	0.00	0.00			
								2.05	0.0	0.0
421	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	4.48	4.48	0.46			
								-1.17	0.0	0.0
421	6. 9.21	0.00	0.00	0.00	1.69	1.69	0.53			
								-0.12	0.0	0.0
421	18.10.21	0.00	0.00	0.00	1.41	1.41	0.55			
								-0.53	0.0	0.0
422	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	0.41	0.41	0.60			
								-0.34	0.0	0.0
422	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	-0.15	-0.15	0.63			
520	20.10.20	936910.00	340890.00	3005.00	0.01	0.00	0.00			
								1.36	0.0	0.0
521	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	2.92	2.92	0.47			
620	20.10.20	936846.00	340600.00	3070.00	0.01	0.00	0.00			
								2.58	0.0	0.0
621	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	5.50	5.50	0.47			
								-1.59	0.0	0.0
621	6. 9.21	0.00	0.00	0.00	1.87	1.87	0.53			
								-0.14	0.0	0.0
621	18.10.21	0.00	0.00	0.00	1.55	1.55	0.55			
1120	20.10.20	936860.00	339630.00	3425.00	0.01	0.00	0.00			
								3.34	0.0	0.0
1121	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	7.28	7.28	0.46			
								-0.78	0.0	0.0
1121	6. 9.21	0.00	0.00	0.00	4.84	4.84	0.53			
								0.02	0.0	0.0
1121	18.10.21	0.00	0.00	0.00	4.70	4.70	0.55			
								-0.77	0.0	0.0
1122	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	3.02	3.02	0.60			
								-0.24	0.0	0.0
1122	23. 8.22	0.00	0.00	0.00	2.50	2.50	0.63			

Nota: la hauteur enfouie est totale: glace+neige

Zone d'ablation, Balises de 2022

point	date	x	y	z	haut. enf.	neige	dens neig	bilan equiv.	vites hor.	vites pente

			m	m	m	m	m		eau	m/an	m/an
122	22. 8.22	936529.74	341369.54	2864.69	9.78	0.00	0.00		-0.81	0.0	0.0
122	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.88	0.00	0.00				
222	22. 8.22	936595.22	341474.58	2861.91	9.98	0.00	0.00		-0.95	0.0	0.0
222	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.92	0.00	0.00				
322	22. 8.22	936674.87	341548.80	2853.63	9.85	0.00	0.00		-0.85	0.0	0.0
322	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.91	0.00	0.00				
422	22. 8.22	936662.68	341672.76	2826.51	9.82	0.00	0.00		-0.82	0.0	0.0
422	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.91	0.00	0.00				
522	22. 8.22	936574.27	341633.59	2829.78	9.80	0.00	0.00		-0.83	0.0	0.0
522	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.88	0.00	0.00				
622	22. 8.22	936401.68	341536.22	2830.98	9.90	0.00	0.00		-0.95	0.0	0.0
622	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.84	0.00	0.00				
722	22. 8.22	936593.18	341903.71	2790.94	10.40	0.00	0.00		-0.95	0.0	0.0
722	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.34	0.00	0.00				
822	22. 8.22	936533.64	341894.69	2785.73	10.65	0.00	0.00		-1.08	0.0	0.0
822	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.45	0.00	0.00				
922	22. 8.22	936373.72	341882.42	2789.14	12.55	0.00	0.00		-1.03	0.0	0.0
922	5.10.22	0.00	0.00	0.00	11.40	0.00	0.00				
1222	22. 8.22	936461.05	342379.57	2708.72	10.59	0.00	0.00		-1.34	0.0	0.0
1222	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.10	0.00	0.00				
1322	22. 8.22	936307.88	342366.68	2713.32	9.84	0.00	0.00		-0.55	0.0	0.0
1322	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.23	0.00	0.00				
1122	22. 8.22	936518.68	342341.42	2706.17	10.50	0.00	0.00				

								-1.35	0.0	0.0
1122	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.00	0.00	0.00			
1622	22. 8.22	936334.17	342641.42	2678.44	10.60	0.00	0.00			
								-1.12	0.0	0.0
1622	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.35	0.00	0.00			
1722	22. 8.22	936342.18	342684.90	2670.58	7.48	0.00	0.00			
								-1.05	0.0	0.0
1722	5.10.22	0.00	0.00	0.00	6.31	0.00	0.00			
2222	22. 8.22	936892.50	340905.33	2991.02	9.85	0.00	0.00			
								-0.72	0.0	0.0
2222	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.05	0.00	0.00			
2322	22. 8.22	936832.54	340898.12	2991.05	9.81	0.00	0.00			
								-0.71	0.0	0.0
2322	5.10.22	0.00	0.00	0.00	9.02	0.00	0.00			
2422	22. 8.22	936771.44	340904.77	2988.59	9.82	0.00	0.00			
								-0.81	0.0	0.0
2422	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.92	0.00	0.00			
2522	22. 8.22	936730.37	340902.34	2990.25	9.83	0.00	0.00			
								-0.89	0.0	0.0
2522	5.10.22	0.00	0.00	0.00	8.84	0.00	0.00			

Nota: la hauteur enfouie est totale: glace+neige

Zone d'ablation, Balises de 2020

point	date	x	y	z	haut. enf.	neige	dens neig	bilan equiv. eau	vites hor.	vites pente
		m	m	m	m	m		m/an	m/an	
120	26. 8.20	936543.28	341368.08	2870.61	8.80	0.00	0.00			
								-0.54	0.0	0.0
120	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.20	0.00	0.00			
								2.01	0.0	0.0
121	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	12.47	4.27	0.47			
								-2.80	15.5	15.8
121	6. 9.21	936533.57	341380.85	2866.90	7.32	0.00	0.00			
								-0.36	0.0	0.0
121	18.10.21	0.00	0.00	0.00	6.92	0.00	0.00			
								1.33	0.0	0.0
122	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	9.64	2.72	0.49			
								-4.19	12.6	12.8
122	22. 8.22	936526.00	341390.27	2861.64	3.75	0.00	0.00			
								-0.81	0.0	0.0
122	5.10.22	0.00	0.00	0.00	2.85	0.00	0.00			

```
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
!  220!26. 8.20! 936600.72! 341460.66!2869.64! 8.35! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.54!  0.0!  0.0!
!  220!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 7.75! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.22!  0.0!  0.0!
!  221!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!10.35! 2.60!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.00! 17.4! 17.8!
!  221! 6. 9.21! 936591.07! 341475.87!2863.74! 5.77! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.39!  0.0!  0.0!
!  221!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 5.34! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  0.95!  0.0!  0.0!
!  222!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 7.27! 1.93!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.74! 14.5! 14.9!
!  222!22. 8.22! 936583.79! 341487.76!2857.44! 2.23! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.77!  0.0!  0.0!
!  222! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 1.37! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !         !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
!  320!26. 8.20! 936669.95! 341548.50!2857.82! 8.20! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.63!  0.0!  0.0!
!  320!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 7.50! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.36!  0.0!  0.0!
!  321!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!10.40! 2.90!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.18! 14.1! 14.6!
!  321! 6. 9.21! 936664.22! 341561.94!2852.11! 5.48! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.34!  0.0!  0.0!
!  321!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 5.10! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  0.85!  0.0!  0.0!
!  322!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 6.84! 1.74!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.97! 11.9! 12.3!
!  322!22. 8.22! 936660.37! 341572.71!2845.66! 1.64! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.85!  0.0!  0.0!
!  322! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 0.70! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !         !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
!  420!26. 8.20! 936661.57! 341675.09!2829.97! 8.53! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.48!  0.0!  0.0!
!  420!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 8.00! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.35!  0.0!  0.0!
!  421!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!10.87! 2.87!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -2.98!  9.1!  9.3!
!  421! 6. 9.21! 936659.63! 341684.32!2826.34! 6.19! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.45!  0.0!  0.0!
!  421!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 5.69! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  0.89!  0.0!  0.0!
!  422!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 7.51! 1.82!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.77!  7.3!  7.6!
!  422!22. 8.22! 936658.73! 341691.30!2821.34! 2.49! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.85!  0.0!  0.0!
!  422! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 1.54! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !         !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 2520!26. 8.20! 936726.78! 340901.20!2993.07! 8.48! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.36!  0.0!  0.0!
! 2520!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 8.08! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  2.49!  0.0!  0.0!
! 2521!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!13.38! 5.30!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -4.36! 19.8! 19.9!
! 2522!22. 8.22! 936730.64! 340940.45!2986.94! 6.00! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.79!  0.0!  0.0!
! 2522! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 5.12! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !         !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 2420!26. 8.20! 936779.99! 340902.95!2989.78! 8.36! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.36!  0.0!  0.0!
! 2420!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 7.96! 0.00!0.00!      !     !     !
```

								2.12	0.0	0.0
2421	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	12.46	4.50	0.47			
								-2.24	21.8	22.0
2421	6. 9.21	936781.84	340925.44	2986.54	7.82	0.00	0.00			
								-0.33	0.0	0.0
2421	18.10.21	0.00	0.00	0.00	7.45	0.00	0.00			
								1.71	0.0	0.0
2422	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	10.95	3.50	0.49			
								-3.60	19.9	20.0
2422	22. 8.22	936783.69	340944.45	2982.17	5.36	0.00	0.00			
								-0.81	0.0	0.0
2422	5.10.22	0.00	0.00	0.00	4.46	0.00	0.00			
2320	26. 8.20	936827.90	340907.61	2991.05	8.96	0.00	0.00			
								-0.40	0.0	0.0
2320	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.52	0.00	0.00			
								2.03	0.0	0.0
2321	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	12.84	4.32	0.47			
								-4.06	22.0	22.1
2321	6. 9.21	936829.76	340930.26	2986.76	6.26	0.00	0.00			
								-0.23	0.0	0.0
2321	18.10.21	0.00	0.00	0.00	6.00	0.00	0.00			
								1.53	0.0	0.0
2322	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	9.12	3.12	0.49			
								-1.78	20.0	20.6
2322	22. 8.22	936831.73	340949.37	2981.50	5.72	0.00	0.00			
								-0.82	0.0	0.0
2322	5.10.22	0.00	0.00	0.00	4.81	0.00	0.00			
2220	26. 8.20	936898.41	340902.16	2993.73	8.50	0.00	0.00			
								-0.36	0.0	0.0
2220	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.10	0.00	0.00			
								1.43	0.0	0.0
2221	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	11.14	3.04	0.47			
								-2.91	20.9	21.4
2221	6. 9.21	936899.80	340923.70	2987.53	6.45	0.00	0.00			
								-0.12	0.0	0.0
2221	18.10.21	0.00	0.00	0.00	6.32	0.00	0.00			
								1.18	0.0	0.0
2222	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	8.73	2.41	0.49			
								-3.66	18.9	19.3
2222	22. 8.22	936901.76	340941.81	2981.00	3.56	0.00	0.00			
								-0.83	0.0	0.0
2222	5.10.22	0.00	0.00	0.00	2.64	0.00	0.00			
520	26. 8.20	936571.09	341635.65	2833.78	8.61	0.00	0.00			
								-0.46	0.0	0.0
520	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.10	0.00	0.00			
								1.46	0.0	0.0
521	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	11.20	3.10	0.47			
								-3.13	11.7	11.9
521	6. 9.21	936566.60	341646.88	2829.78	6.24	0.00	0.00			
								-0.49	0.0	0.0
521	18.10.21	0.00	0.00	0.00	5.70	0.00	0.00			
								0.88	0.0	0.0
522	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	7.49	1.79	0.49			
								-3.58	9.6	9.8
522	22. 8.22	936563.62	341655.65	2825.10	2.70	0.00	0.00			
								-0.85	0.0	0.0
522	5.10.22	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00			
620	26. 8.20	936401.20	341538.39	2834.60	8.00	0.00	0.00			

								-0.45	0.0	0.0
620	20.10.20	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00			
								1.31	0.0	0.0
621	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	10.28	2.78	0.47			
								-3.42	7.9	7.9
621	6. 9.21	936397.23	341545.53	2831.93	5.15	0.00	0.00			
								-0.55	0.0	0.0
621	18.10.21	0.00	0.00	0.00	4.54	0.00	0.00			
								1.00	0.0	0.0
622	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	6.58	2.04	0.49			
								-4.17	6.4	6.4
622	22. 8.22	936394.44	341550.98	2827.95	1.02	0.00	0.00			
								-0.99	0.0	0.0
622	5.10.22	0.00	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00			
720	26. 8.20	936607.03	341919.58	2792.02	8.71	0.00	0.00			
								-0.49	0.0	0.0
720	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.16	0.00	0.00			
								1.35	0.0	0.0
721	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	11.04	2.88	0.47			
								-4.19	4.0	4.1
721	6. 9.21	936606.99	341923.71	2788.08	5.01	0.00	0.00			
								-0.48	0.0	0.0
721	18.10.21	0.00	0.00	0.00	4.48	0.00	0.00			
								0.98	0.0	0.0
722	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	6.49	2.01	0.49			
								-4.32	2.4	2.5
722	22. 8.22	936607.30	341926.02	2783.67	0.77	0.00	0.00			
								-0.96	0.0	0.0
722	5.10.22	0.00	0.00	0.00	-0.30	0.00	0.00			
820	26. 8.20	936522.01	341913.80	2786.94	9.33	0.00	0.00			
								-0.63	0.0	0.0
820	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.63	0.00	0.00			
								1.72	0.0	0.0
821	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	12.28	3.65	0.47			
								-2.98	4.8	4.9
821	6. 9.21	936521.49	341918.70	2784.27	7.23	0.00	0.00			
								-0.47	0.0	0.0
821	18.10.21	0.00	0.00	0.00	6.71	0.00	0.00			
								1.30	0.0	0.0
822	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	9.37	2.66	0.49			
								-3.61	3.6	3.8
822	22. 8.22	936521.29	341922.18	2780.47	4.15	0.00	0.00			
								-1.08	0.0	0.0
822	5.10.22	0.00	0.00	0.00	2.95	0.00	0.00			
920	26. 8.20	936368.48	341914.61	2790.95	8.62	0.00	0.00			
								-0.40	0.0	0.0
920	20.10.20	0.00	0.00	0.00	8.17	0.00	0.00			
								1.48	0.0	0.0
921	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	11.32	3.15	0.47			
								-3.43	5.1	5.2
921	6. 9.21	936367.95	341919.90	2788.19	6.00	0.00	0.00			
								-0.36	0.0	0.0
921	18.10.21	0.00	0.00	0.00	5.60	0.00	0.00			
								1.18	0.0	0.0
922	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	8.00	2.40	0.49			
								-4.31	4.3	4.3
922	22. 8.22	936367.99	341924.03	2784.28	2.12	0.00	0.00			
								-1.02	0.0	0.0
922	5.10.22	0.00	0.00	0.00	0.99	0.00	0.00			

```
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 1020!26. 8.20! 936243.86! 341917.67!2790.62! 9.13! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.37!  0.0!  0.0!
! 1020!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 8.72! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.68!  0.0!  0.0!
! 1021!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!12.30! 3.58!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.25!  2.9!  2.9!
! 1021! 6. 9.21! 936243.34! 341920.64!2788.55! 6.98! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.37!  0.0!  0.0!
! 1021!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 6.57! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.23!  0.0!  0.0!
! 1022!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 9.07! 2.50!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.46!  2.2!  2.2!
! 1022!22. 8.22! 936242.94! 341922.71!2785.77! 4.09! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.67!  0.0!  0.0!
! 1022! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 3.34! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 1120!26. 8.20! 936516.09! 342342.47!2714.90! 8.26! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.74!  0.0!  0.0!
! 1120!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 7.44! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.70!  0.0!  0.0!
! 1121!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!11.06! 3.62!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -4.29!  1.4!  1.9!
! 1121! 6. 9.21! 936517.05! 342343.57!2710.63! 4.56! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.61!  0.0!  0.0!
! 1121!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 3.88! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  0.99!  0.0!  0.0!
! 1122!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 5.90! 2.02!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -4.53!  0.0!  0.0!
! 1122!22. 8.22!      0.00!      0.00!   0.00!-0.05! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -1.35!  0.0!  0.0!
! 1122! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00!-1.55! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 1320!26. 8.20! 936309.35! 342366.23!2717.93! 9.16! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.50!  0.0!  0.0!
! 1320!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 8.60! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.17!  0.0!  0.0!
! 1321!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00!11.10! 2.50!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -2.77!  1.4!  1.5!
! 1321! 6. 9.21! 936309.53! 342367.69!2715.66! 6.83! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.28!  0.0!  0.0!
! 1321!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 6.52! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.24!  0.0!  0.0!
! 1322!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 9.05! 2.53!0.49!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.62!  0.9!  0.9!
! 1322!22. 8.22! 936309.92! 342368.46!2712.77! 3.88! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.51!  0.0!  0.0!
! 1322! 5.10.22!      0.00!      0.00!   0.00! 3.31! 0.00!0.00!      !     !     !
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 1620!26. 8.20! 936335.78! 342642.55!2686.68! 8.09! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.89!  0.0!  0.0!
! 1620!20.10.20!      0.00!      0.00!   0.00! 7.10! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  1.25!  0.0!  0.0!
! 1621!10. 6.21!      0.00!      0.00!   0.00! 9.77! 2.67!0.47!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -3.48!  0.6!  1.2!
! 1621! 6. 9.21! 936335.89! 342643.14!2683.14! 4.63! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    ! -0.63!  0.0!  0.0!
! 1621!18.10.21!      0.00!      0.00!   0.00! 3.93! 0.00!0.00!      !     !     !
!     !        !          !         !       !     !     !    !  0.86!  0.0!  0.0!
! 1622!12. 5.22!      0.00!      0.00!   0.00! 5.69! 1.76!0.49!      !     !     !
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
  ---------------------------------------------------------------------------------
 !     !        !          !         !       !     !     !    !      !     !     !
! 1720!26. 8.20! 936406.52! 342669.48!2680.66! 8.30! 0.00!0.00!      !     !     !
```

								-0.72	0.0	0.0
1720	20.10.20	0.00	0.00	0.00	7.50	0.00	0.00			
								1.55	0.0	0.0
1721	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	10.80	3.30	0.47			
								-3.75	0.0	0.0
1721	18.10.21	0.00	0.00	0.00	5.06	0.00	0.00			
								1.12	0.0	0.0
1722	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	7.35	2.29	0.49			
1820	26. 8.20	936344.69	342726.71	2670.83	4.92	0.00	0.00			
								-0.74	0.0	0.0
1820	20.10.20	0.00	0.00	0.00	4.10	0.00	0.00			
								1.15	0.0	0.0
1821	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	6.55	2.45	0.47			
								-4.08	0.4	0.9
1821	6. 9.21	936344.50	342727.12	2666.76	0.85	0.00	0.00			
								-0.63	0.0	0.0
1821	18.10.21	0.00	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00			
								0.90	0.0	0.0
1822	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	1.98	1.83	0.49			
1220	26. 8.20	0.00	0.00	0.00	8.28	0.00	0.00			
								-0.80	0.0	0.0
1220	20.10.20	0.00	0.00	0.00	7.39	0.00	0.00			
								1.12	0.0	0.0
1221	10. 6.21	0.00	0.00	0.00	9.78	2.39	0.47			
								-3.36	0.0	0.0
1221	6. 9.21	936459.68	342382.46	2713.37	4.90	0.00	0.00			
								-0.81	0.0	0.0
1221	18.10.21	0.00	0.00	0.00	4.00	0.00	0.00			
								1.06	0.0	0.0
1222	12. 5.22	0.00	0.00	0.00	6.16	2.16	0.49			
								-4.61	1.6	2.1
1222	22. 8.22	936460.91	342383.41	2708.12	0.05	0.00	0.00			
								-1.35	0.0	0.0
1222	5.10.22	0.00	0.00	0.00	-1.45	0.00	0.00			

Nota: la hauteur enfouie est totale: glace+neige