

Commune de Tignes / STGM

Projets d'aménagements divers du domaine skiable de Tignes

Tignes (73)

Note en réponse à l'avis de la MRAe
du 24/06/2025

25 juillet 2025
Réf. : 2023162



SOMMAIRE

CHAPITRE 1.	REPONSES AUX AVIS DE LA MRAE	3
1)	1.1 Contexte	3
2)	1.3 Périmètre du projet d'ensemble	4
3)	2.1 Observations générales	5
4)	2.2.1 Biodiversité et milieux naturels	5
5)	2.2.2 Hydrographie et ressource en eau	16
6)	2.2.3 Risques naturels	21
7)	2.3 Alternatives examinées et justification des choix retenus au regard des objectifs de protection de l'environnement	22
8)	2.4.1 Biodiversité et milieux naturels	22
9)	2.4.2 Hydrographie et ressource en eau	27
10)	2.4.3 Risques naturels	29
11)	2.4.4 Changement climatique	29
12)	2.4.5 Paysage	32
13)	2.4.6 Effets cumulés	36
14)	2.5 Dispositif de suivi proposé	37
15)	2.6 Résumé non technique de l'étude d'impact	38
CHAPITRE 2.	ANNEXES	39
2.1.	Stratégie d'enneigement - ABEST	39
2.2.	Instrumentation du Bassin Versant de Tignes - Géolithe	68
2.3.	Convention thèse INRAE	94
2.4.	Expertise cours d'eau – KARUM	105
2.5.	Diagnostic réglementaire zone débutant – ABEST, STGM, Commune de Tignes	123

CHAPITRE 1. REPONSES AUX AVIS DE LA MRAE

1) 1.1 CONTEXTE

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
6	<i>Toutefois, le dossier n'explique pas comment a été effectué le choix des neuf opérations parmi l'ensemble des opérations prévues par la commune de Tignes dans sa stratégie "Transition 2030 pour un territoire durable" délibérée en août 2023, ou dans la démarche "Imaginons Tignes 2050" concernant le domaine "skiable et estival"¹. La façon dont le projet intègre les choix de "transition et adaptation" faits face à la fonte du glacier de la Grande Motte² n'est pas explicite.</i>

Les démarches engagées par la commune de Tignes « Transition 2030 pour un territoire durable » et la démarche « Imaginons Tignes 2050 » posent le contexte global du territoire en identifiant les enjeux principaux, dresse de premières pistes de solutions notamment concernant la transition du secteur « Grande Motte » et du Glacier et la transformation de la gouvernance de la station permettant la mise en œuvre d'actions ambitieuses et plurielles au service de la vie à l'année et de la protection de l'environnement.

Le déploiement de cette stratégie globale a été structuré, en partenariat avec l'ensemble des services compétents (Parc National de la Vanoise, Direction Départementale des Territoires, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement, préfecture de la Savoie), en plusieurs étapes à la fois calendaires et géographiques.

En termes géographiques, il a été convenu de réaliser une étude d'impact globale du projet d'aménagement et de transition du Secteur Grande Motte, en partenariat étroit avec le PNV. Cette étude d'impact est en cours de finalisation avant instruction.

En termes calendaires, il a été convenu de déposer trois EI en parallèle

- > L'une sur la régularisation du prélèvement en eau à l'échelle de la commune ;
- > Une autre sur le secteur « Grande Motte » ;
- > Celle qui fait l'objet du présent avis de la MRAE.

En effet, il a été considéré par l'ensemble des parties prenantes que cette stratégie était la plus efficace au regard des enjeux des différents sujets, des temporalités d'études et des contraintes calendaires d'exploitation (fin de la Délégation de Service Public pour l'exploitation du domaine skiable de Tignes au 1^{er} juin 2026), sous réserve bien entendu que la cohérence entre les trois sujets soit garantie.

C'est ainsi que sur l'aménagement du domaine skiable, la présente EI intègre l'ensemble des projets prévus « sur la fin de la DSP ». Elle sera complétée au fur et à mesure de leur réalisation et surtout suivie d'une étude d'impact des aménagements des 10 premières années de fonctionnement de la SPL ALTA.

Plus spécifiquement, le dépôt de la présente EI est porté par le projet d'enneigement du stade de Lognan. Ce projet prépare l'accueil des championnats du monde handisport 2027, la neige de culture faisant partie du cahier des charges d'une telle compétition. Pour que le stade soit homologué, il faut qu'une épreuve dite « test » soit organisée en année n-1 ce qui valide un calendrier de réalisation des travaux à l'automne 2025. Notre démarche répond à la volonté des services de l'État de disposer d'une vision globale des projets d'aménagement, tout en respectant les contraintes contractuelles de réalisation.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
6	<i>Le reprofilage du stade Lognan, destiné à accueillir des compétitions internationales, a fait l'objet d'une décision de soumission à étude d'impact en 2019, puis d'un avis de l'autorité environnementale en 2021 (sur l'actualisation de l'étude d'impact du village Club Med et du parking souterrain de la Grande Motte, incluant le reprofilage du stade Lognan) recommandant au porteur de projet de reprendre l'ensemble de l'étude d'impact et de la représenter pour avis à l'Autorité environnementale. Aucune nouvelle saisine relative au reprofilage du stade n'ayant été réalisée depuis, il convient de clarifier si cette opération est abandonnée ou non, d'autant plus que l'enneigement du stade est prévu dans le cadre du projet objet du présent avis.</i>

Le reprofilage du stade de Lognan avait été découpé en deux phases, la seconde phase est incluse dans le projet de renaturation du ruisseau du retort du fait de sa proximité et de la nécessaire compatibilité entre les deux projets. Une mise à jour de l'El sera produite et intégrera le projet d'ensemble sur le secteur du Val Claret comprenant le TMX de Tichot, la renaturation du Retort, le reprofilage du stade de Lognan.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
6	<i>L'espace débutant et le remplacement du télésiège Tichot, prévus dans le projet objet du présent avis, avaient également déjà fait l'objet d'un avis de l'Autorité environnementale en 2022. Le dossier indique que le projet tel que présenté en 2022 a été abandonné et retravaillé, raison pour laquelle ces opérations sont intégrées dans l'étude « globale ».</i>

En effet, le projet de transformation du télésiège de Tichot en télécabine et la zone débutant associée tels que présentés dans l'étude déposée en 2022 ont été abandonnés pour intégrer au mieux les enjeux environnementaux. Ces derniers après réflexions et modifications ont été réintroduits dans la présente étude.

2) 1.3 PERIMETRE DU PROJET D'ENSEMBLE

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
9	L'Autorité environnementale recommande de : • détailler l'ensemble des aménagements et opérations projetés sur les domaines (skiable et estival) et plus largement la station de Tignes, y compris ceux en lien avec la station de Val d'Isère ; • caractériser les liens fonctionnels existants entre chacune de ces opérations et celles du « projet global » présenté ; • faire évoluer le périmètre du projet présenté en conséquence

Le périmètre du projet a été retenu après de nombreuses réflexions avec les différents services intéressés et est présenté dans les réponses précédentes. Il prend en compte l'unité fonctionnelle et calendaire des projets cités et prévus sur la station de Tignes, c'est tout l'objet de l'étude d'impact « globale » présentée.

3) 2.1 OBSERVATIONS GENERALES

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
11	<i>L'Autorité environnementale recommande de reprendre l'étude d'impact dès ce stade et avant toute présentation au public, afin qu'elle porte sur l'ensemble du projet, toutes phases confondues, et tel qu'il aura été redéfini.</i>

L'étude d'impact sera effectivement revue, complétée et amendée au rythme des études fines des différents projets. Malheureusement, la structuration calendaire de la gouvernance de la station oblige le porteur de projet à envisager une présentation au public dès ce stade de l'avancée des études afin de tenir les objectifs stratégiques détaillés précédemment. La prochaine mise à jour de l'étude d'impact présentera les incidences totales de l'ensemble du projet global correspondant à l'ensemble des projets.

4) 2.2.1 BIODIVERSITE ET MILIEUX NATURELS

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
12	<i>L'Autorité environnementale recommande de :</i> <i>• localiser les zones humides de l'inventaire départemental et finaliser la détermination des zones humides sur l'aire du projet ;</i>

Les zones humides sont localisées sur la cartographie en page suivante.
Comme indiqué dans le dossier, aucune zone humide de l'inventaire départemental n'est localisée en tout ou partie dans une zone d'étude immédiate des projets d'aménagement.



Légende

- Zone d'étude élargie
- Zone d'étude rapprochée
- Zones humides de l'inventaire départemental 73
- Tourbières de l'inventaire régional



Échelle : 1:25 000

0 500 m

Conception: KARUM n°2023162 / Z.LACOMBE
Données fonds de carte issues de BD
ORTHO® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM, DatARA
Date : 11/07/2025

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
12	L'Autorité environnementale recommande de : • compléter dès ce stade les inventaires faunistiques et floristiques, afin d'établir un état initial complet de la zone d'étude et de réévaluer à la hausse le niveau d'enjeu le cas échéant.

CONCERNANT LA REPARTITION DES IPA REALISES ET LES INVENTAIRES FAUNE :

Pour le secteur Henri, les habitats inventoriés sont tous à moins de 20 mètres d'une piste 4x4 très fréquentée. De plus ces habitats sont majoritairement des pistes de ski à faible couvert végétal et très minéral. Un inventaire des espèces d'oiseaux a été réalisé, mais de manière opportuniste au vu de la faible diversité et du faible nombre d'individus présents. En effet les habitats leur sont très peu favorables.

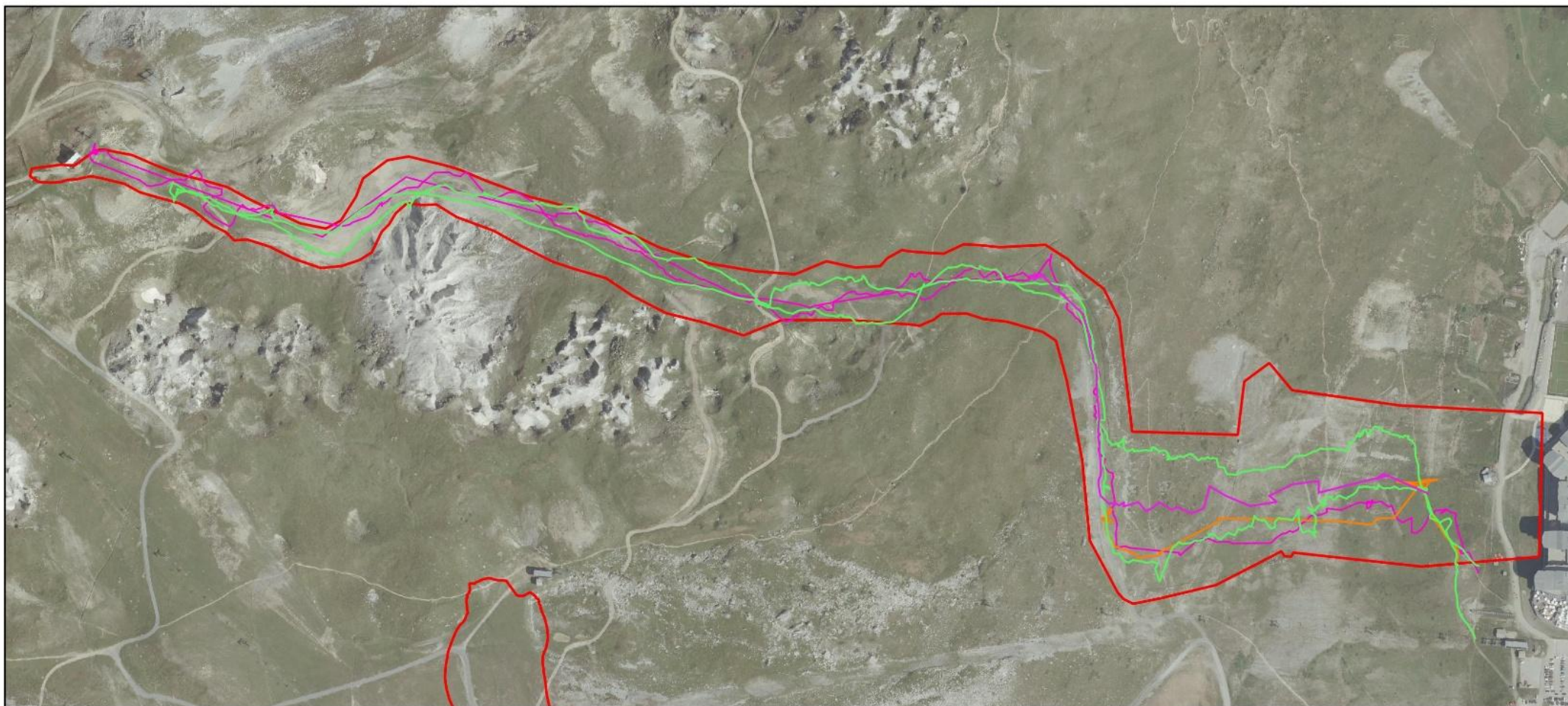
Concernant les zones Edelweiss et Millonex, les inventaires par Indices Ponctuels d'Abondance (IPA) ont bien été réalisés lors d'au moins deux passages distincts aux périodes favorables pour l'avifaune. 1 seul point IPA a été réalisé pour chacune des zones d'étude.

En effet, dans les milieux ouverts et avec peu d'individus, le risque de doublon est relativement fort, car les espèces sont entendues à plus de 200/300 m. Malgré la présence d'un unique point d'écoute, toutes les espèces présentes en dehors de ce point sont néanmoins notées et dénombrées, car l'ensemble de la zone d'étude est parcouru à pied à faible vitesse. Ainsi, l'ensemble des oiseaux présents et observés à vue ou à l'ouïe ont été pris en compte. Pour rappel, sur Edelweiss, seulement 6 espèces ont été observées en 2024, de 1 à 3 individus par espèce, et 17 espèces de 1 à 4 individus pour la zone de Millonex en 2022.

Enfin, pour la zone d'étude de Lognan, deux passages ont bien été réalisés couvrant 100 % de la surface concernée. La carte page suivante présente les traces de l'ensemble des sessions effectuées par l'écologue sur cette zone.

Concernant les taxons non prospectés (odonates, coléoptères et orthoptères), des inventaires complémentaires seront réalisés à l'été 2025 pour les orthoptères. En revanche, aucun inventaire complémentaire n'est prévu pour les odonates et les coléoptères, dans la mesure où les habitats présents sur les zones d'étude ne sont pas propices à l'accueil d'espèces à enjeux (protégées et/ou menacées). En effet, aucune zone humide (avec eau libre) ni aucun boisement n'a été identifié sur ces secteurs.

Les inventaires complémentaires réalisés seront intégrés à la mise à jour de l'étude globale.



Légende

 Zone d'étude

Dates des traces des prospections

 2024-06-03

 2024-06-25

 2024-07-15



Échelle : 1:6 400

0 120 m

Conception: KARUM n°2023162 / L.PELLICIER Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM (2024), Observatoire de la STGM (2014-2023) et Biodiv'AURA (2004-2024)
Date : 21/07/2025

CONCERNANT LA FLORE PROTEGEE :

Des inventaires complémentaires ont été réalisés sur les pistes Lognan et Henri, l'espace débutant Tichot le téléski Millonex.

TELESKI MILLONEX

Seule la Gentiane renflée a été observée à l'occasion de l'inventaire complémentaire réalisé le 22/07/2025. Cette espèce avait été observée lors des premiers inventaires réalisés et a été prise en compte dans l'étude globale. Le niveau d'enjeu est maintenu à l'identique de celui présenté dans le dossier (enjeu fort). Cependant, le projet n'aura pas d'impact direct sur cette espèce puisque les stations se situent en dehors des zones de terrassement. Ces stations seront mises en défens pendant les travaux. Les travaux feront l'objet d'un suivi environnemental.

Cf. Carte Flore protégée (TK Millonex)

ESPACE DEBUTANT TICHOT

Seule la station de Jonc Arctique a été à nouveau observée lors des inventaires complémentaires menés le 23/07/2025.

Cette station déjà identifiée lors des premiers inventaires a été prise en compte dans l'étude d'impact globale. Le niveau d'enjeu indiqué dans l'étude globale est maintenu (enjeu fort).

Le projet d'espace débutant a bien pris en compte cette station de Jonc arctique et l'évite en totalité. Une mise en défens sera réalisée avant le début des travaux. Les travaux feront l'objet d'un suivi environnemental.

Cf. Carte Flore protégée (Espace débutant Tichot)

PISTE HENRI

Une prospection complémentaire a été réalisée le 24/07/2025. Aucune espèce végétale protégée a été identifiée lors de cette prospection ni lors des prospections de 2024. L'enjeu flore protégée sur cette zone est donc considérée comme nul.

Cf. Carte Flore protégée (Piste Henri)

PISTE LOGNAN

L'inventaire flore complémentaire sur la piste de Lognan a été réalisé le 18 juillet 2025. De nouvelles stations de Laïche faux pied d'oiseau ont été observées dans les mêmes secteurs que les stations observées en 2024. Cette espèce protégée a été de nouveaux pris en compte dans l'aménagement ce qui a entraîné la modification de la future localisation des enneigeurs 10 et 11 ainsi que de la tranchée. Ces enneigeurs ont été abaissés de 7 à 10 mètres afin de ne pas impacter les espèces végétales protégées. Ces stations seront mises en défens pendant la phase de travaux qui fera l'objet d'un suivi environnemental. Une préimplantation des ouvrages est prévue sur site avec la régie des pistes de Tignes, KARUM et le conducteur de travaux.

Cf. Carte Flore protégée (Piste Lognan 1, 2 et 3)



Légende

-  Zone d'étude
-  Trace session 22/07/2025
-  Gentiane renflée (données 2025)
-  Gentiane renflée (Données observatoire 2013/2023)



Échelle : 1:2 000

0 40 m

Conception: KARUM n°2023162 / Z.LACOMBE
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 25/07/2025



Légende

- Zone d'étude
- Trace session 23/07/2025
- Jonc arctique (Données observatoire 2013-2023)
- Jonc arctique (Données 2025)



Échelle : 1:1 100

0 22 m

Conception: KARUM n°2023162 / Z.LACOMBE
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 24/07/2025



Légende

 Zone d'étude

Flore protégée 2012-2023

 Chamorchis des Alpes, Orchis des Alpes, Orchis nain des Alpes, Herminie des Alpes

 Prospection du 24/07/2025



Échelle : 1:2 700

0 50 m

Conception: KARUM n°2023162 /J.MARTIN
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 25/07/2025



Légende

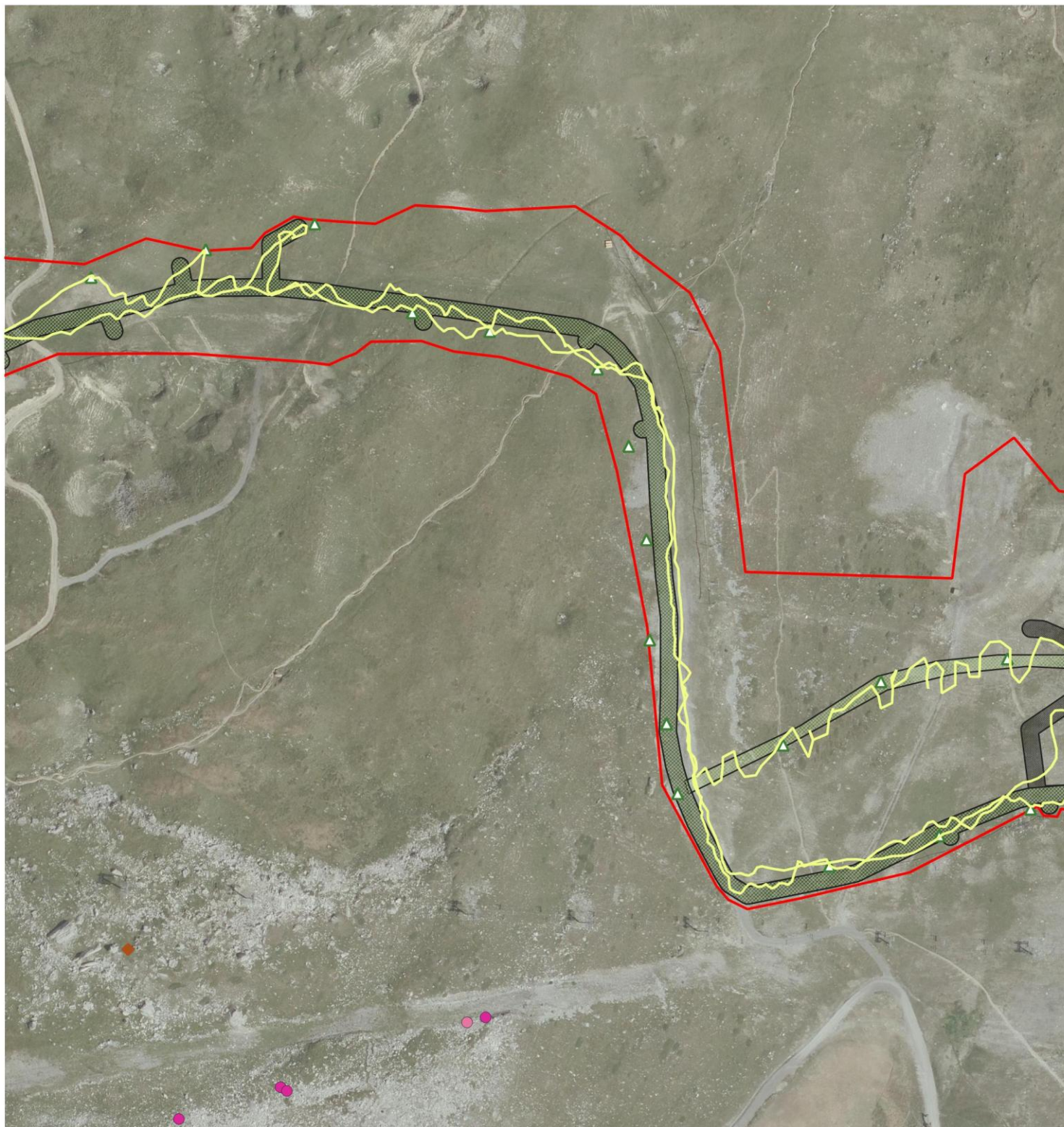
- | | |
|---|---|
| Zone d'étude | Emprise travaux version initiale |
| ● Jonc arctique | ▲ Regard enneigeurs |
| — Prospection du 18/07/2025 | Zones humides |
| Emprise travaux avec prise en compte des enjeux environnementaux | |



Échelle : 1:2 000

0 40 m

Conception: KARUM n°2023162 / J.MARTIN
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 25/07/2025

**Légende**

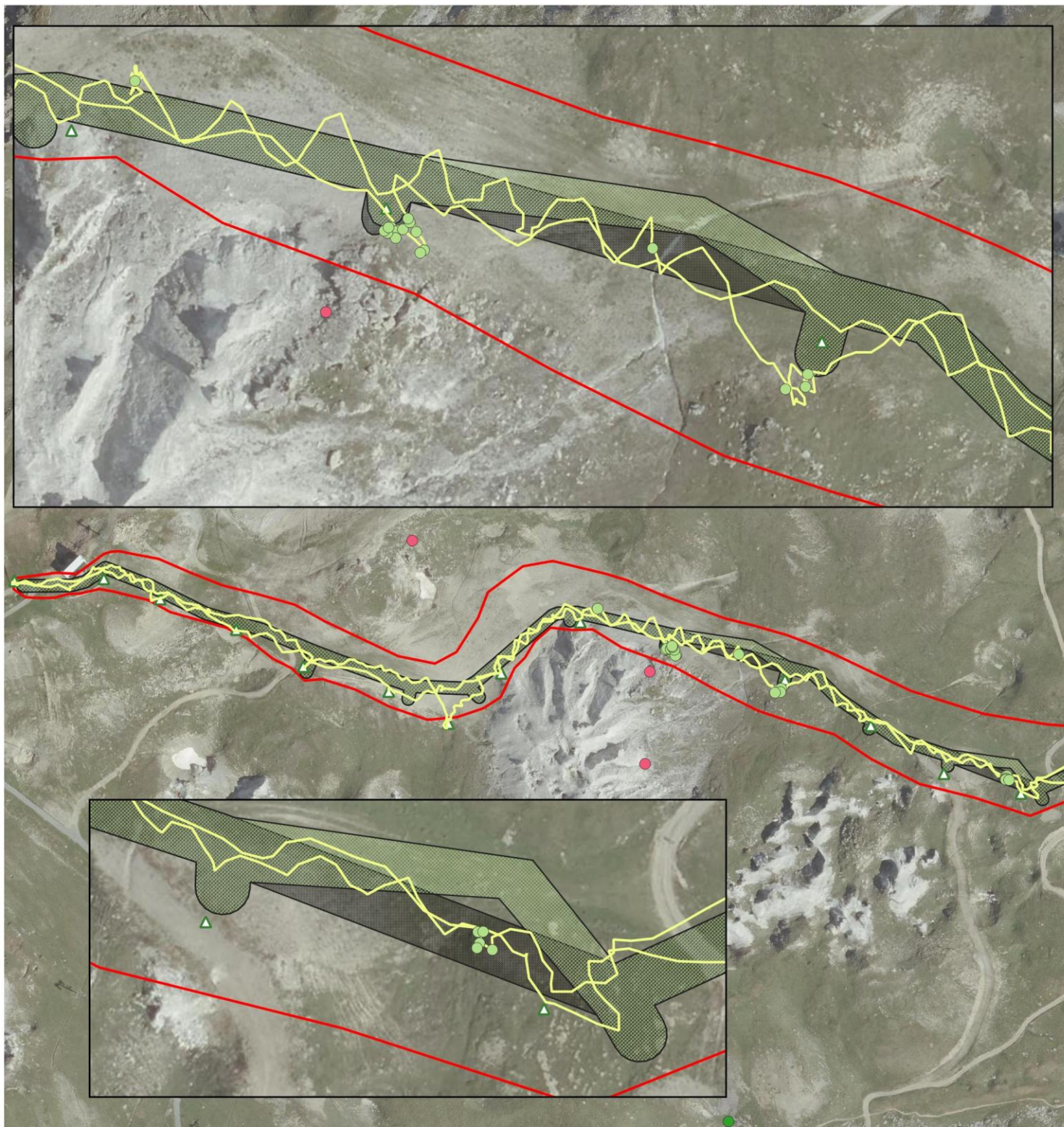
-  Zone d'étude
-  Prospection du 18/07/2025
-  Emprise travaux avec prise en compte des enjeux environnementaux
-  Emprise travaux version initiale
-  Lâche faux pied d'oiseau
-  Regard enneigeurs



Échelle : 1:3 200

0 60 m

Conception: KARUM n°2023162 / J.MARTIN
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 25/07/2025

**Légende**

-  Zone d'étude
-  Prospection du 18/07/2025
-  Emprise travaux avec prise en compte des enjeux environnementaux
-  Emprise travaux version initiale
-  Regard enneigeurs
-  Laièche faux pied d'oiseau



Échelle : 1:4 400

0 80 m

Conception: KARUM n°2023162 / J.MARTIN
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)
et du SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM
Date : 25/07/2025

5) 2.2.2 HYDROGRAPHIE ET RESSOURCE EN EAU

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
12	<i>L'Autorité environnementale recommande de faire expertiser l'écoulement identifié au niveau de la piste Lognan.</i>

Une expertise du cours d'eau a été menée par KARUM en date du 09/07/2025.

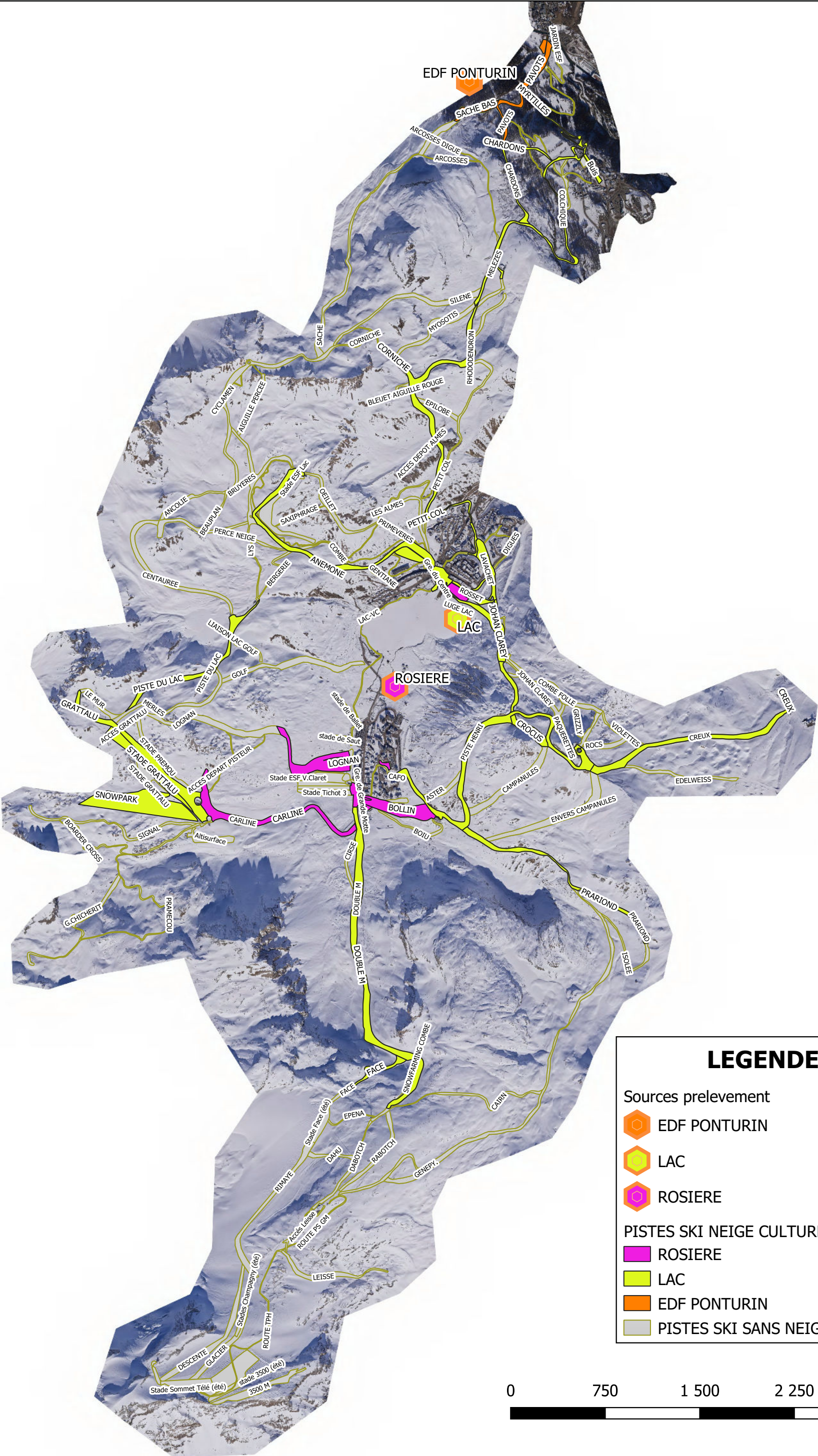
La note présentant l'ensemble des observations et des résultats identifiés sur le terrain est disponible en annexe (cf. Expertise d'écoulement).

Cette dernière a permis de conclure que l'écoulement sur la piste Lognan n'est pas un cours d'eau, mais seulement une zone d'écoulement préférentielle en eau qu'à certains moments lors de la période la plus intense de fonte de la neige au printemps.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
13	<i>L'Autorité environnementale recommande de :</i> <i>• localiser les points de prélèvements et les secteurs qu'ils permettent chacun d'enneiger.</i>

Cf. Cartographie page suivante.

SOURCES DE PRELEVEMENTS ET PISTES ASSOCIEES



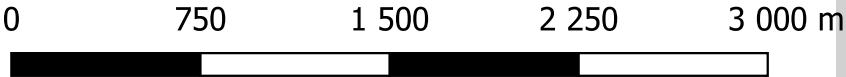
LEGENDE

Sources prelevement

- EDF PONTURIN
- LAC
- ROSIERE

PISTES SKI NEIGE CULTURE

- ROSIERE
- LAC
- EDF PONTURIN
- PISTES SKI SANS NEIGE CULTURE



N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
13	L'Autorité environnementale recommande de : • identifier et régulariser les prélèvements non autorisés.

Le dépôt d'une évaluation environnementale est prévu pour la régularisation des prélèvements d'eau multiusages sur la commune de Tignes. Ce dossier, initialement porté par l'ancienne mandature, a été repris par la nouvelle afin d'être en cohérence avec la « stratégie Transition 2030 pour un territoire durable » et la démarche « Imaginons Tignes 2050 ».

Le dossier d'évaluation environnemental a d'ores et déjà été soumis à la DDT et la DREAL pour une analyse de sa complétude et de sa recevabilité. Trois commissaires enquêteurs ont été nommés et ont d'ores et déjà échangé avec la commune de Tignes (02/07/25) sur l'organisation de la consultation du public et sur l'articulation des évaluations environnementales entre elles (cf. synoptique ci-après).



INTEGRATION DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX DES FUTURS PROJETS DU DOMAINE DE MONTAGNE **ARTICULATION ET PERIMETRES DES EVALUATIONS ENVIRONNEMENTALES 2025**

Aménagement divers du domaine skiable	Ressource en eau	Transition du glacier et Altitude Experiences
<i>Etude d'impact portant sur plusieurs projets sur les deux prochaines années (phase 1)</i> • Réseau neige : piste Lognan, Henri et Edelweiss • Remontées mécaniques : Télési Millonex, télésiège Tichot, tapis zone débutant Tichot • Domaine skiable : espaces débutants Tichot → Enquête publique : du 27 juin au 30 juillet 2025 à la Mairie de Tignes	<i>Etude d'impact portant sur la régularisation des prélèvements d'eau</i> • Alimentation en eau potable : Prélèvements des captages Sassièrè, Marais, Bois de l'Ours, Sachette, Sache, Chardons, Caffo • Neige de culture : Prélèvements lac de Tignes, Caffo et canal EDF Ponturin • Autres usages : Hydroélectricité, espaces verts, golf, agropastoralisme, etc. → Consultation parallélisée du public : de août à octobre 2025 à la Mairie et en ligne ; 2 réunions publiques à Tignespace à l'ouverture (juillet) et à la clôture (septembre)	<i>Etude d'impact portant sur le secteur du glacier de la Grande Motte</i> • Altitude Experiences : Pont de singe, Belvédère 3032, Belvédère 3456, Extension Panoramic 3032, etc. • Adaptation du domaine skiable : Modification TSD Vanoise, Extension RN, liaison Rabotch, ski pro combe double M • Démantèlement des infrastructures obsolètes : anciennes RM, massifs anciens pylônes, nettoyage glacier, etc. → Dépôt de l'évaluation environnementale : automne 2025 → Démarrage de l'enquête publique : début 2026

La procédure prendra la forme d'une consultation parallélisée du public qui devrait avoir lieu en août 2025. L'avis de la MRAE devrait avoir lieu au cours de la consultation, comme le prévoit la nouvelle procédure. La prise de l'arrêté préfectoral devrait avoir lieu en fin d'année 2025.

Tignes doit accueillir les Championnats du Monde de Para ski alpin en 2027 sur la piste de Lognan. Les travaux d'extension du réseau neige de la piste de Lognan doivent être réalisés à l'automne 2025 pour que la piste puisse être homologuée à l'hiver 2025-2026 préalablement à la tenue des championnats de 2027.

Cette contrainte de planning se répercute sur l'articulation temporelle de dépose des 3 évaluations environnementales. En effet, les demandes d'autorisations d'aménagements du

domaine skiable (notamment l'extension réseau neige de la piste de Lognan) précèdent les demandes d'autorisations de prélèvements d'eau.

La Commune assume ce choix du fait des garanties qu'elle donne concernant sa stratégie de gestion de la ressource en eau (déclinée dans l'évaluation environnementale) dont les grands principes pour l'usage de la neige de culture sont les suivants :

- > Le volume maximum demandé (650 000 m³) dans l'évaluation environnementale est basé sur les retours d'expériences des volumes utilisés ces dernières années, les effets du réchauffement climatique d'ici à 2050 ne seront pas compensés par la demande de volumes supplémentaires (sinon la demande s'élèverait à environ 1 000 000 m³ en 2050) ;
- > Que les extensions du réseau neige prévue dans les futurs projets d'aménagement du domaine skiable sont inclus dans le volume maximum demandé et n'entraîneront pas de pression supplémentaire sur la ressource eau ;
- > Que ce volume maximum demandé ne soit utilisé que si :
 - o la **disponibilité de la ressource le permet** (débits réservés garantis à l'aval des prélèvements) ;
 - o les conditions le nécessitent notamment au niveau de l'état d'enneigement naturel.
- > Que les répartitions spatiales et temporelles de l'enneigement sont soumises à un arbitrage selon des règles de priorisation de P1 à P4 (cf. Annexe « stratégie d'enneigement »). Ces règles ont été travaillées entre techniciens, experts et élus et sont conditionnées par la disponibilité de la ressource (volume et débit instantané). Autrement formulés, deux leviers d'arbitrages sont possibles et cumulables :
 - > décalage des priorités dans le temps (par exemple P3 et P4 sont retardés) ;
 - > abandon des priorités « moins importantes » (par exemple P4).

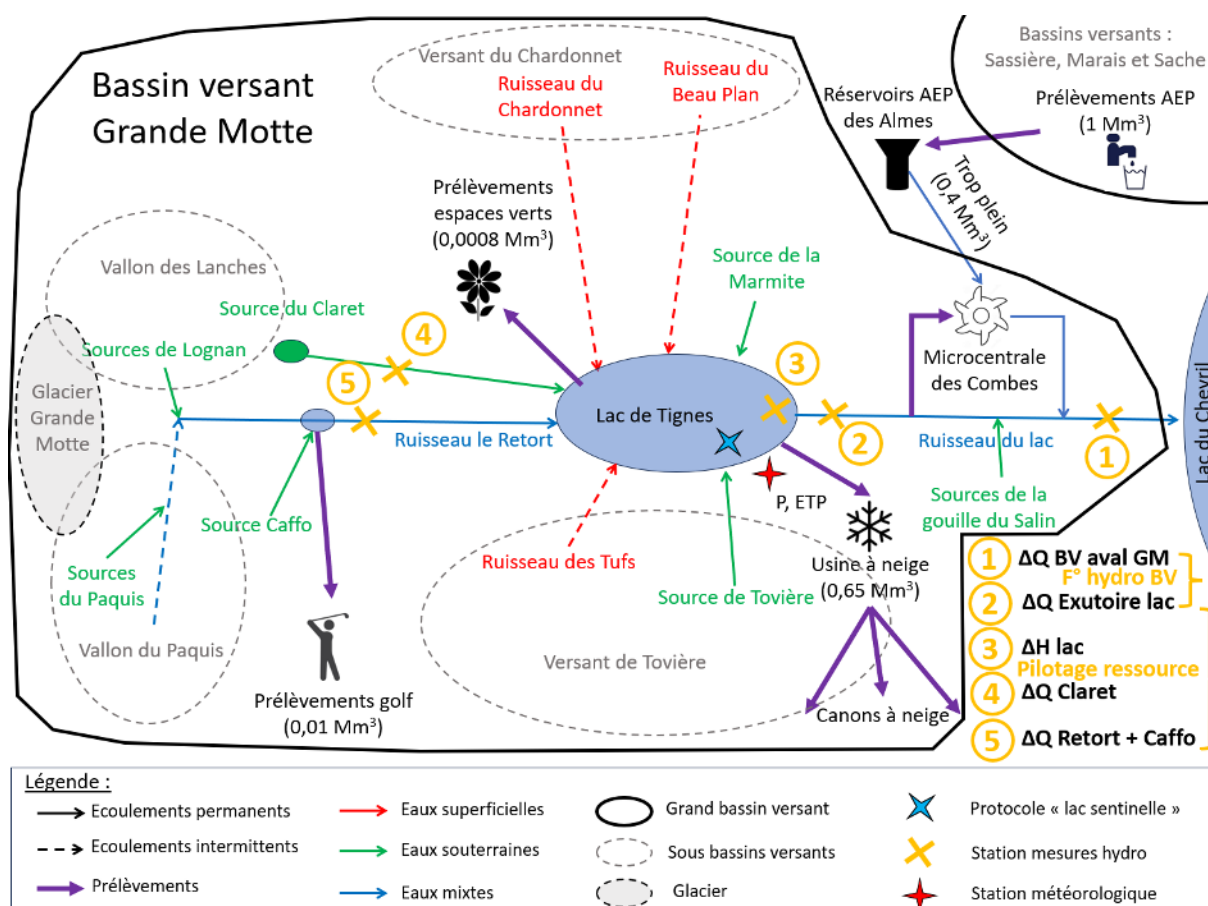
Les principes énoncés précédemment supposent d'avoir accès à des outils de pilotage de la ressource et d'engager une réflexion sur l'évolution de la ressource en eau en contexte de changement climatique, c'est l'objet du prochain point.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
13	<i>L'Autorité environnementale recommande de :</i> • <i>évaluer la disponibilité actuelle de la ressource en eau sur le territoire en tenant compte du changement climatique et des différents usages y compris des prélèvements d'eau pour la neige de culture non autorisés.</i>

Instrumentation du bassin versant (cf. Annexe Instrumentation BV Tignes) :

Les prélèvements pour la neige de culture sont essentiellement situés sur le bassin versant de la Grande Motte au niveau du lac naturel de Tignes (cf. carte enneigement). Afin d'évaluer la disponibilité actuelle de la ressource pour l'usage neige de culture, il est nécessaire d'équiper ce bassin versant d'une station de mesure des débits instantanés à l'aval immédiat des points de prélèvements.

La commune de Tignes a fait le choix d'équiper 5 points de mesures répartis dans le bassin versant selon la répartition suivante :



NB : la même démarche est en cours de déploiement au niveau du bassin versant de la Sassière où se situent les prélèvements de l'AEP et où se concentrent de nombreux enjeux et usages (zone humide d'intérêt patrimonial, hydroélectricité, AEP et activité agropastorale).

Lien entre instrumentation du bassin versant et la recherche :

Le design d'instrumentation a été pensé pour assurer le partage équilibré de la ressource en eau entre les différents usages tout en garantissant le maintien des milieux aquatiques. Également, ces enregistrements de chroniques de débits serviront à améliorer la connaissance du fonctionnement hydrologique du bassin versant en alimentant en données un Observatoire Universitaire de l'hydrosystème (USMB, INRAE, IGE et Edytem) le long d'un continuum glacier/eaux souterraines/cours d'eau/zones humides/lac.

Ces données issues des stations de mesures permettront d'enregistrer l'évolution de la ressource en eau pour mieux comprendre les effets du changement climatique et notamment l'érosion de la cryosphère (glacier et permafrost) sur cette dernière. À ce titre, la Commune de Tignes, en partenariat avec l'INRAE, participe au financement d'une thèse de doctorat qui s'intéresse spécifiquement à ce sujet (cf. Annexe Convention Thèse INRAE). Les résultats de cette thèse serviront d'aide à la décision pour une meilleure gestion de la ressource en eau et la connaissance acquise à Tignes pourra être transposée à d'autres bassins versants de l'arc alpin.

En plus de la thèse, plusieurs programmes de recherche ont d'ores et déjà été financés par la Commune de Tignes ces dernières années parmi lesquels on peut notamment citer :

- > IGE 2020 : Evolution du glacier de la Grande Motte d'ici 2100 ;

- > INRAE/CARTTEL 2024 : modélisation de l'évolution du lac de Tignes face au changement climatique d'ici à 2100 ;
- > EDYTEM 2025 : Archives sédimentaires du lac de Tignes de sa formation à son histoire moderne.

Mais aussi le démarrage de nouveaux programmes qui sont prévus dans les prochains mois (EDYTEM et CARTTEL). Ces programmes de recherches sont tous en lien avec l'amélioration de la connaissance du fonctionnement de l'hydrosystème et ses changements face au changement climatique.

La poursuite des études sur l'évolution de l'enneigement et de la ressource en eau :

Tignes dispose des résultats de l'étude « IMPACT » (Ingélo) qui donnent les perspectives d'enneigement du domaine skiable d'ici à la fin du siècle. Néanmoins, cette étude mérite d'être approfondie et complétée pour intégrer des paramètres plus complexes liés notamment à l'évolution de la ressource en eau, sur des durées longues et en prenant en compte les différentes projections de modèles météorologiques ainsi que le comportement du bassin versant, notamment au regard de la fonte des glaciers.

L'étude CLIMSNOW (consortium scientifique, Météo France, Dianeige et INRAE) propose désormais un couplage nommé CLIMEAU qui permet d'assurer une cohérence entre l'évolution des besoins d'enneigement et la disponibilité effective de la ressource. Le lancement de cette étude couplée CLIMSNOW/CLIMEAU est prévu à l'automne 2025.

6) 2.2.3 RISQUES NATURELS

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
14	<i>L'Autorité environnementale recommande de compléter l'état initial relatif aux aléas et risques naturels, en le documentant par des études techniques.</i>

Pour rappel, la partie vulnérabilité aux risques naturels de l'étude d'impact globale a conclu à plusieurs aléas faibles et un aléa sismique moyen. L'ensemble des prescriptions géotechniques et dispositions constructives classiques associées aux ouvrages de réseau neige et remontée mécaniques seront mises en place pour éviter tout risque.

Des études techniques seront réalisées afin d'implanter au mieux les aménagements d'un point de vue géotechnique et avalancheux et de définir les prescriptions géotechniques et dispositions constructives.

Ces études ne concernent pas les projets de réseau neige, car pas de construction. Pour ce qui est de la zone débutante sommet Tichot et le tapis associé, elle est située hors zone avalanches. Pour ce qui est du TMX de Tichot qui comprendra des constructions, les études seront menées à l'avancement du projet, comme évoqué précédemment celui-ci n'est pas suffisamment mûr pour que ce genre d'étude ait déjà été produite.

7) 2.3 ALTERNATIVES EXAMINEES ET JUSTIFICATION DES CHOIX RETENUS AU REGARD DES OBJECTIFS DE PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
16	L'Autorité environnementale recommande : • d'approfondir l'analyse des variantes concernant les pistes de ski à enneiger, en vue d'optimiser les volumes d'eau prélevés et d'atténuer les impacts sur la biodiversité ;

Le Stade de Lognan est la seule piste de Tignes offrant les caractéristiques permettant son homologation par la Fédération Française de Ski. Son tracé a été expertisé et ajusté lors de la réalisation du Village Club Med. Le tracé retenu est extrêmement contraint et les différentes variantes possibles ne permettent pas d'optimiser le volume d'eau à produire.

Néanmoins, la stratégie d'enneigement du stade de compétition a été intégrée au dossier de régularisation du prélèvement d'eau. Il ne génère pas de besoins supplémentaires en enneigement et donc de pression accrue sur la ressource en eau. L'enneigement de la piste de Lognan respectera à la fois le volume global annuel de prélèvement, sans chercher à l'augmenter (gestion des priorités d'enneigement en fonction des conditions d'enneigement naturel et des périodes de l'année) et la capacité du milieu naturel à fournir la ressource (respect du débit d'étiage des cours d'eau par une instrumentation précise).

La systématisation des outils SNOWSAT permet une mesure embarquée quotidienne de la hauteur de neige permettant d'ajuster la production pour être au plus près du besoin (le « juste neige ») pour ne pas surproduire.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
16	L'Autorité environnementale recommande : • de présenter les variantes de localisation de l'espace débutant étudiées afin de justifier son implantation dans le secteur Tichot.

L'ensemble des zones possibles pour la création d'espaces débutants ont été étudiées sur le secteur de Tignes Val Claret (cf. Annexe Diagnostic réglementaire zone débutant). La zone de Tichot est à la fois la plus fonctionnelle et la moins impactante pour l'environnement et a donc été retenue.

8) 2.4.1 BIODIVERSITE ET MILIEUX NATURELS

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
17	L'Autorité environnementale recommande : • d'évaluer les incidences des travaux de la piste Lognan sur l'alimentation de la zone humide située en aval et ses fonctionnalités ;

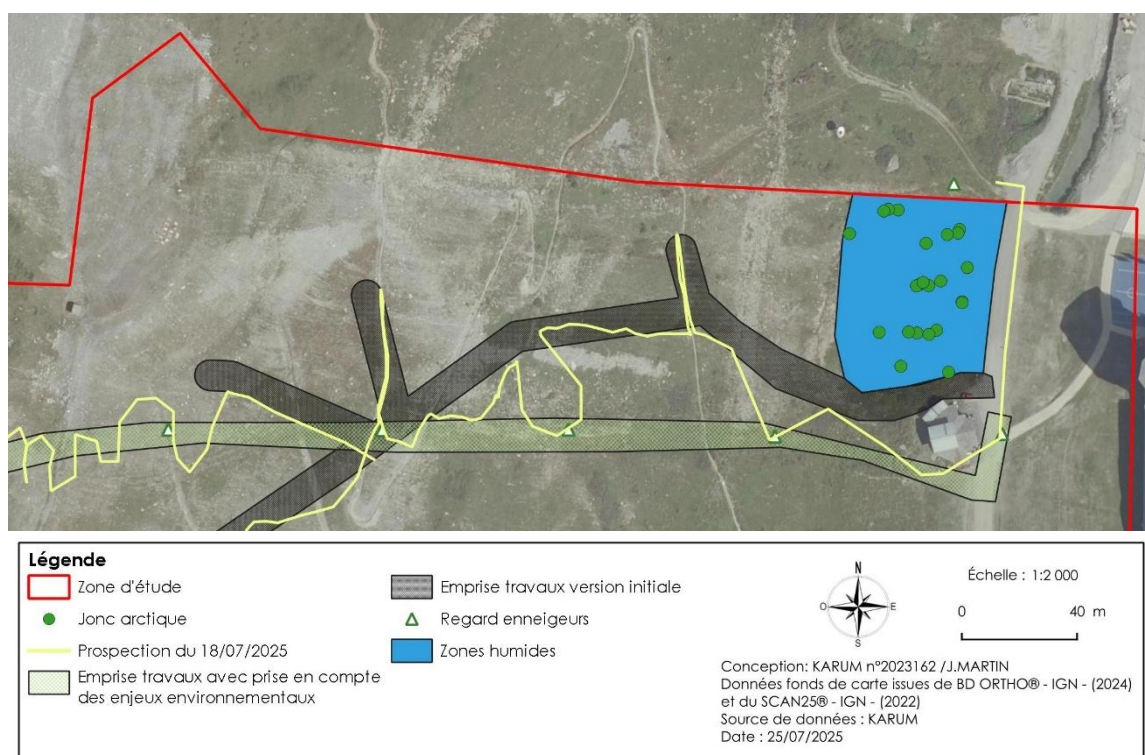
La zone humide située en bas de la face de Lognan est une zone de bas de versant qui a été surcreusée. Cette zone humide est alimentée soit par les eaux du versant soit par les eaux du

ruisseau du retort qui compose un réseau de zones humides sur ce secteur ou soit des deux à la fois. Il n'y a pas d'écoulement apparent dans la zone humide, mais de petites résurgences sur certains secteurs.

Le réseau de canalisation pour la neige de culture a été modifié en amont de la zone humide afin de ne plus se retrouver à l'amont immédiat et dans l'axe de celle-ci.

Les travaux de la piste Lognan feront l'objet d'un suivi environnemental, lors de ce suivi, une vérification de la présence d'eau dans la fouille de la tranchée sera réalisée. En cas de présence d'eau, des mesures seront mises en place comme le renvoi d'eau en direction de la zone humide ou la mise en place de « bouchons d'argiles ».

Avec la modification de la tranchée et des regards ainsi que la mise en place de mesure, le projet n'aura pas d'impact sur la zone humide.



N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
17	L'Autorité environnementale recommande : • de justifier la quantification des surfaces d'habitats d'espèces impactées (max 3,9 ha) au regard des surfaces d'habitats naturels impactés (6,6 ha) ; • de quantifier les surfaces d'habitats étrepés en distinguant les habitats d'espèces concernés (MR1) ; • de renforcer la mesure d'adaptation du calendrier de chantier (MR12) sur l'espace débutant Tichot ;

- > Concernant la différence de surfaces impactées, l'écart de 2,7 ha s'explique principalement par des méthodes de prise en compte différentes. En effet, lors des calculs concernant l'impact global sur la faune, tous les paramètres ont été évalués,

notamment l'altitude, essentielle pour certaines espèces comme le Lièvre variable. Par ailleurs, les milieux non favorables (pistes 4x4, pistes VTT, etc.) ont été exclus de ces calculs.

Ainsi, les 6,6 ha mentionnés dans la partie flore et habitats incluent à la fois les milieux naturels et anthropiques.

- > La mesure MR1 relative à l'étrépage concerne 10 habitats différents, présentés dans le tableau ci-dessous :

HABITATS	SURFACE CONCERNEE PAR LA MESURE MR1	TAXONS CONCERNES
Combes à neige (E4.1) X Gazons alpins à Nardus stricta et communautés apparentées (E4.31)	1 153 m ²	<u>L'ensemble des taxons</u> sont concernés par cette mesure. En effet, grâce à cette intervention, les habitats naturels retrouveront plus rapidement des conditions favorables, ce qui facilitera grandement la recolonisation des espèces étudiées.
Fourrés des combes à neige acidoclines boréo - alpines à salix herbacea (F2.11)	71 m ²	
Gazons à séslerie bleue et laîche sempervirente (E4.431)	632 m ²	
Gazons alpins à Nardus stricta et communautés apparentées (E4.31)	2 689 m ²	
Pelouses acidophiles alpigènes (E4.34)	6 m ²	
Piste de ski (E2.6) x Fourrés des combes à neige acidoclines boréo - alpines à salix herbacea (F2.11)	4 702 m ²	
Piste de ski (E2.6) x Gazons alpins à Nardus stricta et communautés apparentées (E4.31)	37 m ²	
Piste de ski (E2.6) x Pelouses alpines et subalpines acidiphiles (E4.3)	8 838 m ²	
Piste de ski (E2.6) x Pelouses alpines et subalpines acidophiles (4.3) x Prairies de fauche montagnardes (E2.3)	316 m ²	
Prairies atlantiques et subatlantiques humides (E3.41) x Piste de ski (E2.6) x Gazons riverains arctico alpins (D4.2)	3 m ²	

- > La mesure d'adaptation du calendrier de chantier a été renforcé. Les travaux devront être effectués en dehors de la période de reproduction comme pour les autres projets. Les modifications apportées sont visibles dans le tableau ci-dessous :

MOIS DE L'ANNEE	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Avifaune			Reproduction (présence des couvées)									
Lièvre variable			Reproduction (présence des jeunes)									
Reptiles	Hivernage				Reproduction (présence des pontes)						Hivernage	
Période favorable selon les différents projets												
Lognan	Période d'exploitation du domaine							Avifaune variable	+	Lièvre	Période d'exploitation	
Edelweiss								Lièvre variable				
Henri			Aucune contrainte en l'absence d'enjeux									

Millonex						Avifaune	
Espace Tichot	débutant					Avifaune	
Carline		Aucune contrainte, car espèce à enjeu (Azuré du Serpolet) présente à l'année sur les emprises chantiers					

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
17	L'Autorité environnementale recommande : • de quantifier les impacts résiduels sur habitats naturels et les habitats d'espèces. • de mieux étayer l'absence d'incidences résiduelles significatives du projet sur la zone humide et sur toutes les espèces protégées concernées et leurs habitats, après mesures d'évitement et de réduction, et de renforcer et préciser les mesures d'évitement, réduction et si nécessaire compensation afin de pouvoir effectivement conclure à une absence de perte nette de biodiversité liée à la mise en œuvre du projet

Les habitats favorables impactés concernent principalement des zones déjà remaniées, car situées sur des pistes de ski, des pelouses subalpines pâturées et des zones de végétation rase, qui retrouveront leur fonctionnalité après travaux grâce à la mise en place de l'étrépage de la végétation des habitats à enjeux, la mise en place de semis adaptés et au suivi de revégétalisation mis en place lors des travaux. De plus, certaines espèces végétales protégées peuvent retrouver des habitats plus favorables après terrassement puisque la concurrence avec les autres espèces a été supprimée, cela peut être le cas pour la Laîche faux pied d'oiseau.

Les habitats favorables à la faune impactés après mesures sont donc :

- **LOGNAN** : 162 m² de plantes-hôtes impactés après mesure, soit 2% des habitats favorables sur la zone d'étude. Perte de 2,7 ha d'habitat de reproduction et/ou d'alimentation de façon temporaire dans la mesure où les milieux redeviendront favorables une fois les travaux réalisés (avifaune, mammifères non volants, reptiles).
- **MILLIONEX** : Aucune plante-hôte impactée par les travaux du téléski. La perte définitive de 10 m² d'habitats potentiellement favorables aux reptiles et à l'avifaune est marginale et compensée par la disponibilité d'habitats similaires à proximité, garantissant le maintien des populations locales.
- **ESPACE EBUTANT TICHOT** : 3 m² impactés définitivement par le projet.
- **HENRI** : 0,39 ha de surface favorable à la faune impactée de façon temporaire.
- **EDELWEISS** : 0,85 ha de surface favorable à la faune impactée de façon temporaire.

Les zones identifiées comme impact temporaire sont des milieux dont les travaux n'impacteront pas directement la fonctionnalité. De plus, les milieux d'altitude montrent une forte résilience du milieu grâce aux mesures d'étrépage de la végétation. L'impact est également jugé temporaire dans la mesure où la présence d'habitats similaires à proximité assurant le maintien de la fonctionnalité globale.

L'analyse complète des enjeux écologiques présents sur la zone d'étude, associée aux mesures d'évitement et de réduction mises en place, permet de conclure à l'absence d'incidences résiduelles significatives sur les habitats naturels et les espèces protégées concernées. En effet, les différents projets ont été adaptés afin d'éviter tout impact direct sur les milieux les plus sensibles. Les mesures de réduction, telles que la réalisation des travaux hors périodes sensibles pour la faune, la mise en place d'un balisage précis et la présence d'un

suivi écologique de chantier, garantissent la préservation des enjeux environnementaux. Ainsi, aucune perte nette de biodiversité n'est attendue du fait de la mise en œuvre du projet. Concernant la faune, aucune altération des populations sur les espèces à enjeu identifié n'est attendue.

Toutefois, si un impact résiduel venait à être constaté lors du suivi, des mesures compensatoires adéquates seront définies et mises en œuvre afin de maintenir la fonctionnalité écologique globale du site.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
17	<i>L'Autorité environnementale recommande de compléter l'analyse des incidences et si nécessaire de renforcer les mesures pour assurer l'absence d'incidence significative du projet sur l'atteinte des objectifs assignés aux sites Nature 2000.</i>

Pour rappel, les sites Natura 2000 les plus proches sont la ZPS La Vanoise et la ZSC Massif de la Vanoise. Ces dernières sont localisées à plus de 500 m des zones d'études immédiates du projet global.

Les objectifs de ces deux sites Natura 2000 sont listés ci-dessous :

ZSC MASSIF DE LA VANOISE	ZPS LA VANOISE
Maintenir la diversité des milieux.	Maintenir la diversité des milieux propices aux oiseaux.
Pratiques agricoles compatibles avec la conservation des habitats ou espèces patrimoniales.	Pratiques agricoles compatibles avec la conservation des espèces.
Maintenir de vieux bois en milieu forestier.	Maintenir de vieux bois en milieu forestier et ne pas intervenir sur les boisements en période de reproduction.
Maintenir une activité agricole extensive traditionnelle.	
Éviter le dérangement des oiseaux nicheurs.	Proscrire le dérangement des oiseaux nicheurs en falaise.
Gérer la fréquentation touristique et motorisée.	
Mettre en place des pratiques sylvicoles favorables.	Développer la signalisation des câbles potentiellement dangereux pour les oiseaux, voire enfouir certains tronçons.
Éviter le drainage des ZH.	-
Maintenir et améliorer la qualité des eaux de surface et souterraines.	-

Au regard, des objectifs des sites Natura 2000, des types de projet, de la distance des projets par rapport aux sites et des périodes de travaux, les différents travaux du projet global ne sont pas de nature à impacter les sites Natura 2000 et de porter atteinte à leurs objectifs.

9) 2.4.2 HYDROGRAPHIE ET RESSOURCE EN EAU

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
18	<i>L'Autorité environnementale recommande d'évaluer les impacts du projet sur l'écoulement localisé sur la piste Lognan (à expertiser) et de définir des mesures ERC en conséquence.</i>

L'écoulement sur la piste Lognan a fait l'objet d'une expertise réalisée par KARUM en date du 09/07/2025. Cette expertise a permis de conclure en l'absence de cours d'eau (cf. annexe Expertise du cours d'eau).

Le projet de réseau neige prévoit un passage de la canalisation qui croise à 3 reprises le tracé cartographique de cet écoulement. Toutefois, étant donné que l'expertise a déduit à l'absence de cours d'eau le long de ce tracé, le projet n'aura aucune incidence sur les cours d'eau.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
19	<i>L'Autorité environnementale recommande de :</i> • <i>clarifier et compléter l'estimation des besoins supplémentaires en eau pour l'enneigement du domaine skiable ;</i>

L'enneigement des pistes Lognan, Edelweiss et Henri engendrera une augmentation des besoins en eau d'environ 38 000 m³. En prenant en compte le changement climatique, le volume d'eau supplémentaire nécessaire pourrait atteindre environ 45 600 m³.

Quelle que soit la situation future, en cas de restriction d'usage de l'eau l'équipement de ces 3 pistes en réseau neige pourra être utilisé à ressource constante en faisant des choix de priorité d'enneigement.

De plus les nouveaux outils de mesures (SNOWSAT, CLIMSNOW) permettent de mesurer, se professionnaliser et optimiser l'utilisation de la ressource en eau pour ne pas « surproduire » : à volume d'eau constant on couvre plus de superficie en neige, car on optimise les hauteurs régaliées sur les pistes de skis étant donné qu'on est capable de mesurer ce dont on a réellement besoin. Il y a également la technologie de production de neige qui s'est améliorée, la densité de la neige de culture étant plus faible avec nos températures de production, avec un certain volume d'eau nous produisons plus de volume de neige (meilleur ratio m³ de neige / m³ d'eau)

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
19	L'Autorité environnementale recommande : • d'évaluer la disponibilité de la ressource en eau à moyen terme en tenant compte des besoins pour les différents usages et des évolutions liées au changement climatique.

Comme indiqué précédemment dans la réponse en partie 2.2.2, la commune mène une approche pour évaluer la disponibilité en eau de la commune avec la mise en place d'une instrumentation spécifique sur le bassin versant de la Grande Motte, et sur le bassin versant de la Sassièr (en cours de déploiement).

L'instrumentation des bassins versants permettra d'évaluer la disponibilité en eau actuelle pour chaque usage distinct.

Ces données issues des stations de mesures permettront d'enregistrer l'évolution de la ressource en eau pour mieux comprendre les effets du changement climatique et notamment l'érosion de la cryosphère (glacier et permafrost) sur cette dernière.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
19	L'Autorité environnementale recommande : • évaluer les impacts directs et indirects sur la dynamique des écosystèmes d'un accroissement du prélèvement de l'eau ; • reprendre l'analyse des incidences et compléter les mesures ERC.

L'impact de l'augmentation des prélèvements en eau des différents captages de la commune sur les milieux naturels est analysé dans le dossier d'autorisation environnementale.

L'augmentation des prélèvements en eau sur les captages est susceptible d'impacter négativement les habitats aquatiques et humides et la faune et la flore associée.

Les captages d'eau potable existent depuis une trentaine d'années pour les plus récents voire presque 70 ans pour les plus anciens. Une observation des orthophotographies au niveau du captage de la Sassièr permet d'observer la zone humide depuis 2006. Ces observations permettent de dire que cette zone humide n'a, semble-t-il, pas diminué depuis cette date. Les orthophotographies sur les autres captages de la commune ne permettent pas de distinguer les zones humides à proximité et de faire cette même analyse.

L'absence de données antérieures ne permet pas d'évaluer l'impact complet des prélèvements d'eau sur les zones humides historiques.

Toutefois, des mesures de réduction des impacts indirects sur les zones humides seront mises en place afin de les limiter. Ces mesures consisteront à garder un débit réservé en aval des captages afin de garantir une alimentation en eau pérenne des zones humides.

10) 2.4.3 RISQUES NATURELS

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
20	L'Autorité environnementale recommande de : • compléter l'analyse des incidences du projet vis-à-vis des risques naturels, à l'appui d'études techniques ; • retranscrire les préconisations de ces études dans l'étude d'impact et de définir des mesures d'évitement et de réduction adaptées aux enjeux afin de démontrer que le projet n'est pas de nature à augmenter les risques naturels, à en créer de nouveaux en majorant l'exposition des populations aux aléas naturels.

Pour rappel, la partie vulnérabilité aux risques naturels analyse les incidences du projet sur l'environnement en cas d'aléa naturel.

Plusieurs aléas sont identifiés comme faibles et un aléa est identifié comme moyen. Les aménagements respecteront les prescriptions géotechniques et dispositions constructives pour limiter les risques sur les infrastructures.

Toutefois, il existe un risque de délaissée de déchets en cas d'aléa naturel menant à la destruction en tout ou partie des aménagements. Dans ce cas, les déchets qui pourraient être délaissés sur les milieux naturels seront retirés le plus rapidement possible.

Ne notons qu'aucun des projets ne présente d'équipement qui pourrait s'avérer dangereux pour l'environnement (carburant ou autre).

11) 2.4.4 CHANGEMENT CLIMATIQUE

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
20	L'Autorité environnementale recommande de : • présenter une estimation des émissions de GES évitées par les mesures mises en place ;

La réalisation des différents projets de l'étude globale engendrera l'émission d'environ 621 tCO₂e. Certaines mesures ont été prises afin de limiter les émissions de GES de la phase travaux de la réalisation des différents projets, notamment le choix d'entreprises françaises et locales et la réutilisation d'une ancienne remontée mécanique pour la construction du nouveau télési Millonex.

Les émissions évitées par le choix d'entreprises françaises et locales pour la réalisation des travaux ne sont pas évaluables étant donné que le choix s'est tourné directement vers des entreprises locales. Aucune comparaison n'est donc possible.

Concernant la mesure de réutilisation d'un ancien télési pour la construction du télési Millonex, cette dernière permettra d'éviter la production d'environ 7 tonnes d'acier neuf et l'émission d'environ 15 tCO₂e.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
20	L'Autorité environnementale recommande de : • exposer la manière dont la mise en œuvre du projet s'inscrit dans la trajectoire de neutralité carbone à l'horizon 2050 ;

La trajectoire fixée par la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) révisée en 2020 vise à réduire de moitié les consommations énergétiques à l'horizon 2050 par rapport à 1990.

Le domaine skiable de Tignes affiche des engagements en termes de transition environnementale. La commune a obtenu son premier flocon vert en 2022, témoignant de l'engagement durable de la station de ski à travers différents indicateurs, dont la gestion de l'énergie. L'audit réalisé a permis de relever différents points forts du territoire dont :

- > La volonté d'aller vers un aménagement et un urbanisme maîtrisé ;
- > La réalisation du bilan carbone et la mise en place de mesure immédiate pour réduire les émissions de GES (carburant HVO, rénovation énergétique des bâtiments et mobilité collective) ;
- > L'adaptation du territoire au changement climatique et la diversification des activités touristiques quatre saisons ;
- > Production d'énergie au niveau local.

De plus, la commune de Tignes s'est dotée d'une stratégie de transition à l'horizon 2030 pour un territoire durable. Cette stratégie est une feuille de route de la municipalité élaborée en concertation avec l'ensemble des acteurs institutionnels, socioprofessionnels, habitants et partenaires. Elle est structurée en 4 piliers fondamentaux, dont le pilier N°4 « Réduire notre impact carbone » qui porte principalement sur la réduction de l'impact carbone du transport des vacanciers, des émissions de GES liées aux bâtiments et à l'alimentation. Ce pilier porte aussi sur la promotion des énergies renouvelables et favorise une mobilité durable à l'échelle de la commune.

Enfin, dans l'objectif de maintenir ce cap de transition à l'horizon 2030, le domaine skiable s'est engagé également dans diverses mesures, notamment :

- > L'optimisation de la consommation énergétique des remontées mécaniques, adaptée en permanence selon l'affluence des secteurs ;
- > L'utilisation de moteurs Direct Drive pour ses nouvelles remontées mécaniques permettant une économie d'environ 8% de consommation énergétique.

La diversification des engagements du territoire de Tignes appuie l'investissement du domaine skiable dans l'objectif de la SNBC de réduction de moitié des consommations énergétiques et participe à la décarbonation des sources d'énergie.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
20	L'Autorité environnementale recommande de : • compenser les émissions de GES générées par le projet.

Pour rappel, le total d'émission de GES du projet global est estimé à 621 t_{CO2e} en phase travaux et 9,6 t_{CO2e} en phase exploitation.

Chaque émission de GES supplémentaire contribue au réchauffement climatique, cependant l'ordre de grandeur de ces incidences est peu conséquent sur le climat au regard d'autres postes d'émissions de GES à l'échelle de la station de Tignes notamment.

De plus, l'application de la méthode éviter-réduire-compenser pour cette thématique est difficilement applicable :

- > **Éviter d'émettre des GES demanderait de ne pas réaliser le projet**, puisque toutes les étapes, de la conception à la fin de vie, sont émettrices de GES ; dans ce cas, la présente instruction n'aurait pas lieu ;
- > **Réduire les émissions de GES est le cœur de la stratégie de transition du territoire de Tignes**, et demande une gestion de l'ensemble du projet déjà mis en place, passant notamment par le réemploi de remontées mécaniques, le choix d'entreprises le plus locales possible et de produits innovants et performants permettant de réduire les consommations d'énergies ;
- > **Compenser les émissions de GES demanderait un investissement dans un projet de séquestration carbone** réalisé très probablement dans un autre endroit (projet de reboisement, de conservation des milieux naturels, de gestion de l'eau, etc.). Il s'agit d'une étape de dernier recours, demandant de se rapprocher de structures capables de mener des transactions en crédits carbone. À noter que ce type de projet nécessite une vigilance de la part de l'investisseur sur les opérateurs et certificats de compensation, sans quoi il existe un risque que les crédits carbone ne soient pas utilisés dans les projets de compensation carbone.

La réduction des émissions de GES est proposée dans l'étude d'impact au travers de mesures et fait partie prenante de la stratégie de gestion et de transition du territoire de Tignes.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
21	L'Autorité environnementale recommande d'analyser l'évolution de la disponibilité de la ressource en eau et des risques naturels dans un contexte de changement climatique.

Le projet Explore2 porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau) lancé en 2021 et qui a pris fin en 2024 avait pour objectif d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des dernières publications du GIEC et d'accompagner les acteurs des territoires.

Les principaux enseignements du projet Explore 2 sont les suivants :

- > Les simulations projettent une augmentation particulièrement sensible du débit moyen hivernal des cours d'eau dans les Alpes du fait du changement de phase des précipitations neigeuses ;
- > Les simulations projettent une baisse sensible (-50 %) du débit moyen estival des cours d'eau dans les Alpes ;
- > En moyenne montagne les régimes nivaux évoluent vers des régimes à dominante pluviale. Après une phase d'apports estivaux accrus dus au retrait des glaciers, les bassins au régime glaciaire voient leurs débits estivaux fortement baisser ;
- > Le débit mensuel minimum annuel (QMNA) tend à augmenter pour les Alpes.

La ressource en eau en montagne devrait évoluer de manière assez variable en fonction de la saison. Toutefois, les débits des cours d'eau modélisés tendent à montrer une certaine disponibilité de la ressource à l'horizon moyen (milieu de siècle).

Concernant les risques naturels en montagne, un certain nombre d'entre eux sont amenés à évoluer avec le changement climatique, notamment les feux de forêt, les vagues de chaleur et périodes de sécheresse, les crues et les risques d'origines glaciaires et périglaciaires.

Le changement climatique engendrera une progression significative du nombre et de l'intensité de ces phénomènes naturels.

Les projets de l'étude globale sont localisés sur des secteurs relativement peu impactés par les risques naturels aujourd'hui. De plus les infrastructures qui seront construites, réseaux neiges et remontées mécaniques sur un domaine skiable protégé du principal risque en hiver à savoir les avalanches présente une faible probabilité d'être impacté par des risques naturels.

L'évolution de ces risques avec le changement climatique n'est pas de nature à impacter les infrastructures qui seront construites dans le cadre du projet global d'aménagement du domaine skiable de Tignes.

12) 2.4.5 PAYSAGE

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
22	L'Autorité environnementale recommande de : • préciser les hauteurs d'affouillements et d'exhaussements nécessaires pour chaque opération

Les réseaux neige (Lognan, Henri et Edelweiss) ne présentent pas d'affouillement ou d'exhaussement. Une fois le réseau enfoui et les enneigeurs posés, le terrain sera remblayé à l'identique du terrain actuel. Seule une trachée sera créée temporairement.

Concernant les autres projets, des affouillement et exhaussement définitifs auront probablement lieu, mais à ce stade d'avancement du projet ces derniers ne sont pas connus.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
22	L'Autorité environnementale recommande de : • localiser le futur tracé du GR5 (MR8) ;

Le GR 5 traverse la zone d'étude de l'espace débutant Tichot. La création des terrassements et du talus nord viendra impacter le tracé du GR 5. Le talus final de pente 3/2 devrait permettre de rétablir à l'identique son tracé. L'objectif de cette mesure est de conserver l'offre de randonnée par la préservation de l'intégrité du cheminement. Une déviation temporaire sera mise en place pendant la réalisation des travaux pour éviter toute traversée et risque d'accident avec les engins de chantier.



N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
22	L'Autorité environnementale recommande de : • présenter des insertions paysagères, en périodes estivale et hivernale, des aménagements projetés, y compris du restaurant du Palet à 4 niveaux ;

Les insertions paysagères du restaurant du Palet sont présentées dans l'étude d'impact du projet global en page 33 et en annexe. Notons que ce projet est soumis à un dossier UTN qui permettra d'affiner ses caractéristiques paysagères en lien avec la DDT.

Aucune autre insertion paysagère n'a été réalisée à ce stade, les projets présentant des constructions étant encore en étude. Les projets de réseau neige ne modifieront pas le terrain naturel, seuls des enneigeurs seront implantés hors sol.

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
22	L'Autorité environnementale recommande de : • revoir la mesure de réduction liée au reprofilage de la piste Carline qui aurait dû être effectuée sur la piste Carline aval après les travaux, à l'appui de photos de l'état actuel de la piste ; • définir une nouvelle mesure de compensation aux incidences paysagères du projet au regard de l'expérience de la piste Carline ; • le cas échéant, renforcer la mesure de compensation en privilégiant le recours à des semis d'espèces locales et en définissant une gestion adaptée les 5 premières années pour favoriser la reprise de la végétation.

Comme énoncé à la page 331 de l'étude d'impact, la mesure concernant la piste Carline est une mesure de compensation. L'objectif de la mesure est de compenser l'impact résiduel des projets par la revégétalisation de la partie aval de la piste Carline.

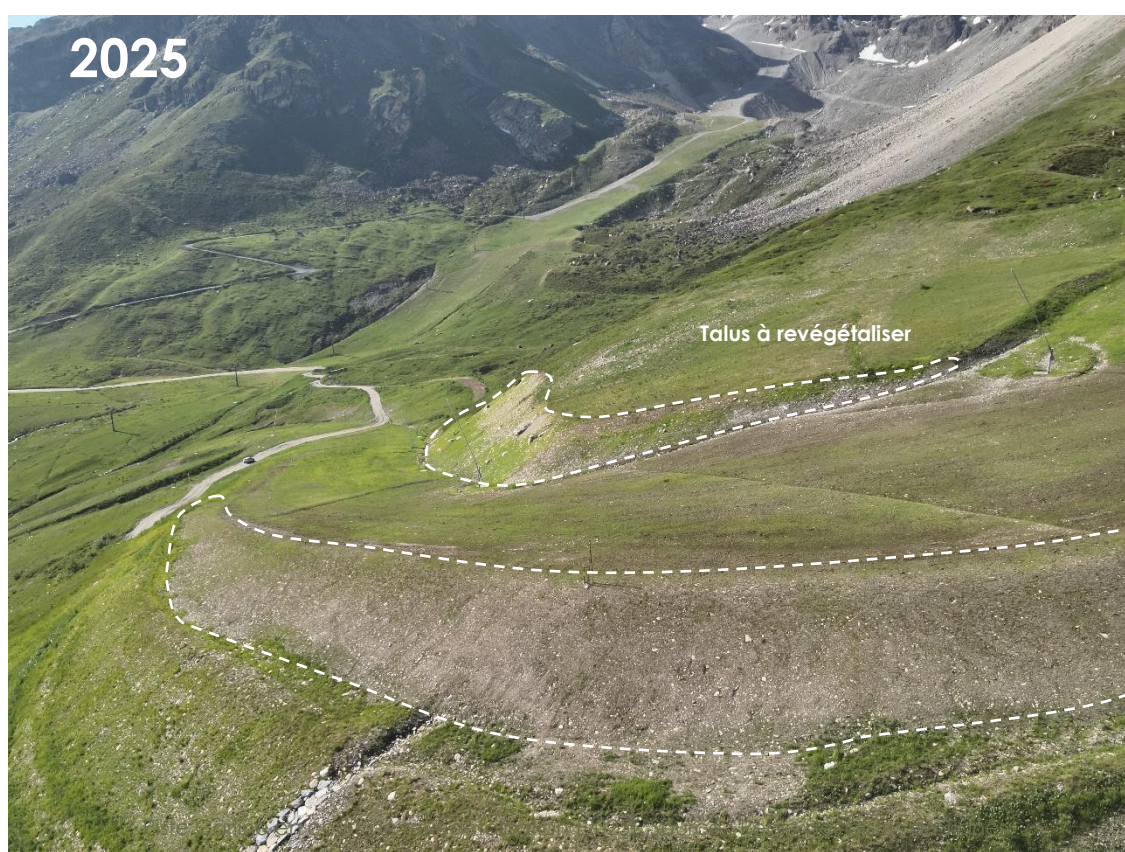
En comparant l'orthophoto (2022) et la photo (2025) on constate une amélioration et un retour progressif de la végétation sur la piste liée aux campagnes de revégétalisation des années précédentes (dernière campagne datant de juillet 2025 avec amendement en matière et passage de lisier dans les talus).

Cependant, certains secteurs rencontrent des difficultés à se revégétaliser. La mesure compensatoire portera sur les zones encore non intégrées aux milieux naturels avec une végétation très clairsemée et notamment les talus de la piste.

La revégétalisation engagée ces dernières années présente des semis d'espèces locales.



Localisation de la partie aval de la piste Carline. Source KARUM



Piste Carline en cours de revégétalisation (2025). Source : Régie des pistes de Tignes, annotée KARUM.

13) 2.4.6 EFFETS CUMULES

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
23	<i>L'Autorité environnementale recommande de reprendre l'analyse des effets cumulés en présentant l'ensemble des projets distincts (sans lien fonctionnel) de ceux du projet d'ensemble d'aménagement de la station préalablement défini, et sur cette base, étudier leurs impacts cumulés avec ce projet global sur toutes les thématiques environnementales.</i>

Comme indiqué en page 251 de l'étude d'impact, l'article R122-5 du code de l'environnement précise que l'analyse des incidences cumulées d'un projet sur d'autres projets d'aménagement connus doit porter sur « *les problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptible d'être touchées.* »

Pour rappel concernant la définition des projets devant faire l'objet d'une analyse des effets cumulés, le pétitionnaire a fait application de la réglementation actuellement en vigueur, comme rappelé et explicité page 251 de l'étude d'impact.

La MRAe semble avoir une interprétation extensive de l'analyse à mener.

L'article R.122-5, II, 5° e) du code de l'environnement (dans sa version modifiée par le décret n°2023-13 du 11/01/2023) précise que l'étude d'impact doit comporter :

*« Du cumul des incidences avec d'autres **projets existants ou approuvés**, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs **à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées.***

Les projets existants sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont été réalisés.

Les projets approuvés sont ceux qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact, ont fait l'objet d'une décision leur permettant d'être réalisés.

Sont compris, en outre, les projets qui, lors du dépôt du dossier de demande comprenant l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'une **étude d'incidence environnementale** au titre de l'article R. 181-14 **et d'une consultation du public** ;*
- ont fait l'objet d'une **évaluation environnementale** au titre du présent code **et** pour lesquels un **avis de l'autorité environnementale** a été **rendu public**.*

Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ».

Il est clair que les projets devant faire l'objet d'une analyse des effets cumulés sont ceux étant existants ou approuvés et ayant fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale et enquête publique ou d'une évaluation environnementale avec un avis de l'Autorité environnementale rendu public. **Les conditions sont donc bien cumulatives.**

Ainsi, le décret n°2023-13 du 11/01/2023 ayant modifié l'article R.122-5, II, e) du code de l'environnement, est seulement venu ajouter la définition des projets à considérer comme existants et ceux à considérer comme étant approuvés.

Ainsi, une **analyse des effets cumulés a bien été menée** en partant du niveau d'incidence résiduelle du projet global d'aménagement.

Ainsi, les incidences résiduelles du projet ne sont pas cumulatives avec les autres projets analysés (car répondant aux critères), comme démontré en page 252 à 254 de l'étude d'impact.

L'analyse des effets cumulés menée dans l'étude d'impact est suffisante et conforme aux exigences réglementaires actuellement en vigueur, concernant le périmètre de projet et les projets devant faire l'objet d'une analyse des effets cumulés.

Ainsi les mesures environnementales et paysagères que propose le maître d'ouvrage sont adaptées et proportionnées aux enjeux et aux incidences attendues du projet.

Notons que lors de la rédaction et du dépôt du dossier, le projet de l'Aiguille Percée n'avait pas été pris en compte en raison de son autorisation qui n'avait pas encore été donnée.

L'ensemble des mesures mises en place dans le cadre du projet de l'Aiguille Percée permettent d'abaisser les incidences du projet à un niveau non significatif sur les zones d'importances particulières pour l'environnement et d'un point de vue des ressources naturelles.

Étant donné que le projet global d'aménagement du domaine skiable de Tignes présente des incidences résiduelles faibles sur ces deux thématiques, aucune incidence cumulée entre les projets n'est attendue.

14) 2.5 DISPOSITIF DE SUIVI PROPOSE

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
24	L'Autorité environnementale recommande de : • préciser la fréquence des visites de terrains réalisées dans le cadre du suivi environnemental de chantier (MS1) ; • étendre le suivi de la faune et de la flore (MS2 et 3) sur au moins 10 ans ; • étendre le suivi à l'ensemble des mesures d'évitement, de réduction et de compensation prévues pendant toute la durée d'exploitation des aménagements.

Le suivi de chantier des travaux de la piste Lognan nécessitera environ 10 visites pour la mise en place et le retrait des mises en défens et le contrôle régulier des mesures tout au long du chantier.

Les mises en défens seront installées avant le début des travaux, pendant la phase de travaux, les visites seront réalisées toutes les 2 semaines. Les mises en défens seront retirées dès la fin des travaux.

Les mesures de suivi MS2 et MS3 concernant le suivi de la revégétalisation et de la faune seront prolongées sur 10 ans selon le planning suivant.

MESURE	N+1	N+2	N+3	N+4	N+5	N+6	N+7	N+8	N+9
MS2	X		X		X		X		X
MS3	X		X		X		X		X

La majorité des mesures d'évitement et de réduction proposées dans l'étude 'impact sont des mesures qui concernent la phase travaux. Ces dernières seront suivies dans le cadre du suivi de chantier engagé pour la réalisation de chaque projet. Seules 3 mesures concernent la phase exploitation, à savoir la mesure de revégétalisation (MR1), l'intégration des enneigeurs MR9 et la mise en place de visualisateurs sur les câbles du TK Millonex et de la TC Tichot (MR10).

La MR1 est suivie dans le cadre de la MS2 suivi de la revégétalisation. La MR9 fera l'objet d'une vérification de mise en place lors de la première visite de suivi de revégétalisation.

La MR10 concernant les visualisateurs de câbles ne permet pas la mise en place d'un suivi spécifique. Un suivi opportuniste sera réalisé tout au long de l'année par les employés du domaine skiable travaillant sur les appareils concernés.

15) 2.6 RESUME NON TECHNIQUE DE L'ETUDE D'IMPACT

N° DE PAGE DE L'AVIS	REMARQUE DE LA MRAE
24	<i>L'Autorité environnementale recommande de prendre en compte dans le résumé non technique les recommandations du présent avis.</i>

Volontairement rédigée de manière à être la plus accessible possible, la présente note vaut avenant au résumé non technique de l'étude d'impact du projet d'aménagement global du domaine skiable de Tignes.

CHAPITRE 2. ANNEXES

2.1. STRATEGIE D'ENNEIGEMENT - ABEST

DEFINITION DE LA STRATEGIE D'ENNEIGEMENT DE TIGNES

Rendu Final



ABEST
INGÉNIERIE

Contenu

01

DEFINITION DES SCENARIOS

02

DIAGNOSTIC DU SYSTÈME D'ENNEIGEMENT

03

TIGNES ET LES AUTRES STATIONS

04

CONCLUSIONS

PARTIE 1

DEFINITION DES SCENARIOS

28 Septembre 2024



2 / SCENARIOS

Méthode de définition

Les scénarios d'enneigement ont été définis lors d'une réunion collective regroupant la majorité des acteurs de la station le 22/02/2024:

Mairie :

Mr Serge REVIAL (*Mr le Maire*)
Mr Olivier DUCH (*1^{er} Adjoint*)
Mr Clément COLIN (*Directeur Général des Services*)
Mr Jordan RE (*Chargé de Projet*)

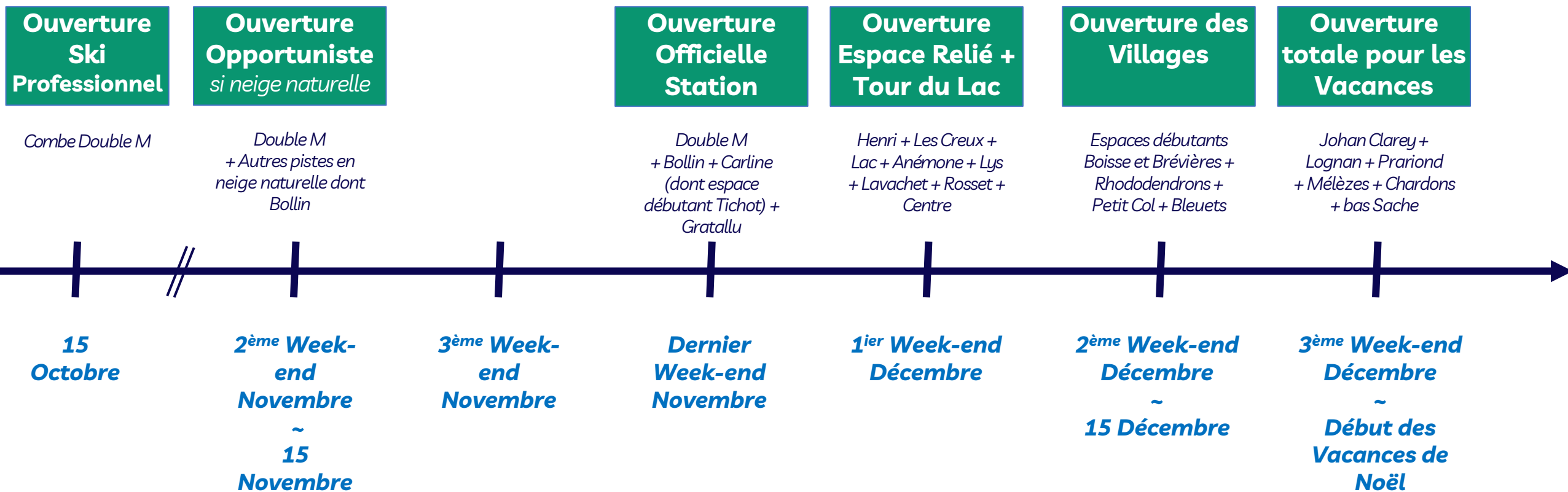
Régie des Pistes :

Mr Olivier DUCASTEL (*Directeur Adjoint*)
Mr Jérémie SCHWEIZER (*Responsable Projets et Achats*)
Mr Frédéric BLANC (*Responsable Neige de culture*)

Tignes Développement :

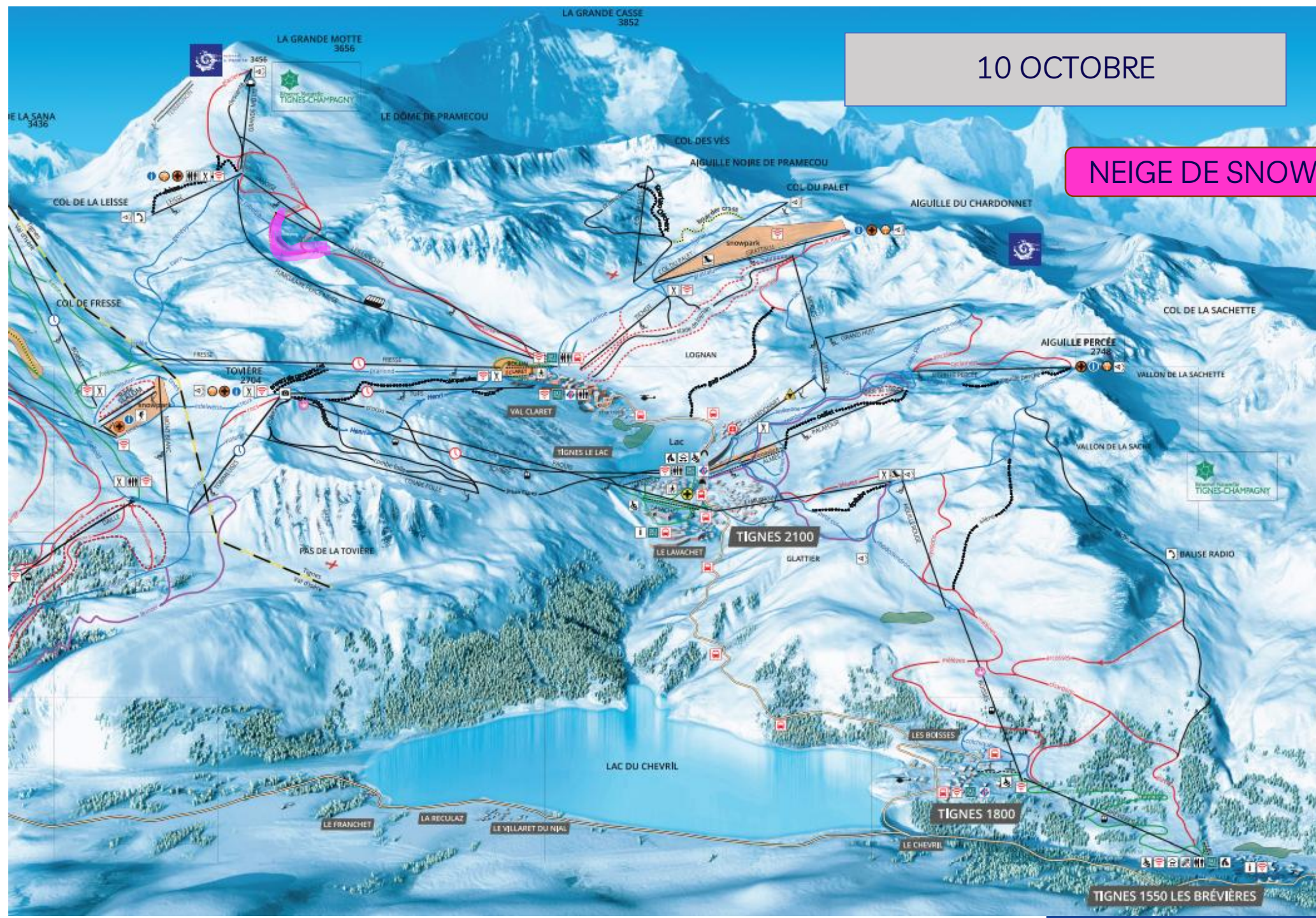
Mr Frédéric PORTE (*Directeur*)

2 / SCENARIOS DEFINI SI ABSENCE TOTAL DE NEIGE NATURELLE *(lors de la réunion du 22/02/2024)*



10 OCTOBRE

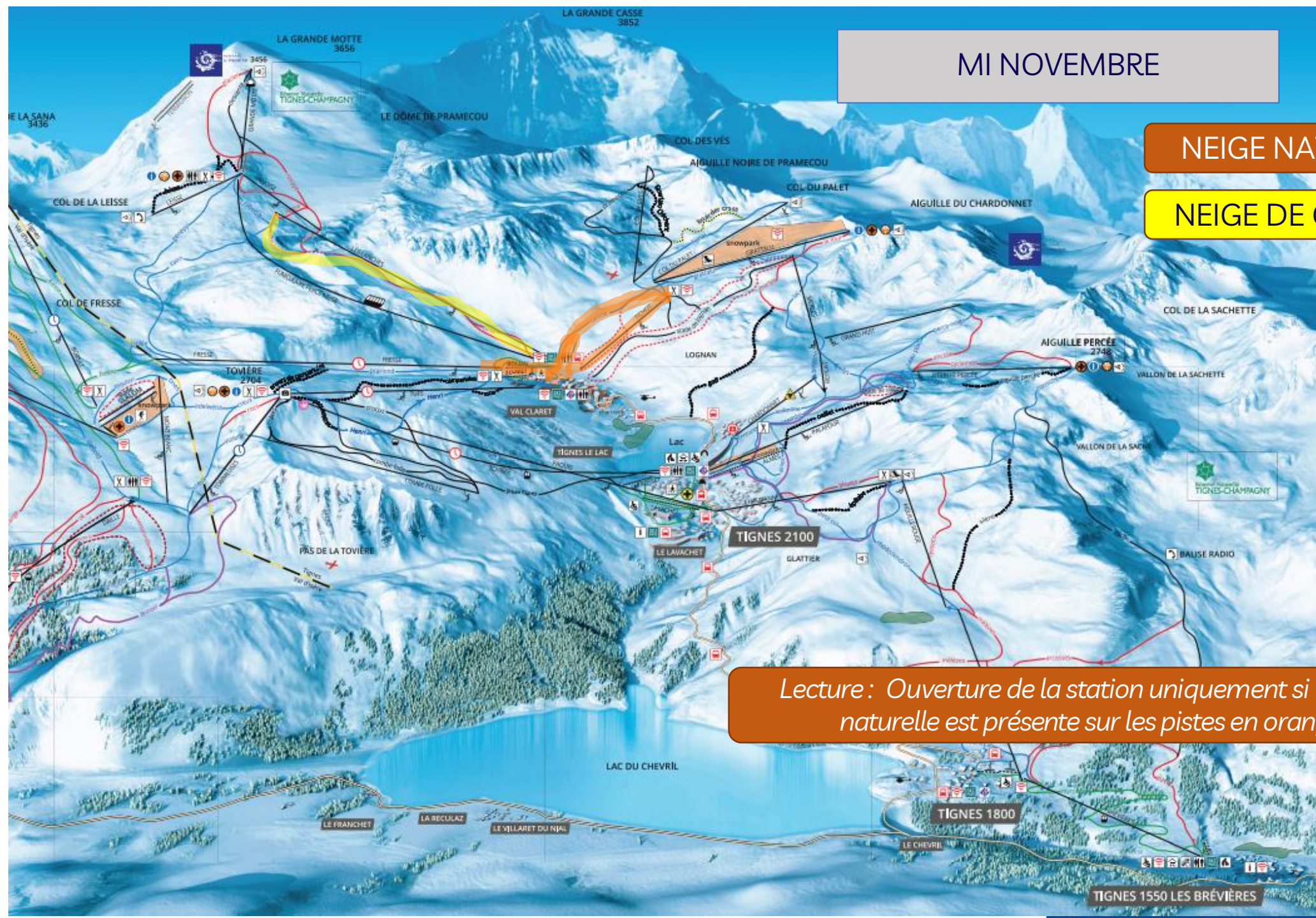
NEIGE DE SNOWFARMING



MI NOVEMBRE

NEIGE NATURELLE

NEIGE DE CULTURE



Lecture : Ouverture de la station uniquement si la neige naturelle est présente sur les pistes en orange

FIN NOVEMBRE

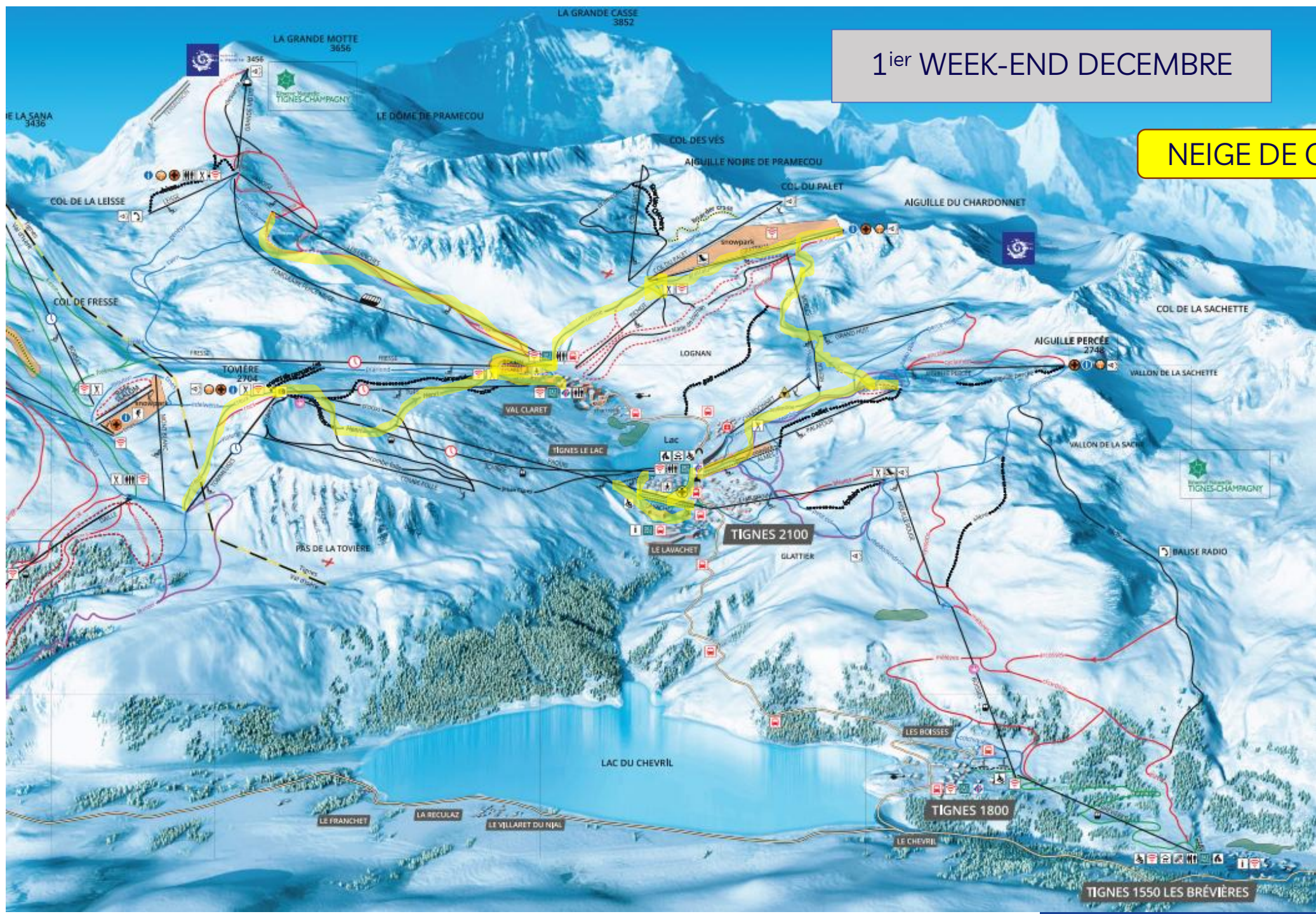
ABEST
INGÉNIERIE

NEIGE DE CULTURE



1^{er} WEEK-END DECEMBREABEST
INGÉNIERIE

NEIGE DE CULTURE

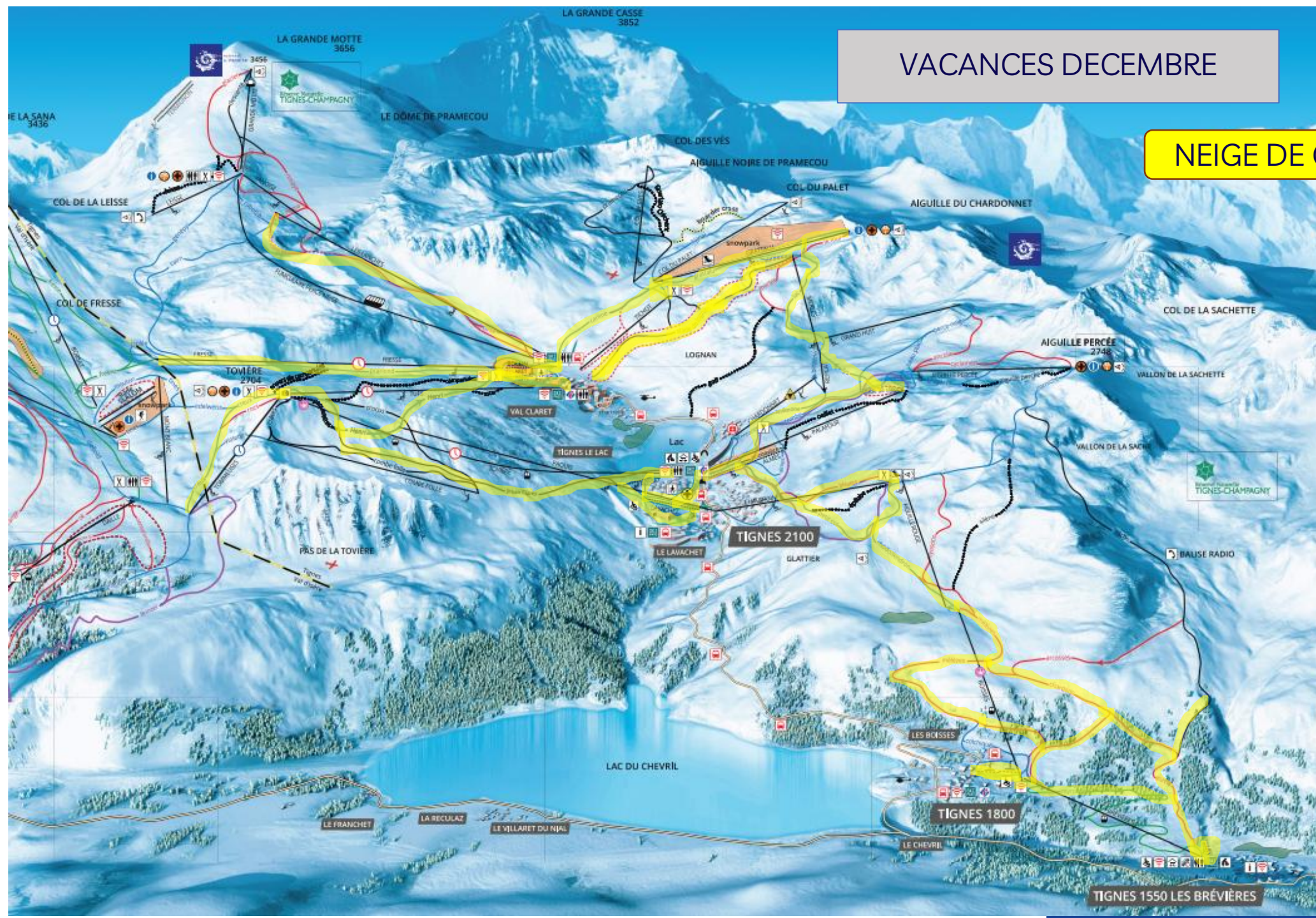


15 DECEMBRE

NEIGE DE CULTURE



NEIGE DE CULTURE



De ces scénarios précédents nous avons défini donc 3 Grandes périodes de production pour permettre de modéliser les enneigements nécessaires :

⇒ 15 Octobre au 15 Novembre : Double M

⇒ 01 Novembre au 30 Novembre pour les pistes commerciales

⇒ 01 Novembre au 15 Décembre pour les retours villages

PARTIE 2

DIAGNOSTIC DE L'ENNEIGEMENT

28 Septembre 2024

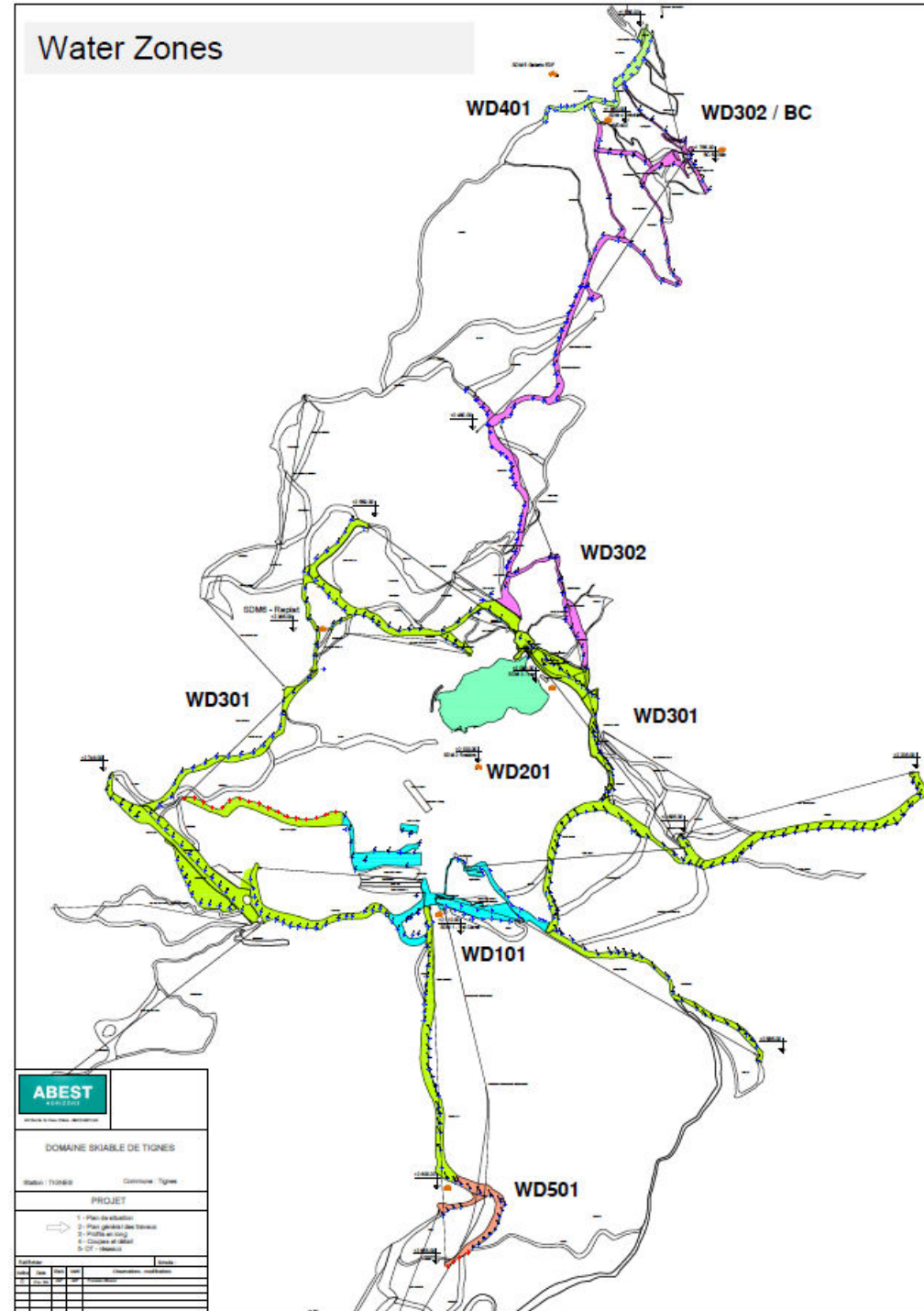


2 / ZONES D'ENNEIGEMENT

Grâce au diagnostic du système d'enneigement, nous avons défini :

6 Zones spécifiques d'enneigement (waterzone)

*pour chaque zone ceci correspond à des enneigeurs avec
une alimentation par la même salle des machines et des
pressions d'eau similaire
Ceci permet de modéliser le système d'enneigement*



Grâce aux échanges avec le service neige et notre expertise, nous avons pris comme données d'entrée :

- **Température de démarrage programmée = -4°CH** (dans certaines stations production en température marginale mais diminution nette de la qualité de neige, qualité faisant la réputation de Tignes)
- **Vitesse du vent arrêtant la production = 12 km/h** (dans certaines stations production jusqu'à 16 km/h de vent mais perte plus importante de neige)
- **Première campagne : Neige à 400 kg/m^3 .**
- **Confortement : Neige à 350 kg/m^3** (confortement quasi inexistant à ce jour sur Tignes)
- **Pertes process = 30%** (pertes liées aux réseaux, à la production en dehors des pistes, ...)

Ces données permettent d'avoir une certaine marge sur les possibilités de production pour supporter les évolutions climatiques des prochaines années

2 / STRATEGIE ET SITUATION D'ENNEIGEMENT ACTUELLES

Grâce aux échanges avec le service neige, voici des conclusions sommaires sur les caractéristiques du système d'enneigement :

- **Les créneaux de froid et l'enneigement naturel actuel permettent d'éviter un enneigement de confortement en Janvier**
- **Le débit réservé à la sortie du Lac a à ce jour contraint le fonctionnement du système de production uniquement de façon exceptionnelle**
- **Les enneigeurs mis en place sur le domaine de Tignes sont favorables pour un volume de production plus important sur des températures en-dessous de -4°C**
- **Le débit instantané de pompage est très limitant au vu de l'ampleur du domaine skiable et de son parc d'enneigeurs**
- **Les enneigeurs en place ont des espacements conséquents, par rapport à d'autres stations, obligeant plus de travail à la dameuse (voir diapo 24)**

Réseaux d'enneigement : Actuel + 4 extensions :

- ***Rabotch***
- ***Espaces Débutants Tichot/Carline***
- ***Petit Col***
- ***Stade de Lognan***
- ***Lys*** (*équipée de regard mais non d'enneigeurs*)

Sur la base des données d'entrée nous avons simulé plusieurs scénarios en faisant varier :

- **Température de démarrage de l'installation**
- **Débit de pompage**

Ceci nous permet de simuler l'installation idéale et de mettre en évidence les potentiels de production encore disponibles

Etat 0 - Régul à 40 bars
Démarrage à -4°C
P2 : HS bridé à 1024 m3/h

			Eau									Air	Ressource	
Priorité 1 SDM Lac HS			-2.5°C	-3°C	-4°C	-5°C	-6°C	-7°C	-8°C	-9°C	-10°C	T° froides		
P1	Double M sans B3 333-341	81 h			235	316	402	426	438	455	449	505	3225	
P1	Sommet Gratalu	58 h			56	63	68					72	1580	
			291 m3/h 379 m3/h 470 m3/h 426 m3/h 438 m3/h 455 m3/h 449 m3/h									4 805 N.m3/h	11 200 N.m3/h	
			Eau									Air	Ressource	
Priorité 2 SDM Lac HS			-2.5°C	-3°C	-4°C	-5°C	-6°C	-7°C	-8°C	-9°C	-10°C	T° froides		
P2	Priorité 2 bridé à 1024 m3/h	98 h			882	1023	1015	731					6738	
			882 m3/h 1 023 m3/h 1 015 m3/h 731 m3/h											
Priorité 2 SDM Val Claret														
P2	Bolin + Careline bas + Val Claret	88 h			266	371	360					292	1086	
			266 m3/h 371 m3/h 360 m3/h											
Priorité 2 SDM Lac BS														
P2	Lavachet	87 h			43	70	9					50	219	
			43 m3/h 70 m3/h 9 m3/h									8 043 N.m3/h	11 200 N.m3/h	

Niveau de risque

[2019-2023]

Q9

Q2

Q0

Q0

Q0

Sur la base du diagnostic et des données d'entrée définies ensemble, nous avons estimé le besoin en eau. Nous l'avons comparé aux consommations précédentes :

Besoin réel : 650 000 m³

Besoin pessimiste correspondant à un volume exceptionnel prélevé lors d'une année critique : 750 000 m³

Besoin réel est réparti approximativement de la façon suivante :

- ***600 000 m³ pour le Lac de Tignes***
- ***30 000 m³ depuis la galerie EDF***

Sur la base du diagnostic et des données d'entrée, nous estimons plusieurs améliorations du système d'enneigement :

- **Dimensionnement Compression : Suffisant si remplacement des 10 Borax sur Rhododendrons** (si Rhododendrons en P2, actuellement plutôt P3)
- **Pompage :**
 - Val Claret : **dimensionnement bon**
 - SDM Lac Haut Service : **installation sous-dimensionnée** => génère des temps d'enneigement important
 - SDM Lac Bas Service : **installation sous dimensionnée** => génère des temps d'enneigement important

Aujourd'hui ce débit d'eau de pompage est limité par l'installation mais suite à l'étude sur la ressource en eau, il pourra être limité par le milieu

Sur la base du diagnostic et des données d'entrée, nous estimons plusieurs améliorations du système d'enneigement :

- **Enneigeurs :**

- Sur Double M, le planning d'enneigement est déjà contraignant pour obtenir un enneigement en-dessous de -4°C avant le 15 Novembre. Voici plusieurs solutions :
 - **Enneiger à partir de -3°C** (réduit à 10% les années difficiles contre 20% actuellement)
 - **Augmenter le nombre d'enneigeurs pour diminuer le temps d'enneigement**

	-2.5°C H	-3°C H	-4°C H
	110 h	94 h	81 h
Haut de piste - sonde 56	Q0	Q0	Q2
Milieu de piste - sonde 53	Q4	Q5	Q12
Bas de piste - sonde 50	Q9	Q10	Q21

- Autres pistes nécessitant des enneigeurs supplémentaires : **Mélèzes, Chardon, Snowpark**

Une q20 équivaut aux pires années sur 100 ans. Donc là dans ce cas le bas de la piste de Double M, 21% du temps ne pourra pas être enneigé à au moins -4°C

- **Rétrofitage de la Salle des Machines du Val Claret :**
 - Permet un *débit instantané max d'environ 1000m³/h* contre moins de 700 m³/h aujourd'hui
 - Réoriente la priorité d'enneigement sur les pistes du Val Claret
- **Changement des enneigeurs ou augmentation du nombre d'enneigeurs sur Double M :**
*Permettra un **enneigement plus rapide** notamment sur des températures en dessous de -4°C tout en garantissant la qualité d'enneigement*
- **Bouclage en cours :** *permettra la production sur Val Claret depuis la galerie EDF*

Sur la base d'une modélisation très simpliste des évolutions des températures, sans modélisation MétéoFrance, et en prenant en compte les adaptations réalisées en 2024 :

En 2050, nous estimons que lors d'années avec un enneigement naturel limité, une année sur 5, les températures et le système d'enneigement actuel ne garantiront pas l'enneigement de certaines pistes :

Etat 1 - Rétrofitage 2024 - SDM lac = 1 024 m3/h			Durée	Enchaînement des priorités				Total	[2016-2023]	[2030]	[2040]	[2050]
				P1	P2	P3	P4					
P1	HS Lac	Double M + Grattalu haut config. 85b	81 h	81 h				81 h	Q0	Q0	Q0	Q0
P2	HS Lac	P2 bridé à 1024 m3/h	98 h	81 h	98 h			179 h	Q0	Q1	Q5	Q9
P4	HS Lac	Johan Clarey	65 h	81 h	98 h		65 h	244 h	Q0	Q10	Q14	Q18
P4	HS Lac	Snowpark	160 h	81 h	98 h		160 h	339 h	Q0	Q19	Q24	Q31
P5	HS Lac	Lognan	94 h	81 h	98 h		94 h	273 h	Q0	Q14	Q18	Q23
P4	HS Lac	Prariond	98 h	81 h	98 h		98 h	277 h	Q0	Q14	Q19	Q24
P2	HS VC	Bollin + Careline bas + VC	88 h		88 h			88 h	Q0	Q0	Q0	Q0
P2	BS - Lac	Lavachet	87 h		87 h			87 h	Q0	Q0	Q0	Q0
P3	BS - Lac	Bleuet + Petit Col + Rhodendrons	116 h		87 h	116 h		203 h	Q0	Q1	Q13	Q16
P4	BS - Lac	Mélèzes + Chardon	150 h		87 h	116 h	150 h	353 h	Q0	Q52	Q59	Q67

(Mélèzes/Chardons notamment ou encore le Snowpark dès 2030, puis Lognan, Prariond)

Il est donc nécessaire de réadapter les priorités pour bénéficier de créneaux de froid supplémentaires. Il est aussi nécessaire de réadapter le réseaux d'enneigement (à adapter aussi en fonction de la disponibilité de la ressource en eau)

Une q20 équivaut aux pires années sur 100 ans. Donc là dans ce cas le bas de la piste de Double M, 21% du temps ne pourra pas être enneigée à au moins -4°C)

PARTIE 3

TIGNES ET LES AUTRES STATIONS

28 Septembre 2024





Volume de froid
dispo à partir de -
4°C

Période = 01 nov - 15 déc
Nombre d'heures total = 1 080 h

	Tignes	Mottaret	Villars Gryon	Isola 2000	Réallon	Peyragudes	Ax-les-Thermes	LPSM
Alti.	2 100 NGF	2 100 NGF	1 900 NGF	2 100 NGF	1 900 NGF	2 100 NGF	2 100 NGF	1 900 NGF
Sans vent	550 h	400 h	210 h	240 h	300 h	420 h	275 h	165 h
Avec vent	460 h	360 h	270 h	210 h	260 h	380 h	225 h	130 h

En équivalence semaine	2,7 sem.	2,1 sem.	1,6 sem.	1,3 sem.	1,5 sem.	2,3 sem.	1,3 sem.	0,8 sem.
------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

1 semaine = 168 h

Quelques chiffres

Nb d'émetteurs	430	431		95	260	
Surface à enneiger	1 415 650 m²	1 014 000 m²		179 000 m²	619 550 m²	
Ratio émetteurs / surface	3 300 m²/canon	2 400 m²/canon		1 900 m²/canon	2 400 m²/canon	
Volume d'eau 1ère campagne	296 800 m3	167 000 m3		35 300 m3	113 100 m3	
Ratio émetteurs / volume	690 m3/canon	390 m3/canon		370 m3/canon	440 m3/canon	
Capacité des SDM	1 950 m3/h	1 400 m3/h		500 m3/h	1 700 m3/h	

3 / TIGNES ET LES AUTRES STATIONS

CONCLUSIONS



Un parc d'enneigeurs moins importants que d'autres stations mais justifié par des heures de froid supplémentaire *(heures de froid à même altitude mais station plus basse)*

A priori, Tignes est une station plus impactée par le vent que les autres stations *(cette donnée est extrapolée et non une donnée mesurée en réel, donc cette donnée doit être revérifiée)*

A ce jour, un besoin de neige de culture moins ressenti que sur les stations de moyenne montagne

PARTIE 4

CONCLUSIONS

28 Septembre 2024



Avant toute action ou décision il nous semble *nécessaire de remettre à jour cette étude avec la disponibilité de la ressource en eau ainsi qu'avec une modélisation des évolutions climatiques par MétéoFrance.*

- **Le domaine de Tignes est un *domaine d'envergure avec un système d'enneigement conséquent mais limité par ses débits de pompage.* Tout de même, à ce jour le système d'enneigement a quasiment jamais été mis en défaut et garantie une *certaine marge de confort* (à relativiser vis-à-vis de la ressource en eau)**
- **Pour anticiper l'avenir il semble nécessaire *d'adapter les priorités P3 et P4***
- **Il est nécessaire de prévoir les améliorations du réseau d'enneigement évoquées**
- **Il semble aussi nécessaire de *modifier la stratégie d'investissement neige* et de réduire les espacements entre les enneigeurs sur les projets neufs pour s'assurer une production et mise en œuvre plus rapide.**

2.2. INSTRUMENTATION DU BASSIN VERSANT DE TIGNES - GEOLITHE

TIGNES (73)

RAPPORT D'INSTRUMENTATION DU BASSIN VERSANT DU GLACIER DE LA GRANDE MOTTE

À LA DEMANDE ET POUR LE COMPTE DE LA MAIRIE DE TIGNES



Numéro d'affaire	24-0374	
Référence	24-0374_Instrumentation_BV_Tignes_2	
Version	Modifications	Date
1	Version provisoire	03/2025
2	Version finale	06/2025

Page d'information

MISSION	
LIEU :	Bassin versant de Tignes
COMMUNE :	Tignes (73)
OBJET/TYPE DE MISSION :	Étude du fonctionnement hydrogéologique du bassin versant dans un contexte de changement climatique

CLIENT	
ORGANISME :	Mairie de Tignes
CONTACT, RÉFÉRENT :	Jordan Ré

GÉOLITHE	
NUMÉRO D'AFFAIRE :	24-0374
RÉFÉRENCE DOCUMENT :	24-0374_Instrumentation_BV_Tignes
RESP. COM. D'AFFAIRE :	Cécile BAUDEMONT
COORDINAT. DE PROJET :	Cécile BAUDEMONT
INTERVENANTS TERRAIN :	Fiona GILLE, Léa LEBRU, Luc RAYMOND, Clément FIVEL, Cécile BAUDEMONT, Rémy MAGNAT

RAPPORT		
DATE D'ÉDITION :	06/2025	
RÉDACTRICE :	Léa LEBRU	Ingénieure hydrogéologue
RELECTRICE:	Cécile BAUDEMONT	Ingénieure hydrogéologue
NOMBRE DE PAGES :	25	

SOMMAIRE

1 - Présentation	5
1.1 - Introduction	5
1.2 - Documents de référence	7
2 - Contexte de l'étude.....	8
3 - Installation des stations hydrologiques	10
3.1 - Objectifs	10
3.2 - Station hydrologique de Val Claret	11
3.2.1 - Emplacement de la station hydrologique	11
3.2.2 - Dates d'installations.....	11
3.2.3 - Equipement de la station hydrologique	11
3.3 - Station hydrologique de la confluence de Retort et Caffo	12
3.3.1 - Emplacement de la station hydrologique	12
3.3.1 - Dates d'installations.....	12
3.3.1 - Equipement de la station hydrologique	12
3.4 - Station hydrologique d'Aval GM.....	13
3.4.1 - Emplacement de la station hydrologique	13
3.4.1 - Date d'installation	13
3.4.1 - Equipement de la station hydrologique.....	13
3.5 - Station hydrologique de l'exutoire du lac de Tignes en amont de la grille	14
3.5.1 - Emplacement de la station hydrologique	14
3.5.2 - Date d'installation	14
3.5.3 - Equipement de la station hydrologique	14
3.6 - Station hydrologique de l'exutoire du lac de Tignes en aval de la grille.....	15
3.6.1 - Emplacement de la station hydrologique	15
3.6.1 - Date d'installation et historique des modifications.....	15
3.6.1 - Equipement de la station hydrologique.....	15
3.7 - Hauteurs d'eau mesurées.....	16
4 - Campagnes de jaugeages	18
4.1 - Objectif et méthodologie	18
4.1.1 - Jaugeage au courantomètre électromagnétique.....	18
4.1.2 - Jaugeage au sel	18
4.2 - Intervention de terrain.....	19
5 - élaboration des courbes de tarage	21
5.1 - Courbe de tarage d'Aval GM	21
5.2 - Courbe de tarage de Val Claret	21
5.3 - Courbe de tarage de Caffo et Retort	22
5.4 - Courbe de tarage de l'exutoire du lac de Tignes (aval de la grille)	23
6 - Perspectives et suite de l'étude	24

7 - Bibliographie	25
-------------------------	----

TABLE DES FIGURES

Figure 1: Bassin versant hydrologique de la Grande Motte à Tignes et stations hydrologiques	5
Figure 2: Carte géologique de Tignes n° 752 (BRGM, Infoterre)	8
Figure 3 : Schéma conceptuel des écoulements souterrains du bassin versant de la Grande Motte le long d'une coupe longitudinale (inspiré par [Chardon, 1992]) (source : Mairie de Tignes)	9
Figure 4: Schéma du BV de la Grande Motte et activités anthropiques associées (source : Mairie de Tignes).....	9
Figure 5: Emplacement des stations hydrologiques	10
Figure 6: station hydrologique de Claret	11
Figure 7: station hydrologique de Retort Caffo	12
Figure 8: Station hydrologique Aval GM	13
Figure 9: Station hydrologique en amont de la grille de l'exutoire du lac.....	14
Figure 10: station hydrologique en aval de la grille à l'exutoire du lac de Tignes	15
Figure 11: Mesures de hauteurs d'eau au niveau des 4 stations et pluviométrie journalière	17
Figure 12: courbe de tarage du Claret (à la date du 11/03/2025)	21
Figure 13: courbe de tarage de Retort Caffo (à la date du 11/03/2025).....	22
Figure 14: courbe de tarage de l'exutoire du lac de Tignes (à la date du 11/03/2025) ...	23
Tableau 1: Dates de jaugeages pour chaque période hydrologique	19
Tableau 2 : Synthèse des mesures de débit	20

1 - PRESENTATION

1.1 - Introduction

Dans un contexte de changement climatique, l'évaluation des ressources en eau constitue un enjeu majeur pour les communes, particulièrement en montagne, où le retrait des glaciers modifie les dynamiques hydrologiques. Plusieurs études sont menées par Géolithe avec la mairie de Tignes, en Savoie, afin :

- D'améliorer la compréhension des circulations d'eaux souterraines et de surface sur le bassin versant du Glacier de la Grande Motte ;
- D'anticiper l'évolution des ressources en eau de Tignes après diminution du volume du glacier.

L'objectif général de ces études est de connaître le fonctionnement hydrologique du bassin versant de la Grande Motte et d'anticiper son évolution dans un contexte de changement climatique. Dans ce cadre, l'instrumentation des exutoires du bassin versant de la Grande Motte à Tignes est réalisée en 2024 par Géolithe (Figure 1).

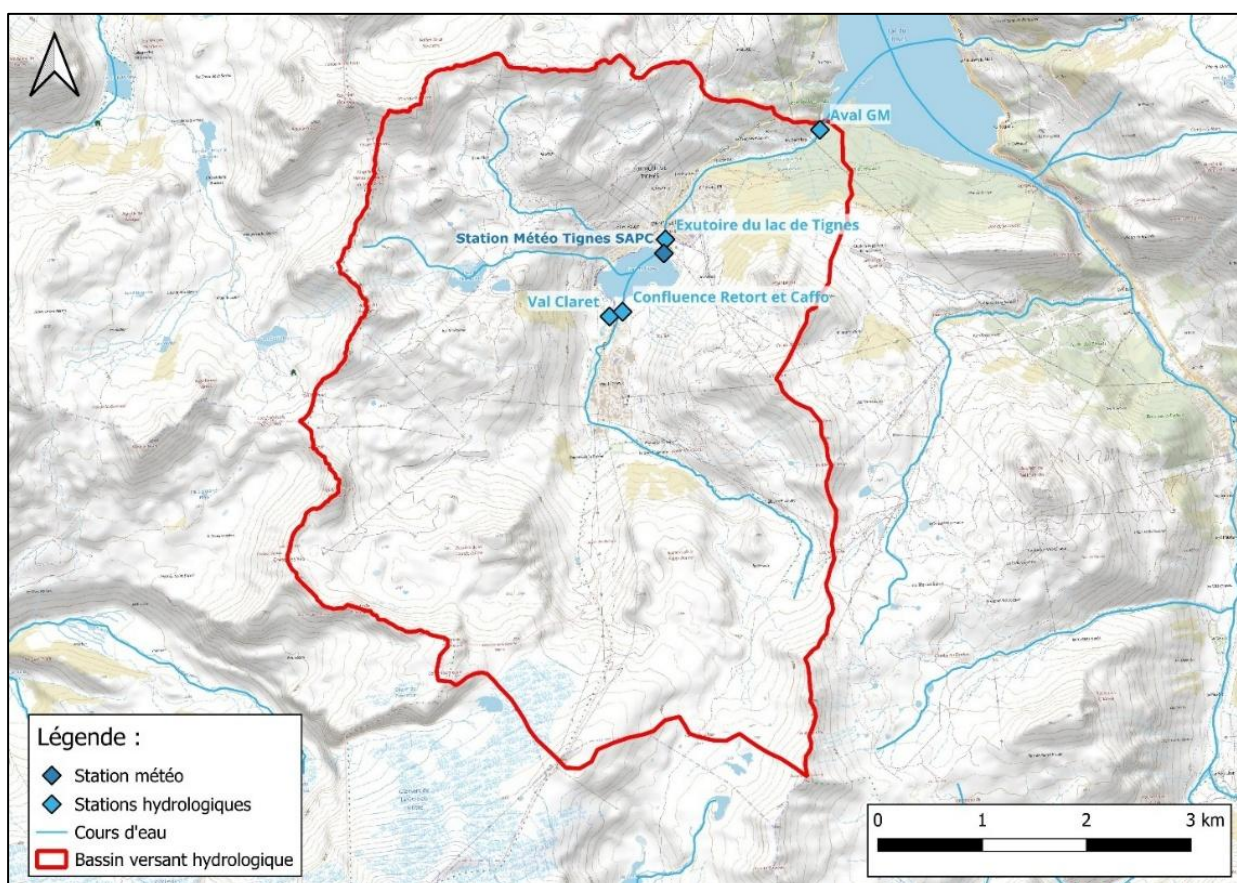


Figure 1: Bassin versant hydrologique de la Grande Motte à Tignes et stations hydrologiques

Cette étude vise à :

- Suivre l'évolution temporelle de la ressource sur plusieurs cycles hydrologiques et plus particulièrement entre les moyennes eaux et l'étiage ;
- Etablir des courbes de tarage des différents cours d'eau ;
- Connaître les débits d'entrées et de sorties afin d'établir à terme un bilan hydrique et hydrologique du bassin versant ;
- Créer à terme un outil d'aide à la décision pour la planification du partage des usage selon la disponibilité de la ressource.

Au total, quatre stations hydrologiques sont installées sur le bassin versant (Figure 1). Elles permettent de mesurer, la hauteur d'eau des cours d'eau suivants :

- Le Claret ;
- La confluence du Retort et du Caffo ;
- Le ruisseau du Lac du Chevril ;
- L'exutoire du lac de Tignes.

Plusieurs campagnes de mesures de débits en différentes périodes hydrologiques ont été réalisées depuis l'instrumentation de ces points. Ces mesures permettent de réaliser des courbes de tarage et ainsi de connaître le débit du cours d'eau à partir des mesures de hauteurs d'eau mesurées aux stations hydrologiques.

Le suivi est en cours, d'autres campagnes de mesures sont planifiées en 2025.

Ce rapport présente les différentes installations des stations hydrologiques, les mesures de débits réalisées entre l'été 2024 et mai 2025 ainsi que les courbes de tarages actuelles pour chaque point.

Cette étude est réalisée à la demande et pour le compte de :

**Mairie de Tignes
238 boucle du Rosset
73320 TIGNES**

Par :

**Géolithe – Pôle Eau
181 rue des bécasses
38920 CROLLES**

1.2 - Documents de référence

Les documents utilisés pour cette étude sont les suivants :

- Rapport d'étude hydrogéologique du glacier de la Grande Motte à Tignes Géolithe, 23-0790-I-Rapport_hydrogéologique_Tignes ;
- SALOMON Jean-Noël, MAIRE Richard. Karsts et évolutions climatiques : Hommage à Jean Nicod. Nouvelle édition [en ligne]. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux, 1992 (généré le 30 janvier 2024). Disponible sur Internet : <https://books.openedition.org/pub/10814>. ISBN : 979-10-300-0386-4. DOI. Page 293-308 Chapitre : Évolution actuelle et récente des karsts de la Vanoise orientale. La Grande Motte, Tignes Alpes, France. Cardon Michel ;
- Carte géologique de la France au 1/50 000^e, feuille n°752 de TIGNES ;
- Notice de la carte géologique n°752 ;
- Carte IGN (échelle 1/25 000).
- RGE Alt ® 1m, MNT de précision 1 m.

2 - CONTEXTE DE L'ETUDE

Le contexte géologique, hydrologique et hydrogéologique de la zone d'étude est détaillé dans le rapport Géolithe 23-0790-I-Rapport_hydrogeologique_Tignes datant de janvier 2024.

En résumé, la carte géologique de Tignes n°752 (Figure 2) indique que le lac et la ville de Tignes se situent dans une vallée glaciaire (Gy) creusée dans les cargneules (Kr) et le gypse (tG) affleurant sur les bords. Des systèmes karstiques de hautes montagnes se sont développés dans la formation gypseuse.

Le glacier de la Grande Motte se situe sur des formations métamorphisées de type calcaires noirs du Lias (I(3)) et marbres clairs du Malm (j(1)) (Ellenberger, 1958). L'absence d'écoulement de surface, malgré une forte fonte estivale, ainsi que la présence de dolines, témoignent de l'existence d'un réseau karstique souterrain.

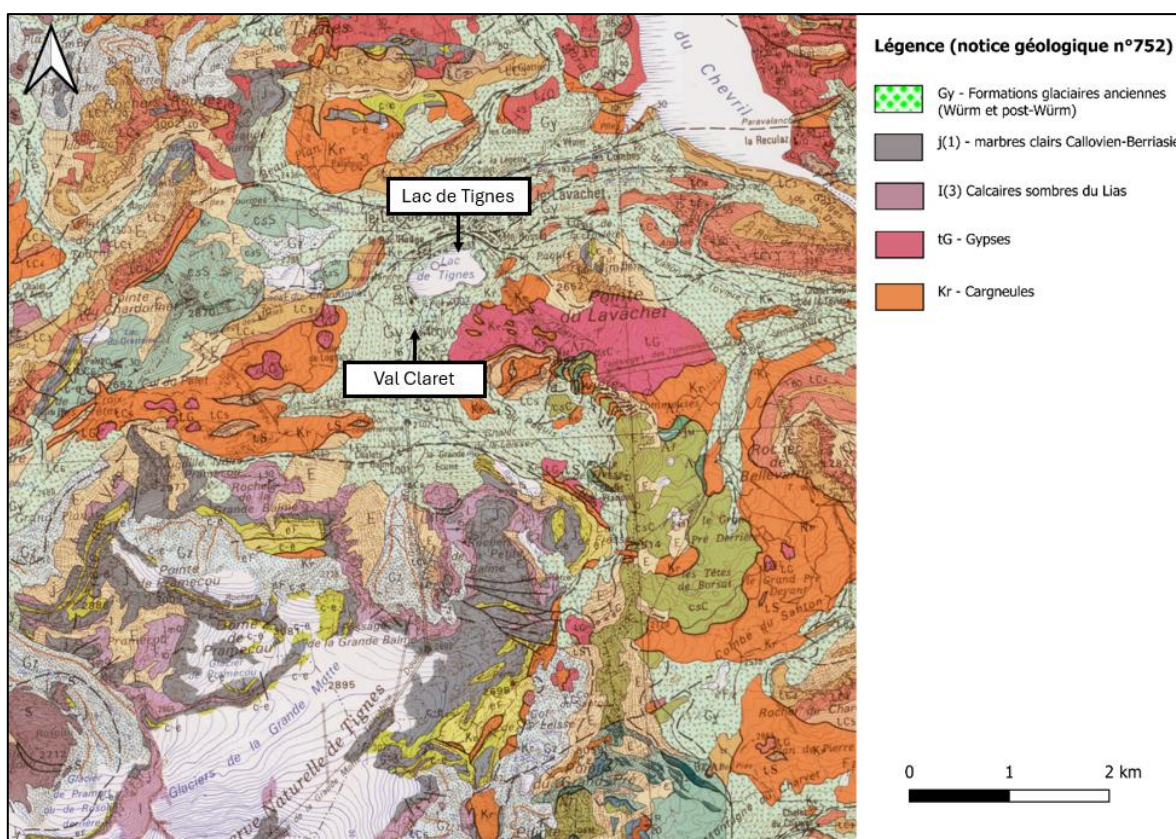


Figure 2: Carte géologique de Tignes n° 752 (BRGM, Infoterre)

La zone de Val Claret, située en aval du glacier, présente des caractéristiques d'une vallée glacio-karstique. Des émergences temporaires alimentent de manière diffuse le cours d'eau du Retort, situé au fond de la vallée. Les sources de Tignes, Val Claret et les apports du glacier de la Grande Motte collectent les eaux des versants voisins, contribuant à l'alimentation du lac de Tignes, puis en aval, à celle de la Gouille du Salin.

Selon Chardon (1992), les émergences glaciaires sont localisées en aval de la ville de Tignes (Gouille du Salin, sources à Val d'Isère). En effet, les précipitations observées sur le glacier de la Grande Motte ne correspondent pas aux faibles débits des cours d'eau prenant leur source au pied du glacier (Caffo, Claret). Cela suggère l'existence d'autres exutoires des eaux infiltrées du glacier. Les différentes sources constituent alors

possiblement des écoulements de trop-pleins du réservoir aquifère de la Grande Motte. La Figure 3 propose un schéma conceptuel des écoulements souterrains du bassin versant de la Grande Motte le long d'une coupe longitudinale et inspirée par Chardon (1992).

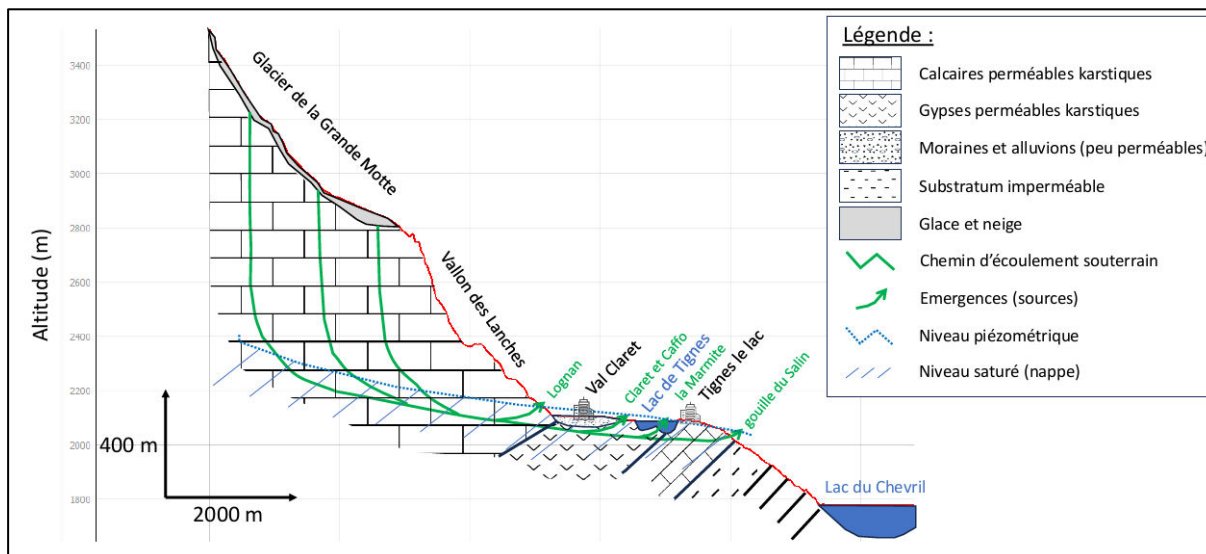


Figure 3 : Schéma conceptuel des écoulements souterrains du bassin versant de la Grande Motte le long d'une coupe longitudinale (inspiré par [Chardon, 1992]) (source : Mairie de Tignes)

La figure suivante présente le fonctionnement schématique du bassin versant de la Grande Motte implémenté des activités anthropiques référencées (prélèvements/rejets) ayant un impact sur ce fonctionnement.

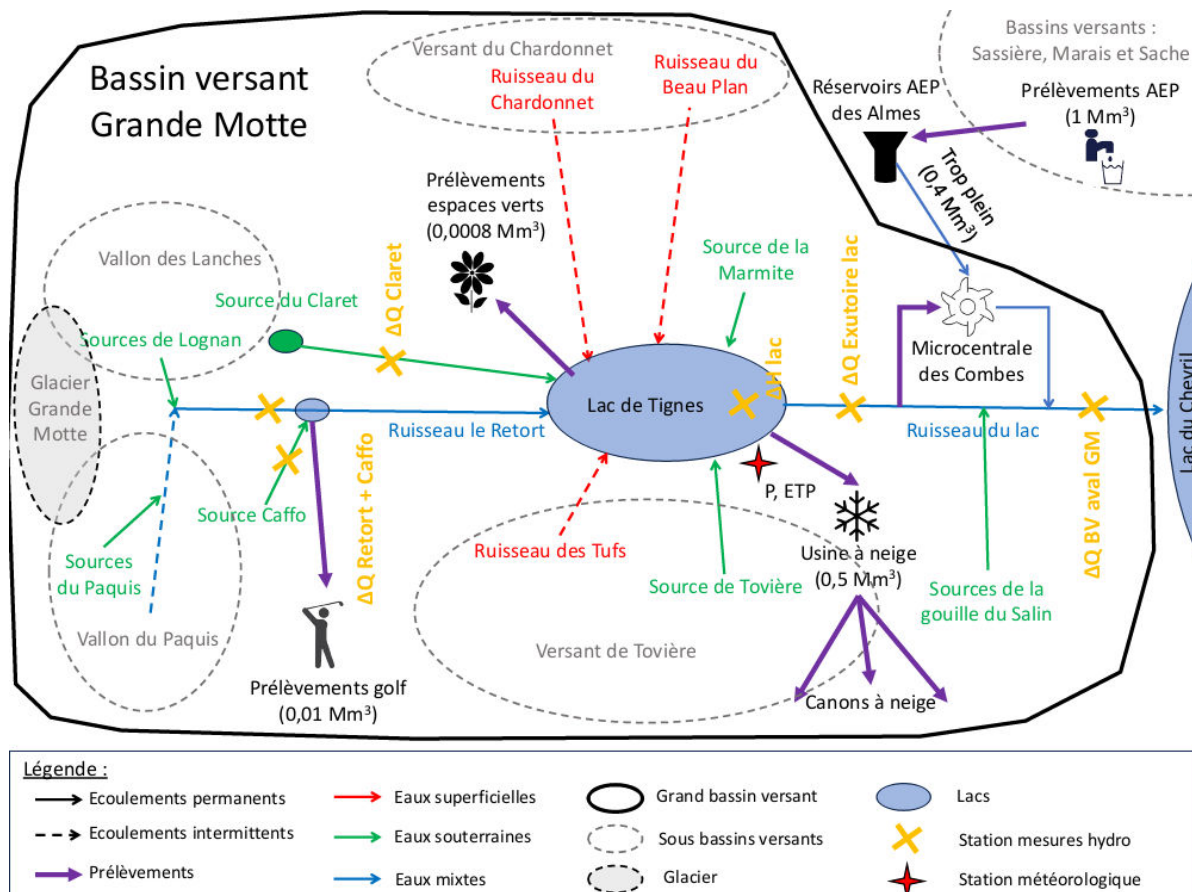


Figure 4: Schéma du BV de la Grande Motte et activités anthropiques associées (source : Mairie de Tignes)

3 - INSTALLATION DES STATIONS HYDROLOGIQUES

3.1 - Objectifs

L'instrumentation du bassin versant de la Grande Motte a pour objectifs de connaître le fonctionnement hydrologique de ces derniers et d'anticiper leurs évolutions dans un contexte de changement climatique.

Pour cela, quatre stations hydrologiques ont été installées en 2024 sur les sites suivants :

- Confluence du Retort et du Caffo ;
- Val Claret ;
- Exutoire du lac de Tignes ;
- Aval GM ;

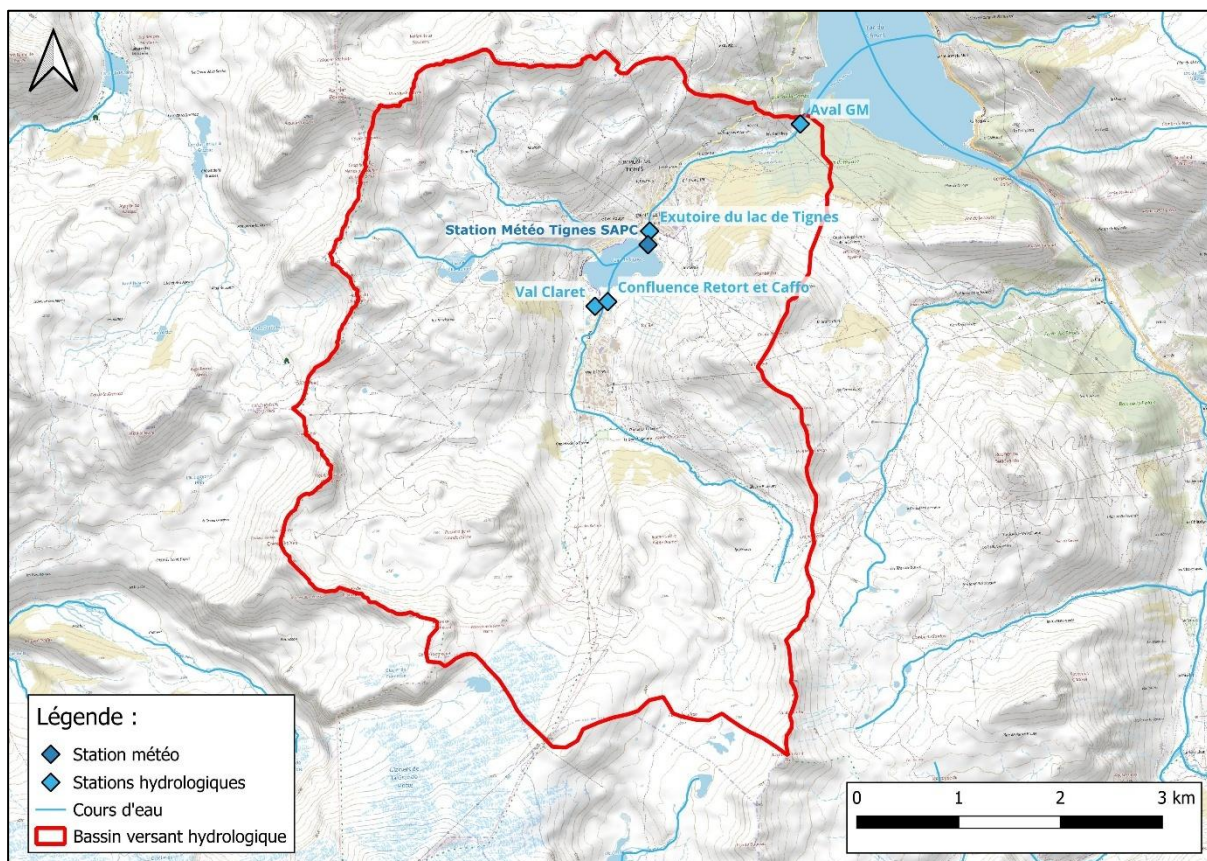


Figure 5: Emplacement des stations hydrologiques

Les installations sont décrites dans la suite de ce rapport.

3.2 - Station hydrologique de Val Claret

3.2.1 - Emplacement de la station hydrologique

La station hydrologique de Val Claret est installée dans le ruisseau de Claret sous le pont de la D87A, en amont du lac de Tignes.



Figure 6: station hydrologique de Claret

3.2.2 - Dates d'installations

L'installation se déroule le 16/05/2024.

3.2.3 - Equipement de la station hydrologique

Les sondes sont installées dans des tubes PVC crépinés fermés par un bouchon étanche. Les centrales d'acquisition sont situées dans un tube PVC étanche horizontalement ancré dans le mur en béton du pont.

L'échelle est également fixée dans le mur en béton au droit des sondes.

La station hydrologique de Val Claret est équipée comme suit :

- Une sonde manuelle Orpheus Mini (OM) de marque OTT ;
- Une sonde de télétransmission Ecolog 1000 de marque OTT ;
- Une échelle limnimétrique :

Paramètres mesurés : température (°C) et niveau d'eau (m).

Pas de temps d'acquisition : 1 heure.

Les données de l'Ecolog 1000 sont visibles sur notre plateforme en ligne Evorisk depuis novembre 2024.

3.3 - Station hydrologique de la confluence de Retort et Caffo

3.3.1 - Emplacement de la station hydrologique

La station hydrologique est située à la confluence des ruisseaux de Retort et Caffo en amont du lac de Tignes. Les sondes sont fixées sur un pont en bois dans le golf de Tignes.



Figure 7: station hydrologique de Retort Caffo

3.3.1 - Dates d'installations

L'installation se déroule le 25/06/2024.

3.3.1 - Equipement de la station hydrologique

Les sondes sont installées dans deux tubes crépinés en inox. Les centrales d'acquisitions sont installées sur le flanc du pont à l'horizontale dans un tube PVC étanche.

L'échelle limnimétrique est placée sur l'un des tubes en inox de manière à ne pas modifier la hauteur d'eau mesurée par la sonde.

La station hydrologique de Retort Caffo est équipée comme suit :

- Une sonde manuelle Orpheus Mini (OM) de marque OTT ;
- Une sonde de télétransmission Ecolog 1000 de marque OTT ;
- Une échelle limnimétrique ;

Paramètres mesurés : température (°C) et niveau d'eau (m).

Pas de temps d'acquisition : 1 heure.

Les données de l'Ecolog 1000 sont visibles sur notre plateforme en ligne Evorisk depuis novembre 2024.

3.4 - Station hydrologique d'Aval GM

3.4.1 - Emplacement de la station hydrologique

La station hydrologique est située dans le ruisseau du Lac se jetant dans le lac du Chevril, proche de la centrale hydroélectrique des Combes, en amont de la conduite de rejet de la centrale hydroélectrique. L'accès à la station est difficile en période hivernale.



Figure 8: Station hydrologique Aval GM

3.4.1 - Date d'installation

La station hydrologique complète est installée le 05/11/2024.

3.4.1 - Equipement de la station hydrologique

Les sondes et les centrales d'acquisitions associées sont placées dans deux tubes crépinés en inox solidement ancrés à un rocher en rive gauche. Ceux-ci sont équipés de bouchons étanches. Les têtes d'acquisition des sondes sont accessibles depuis le haut du rocher afin de récupérer les données.

L'échelle limnimétrique est placée sur un tube inox de manière que celle-ci ne modifie pas la hauteur d'eau mesurée par les sondes.

La station hydrologique est équipée de :

- Une sonde manuelle Orpheus Mini (OM) de marque OTT ;
- Une sonde de télétransmission Ecolog 1000 de marque OTT ;
- Une échelle limnimétrique ;

Paramètres mesurés : température (°C) et niveau d'eau (m).

Pas de temps d'acquisition : 1 heure.

Les données de l'Ecolog 1000 sont visibles sur notre plateforme en ligne Evorisk depuis

novembre 2024.

3.5 - Station hydrologique de l'exutoire du lac de Tignes en amont de la grille

3.5.1 - Emplacement de la station hydrologique

Au total, deux stations hydrologiques indépendantes sont installées à l'exutoire du lac de Tignes.

Une station est installée en rive gauche, en amont de la grille de l'exutoire du lac de Tignes.



Figure 9: Station hydrologique en amont de la grille de l'exutoire du lac

3.5.2 - Date d'installation

Cette nouvelle station hydrologique est installée le 12/03/2025 et permettra de s'affranchir de la nécessité de lever la grille à chaque intervention.

3.5.3 - Equipement de la station hydrologique

La sonde est placée dans un tube en inox crépiné équipé d'un bouchon étanche. L'unité de communication est placée légèrement plus en aval dans un tube PVC horizontal fixé à la roche et assez haut pour éviter les risques de submersion.

La station hydrologique comprend :

- Une sonde de télétransmission EcoLog 1000 de marque OTT ;
- Une échelle limnimétrique.

L'échelle limnimétrique est fixée solidement sur le rocher attenant au tube inox.

Paramètres mesurés : température (°C) et niveau d'eau (m).

Pas de temps d'acquisition : 1 heure.

Les données de l'Ecolog 1000 sont visibles sur notre plateforme en ligne Evorisk depuis mars 2025.

3.6 - Station hydrologique de l'exutoire du lac de Tignes en aval de la grille

3.6.1 - Emplacement de la station hydrologique

La deuxième station est installée en aval de la grille de l'exutoire, dans la conduite d'évacuation souterraine des eaux sous le télésiège de Tovière. Une manutention avec une chargeuse est nécessaire afin d'atteindre la sonde et de réaliser l'entretien du capteur de mesure. Les données restent tout de même accessibles lorsque la grille n'est pas levée puisque la tête d'acquisition de la sonde est située à portée de main en aval de la grille.



Figure 10: station hydrologique en aval de la grille à l'exutoire du lac de Tignes

3.6.1 - Date d'installation et historique des modifications

La sonde est installée le 26/05/2024. Le 12/03/2025, lors d'une campagne d'entretien de la sonde, celle-ci se trouvait hors d'eau. La sonde est donc déplacée de 0.215 m plus bas dans le cours d'eau ainsi que l'échelle limnimétrique. Ce déplacement est pris en compte dans l'élaboration de la courbe de tarage.

3.6.1 - Equipement de la station hydrologique

La sonde est placée dans un tube PVC fermé par un bouchon en rive gauche. Le tube déporté par rapport au mur afin d'éviter de poser la sonde sur la marche d'une hauteur de 20 cm dans le tunnel.

L'échelle limnimétrique est fixée sur le tube PVC, parallèle à l'écoulement de manière que la hauteur mesurée par la sonde ne soit pas modifiée.

La station comprend :

- Une sonde Orpheus Mini de marque OTT non-télétransmise ;
- Une échelle limnimétrique ;

Paramètres mesurés : température (°C) et niveau d'eau (m).

Pas de temps d'acquisition : 1 heure.

3.7 - Hauteurs d'eau mesurées

La Figure 11 ci-dessous montre les hauteurs d'eau mesurées par chacune des stations depuis leur installation. Celles-ci permettront d'obtenir des valeurs de débits sur la période de mesure à partir des relations hauteur/débit établies par les courbes de tarage.

Globalement, les plus hautes eaux sont mesurées entre juin et août 2024 pour les stations de Claret, du Retort Caffo et de l'exutoire du lac. En effet, ces cours d'eau de régime hydrologique nival sont alimentés principalement par la fonte des neiges en période estivale.

Sur ces mêmes points, les basses eaux sont mesurées en période hivernale, entre novembre 2024 et mars 2025, correspondant à la période de précipitations neigeuses ne participant pas à l'alimentation des cours d'eau.

A Claret, un décalage positif d'environ 0.06 m est observé entre les 12 et 15 janvier 2025. Ce décalage survient après une période pluvieuse intense d'un cumul de 105 mm précipités en 7 jours.

L'augmentation ponctuelle du débit provoquée par de telles précipitations implique probablement le charriage de blocs qui modifient temporairement la hauteur d'eau mesurée au droit de la station hydrologique.

Lors d'un contrôle de maintenance en mars 2025, les niveaux de la sonde limnimétrique correspondaient au niveau mesuré par les sondes automatiques.

Les hauteurs d'eau de la sonde Aval GM restent assez stables depuis le début des mesures en novembre 2024. Cependant, un épisode pluvieux intense de 100 mm survenu le 15/04/2025 a provoqué un décalage négatif de la hauteur d'eau d'environ 10 centimètres. De telles précipitations intenses et ponctuelles provoquent une augmentation rapide du débit. Le charriage de blocs dans le torrent perturbe localement la mesure de débit au droit de la sonde.

Note : les plages de données manquantes à l'exutoire du lac correspondent aux périodes lors de laquelle la sonde en aval de la grille était hors d'eau. La sonde est déplacée en conséquence le 12/03/2025.



Figure 11: Mesures de hauteurs d'eau au niveau des 4 stations et pluviométrie journalière

4 - CAMPAGNES DE JAUGEAGES

4.1 - Objectif et méthodologie

Des campagnes de jaugeages au sel et au courantomètre électromagnétique sont réalisées au droit des stations hydrologiques. Ces campagnes permettent de corréler les mesures de débits aux hauteurs d'eau enregistrées afin d'établir une courbe de tarage par station.

4.1.1 - Jaugeage au courantomètre électromagnétique

Cette méthode consiste à explorer de manière discrète les vitesses d'écoulement par mesures ponctuelles sur une section transversale du cours d'eau. Un capteur immergé crée un champ électromagnétique entre deux électrodes situées à l'extrémité d'une sonde. La vitesse du courant est calculée avec la loi de Faraday qui permet de mesurer la force électromotrice générée par le passage de l'eau à travers le champ magnétique et directement proportionnelle à la vitesse d'écoulement (Le Coz, 2011).

Un jaugeage au courantomètre électromagnétique se déroule comme ceci :

- Reconnaissance du cours d'eau et de la section à étudier ;
- Installation d'un décamètre perpendiculaire à la direction d'écoulement ;
- Réalisation d'un profil de vitesse régulier le long de la section par mesure des vitesses en différents points ;

L'ensemble des vitesses mesurées à différentes profondeurs le long de la section choisie permet de déterminer le débit moyen sur la section mesurée.

4.1.2 - Jaugeage au sel

Les mesures de débit sont réalisées avec la méthode du jaugeage au sel qui consiste à injecter en un point du cours d'eau une masse connue de NaCl en solution, puis de suivre l'évolution de la conductivité électrique du cours d'eau au niveau d'une ou plusieurs stations de mesure situées à l'aval. La distance entre le point d'injection et la station aval doit être suffisante pour que le mélange du traceur avec l'eau puisse être complètement réalisé. La quantité de traceur salin nécessaire à la mesure a été définie à 3 kg.

Un jaugeage au sel se déroule comme ceci :

- Reconnaissances et implantation du tronçon à étudier ;
- Installation des sondes de mesure de conductivité électrique puis paramétrage du pas de temps d'acquisition minimum, ici 10 secondes ;
- Mélange du sel dans 50L d'eau provenant du cours d'eau étudié ;
- Injection du traceur salin en injection brève et notation de l'heure ;
- Retrait des sondes après passage du nuage salin (conductivité électrique initiale du torrent de nouveau mesurée).

L'ensemble des données mesurées par les sondes sont exprimées sous la forme d'une conductivité électrique de l'eau, exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur toute la durée de l'injection et du passage du traceur salin. Cette conductivité électrique permet ensuite de calculer une salinité de l'eau, exprimée en kg/m^3 . Le débit moyen du cours d'eau sur le tronçon peut alors être calculé grâce à une relation chimique basée sur le principe de conservation de la

masse :

$$M = Q \times T \times \Delta C_m$$

Avec :

$$\Delta C_m = C_m - C_i \text{ et } C_m = \frac{1}{T} \int_0^T c dt$$

Ainsi :

$$Q = \frac{M}{T \times \Delta C_m}$$

Selon :

M : masse de traceur (kg)

Q : débit (m³/s)

T : temps de passage du panache salin (s)

C_m : concentration moyenne pendant passage du panache salin (kg /m³)

C_i : concentration initiale du torrent avant injection (kg/m³)

4.2 - Intervention de terrain

Plusieurs campagnes de mesures de débits ont été réalisées depuis l'installation des stations hydrologiques. Chaque mesure de débit est associée à la hauteur d'eau lue sur l'échelle limnimétrique lors du jaugeage.

Au total, cinq campagnes de jaugeages sont organisées sur les ruisseaux de Claret, Retort Caffo et Exutoire du lac de Tignes afin de mesurer les débits sur des périodes hydrologiques variées. Le ruisseau du lac Chevril à Aval GM est plus difficile d'accès, les conditions météorologiques et l'épaisseur de neige présente sur la piste n'ont pas permis de réaliser les jaugeages de ce point en simultané avec les autres cours d'eau. Aval GM est donc jaugé trois fois à ce jour.

Le Tableau 1 ci-dessous renseigne les dates de jaugeages aux différentes stations et les périodes hydrologiques associées.

Tableau 1: Dates de jaugeages pour chaque période hydrologique

Lieu \ Jaugeage	Etiage	Basses eaux	Moyennes eaux	Hautes eaux
Claret	11/03/2025	26/11/2024	16/05/2024 et 20/05/2025	26/06/2024
Exutoire du lac de Tignes	11/03/2025	27/11/2024	16/05/2024 et 20/05/2025	26/06/2024
Caffo et Retort	11/03/2025	26/11/2024	16/05/2024 et 20/05/2025	25/06/2024
Aval GM	/	11/03/2025	05/11/2024 et 21/05/2025	/

Toutes les mesures de hauteurs d'eau sont présentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 2 : Synthèse des mesures de débit

Lieu	Date	Repère de mesure de hauteur d'eau	Hauteur d'eau (m)	Débit (m ³ /s)	Remarques
Claret	16/05/2024	Echelle limnimétrique	0.250	0.165	La valeur de hauteur mesurée sur l'échelle limnimétrique est environ la même qu'en mars 2025 pour un débit plus élevé, la section du cours d'eau a possiblement été modifiée entre ces deux mesures due au charriage d'éléments grossiers, la courbe de tarage sera affinée avec plus de mesures.
	26/06/2024		0.365	0.518	
	26/11/2024		0.272	0.346	
	11/03/2025		0.210	0.090	
	20/05/2025		0.280	0.162	
Exutoire du lac en aval de la grille	16/05/2024	Valeur de la sonde appartenant à la mairie sur le pont	0.097	0.944	La station hydrologique n'étant pas installée à cette date, le repère ne correspond pas au repère de mesures actuelles. Ce point ne figurera pas dans la courbe de tarage.
	26/06/2024	Echelle limnimétrique	0.635	1.958	
	27/11/2024		0.311	0.393	
	11/03/2025		0.215	0.233	
	20/05/2025		0.330	0.537	
Caffo et Retort	16/05/2024	Pont au niveau de l'emplacement de la future échelle limnimétrique	0.520	0.483	
	25/06/2024	Echelle limnimétrique	0.933	0.954	
	26/11/2024		0.430	0.230	
	11/03/2025		0.330	0.161	
	20/05/2025		0.560	0.361	
Aval GM	26/06/2024	Repère pris au futur emplacement de l'échelle limnimétrique	0.520	7.105	A cette date, le repère de mesure ne correspond pas au repère de mesures actuelles. En effet, la station hydrologique a dû être déplacée par manque d'eau. Ce point ne figurera pas dans la courbe de tarage.
	05/11/2024	Echelle limnimétrique	0.700	1.196	
	11/03/2025		0.660	1.081	
	21/05/2025		0.540	1.183	
Funiculaire	26/06/2024	Mesure ponctuelle indicative	/	0.480	Mesure ponctuelle

5 - ELABORATION DES COURBES DE TARAGE

Une courbe de tarage est réalisée pour chaque station hydrologique. Celle-ci permet de calculer le débit à partir du niveau d'eau enregistré.

La courbe est établie à partir des différents débits mesurés et la hauteur d'eau de la rivière en différentes périodes hydrologiques. La courbe de tarage n'est valable que pour la section de cours d'eau au point de jaugeage. Si la section est modifiée, le débit sera le même mais la hauteur d'eau sera différente.

Les courbes de tarage sont établies avec une fonction puissance de type $Q = a \cdot H^b$.

Les courbes de tarages présentées ici sont temporaires et évoluent après chaque campagne de jaugeage. La multiplication des mesures de débits en différentes périodes hydrologiques permettra de préciser les courbes de tarage.

5.1 - Courbe de tarage d'Aval GM

Les trois points de mesures réalisés à Aval GM présentent des débits similaires pour des hauteurs d'eau mesurées différentes. En effet, les précipitations intenses de près de 100 mm enregistrées sur la journée du 16 avril 2025 ont probablement provoqué le charriage de blocs dans le torrent ayant perturbé localement la mesure de débit au droit de la sonde.

Les valeurs actuelles ne permettent donc pas de tracer la courbe de tarage. Les futures campagnes jaugeages permettront d'établir la relation hauteur/débit d'Aval GM.

5.2 - Courbe de tarage de Val Claret

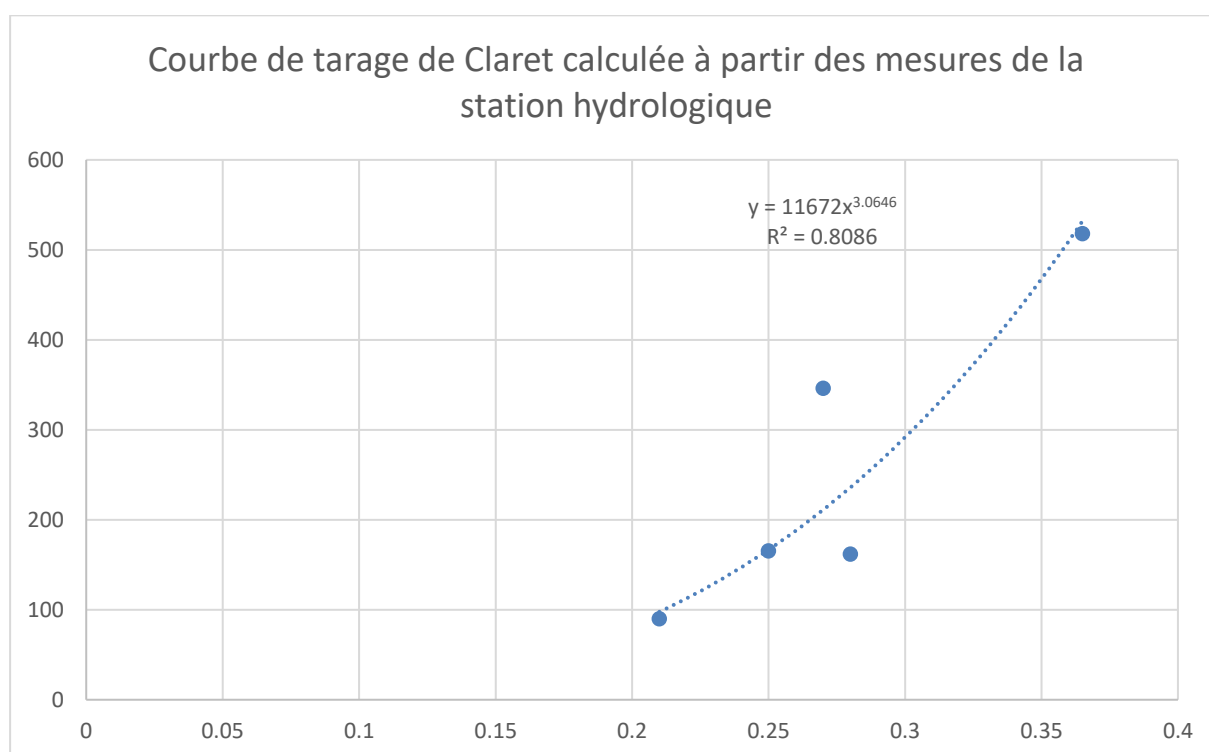


Figure 12: courbe de tarage du Claret (à la date du 23/05/2025)

L'équation de la droite est, à ce jour, la suivante :

$$Q = 11672 \times H^{3.0646}$$

(Avec Q en L/s et H en mètres)

5.3 - Courbe de tarage de Caffo et Retort

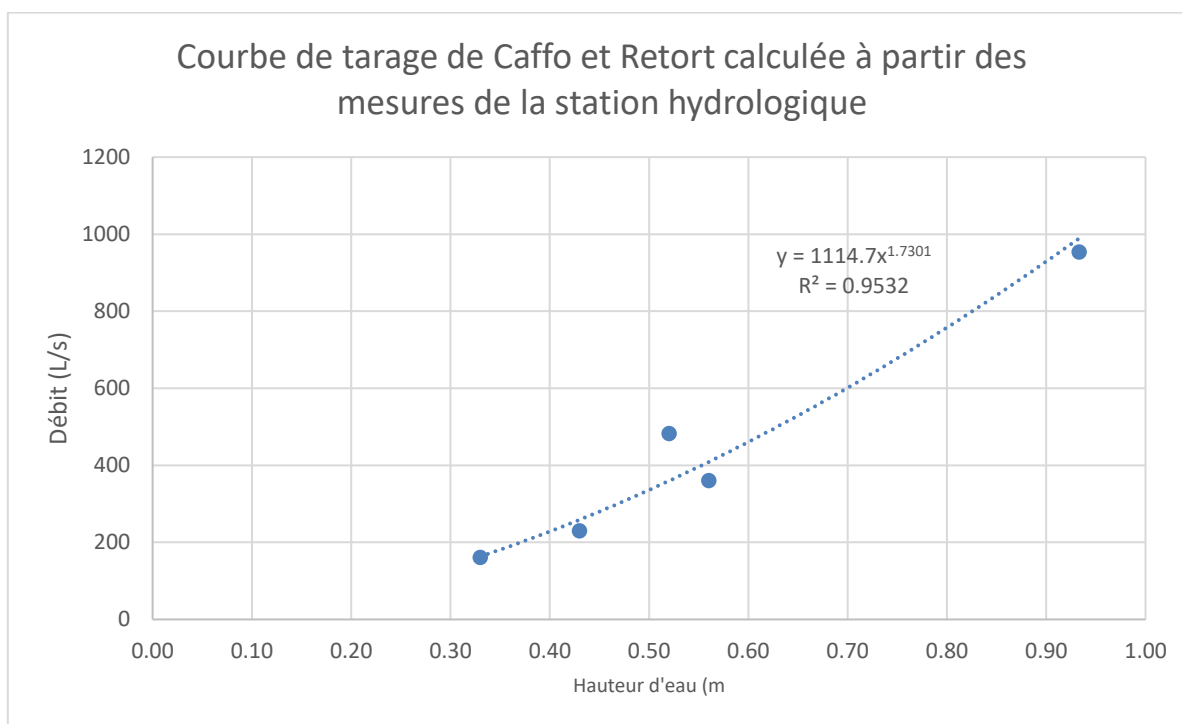


Figure 13: courbe de tarage de Retort Caffo (à la date du 23/05/2025)

L'équation de la droite est, à ce jour, la suivante :

$$Q = 1114.7 \times H^{1.7301}$$

(Avec Q en L/s et H en mètres)

5.4 - Courbe de tarage de l'exutoire du lac de Tignes (aval de la grille)

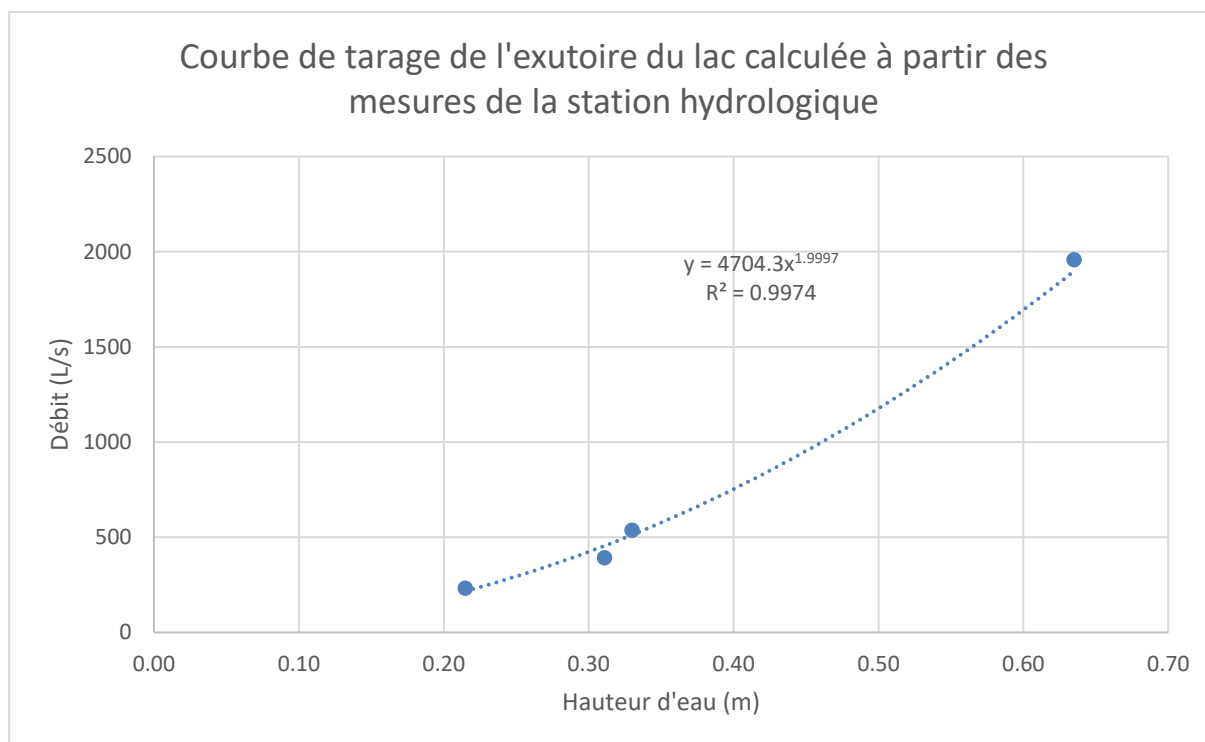


Figure 14: courbe de tarage de l'exutoire du lac de Tignes (à la date du 23/05/2025)

L'équation de la droite est, à ce jour, la suivante :

$$Q = 4704.3 \times H^{1.9997}$$

(Avec Q en L/s et H en mètres)

6 - PERSPECTIVES ET SUITE DE L'ÉTUDE

Au total, quatre stations hydrologiques ont été installées sur le bassin versant de la Grande Motte en 2024. Elles permettent de mesurer, la hauteur d'eau des cours d'eau suivants :

- Le Claret ;
- La confluence du Retort et du Caffo ;
- Le ruisseau du Lac du Chevril ;
- L'exutoire du lac de Tignes.

Sur la première année de suivi hydrologique, les hautes eaux ont été observées en période estivale entre juin et août 2024. Les basses eaux ont-elles été observées en période hivernale entre novembre 2024 et mars 2025. Ces mesures correspondent au régime hydrologique nival généralement observé sur les cours d'eau d'altitude.

Seul le cours d'eau d'aval GM présente des hauteurs d'eau et débits globalement constants sur la période de mesure.

Afin d'établir les relations hauteurs/débits plusieurs campagnes de jaugeages ont été réalisées depuis l'instrumentation de ces points. Ces mesures ont permis de réaliser des courbes de tarage.

Les courbes de tarages évoluent après chaque campagne de jaugeage. La multiplication des mesures de débits en différentes périodes hydrologiques permet de préciser ces courbes et ainsi obtenir des valeurs de débits fiables sur la période de mesure.

A ce jour, il est nécessaire de consolider les courbes de tarage existantes et de réaliser de nouvelles mesures à Aval GM afin d'établir la relation hauteur/débit en ce point.

Nous préconisons la réalisation de nouvelles campagnes de jaugeages sur un cycle hydrologique complet afin de cibler les étiages et hautes eaux pour lesquelles une seule mesure de débit est aujourd'hui réalisée.

Ces campagnes de jaugeage devront également cibler des périodes pour lesquelles aucune mesure de débit n'a été réalisée.

A terme, ces courbes de tarage permettront alors de :

- Connaître les débits d'entrées et de sorties afin d'établir à terme un bilan hydrique et hydrologique du bassin versant ;
- Créer à terme un outil d'aide à la décision pour la planification du partage des usages selon la disponibilité de la ressource.

7 - BIBLIOGRAPHIE

CHARDON, Michel. Evolution actuelle et récente des karsts de la Vanoise orientale : La Grande Motte, Tignes - Alpes, Fr In : Karsts et évolutions climatiques : Hommage à Jean Nicod [en ligne]. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux, 1992 (généré le 07 février 2024). Disponible sur Internet : <<http://books.openedition.org/pub/10958>>. ISBN : 979-10-300-0386-4. DOI : <https://doi.org/10.4000/books.pub.10958>.

CHARDON M. 1991. Approche géomorphologique des karsts du gypse de la Vanoise : la zone alpine et glaciaire du vallon du Fruit-Gébroulaz (Alpes-France). Karstologia, no 17, p. 31-43. DOI : 10.3406/karst.1991.2256

DÖRFLIGER N. (2010) : Guide méthodologique, Les outils de l'hydrogéologie karstique. Avec la collaboration de Ph. Crochet, R. Guerin, N. Jozja, B. Marsaud, P-H. Mondain, Ph. Muet, V. Plagnes ; BRGM RP- 58237-FR, 246 pp., 82 ill., 5 annexes.

ELLENBERGER, F. 1958. Etude géologique du pays de Vanoise. Mémoires pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France. 562p + 42 planches. Thèse à la faculté des sciences de l'université de Paris.

LE COZ J., CAMENEN B., DRAMAIS G., RIBOT-BRUNO J., FERRY M. & ROSIQUE. J.-L. 2011. Guide technique : Police de l'eau pour le contrôle des débits réglementaires. Editions ONEMA

2.3. CONVENTION THESE INRAE

CONVENTION DE COFINANCEMENT DE BOURSE DE THESE (partenaire public)

ENTRE :

L'INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE POUR L'AGRICULTURE, L'ALIMENTATION ET L'ENVIRONNEMENT

Etablissement public à caractère scientifique et technologique

Ci-après dénommé : **INRAE**

Ayant son siège : 147, rue de l'Université, 75338 PARIS Cedex 07

Ici représenté par **M. Philippe MAUGUIN**

En sa qualité de **Président-Directeur-Général**

Et par délégation par **M Pascal BOISTARD, Président du Centre INRAE Lyon-Grenoble, Auvergne-Rhône-Alpes**

Agissant tant en son nom qu'au nom et/ou pour le compte de l'Unité de Recherche LESSEM, Laboratoire Ecosystèmes et sociétés en montagne et pour le compte l'Unité Mixte de Recherche IGE, Institut des Géosciences de l'Environnement.

d'une part,

ET :

Mairie de Tignes

Ci-après dénommé : « **Commune de Tignes** »

Ayant son siège : BP50, 73321 Tignes cedex, France

Ici représenté par **Serge REVIAL,**

En sa qualité de **Maire de Tignes**

d'autre part,

Ci-après dénommés individuellement « la Partie » ou collectivement « les Parties »

PRÉALABLEMENT, IL A ÉTÉ EXPOSÉ QUE :

Les équipes Grenobloises d'INRAE ont développé de longue date un ensemble de connaissances et de méthodes spécifiques à l'étude intégrée des zones de montagne. Les recherches conduites à l'IGE sur la cryosphère ont permis de produire un ensemble de résultats dans l'étude des glaciers, de l'hydologie et des risques associés, y compris dans le domaine du risque climatique, ces dernières approches étant complétées au LESSEM par des travaux qui s'intéressent plutôt aux questions d'impacts, notamment dans le domaine des sports d'hiver et de l'enneigement des domaines skiables.

La commune de Tignes s'interroge quant à elle sur l'avenir de son modèle de développement. Située dans un contexte de haute montagne, forte d'un glacier équipé pour la pratique du ski et d'un ensemble d'infrastructures associées au tourisme hivernal, elle a récemment repris la gestion des remontées

mécaniques par l'intermédiaire d'une SPL créée dans cet objectif. L'alimentation des installations de production de neige dépendant en grande partie des ressources glaciaire, la commune s'interroge sur la pérennité de sa stratégie dans le contexte du changement climatique et la disparition projetée du glacier de la Grande Motte (études antérieures).

Les Parties souhaitent donc collaborer autour des travaux confiés à un doctorant. (voir Annexe 1)

Dans le cadre de cette coopération de recherche, INRAE s'engage à recruter avec l'appui financier de la Commune de Tignes, dans le cadre d'un contrat à durée déterminée un doctorant, dont le sujet de thèse est le suivant : « Hydrologie nivale et production de neige en contexte de changement climatique ».

Cette thèse sera co-dirigée par M. Nicolas Eckert, Mme Juliette Blanchet et co-encadrée par M. Hugues François.

En contrepartie du projet de collaboration, la commune de Tignes s'engage à verser la somme de 150 000€ à INRAE.

La présente convention a pour objet de définir les conditions de versement par la Commune de Tignes à INRAE du co-financement nécessaire à la réalisation de la Thèse.

EN CONSÉQUENCE DE QUOI, IL EST CONVENU DE CE QUI SUIT :

ARTICLE PRELIMINAIRE – CONDITION SUSPENSIVE / RESOLUTOIRE

La présente convention est conclue sous la condition suspensive du recrutement d'un thésard par INRAE. Si un doctorant n'est pas recruté dans le délai de 6 mois à compter de la date de parution de l'annonce de recrutement, la convention sera nulle et non avenue.

ARTICLE 1 – OBJET

Le présent Contrat a pour objet d'établir une collaboration entre la Commune de Tignes et INRAE et de définir les droits et obligations des Parties pendant la collaboration, puis sur les résultats obtenus.

ARTICLE 2 – CONDUITE DE LA THÈSE

INRAE s'engage à recruter un doctorant dont la durée de la thèse est fixée à 36 mois.

2.1 Coordination

Le comité de thèse sera composé de :

- un représentant de la commune de Tignes : M. Jordan Ré
- un représentant du LESSEM : M. Hugues François
- des représentants de l'IGE : Mme Juliette Blanchet et M. Nicolas Eckert

2.2. Périodicité

Ce comité de thèse se réunira au moins une fois tous les 6 mois, à l'initiative de la Partie la plus diligente et à tout moment à la demande de la majorité de ses représentants.

Les réunions auront lieu alternativement chez chacune des Parties, sauf accord contraire.

Les réunions pourront également se dérouler par téléconférence.

2.3. Comptes-rendus - Rapports

En dehors des échanges sur le terrain et en fonction des travaux de thèse, une présentation générale des avancées, résultats et des perspectives de travail envisagées auprès d'un comité d'acteurs locaux élargi sera organisée annuellement ou pourra être décidé collégialement en accord entre la direction de thèse et la commune de Tignes représentée par M. Jordan Ré ou toute autre personne désignée par la commune de Tignes pour le suivi de la thèse.

En contrepartie du soutien financier de la Commune de Tignes ; le doctorant s'engage à faire parvenir un manuscrit de sa thèse après la soutenance et de mentionner le soutien de la Commune de Tignes dans toute publication issue de ses travaux de thèse.

ARTICLE 3 – MODALITÉS ET CONDITIONS FINANCIÈRES

La durée du financement de la thèse est de 3 ans maximum. La Commune de Tignes s'engage à participer au financement de la bourse versée par INRAE au doctorant, à concurrence de 150 000€, (TVA non applicable) selon l'échéancier suivant :

- Un tiers de la somme, soit 40 000€ à la date de la signature
- Un tiers de la somme, soit 55 000€ au douzième mois de la thèse
- Un tiers de la somme, soit 55 000€ au vingt-quatrième mois de la thèse

Notons que le coût complet de la thèse incluant des dépenses de fonctionnement et de frais de missions se montent à 348 370 euros. La différence entre le coût complet de la thèse et le versement par la Commune de Tignes est pris en charge par INRAE.

ARTICLE 4 – CONDITIONS DE PAIEMENT

Ladite somme sera versée sur présentation d'une facture ou d'un appel de fonds par INRAE à :
Pour le paiement ; le RIB de l'INRAE est :

Le relevé ci-contre est destiné à être remis à vos créanciers ou débiteurs, français ou étrangers, appelés à faire inscrire des opérations à votre compte (virements, paiement des quittances etc...)

Identifiant national de compte bancaire - RIB							
Code banque		Code guichet		N° de compte		Clé RIB	
10071		63000		00001004038		59	
							Domiciliation
							TPCLERMONT F
Identifiant international de compte bancaire - IBAN							
IBAN (International Bank Account Number)							
							BIC (Bank Identifier Code)
FR76	1007	1630	0000	0010	0403	859	TRPUFRP1

TITULAIRE DU COMPTE :

INRAE CLERMONT LYON GRENOBLE AGENT COMPTABLE SECONDAIRE

ARTICLE 5 - CONFIDENTIALITÉ

5.1. Sous réserve des dispositions prévues à l'article 6, chaque partie s'engage, sauf accord préalable écrit de l'autre partie à :

- considérer comme strictement confidentielles les informations signalées comme telles, appelées ci-après les "informations", constituées par tous les éléments d'information confidentiels reçus oralement ou par écrit de l'autre partie ou de personnes habilitées par cette autre partie en vue de la réalisation de la recherche, ou dont elle aurait pu avoir connaissance à l'occasion de visites dans l'établissement de l'autre partie.
- ne pas utiliser les informations à d'autres fins que de mener à bien la recherche et l'exploitation des résultats,
- ne pas divulguer les informations à des tiers,
- ne transmettre les informations sous sa responsabilité qu'aux membres de son personnel directement concernés par la présente convention.

5.2. Ne seront pas considérées comme confidentielles celles des informations dont la partie qui les aura reçues pourra prouver :

- qu'elles faisaient partie du domaine public au moment de leur communication par l'autre partie ou qu'elles y sont tombées ultérieurement autrement que par un manquement à la présente obligation de secret, ou
- qu'elle les détenait déjà avant leur communication par l'autre partie ou par toute personne habilitée par cette autre partie, ou
- qu'elle les a reçues librement d'un tiers autorisé à les divulguer, ou
- qu'elle est légalement tenue de les communiquer.

5.3. Les engagements du présent article sont valables pendant la durée de la présente convention et pendant les 5 (cinq) années qui suivront.

Ils ne pourront toutefois faire obstacle aux dépôts de DROITS DE PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE visés à l'article 7 et à l'exploitation des RESULTATS visés à l'article 8.

Les connaissances antérieures sont listées en annexe 2.

7.2 Résultats

Chaque partie de la présente convention demeurera propriétaire des connaissances scientifiques et techniques, du savoir-faire, des droits et des titres de propriété industrielle en sa possession à la date d'effet de la présente convention.

Les droits de propriété industrielle portant sur les travaux et résultats issus de la présente collaboration appartiendront à INRAE.

ARTICLE 8 - EXPLOITATION DES RÉSULTATS

Chaque partie pourra utiliser gratuitement les résultats obtenus dans le cadre de la présente convention pour ses besoins propres de recherche.

ARTICLE 9 - DURÉE DE LA CONVENTION

La présente convention aura une durée de 3 ans. La date d'effet du contrat est la date de signature du contrat de travail du futur doctorant.

A son terme, il prendra automatiquement fin, les Parties excluant formellement toute tacite reconduction. Toute prorogation ne pourra avoir lieu que par la signature d'un avenant.

Fait à , le
En 2 exemplaires originaux

**Pour la Commune de Tignes, le Maire Serge
REVIAL**

**Pour INRAE, le président du centre INRAE de
Lyon-Grenoble Mr Pascal BOISTARD**

Nom et qualité
du signataire

Nom et qualité
du signataire



ARTICLE 6 – PUBLICATIONS

Les résultats issus du présent contrat ont vocation à être diffusés le plus largement possible. INRAE pourra notamment publier librement les résultats de recherche fondamentale correspondant à des connaissances scientifiques de base après information du Comité technique.

7.1. Pendant la durée de la présente convention, les publications ou communications écrites ou orales des parties sur les résultats seront soumises aux conditions suivantes.

Toute publication ou communication à des tiers des résultats ou extrait de résultats des présentes recherches sera soumise à l'avis du Comité technique et à l'accord des parties. Chaque partie soumettra son projet de publication et/ou communication à l'autre partie qui disposera d'un délai d'un mois à compter de la réception dudit projet pour donner son avis. Passé ce délai, l'accord de l'autre partie sera réputé acquis.

En conséquence :

7.2.0. Avant sa soutenance, le contenu de la thèse du doctorant sera soumis aux parties qui vérifieront s'il ne contient pas d'informations ayant un caractère confidentiel et/ou susceptible de faire l'objet d'un titre de propriété industrielle. Le cas échéant, la soutenance de la thèse aura lieu à huis clos.

7.2.1 Dans le cas où les résultats sont susceptibles de conduire au dépôt d'une demande de brevet, le secret sera maintenu par les parties qui s'y engagent jusqu'à la date de dépôt ou, au plus tard, jusqu'à la date de publication de celle-ci.

7.2.2 Dans le cas où les résultats feront l'objet d'une exploitation industrielle sur Dossier Technique Secret (savoir-faire), les parties détermineront en commun la part des résultats qui constituera ledit Dossier Technique Secret et qui ne pourra en aucun cas être publiée pendant la durée d'exploitation du savoir-faire correspondant.

7.2.3. Les résultats qui ne relèveront pas d'un Dossier Technique Secret et/ou d'une demande de brevet pourront faire l'objet d'une publication ou communication à des tiers. Cette publication ou communication pourra être effectuée en tout état de cause dans un délai maximum d'un an après avis des parties.

7.2.4. Les résultats de recherche fondamentale résidant dans des connaissances scientifiques de base et les résultats ayant trait à la santé publique et à l'environnement ont vocation, en principe, à être publiés librement, après information des parties.

ARTICLE 7 - PROPRIÉTÉ DES CONNAISSANCES ANTÉRIEURES ET DES RÉSULTATS

7.1. Connaissances Antérieures

Chaque Partie demeure propriétaire de ses Connaissances Antérieures.

On entend par Connaissances Antérieures : les connaissances scientifiques et techniques, le savoir-faire secret, les matériels biologiques, les droits et les titres de propriété industrielle et/ou intellectuelle (brevets, certificats d'obtention végétale, marques, logiciels, bases de données, ...) en la possession de chacune des Parties à la date d'effet du présent Contrat.

ANNEXE 1 : Travaux confiés au doctorant

Hydrologie nivale et production de neige en contexte de changement climatique

En zone de montagne, la dynamique de la ressource en eau est pour partie pilotée par l'enneigement. Le stockage de l'eau sous forme solide, neige, glace, pendant la période hivernale entraîne un étiage, et l'eau restituée par la fonte au printemps contribue à l'alimentation des cours d'eau. L'augmentation des températures hivernales liées au changement climatique a un impact direct sur cette dynamique et, en conséquence, sur le cycle hydrologique en montagne, les écosystèmes et les usages en aval. L'évolution de l'enneigement a également des conséquences directes sur l'activité des stations de sports d'hiver, notamment en termes de pratiques de gestion de l'enneigement et d'un recours accru à la production de neige, ce qui est susceptible d'influencer la disponibilité de la ressource en eau tout au long de la saison au niveau de la station et, plus en aval, dans le bassin versant. Ces problématiques se posent avec d'autant plus d'acuité dans le contexte glaciaire où une partie de l'alimentation en eau dépend d'un stockage sur le long terme directement menacé par le réchauffement climatique, et dont la réserve s'amenuise. Cette situation d'évolution de la disponibilité (quantité, saisonnalité) de la ressource en eau pose des questions difficiles, notamment concernant la durabilité de la production de neige, ses impacts sur la ressource en eau et sa disponibilité pour d'autres usages : pendant l'hiver, la proportion croissante de l'écoulement sous forme liquide par rapport à la quantité stockée sous forme solide permettra-t-elle de répondre à la croissance de la demande ? Avec quelles conséquences sur la disponibilité de la ressource pour les écosystèmes et les usages en aval durant l'ensemble de la saison et au-delà en fonction des besoins de stockage ? Plus largement, comment évoluera l'hydrologie (module annuel et saisonnier) sous les effets combinés du changement climatique et des pratiques de gestion de la neige en station ?

L'état de l'art scientifique international concernant l'évolution de l'hydrologie nivale et nivoglacière reste relativement modeste, notamment dans le contexte français et quasi inexistant ce qui concerne spécifiquement la prise en compte de la production de neige en station, dans un contexte plus global de la gestion de la ressource pour répondre à une diversité de besoins, notamment ceux de l'agriculture et de l'adduction d'eau potable. Néanmoins des travaux exploratoires existent.

- Gerbaux et al., 2020, propose une première évaluation, à une maille assez large jetant les bases méthodologiques sous l'angle de l'adéquation ressource-besoin conduisant à une disponibilité globale de la ressource en eau pour répondre à la demande de production de neige, notamment si l'eau peut être stockée en quantités suffisantes aux périodes où elle est le plus disponible.
- Morin et al., 2023, propose une vision affinée avec une méthodologie dédiée à l'étude de l'altération de la dynamique hydrologique naturelle liée à la gestion de l'enneigement en domaine skiable et conclut à une influence modérée de la production sur le cycle local de l'eau. Ces travaux pointent toutefois un certain nombre de risques, notamment liés aux transferts entre bassins versants, et de limites qui mériteraient d'être dépassées.
- Dans le cas de Tignes, en complément de l'ensemble des usages et de leurs modalités de pression sur la ressource en eau, s'ajoute la question de l'évolution de la contribution glaciaire au cycle hydrologique. Des études préalables conduites sur le glacier de la Grande Motte par les équipes de glaciologie de l'Université de Grenoble Alpes permettent de mieux comprendre son évolution mais le système hydrologique qui en découle doit être mieux compris pour saisir sa relation avec la production de neige.

L'objectif de ce travail est d'amplifier et de combiner ces premières pistes. Au-delà de la campagne de période active d'exploitation des domaines skiables en tant que telle, il s'agit d'appréhender, dans le cas

du site de Tignes, l'impact de la gestion de la neige en stations de sports d'hiver sur le cycle de l'eau tout au long de l'année, en amont (prélèvements) et en aval (restitution) de la production.

- Dans le prolongement de Morin et al., 2023, une première approche de la pression sur la ressource et des interactions avec d'autres usages est esquissée et soulève la question des transferts d'eau entre différents bassins versants. Afin d'avoir une vision plus globale de ces mouvements, un effort supplémentaire de conceptualisation reste à faire pour décrire le fonctionnement du réseau de production : identification des points de prélèvement, répartition dans diverses retenues et destination finale des ressources prélevées au sein du domaine skiable.
- Une fois la destination de l'eau connue, les travaux sus-cités décrivent avant tout la dynamique de l'apport en eau liquide au sein du bassin versant, considérant de manière implicite que l'ensemble des écoulements arrive instantanément à l'exutoire des bassins versants considérés. Cette simplification s'éloigne très fortement d'une représentation fidèle du fonctionnement hydrologique de ces bassins, notamment du fait que malgré des apports irréguliers, les cours d'eau ne sont pas pour autant intermittents. Les travaux de Morin et al. constituent ainsi une base intéressante mais qui mériterait d'être couplée avec des modèles hydrologiques *ad hoc* qui permettent une meilleure prise en compte de la complexité locale expliquant les débits au sein des bassins versants.
- Pour cela, il y a également un enjeu particulier de meilleure compréhension de l'hydrologie de montagne et d'étalonnage des modèles en fonction des spécificités locales, tout particulièrement pour tenir compte de l'apport glaciaire et de son évolution. Pour y parvenir, cela implique donc d'améliorer notre connaissance du contexte hydrologique reposant sur des mesures locales.

L'ensemble de ces pistes de réflexion amène à articuler des avancées conceptuelles et des observations originales sur le terrain permises par le travail d'instrumentation mis en œuvre par la commune de Tignes. Pour répondre à ces besoins, la réalisation d'une thèse accueillie par la commune, qui pourrait mobiliser les observations issues du réseau.

Une thèse permettra de conceptualiser la modélisation hydrologique adaptée aux domaines skiables et à la production de neige. La perspective de la thèse consisterait à évaluer quantitativement la disponibilité de la ressource en eau en fonction des points de prélèvements existants et au regard de l'évolution des cycles hydrologiques locaux et des différents scénarios d'évolution du climat. Pour cela, plusieurs étapes pourraient être considérées :

- Modélisation du réseau de production dans le contexte du réseau hydrographique local (points de prélèvements des différents lieux de stockage de la ressource et répartition de la production qui en est issue).
- Modélisation de l'hydrologie locale
 - Définition des bassins versants internes aux domaines skiables à l'aune de la modélisation en première phase
 - Paramétrisation et application d'un modèle hydrologique sur ce périmètre
 - Développement d'un module spécifique pour simuler l'évolution hydrologique associée à celle du glacier.

Références

Gerbaux, M., Spandre, P. François, H., George, E., Morin, S.: Fiabilité de l'enneigement et disponibilité des ressources en eau pour la production de neige dans les domaines skiables du Département de l'Isère (France), en conditions climatiques actuelles et futures, *Journal of Alpine Research | Revue de géographie alpine*, 108-1, <https://doi.org/10.4000/rga.6724>, 2020.

Morin, S., François, H., Réveillet, M., Sauquet, E., Crochemore, L., Branger, F., Leblois, E., and Dumont, M.: Quantifying the hydrological disturbances induced by snow grooming and snowmaking in ski resorts: a case study in the French Alps, EGU sphere [preprint], <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-1186>, 2022.

ANNEXE 2 : Connaissances antérieures

Chaîne de modélisation « CrossCut » pour l'appariement des données spatiales et climatiques dans le contexte des domaines skiables ainsi que l'ensemble des développements complémentaires pour l'étude des dynamiques hydrologiques associées à la production de neige (étude Hydroski à La Plagne (INRAE/Météo-France/Compagnie des Alpes) et étude réalisée à Valloire (INRAE/Météo-France/ABEST/EDF).

2.4. EXPERTISE COURS D'EAU – KARUM

Commune de Tignes

Equipement en neige de culture du Stade de Lognan

Tignes (73)

Expertise d'écoulement

18/07/2025

N° d'affaire : 2023167

TABLE DES MATIERES

PREAMBULE	3
CHAPITRE 1. Donnees cartographiques.....	4
CHAPITRE 2. Identification de l'écoulement – expertise KARUM 07/2025	6
2.1. Méthode de catégorisation des écoulements	6
2.2. Suivi de la pluviométrie.....	7
2.3. Synthèse des résultats, propositions de catégorisation de L'écoulement	9
CHAPITRE 3. Planche photographique	12

PREAMBULE

La commune de Tignes projette d'équiper en neige de culture le Stade de Lognan.

Dans le cadre des réflexions et des demandes d'autorisation préalables à la mise en œuvre de ce projet, le bureau d'études KARUM a mené des investigations sur l'écoulement représenté sur la cartographie départementale des cours d'eau de la Savoie, localisés dans l'emprise de l'aménagement projeté.

En effet, sur la cartographie départementale des cours d'eau de la Savoie, un écoulement « à expertiser » figure à l'intérieur du périmètre de la zone d'étude.

Le bureau d'études KARUM a ainsi procédé aux relevés des différents critères d'identification des écoulements le 09/07/2025.

Le présent document constitue le compte-rendu de ces investigations.

CHAPITRE 1. DONNEES CARTOGRAPHIQUES

L'écoulement à expertiser est reporté sur la cartographie *en page suivante*.

Le tableau *ci-après* précise ses données cartographiques :

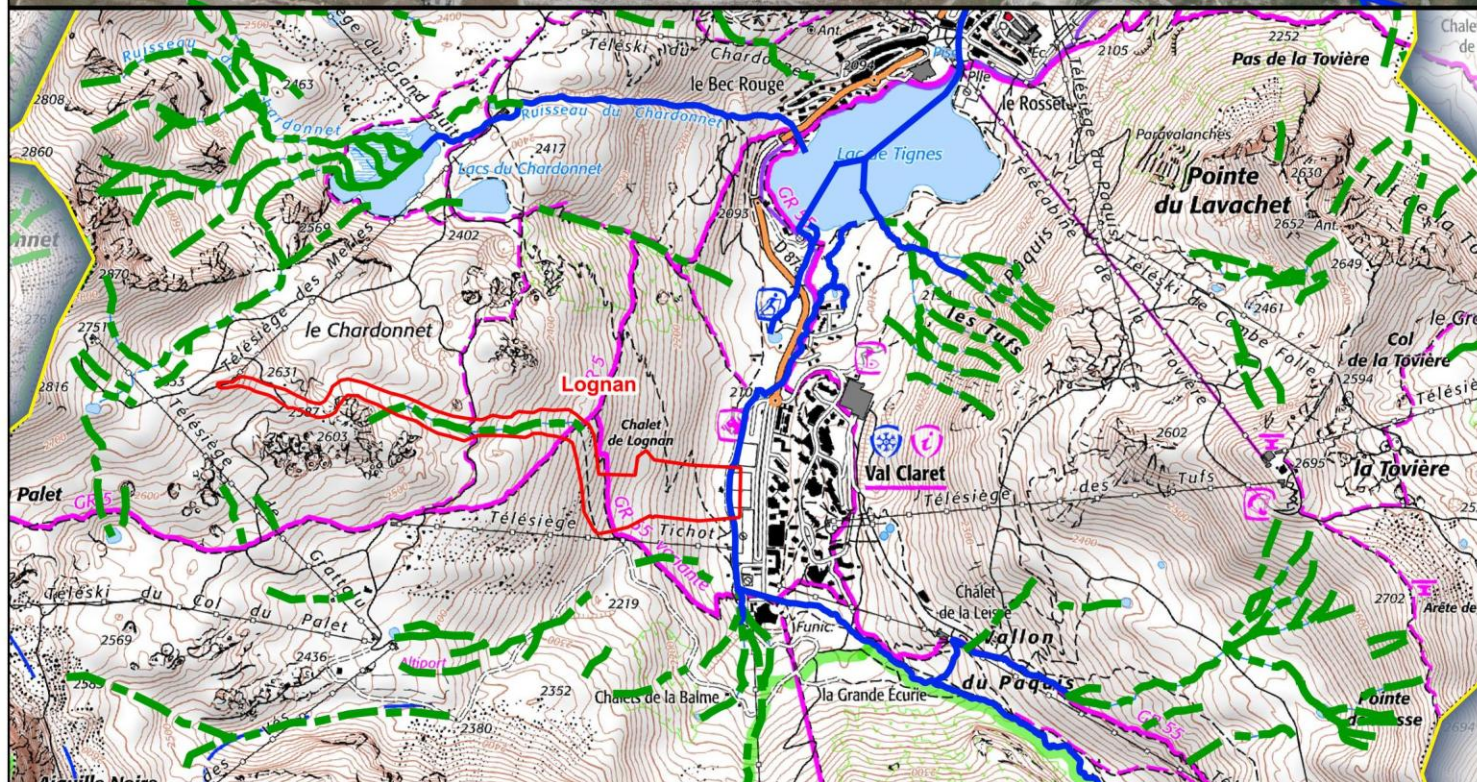
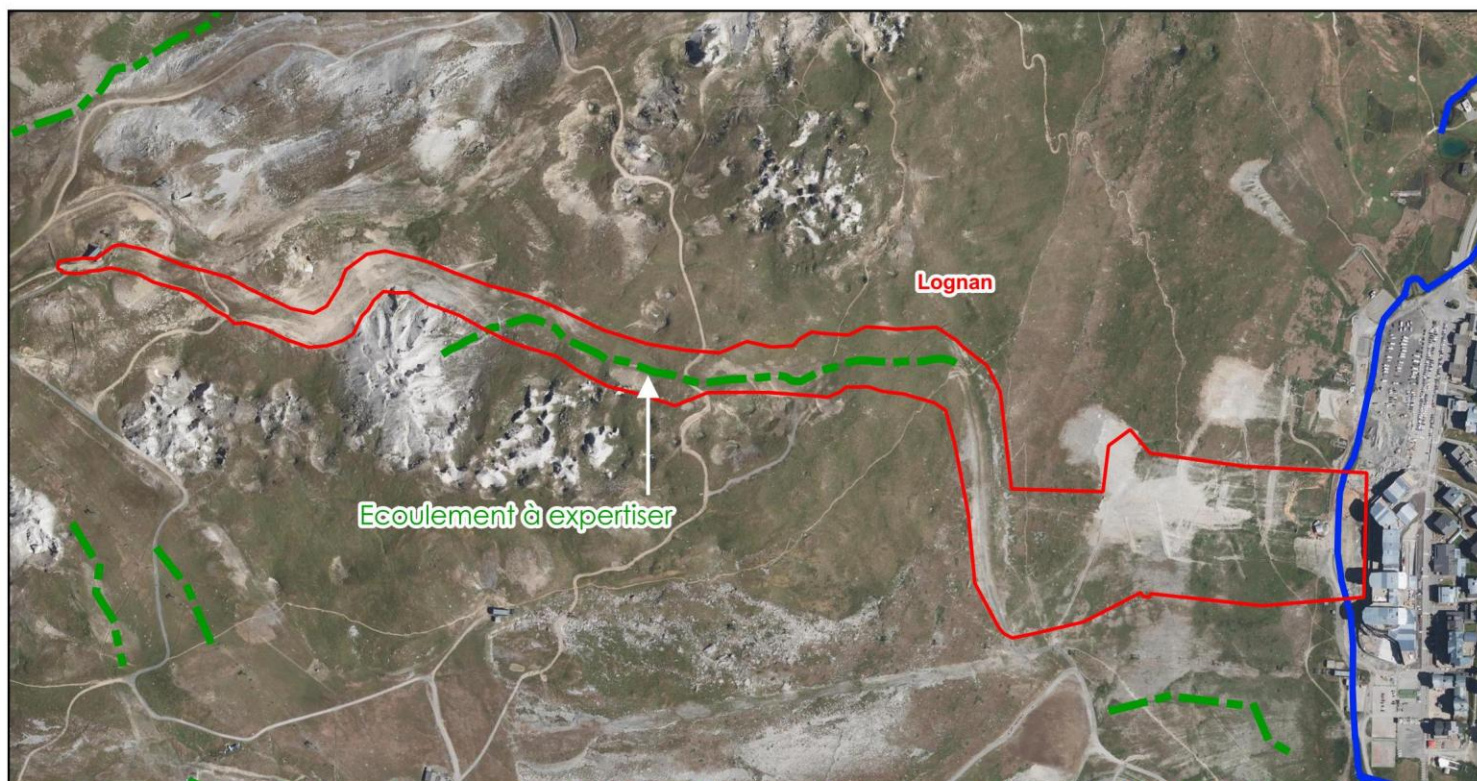
TABEAU DE SYNTHESE DES DONNEES CARTOGRAPHIQUES DE L'ECOULEMENT A EXPERTISER _KARUM2025

NOM DU POINT	COORD. X (LAMBERT93) AMONT	COORD. Y (LAMBERT 93) AMONT	COORD. X (LAMBERT93) AVAL	COORD. Y (LAMBERT 93) AVAL	SYMBOLOGIE CARTO DDT73*	APPARAÎT SUR IGN ?
Stade de Lognan	1 003 270,3	6 491 781,9	1 003 952,0	6 491 761,7	Vert	Oui

NOM DU POINT	APPARAÎT SUR CADASTRE INTERNET ?	APPARAÎT SUR CADASTRE PAPIER**	Nom	REF. TRONÇON CARTO DDT73	PARCELLE	COMMUNE
Stade de Lognan	Non	NSP	-	16410	E1707	Tignes

*Légende cartographie DDT73 : **bleu** = cours d'eau ; **vert** = cours d'eau par défaut, à expertiser ; **rouge** = non cours d'eau

**NSP = ne sait pas



Légende

- Zone d'étude rapprochée
- Cours d'eau Savoie (source : DDT73) - 2024**
- Cours d'eau
- Cours d'eau à expertiser
- Non cours d'eau



Échelle : 1:25 000

0 500 m

Conception: KARUM n°2023162 / M.RUAZ
Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2022) et SCAN25® - IGN - (2022)
Source de données : KARUM, INPN
Date : 10/07/2025

CHAPITRE 2. IDENTIFICATION DE L'ÉCOULEMENT – EXPERTISE KARUM 07/2025

Les interventions sur **les cours d'eau** nécessitent le plus souvent une décision préalable de l'administration selon une procédure « Loi sur l'eau » définie dans le code de l'environnement (articles L.214-1 et suivants) et en application de la nomenclature de l'article R.214-1 de ce même code.

Les fossés et les canaux peuvent être concernés par d'autres rubriques de cette nomenclature.

*En situation actuelle la notion de cours d'eau, présente dans plusieurs codes, n'est définie ni par la loi ni par le règlement, et laissée à l'appréciation du juge. Au sens du code de l'environnement un cours d'eau est défini par la jurisprudence du Conseil d'État du 21 octobre 2011 par : « **constitue un cours d'eau, un écoulement d'eau courante dans un lit naturel à l'origine, alimenté par une source et présentant un débit suffisant une majeure partie de l'année** ».*

Une cartographie des cours d'eau dans le département de la Savoie a été établie par la Direction Départementale de Territoires. Mise à jour annuellement, elle intègre l'ensemble des éléments d'expertise disponibles. Les écoulements y figurent en **trois catégories : cours d'eau expertisé, cours d'eau à expertiser et non cours d'eau**. Dans les zones où des doutes subsistent (indéterminé ou à expertiser), la méthode d'identification est appliquée sur le terrain.

Le bureau d'études KARUM base sa catégorisation sur les critères cumulatifs et complémentaires définis par la jurisprudence du Conseil d'État du 21/10/2011 et applique un **logigramme** retenu par certains services départementaux. La méthodologie est exposée ci-après :

2.1. METHODE DE CATEGORISATION DES ECOULEMENTS

L'**identification de cours d'eau** résulte de l'application de **trois critères cumulatifs** retenus par la jurisprudence du Conseil d'État du 21/10/2011 :

- > la présence et la permanence d'un **lit naturel à l'origine** (données historiques relatant la présence d'un cours d'eau)
- > l'alimentation par une **source** : la présence d'un apport souterrain ponctuel ou diffus (source, résurgence ; si oui, précisions zone humide, tourbière, plan d'eau, résurgence)
- > un **débit suffisant** une majeure partie de l'année (présence d'eau après 8 jours sans pluie ou moins de 10 mm de précipitation cumulés) ; KARUM procède au suivi quotidien de la pluviométrie les jours précédant les investigations via le site www.meteociel.fr

En cas de difficulté d'appréciation, des **critères complémentaires** peuvent être utilisés :

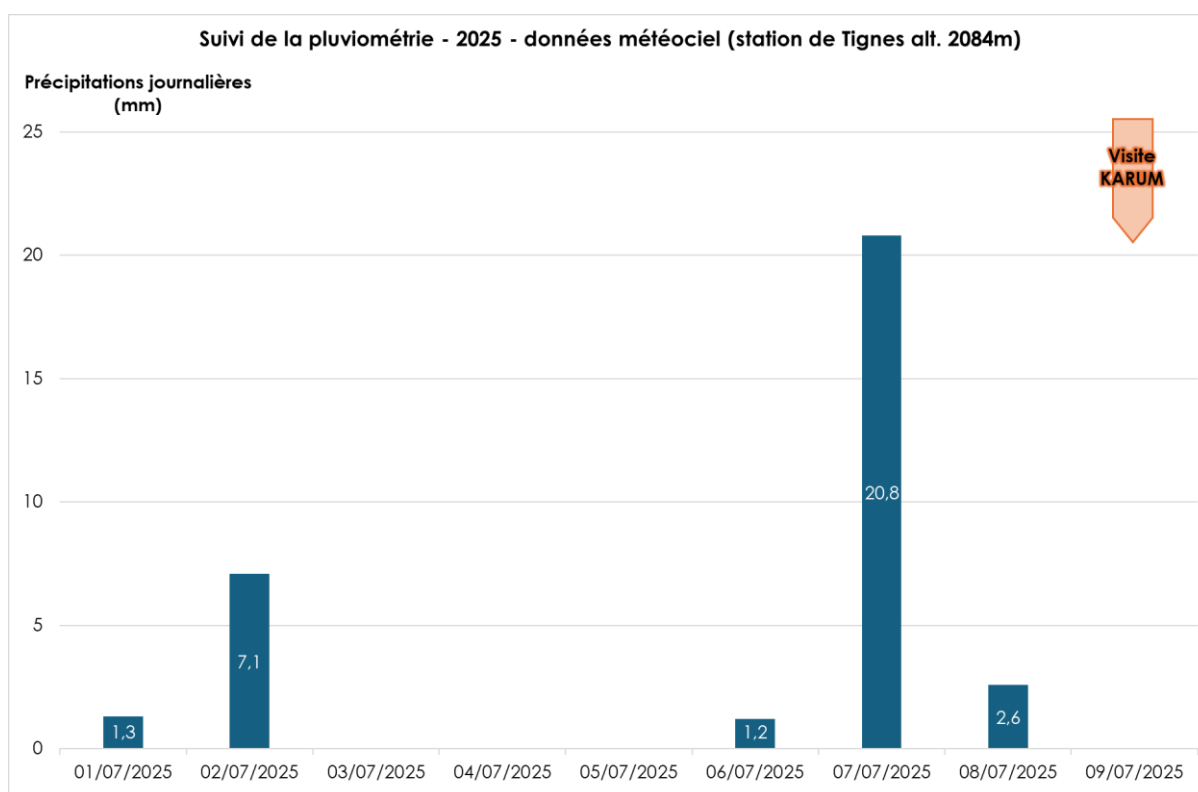
- > la présence de **berges** (au moins 10 cm entre fond et plein bord) et d'un **lit au substrat différencié** (marques de transport et/ou sédimentation par lame d'eau) ;
- > la présence de **vie aquatique** ou de traces de vie aquatique (faune et/ou flore ; si oui précisions : invertébrés, végétaux hydrophytes et héliophytes, poissons) ;
- > la **continuité amont/aval** : présence d'un écoulement amont, présence d'un écoulement aval ; si oui quantification en l/s ;

Cette méthode d'identification a été appliquée pour la détermination de l'écoulement figurant comme « cours d'eau à expertiser » dans la zone d'étude du projet « Stade Lognan ».

L'écoulement à expertiser cartographié a fait l'objet d'un relevé des différents critères de détermination mentionnés ci-avant. Enfin, en s'appuyant sur le logigramme d'interprétation des écoulements présenté en *page suivante*, chaque tronçon inspecté a fait l'objet d'une catégorisation.

2.2. SUIVI DE LA PLUVIOMETRIE

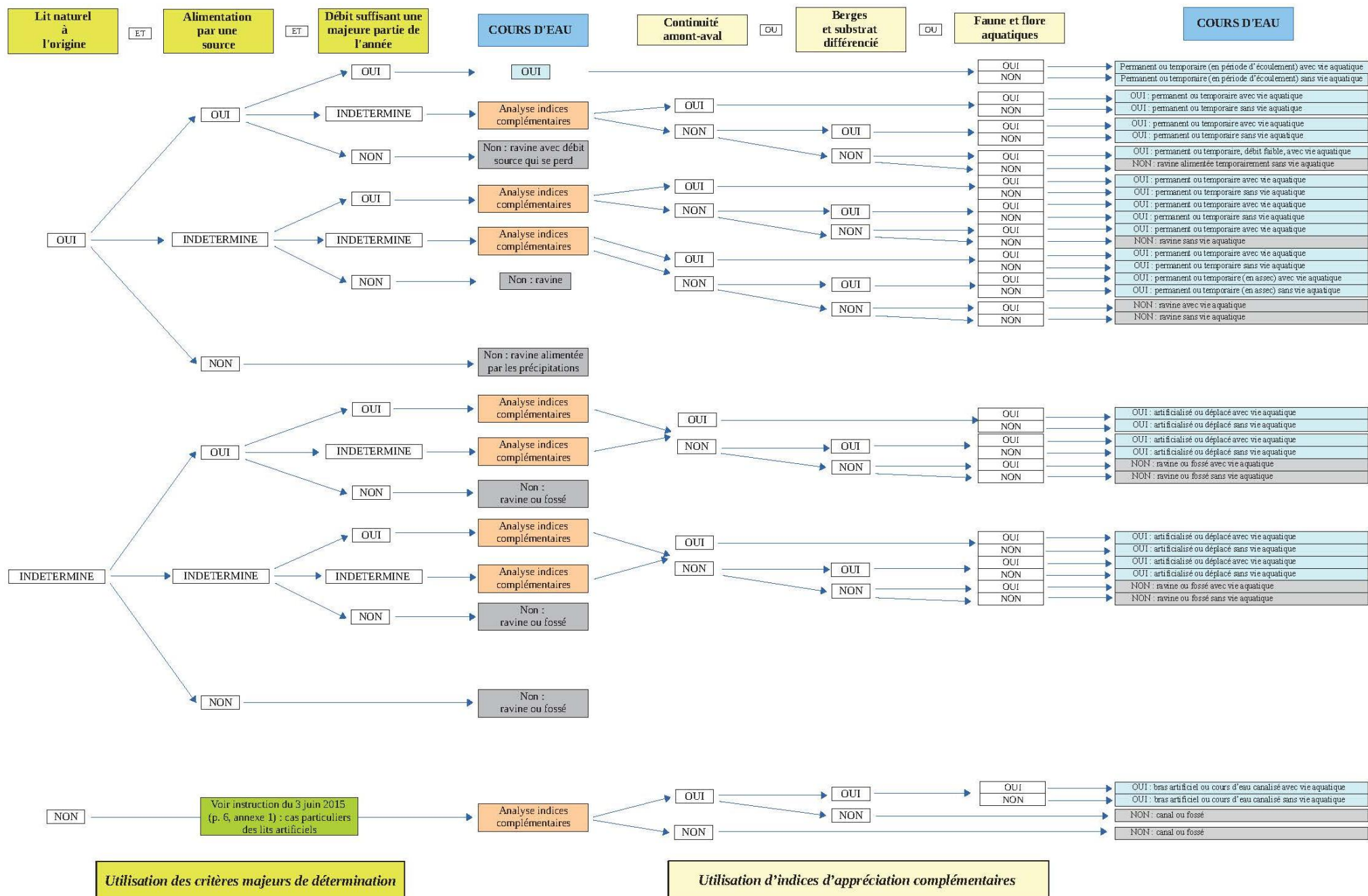
KARUM a procédé au suivi de la pluviométrie journalière durant les 8 jours préalables à la visite. Le cumul de précipitations atteint 33ml dont des chutes de neige la veille et des précipitations l'avant-veille :



La visite s'est déroulée après une période pluvieuse et pourtant aucun débit ou même trace d'écoulement récent n'a été constaté lors de la visite sur le linéaire de l'écoulement représenté sur la cartographie départementale.

Si des eaux ruissellent effectivement sur la zone d'étude, cela se produit très ponctuellement ou à une période restreinte (quelques semaines) à la fonte des neiges au printemps. **Le critère obligatoire « Débit suffisant une majeure partie de l'année » n'est donc pas rempli.**

Logigramme d'interprétation des écoulements (source : gers.gouv.fr consulté le 20/03/2024)



2.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS, PROPOSITIONS DE CATEGORISATION DE L'ÉCOULEMENT

Le *tableau suivant* synthétise les critères relevés pour l'identification de l'écoulement. Les observations de KARUM sont reportées sur la *cartographie en page suivante*.

NOM DU POINT	Date(s) de l'observation	Critères majeurs de détermination (<u>et</u>)			Cours d'eau	Commentaire
		Lit naturel à l'origine (base carte Etat-major)	Alimentation par une source	Débit suffisant une majeure partie de l'année		
Stade Lognan	09/07/2025	Non	Fonte printanière, (précipitations orageuses ?)	Non	Analyse indices complémentaires	Absence d'eau le lendemain de plusieurs jours de pluie (même neige la veille) et plus de 10 mm de précipitation cumulés (33mm entre le 01/07 et 08/07)

NOM DU POINT	Date(s) de l'observation	Indices d'appréciation complémentaires (<u>ou</u>)						Cours d'eau	Commentaire
		Continuité amont-aval	Berges et substrat différenciés		Faune et flore aquatique, ripisylve				
			Berges	Radier	Faune	Flore	Ripisylve		
Stade Lognan	09/07/2025	Non	Végétation, non différenciées	Végétation, non différencié	Non	Non (milieux frais mais pas aquatique)	Non	Non	Zone possible d'écoulement préférentiel en période de fonte



Légende

Cours d'eau Savoie (DDT73 - 2024)

 Cours d'eau

 Cours d'eau à expertiser

 Non cours d'eau

Observations KARUM :

 Point particulier

Catégorisation écoulement

 Ravine / fossé, non cours d'eau



Échelle : 1:2 000

0

40 m

Conception: KARUM n°2023162 / M.RUAZ

Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2024)

Source de données : KARUM (07/2025)

Date : 15/07/2025

Le linéaire à expertiser a été parcouru dans sa totalité mais aucun indice de présence de cours d'eau n'a été constaté sur le tronçon.

Plusieurs renvois d'eau ont été modelés pour rassembler les ruissellements, les guider vers des zones de dépression naturelle et éviter les risques d'érosion. Ils ne sont pas connectés entre eux et ne forment pas de réseau d'écoulement.

Ces fossés peuvent être en eau durant la fonte des neiges printanières.

Ainsi, sur le Stade de Lognan, à partir des observations in situ, l'écoulement représenté sur la cartographie départementale de la Savoie n'est pas catégorisable comme cours d'eau en application des critères d'identification. Il est proposé de l'identifier comme « **non cours d'eau** ».

Les planches photographiques *ci-après* permettent d'illustrer le propos et de rapporter les observations faites sur site.

CHAPITRE 3. PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE



Point particulier n°1 – Fin d'écoulement _07/2025
Vue vers le haut ; Secteur avec terrassement récent
Pas de trace d'écoulement préférentiel



Point particulier n°1 – Fin d'écoulement _07/2025
Vue vers le bas ; Secteur avec terrassement récent
Quelques traces de ruissellement diffus



Point particulier n°1bis – Traversée de sentier _07/2025
Aucun aménagement pour le passage d'écoulement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°2 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
Vue vers le bas
Absence de trace d'écoulement, pas d'érosion/ravinement



Point particulier n°3 – Zone d'écoulement préférentiel _07/2025
Trace de ravinement probable en période de fonte ; suivi de la tranchée récente d'un réseau sec enterré revégétalisée



Point particulier n°4 – Zone d'écoulement préférentiel _07/2025
Trace de ravinement probable en période de fonte ; suivi de la tranchée récente d'un réseau sec enterré revégétalisée



Point particulier R-telecom – regard sur réseau sec _07/2025
Vue vers le bas



Point particulier n°5 – Traversée de sentier _07/2025
Vue vers le bas

Pas de trace d'écoulement même diffus, aucun aménagement pour le passage de ruissellement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°5 – Traversée de sentier _07/2025
Vue vers le haut

Pas de trace d'écoulement même diffus, aucun aménagement pour le passage de ruissellement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°6 – Renvoi d'eau _07/2025

Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion) avec exutoire dans le talweg vers le sud



Point particulier n°7 – Renvoi d'eau _07/2025

Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion) avec exutoire dans le talweg vers le sud



Point particulier n°8 – Traversée de piste tout-terrain _07/2025
Vue vers le bas

Pas de trace d'écoulement même diffus, aucun aménagement pour le passage de ruissellement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°8 – Traversée de piste tout-terrain _07/2025
Vue vers le haut

Pas de trace d'écoulement même diffus, aucun aménagement pour le passage de ruissellement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°8 – Traversée de piste tout-terrain _07/2025
Vue d'ensemble

Pas de trace d'écoulement même diffus, aucun aménagement pour le passage de ruissellement (pas de busage ou cunette)



Point particulier n°9 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
Vue vers le bas

Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion en période de fonte) avec exutoire dans l'entonnoir à gypse vers le nord



Point particulier n°9 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
Vue vers le bas

Exutoire du fossé dans l'entonnoir à gypse vers le nord ; absence de pièce d'eau dans l'entonnoir à gypse



Point particulier n°9 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
 Vue vers le haut
 Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion en période de fonte)



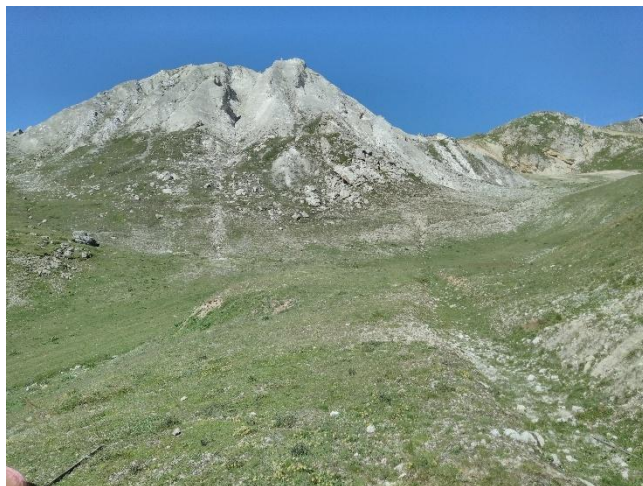
Point particulier n°9 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
 Vue vers le haut
 Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion en période de fonte), collecte des eaux de ruissellement de la piste amont



Point particulier n°9 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
 Terrier de marmotte dans le renvoi d'eau témoignant de l'absence d'écoulement



Point particulier n°10 – Renvoi d'eau, fossé végétalisé _07/2025
 Vue vers le bas
 Fossé, renvoi d'eau (protection contre l'érosion en période de fonte) avec exutoire dans l'entonnoir à gypse vers le nord



Point particulier n°11 – Vue d'ensemble de « l'impluvium » _07/2025

Vue vers le haut (à gauche, représentation de l'écoulement à expertiser)

Nombreuses zones de ravinement collectées dans un fossé en pied de pente ; exutoire dans un entonnoir à gypse au nord



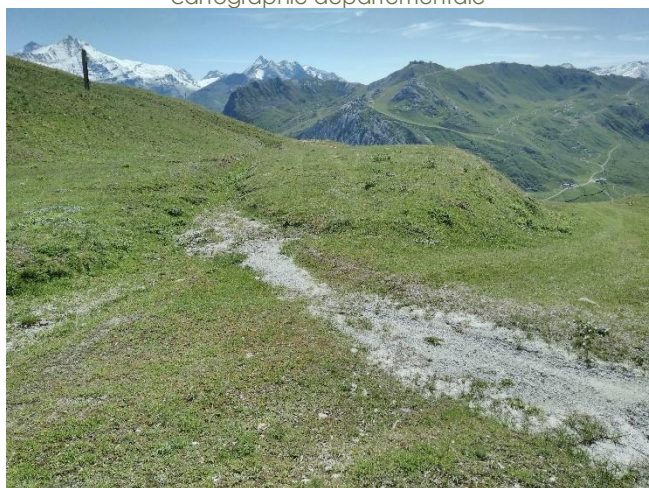
Point particulier n°11 – Vue d'ensemble de « l'impluvium » _07/2025

Visualisation de la zone d'écoulement à expertiser présent sur la cartographie départementale



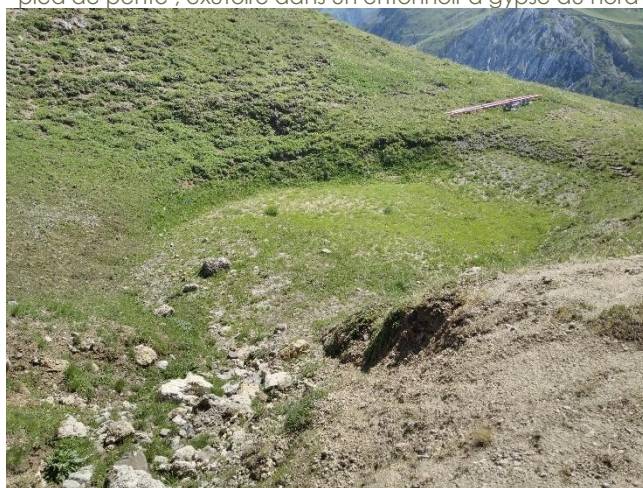
Point particulier n°11 – Fossé de collecte _07/2025

Nombreuses zones de ravinement collectées dans un fossé en pied de pente ; exutoire dans un entonnoir à gypse au nord



Point particulier n°11 – Fossé de collecte _07/2025

Dépôts des matériaux érodés et ravinés dans le replat du fossé ; possibles débordements en période de fonte



Point particulier n°11 – Entonnoir à gypse, milieu récepteur du renvoi d'eau _07/2025

Absence de pièce d'eau dans l'entonnoir à gypse



Point particulier n°12 – Fossé de collecte _07/2025
Renvoi d'eau et fossé de collecte en période de fonte



Point particulier n°12 – Fossé de collecte _07/2025
Renvoi d'eau et fossé de collecte en période de fonte, exutoire
vers fossé point particulier n°11

2.5. DIAGNOSTIC REGLEMENTAIRE ZONE DEBUTANT – ABEST, STGM, COMMUNE DE TIGNES

Réalisation : Juillet 2023

SYNTHÈSE DIAGNOSTIC RÉGLEMENTAIRE

ZONES DÉBUTANTES – VAL CLARET

ABEST



OBJECTIFS

Création d'un espace débutant à proximité du Val Claret

ZONE DÉBUTANTE

- Faibles dénivelés
- Accès simple depuis le Val Claret

OPTIMISATION DES TRAVAUX

- Recherche de zones propices à la création de cet espace
- Equilibre des terrassements en déblai/remblai

ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

- Etudes des impacts de chacun des enjeux présents sur les projets
- Dossiers réglementaires à prévoir

ZONE 1 — A proximité de la piste de Snow tubing et de la DZ

ZONE 2 — Sur l'emprise du terrain de Golf

ZONE 3 — A proximité du stade de foot près du funiculaire Perce Neige

ZONE 4 — A l'arrivée du TSD TICHOT

ZONE 5 — A l'arrivée du TSD BOLLIN

5 ZONES – SECTEUR VAL CLARET

DOSSIERS COMMUNS À CHAQUE ZONE

Environnement

Pour terrassement de piste (*Selon emprise au sol des travaux*) :

Cas par Cas → si – de 4 ha

Evaluation Environnementale → si + de 4 ha

Dossier d'urbanisme

Selon emprise au sol des travaux et caractéristiques du tapis (couvert ou non) :

- Permis d'aménager avec construction

ou

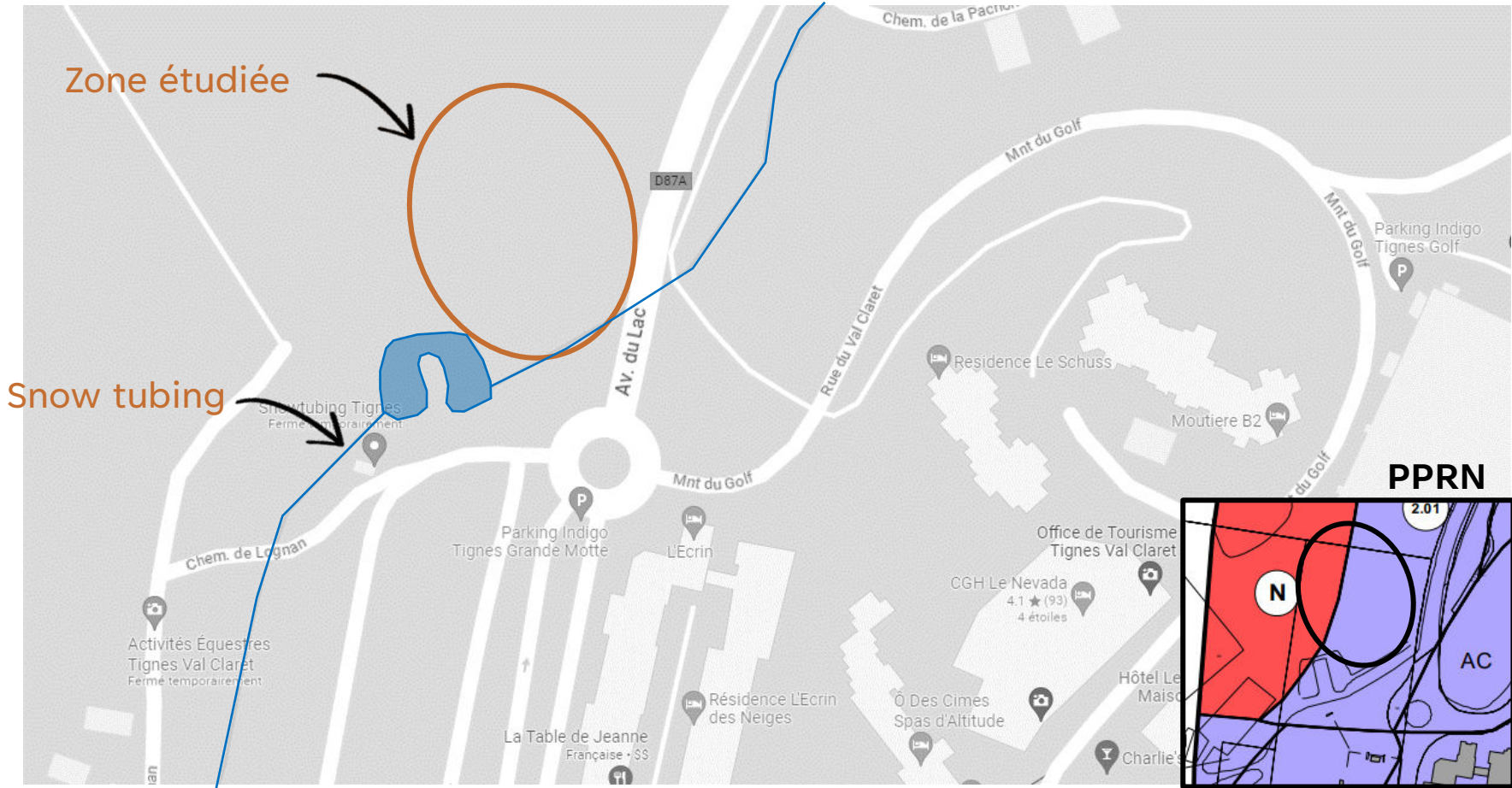
- Permis d'aménager

ou

- DP

- DAME (pour le tapis)

ZONE N°1 : SNOW TUBING



Le Retort

DONNÉES TECHNIQUES

ACCESSIBILITÉ



- Possibilité de rejoindre le site en bus (ligne existante)



- Eloigné des principales résidences du Val Claret

EMPRISE AU SOL DE LA ZONE

- Surface de $\pm 5\ 000\ m^2$ étudiée



- Si implantation du tapis uniquement en zone constructible = trop faible pente

Enjeux environnementaux

Bilan : Zone Partiellement Inconstructible et pentes trop faibles



COURS D'EAU → *Risque de DLE + notes d'étude vis-à-vis des crues*

Proximité avec le cours d'eau du Retort

→ Bande de 10m sans construction depuis le sommet des berges



CAPTAGE AEP → *Voir si projet compatible avec la DUP*

Au sein du **périmètre de protection rapprochée** du Captage de Caffo (à 200m du périmètre immédiat)



RISQUES NATURELS → *Partiellement incompatible*

En zone N « rouge » **inconstructible** du zonage PPRN et en zone **bleue** constructible pour différents risques

Situé en zone avalancheuse de la CLPA



PATRIMOINE → **OK**

Zone située en limite extérieure du site inscrit « Lac de Tignes et ses berges »



PLU → **Compatible sous réserves**

Zonages AS1 et Nsg (AS1 : secteur agricole sur le domaine skiable, qui autorise tout travaux liés à l'exploitation du domaine skiable et Nsg : secteur naturel qui correspond à l'emprise du domaine skiable et du golf).

→ Supposée compatible mais compatibilité en Nsg pas claire car **soumise à interprétation**.

ZONE N°2 : GOLF



DONNÉES TECHNIQUES

ACCESSIBILITÉ

-  - Possibilité de rejoindre le site en bus mais accès complexe (ligne inexistante)
-  - Eloigné des principales résidences du Val Claret

EMPRISE AU SOL DE LA ZONE

- Surface de $\pm 11\ 000\ m^2$ étudiée
-  - Tapis en zone constructible = 40m max. et pente $\pm 8\%$
-  - Impact sur le terrain de golf

Enjeux environnementaux

Bilan : Zone Partiellement Inconstructible



COURS D'EAU → *Expertise de la DDT*

Absence de cours d'eau.

Un écoulement en attente d'expertise s'arrête en amont du site



CAPTAGE AEP → *Voir si compatible avec la DUP*

Au sein du **périmètre de protection rapprochée** du Captage de Caffo (à 200m du périmètre immédiat)



RISQUES NATURELS → *Partiellement incompatible*

Partiellement en zone N « rouge » **inconstructible** et en zone bleue constructible pour différents risques (coulées boueuses, aérosols, avalanche et déformation terrain)

Situé en zone avalancheuse de la CLPA



PATRIMOINE → *Déclaration préalable pour autorisation d'urbanisme*

Zone située au sein du site inscrit « Lac de Tignes et ses berges »



PLU → *Compatible sous réserves*

Zonage Nsg (Nsg : secteur naturel qui correspond à l'emprise du domaine skiable et du golf).

→ Supposée compatible mais compatibilité en Nsg pas claire car soumise à interprétation

ZONE N°3 : STADE DE FOOT

Le Retort



Terrain de foot

DONNÉES TECHNIQUES

ACCESSIBILITÉ

-  - Accès depuis pistes verte existante (*complexe pour les premiers débuts*)
-  - Proche des principales résidences d Val Claret

EMPRISE AU SOL DE LA ZONE

-  - Surface de $\pm 20\,000\text{ m}^2$ étudiée
-  - Pour un tapis d'environ 100m → pente naturelle de $\pm 9\%$

Enjeux environnementaux

Bilan : **Constructible mais grosses contraintes et incompatible avec la pratique débutant car accès par une piste**



COURS D'EAU → *Expertise de la DDT + notes d'étude vis-à-vis des crues*

Proximité avec le cours d'eau du Retort

→ *Bande de 10m sans construction depuis le sommet des berges*



CAPTAGE AEP → *Voir si compatible avec la DUP*

Au sein du périmètre de protection rapprochée du Captage de Caffo



SRADDET – TRAME VERTE/BLEUE → **⚠ Richesse écologique**

Zone située en réservoir de biodiversité de la trame verte

Cours d'eau proche situé en espace perméable de la trame bleue

RISQUES NATURELS – CAVITÉ ET AVALANCHES

Cavité souterraine en aval du site

Situé en zone avalancheuse de la CLPA



AGRICULTURE → **si + de 1ha non rendu à l'agri = étude d'impact agricole**

Au sein de l'unité pastorale « Val Claret »



PLU → **Compatible**

Zonage AS1 (secteur agricole sur le domaine skiable, qui autorise tout travaux liés à l'exploitation du domaine skiable)



NATURA 2000 ET PARC NATIONAL → **Evaluation des incidences N2000 + autorisation de travaux au cœur de parc (ou redéfinition des limites du parc)**

Au sein des zones N2000 (directive habitats et oiseaux) « Massif de la Vanoise » et « Vanoise » + du PNV

STGM Tignes

ABEST

STGM

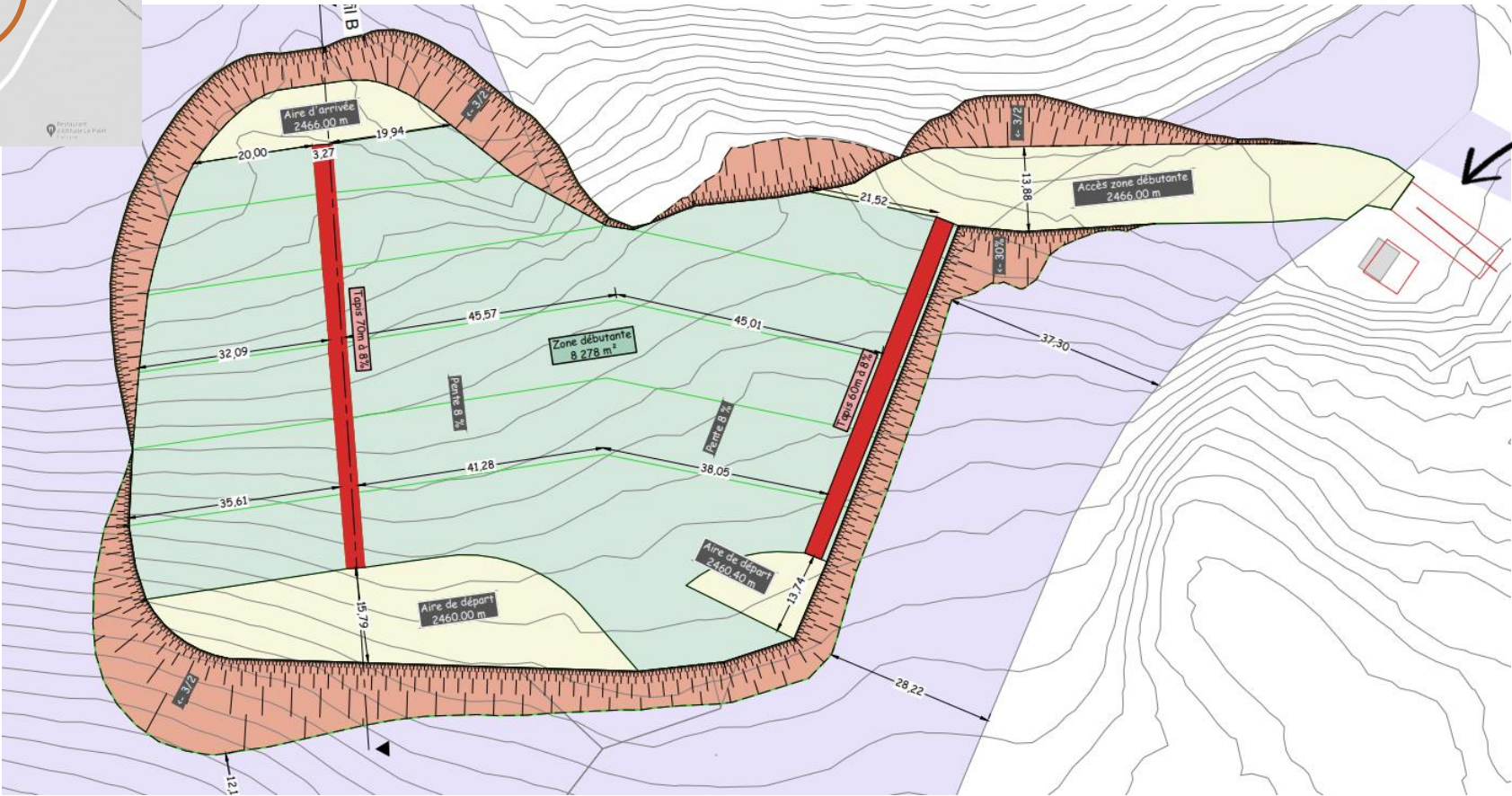
SÉCURITÉ
DES PISTES
TIGNES

Zone étudiée

ZONE N°4 : SOMMET TICHOT



Restaurant
d'altitude



Arrivée TSD
Tichot

DONNÉES TECHNIQUES

ACCESSIBILITÉ



- Accès débutant/piéton depuis TSD Tichot uniquement si transformé en TMX



- Départ TSD proche des principales résidences du Val Claret

EMPRISE AU SOL DE LA ZONE



- Surface de 14 500 m² étudiée
- Pentes à 8% sur le projet (2466 m → 2460 m)

Enjeux environnementaux

Bilan : **Constructible et compatible avec la pratique débutant si TMX**



COURS D'EAU → *Expertise de la DDT*

Absence de cours d'eau

Plusieurs écoulements en attente d'expertise situé à proximité



CAPTAGE AEP → *Voir si compatible avec la DUP*

Au sein du périmètre de protection rapprochée du Captage de Caffo



AGRICULTURE → *si + de 1ha non rendu à l'agri = étude d'impact agricole*

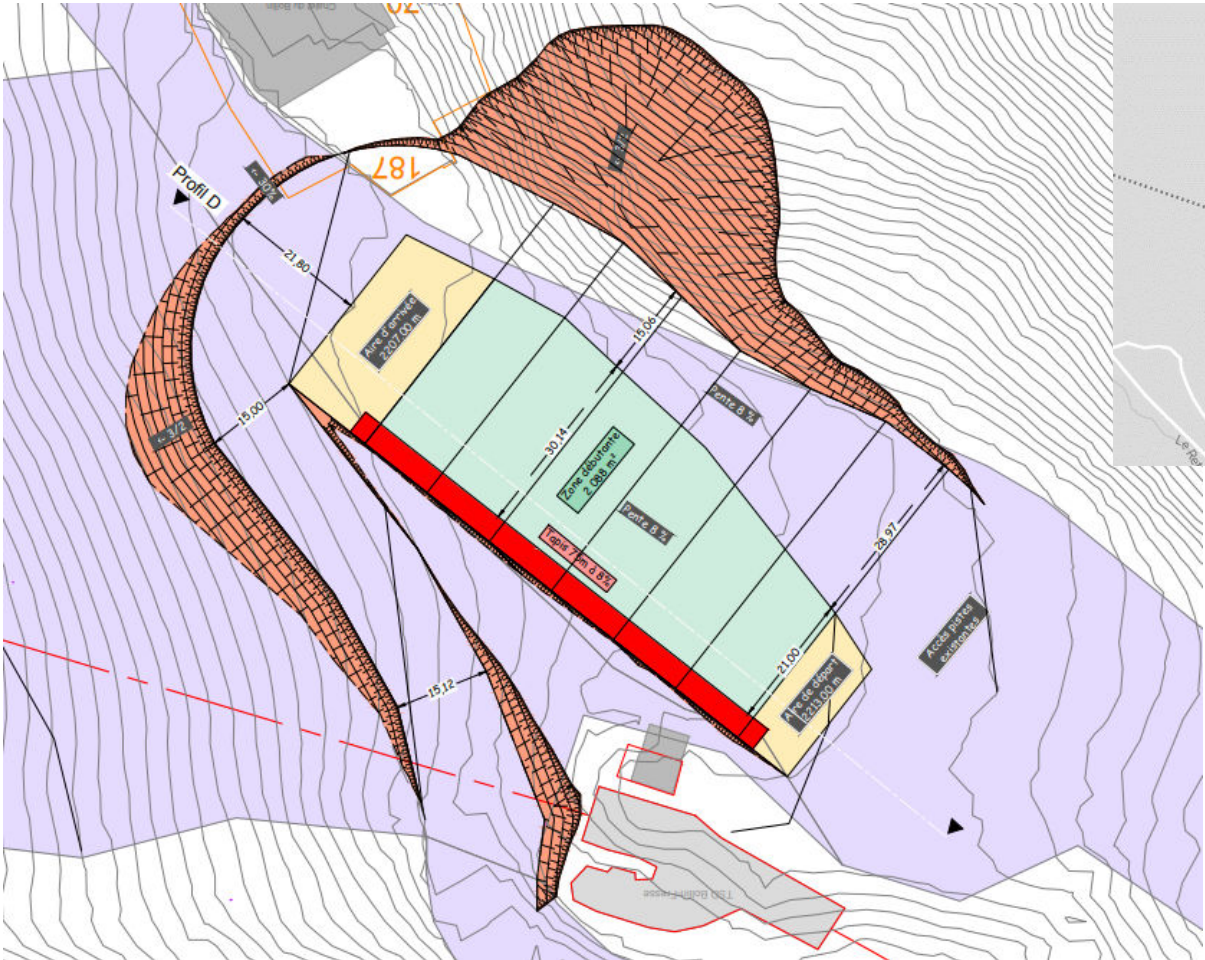
Au sein de l'unité pastorale « Le Chardonnet »



PLU → *Compatible*

Zonage AS1 (secteur agricole sur le domaine skiable, qui autorise tout travaux liés à l'exploitation du domaine skiable)

ZONE N°5 : SOMMET BOLLIN



Zone étudiée

STGM Tignes

Arrivée TSD Bollin

DONNÉES TECHNIQUES

ACCESSIBILITÉ

- ✓ - Accès depuis TSD Bollin
- ✓ - Proche des principales résidences du Val Claret
-  - Gestion des flux de skieur complexe devant l'arrivée du TSD

EMPRISE AU SOL DE LA ZONE

- Surface de 11 000 m² étudiée
- ✓ - Pentes à 8% sur le projet (2213 m → 2207 m)
- ✗ - Terrassements très importants

Enjeux environnementaux

Bilan : **Constructible mais perturbe les flux existants et entraine de gros terrassements**



COURS D'EAU → **Compatible**

Cours d'eau à proximité mais hors emprise



CAPTAGE AEP → **Voir si compatible avec la DUP**

*Au sein du **périmètre de protection rapprochée** du Captage de Caffo*



PLU → **Compatible**

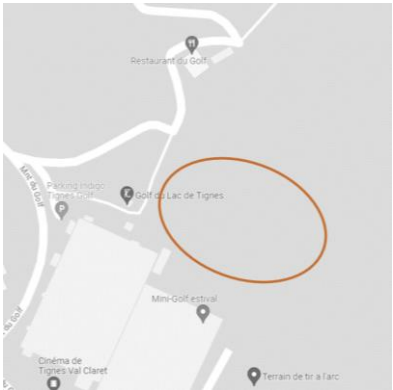
Zonage AS1 (secteur agricole sur le domaine skiable, qui autorise tout travaux liés à l'exploitation du domaine skiable)



BILAN DE L'ETUDE



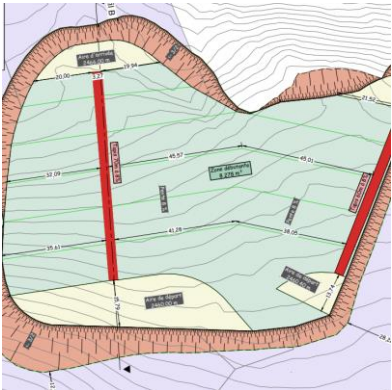
SNOW TUBING



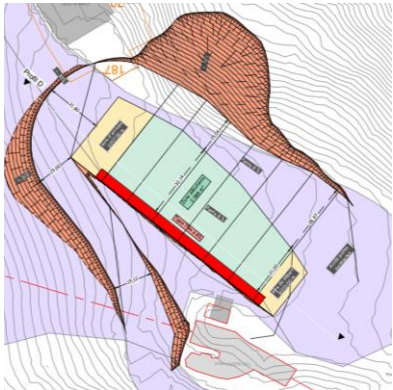
GOLF



STADE DE FOOT



TICHOT



BOLLIN

