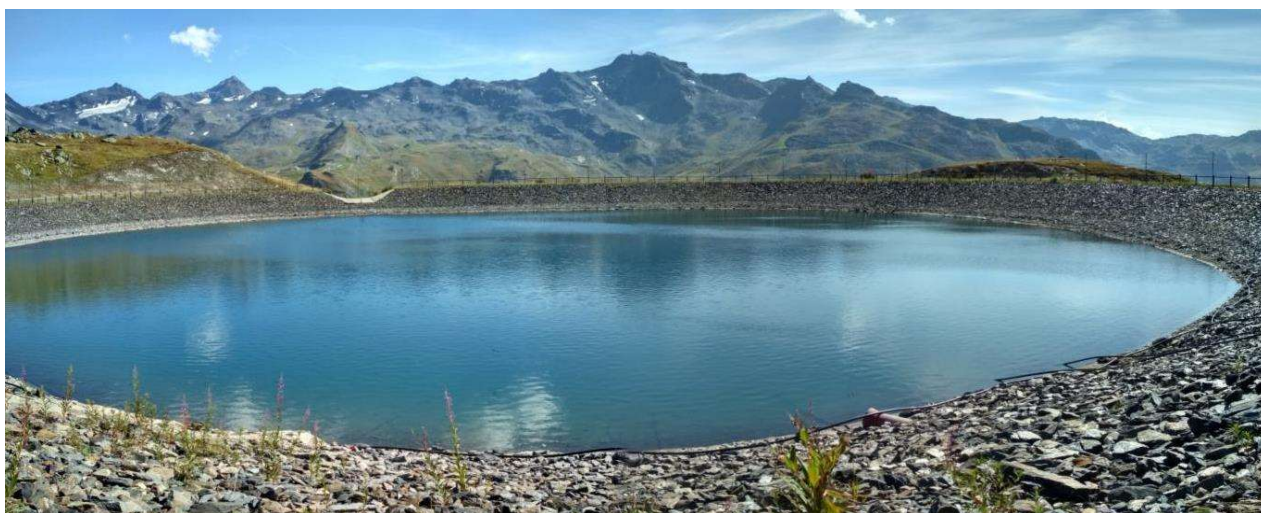


# **DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE**

## **EXTENSION DE LA RETENUE D'ALTITUDE « ECHAUDS II »**

Commune : LES BELLEVILLE Station : LES MENUIRES



## **DEMANDE DE COMPLEMENTS N° 1 DE LA DDT DU 21/09/2021**

**ABEST**  
INGÉNIERIE

 **Karum**  
actions nature

**sevabel**

## SOMMAIRE

1. Espèces protégées et habitats (hors zones humides) .....	3
2. Zones humides et habitats de zones humides.....	47
3. Sécurité des ouvrages hydrauliques.....	51
4. Risques .....	55
5. Ressource en eau .....	68
6. Aspects agricoles et agronomiques .....	69
7. Périmètres de protection des captages d'eau potable .....	70
8. Règles d'urbanisme.....	72
9. Cours d'eau expertisés par l'OFB.....	72
10. CSRPN .....	80
11. Prescriptions.....	90
12. ANNEXES .....	94

Pour chaque thématique, les remarques formulées par la DDT sont rappelées (encadré grisé).

## 1. Espèces protégées et habitats (hors zones humides)

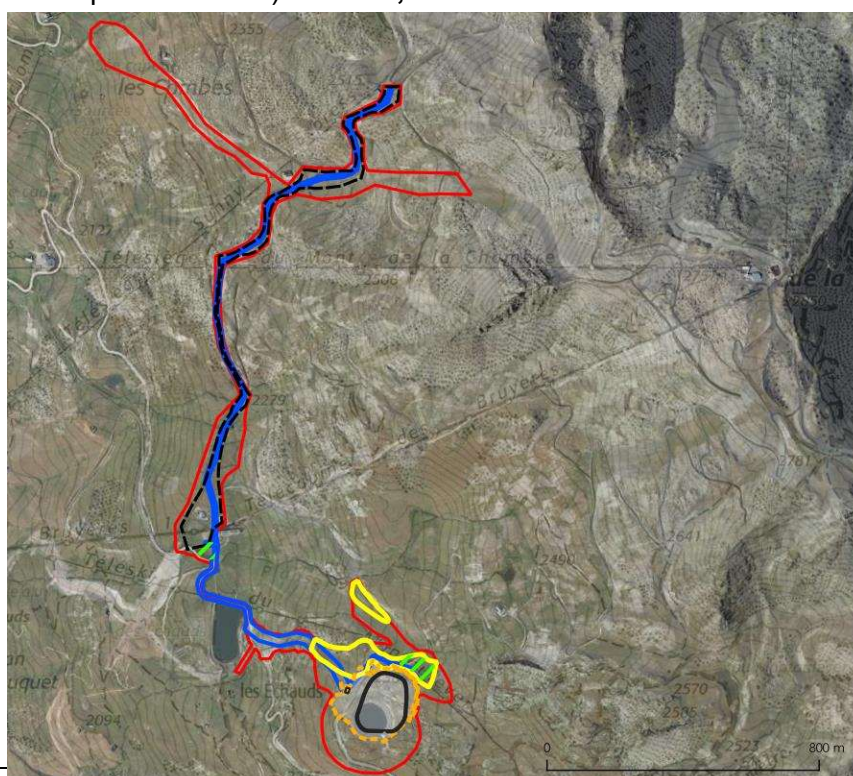
Précision sur l'emprise globale du projet annoncé dans le dossier: 6,6 ha (page 10) ou 15 ha (page 24), et sur le contenu de cette emprise (terrains remaniés, emprise travaux, emprise ouvrages).

Après adaptation du projet aux remarques émises (évitement cours d'eau, déviation du réseau neige sur le chemin, etc...), les surfaces du projet, calculées sous SIG, sont donc les suivantes :

INCIDENCES	DESCRIPTION	SURFACES
RESEAU NEIGE TOTAL (PLAN BOUQUET + PATURAGE HAUT)	Tranchée d'enfouissement des conduites (10 m d'emprise considérés)	35 746 m <sup>2</sup>
TRAVAUX DE REQUALIFICATION DE PISTES	Terrassements	25 276 m <sup>2</sup>
RETENUE ET SALLE DES MACHINES	Terrassements associés à la retenue (comprenant surfaces détruites)	39 444 m <sup>2</sup>
ZONES DE DEPOTS AMONT ET AVAL	Dépôts de divers matériaux	8 039 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL*</b>		<b>96 978,07 m<sup>2</sup></b>

\* Les surfaces communes entre les différentes zones de projets ont été retranchées afin de ne pas être comptabilisées plusieurs fois.

**L'emprise totale du projet**, comprenant les zones de dépôts amont et aval, les terrassements prévus pour la retenue et la salle des machines, les travaux de modification de pistes, et l'emprise des travaux prévus pour l'ensemble des réseaux (tranchée des conduites + 5 m de part et d'autre) **est de 9,7 ha.**



*Justification de l'intérêt public majeur à mieux développer sur le caractère de l'impérieuse nécessité du projet; pour l'extension du volume stocké ainsi que pour l'extension de la surface enneigée.*

La justification de l'intérêt public majeur est présentée dans une note en annexe 1 du présent rapport.

*Justification à mieux développer pour le choix retenu parmi les variantes possibles, notamment en utilisant un système de notations des variantes, avec prise en compte des surfaces d'habitats et/ou des effectifs d'espèces protégées impactées pour chaque option, dans le sens d'étayer l'option de meilleure solution écologique.*

Pour la recherche de sites potentiels qui pourraient être favorables à l'installation d'une retenue d'altitude, un pré-repérage des sites potentiels sur le domaine skiable des Menuires a été effectué grâce au traitement du LIDAR : les sites avec une pente comprise entre 0 et 20 % et pouvant potentiellement recevoir un réservoir d'eau ont été isolés.

Au terme du pré-repérage, 8 sites potentiels ont pu être déterminés. Le tableau suivant présente une comparaison entre chaque site, selon plusieurs indicateurs de biodiversité à prendre en compte. Pour pouvoir être comparés avec les sites potentiels, seuls l'emprise stricte de la retenue projetée et les terrassements associés ont été pris en compte.

Le tableau ci-dessous met en évidence plusieurs éléments permettant de hiérarchiser les différents sites entre eux :

> Tous les sites sauf le site 8 et le site retenu présentent un impact sur les zones humides. De plus, pour tous les sites sauf le site 1, l'installation d'une retenue occasionnerait une destruction de zones humides sur une surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup>.

> L'installation d'une retenue sur les sites 2 et 3 engendrerait également une destruction directe de plusieurs espèces végétales protégées liées aux zones humides

> Tous les sites représenteraient un impact potentiel sur les espèces animales patrimoniales présentes sur les sites ou à proximité, sauf le site 4.

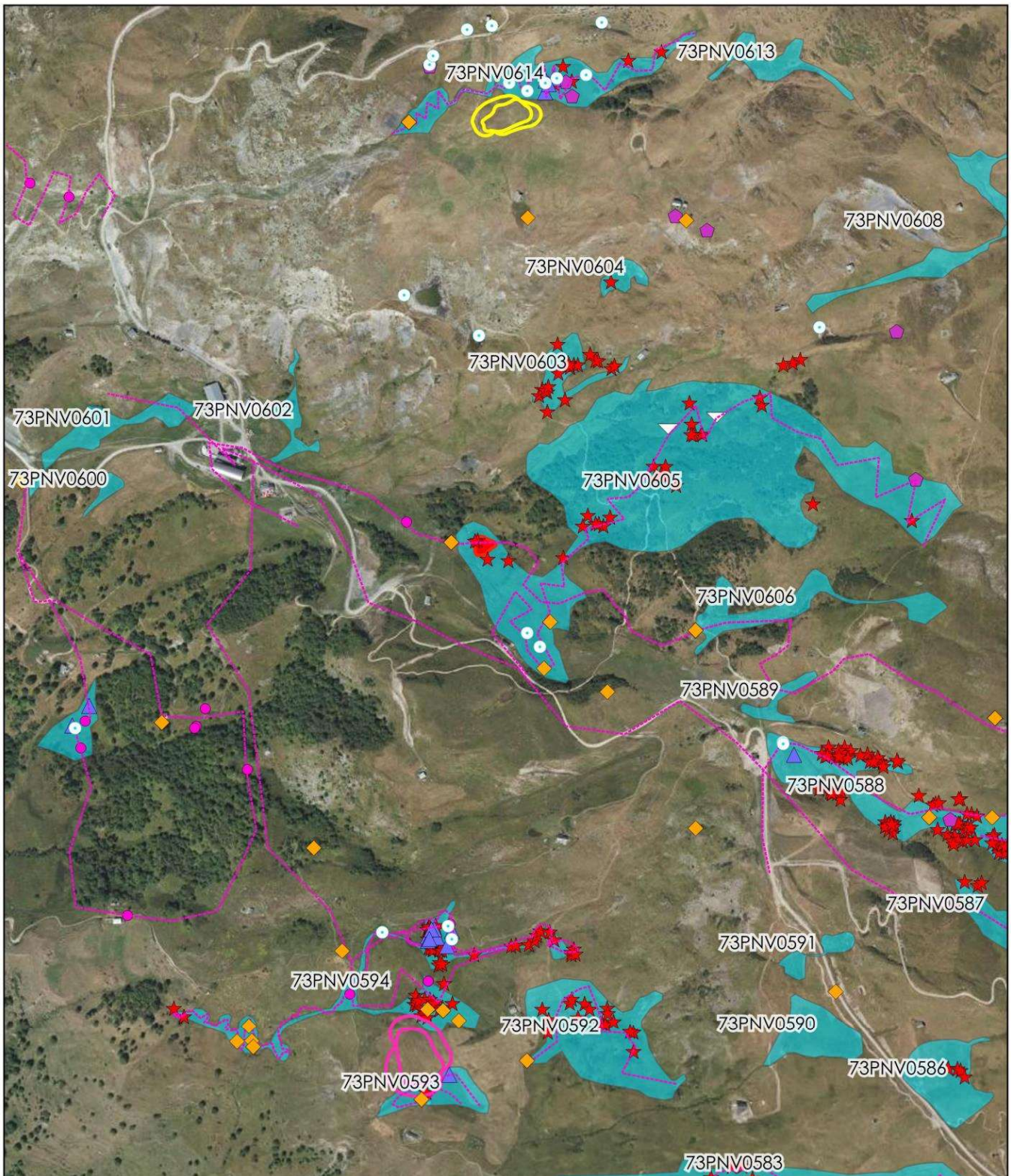
> Tous les sites potentiels de 1 à 8 sont situés en site vierge et occasionneraient un impact notable plus important sur les milieux naturels et la biodiversité

Au regard de ces éléments, seuls **le site 8 et le site actuellement retenu** occasionneraient un impact moindre sur la biodiversité. En revanche, seul le site retenu est situé sur un site déjà aménagé, permettant de réduire au maximum les impacts sur la biodiversité.

De plus, le site retenu est le seul qui permettrait d'accueillir une retenue avec un volume d'eau suffisant et correspondant aux besoins de la SEVABEL. Intervenir sur le site retenu, permettrait donc de répondre aux besoins de la SEVABEL en aménageant une seule retenue, plutôt qu'aménager plusieurs retenues sur plusieurs sites, qui occasionnerait des impacts sur la biodiversité beaucoup plus importants.

**Le site retenu est donc celui qui présente le moins d'impact sur la biodiversité.**





**LÉGENDE**

Zones humides

**Sites potentiels**

Site 1

Site 2

**Données observatoire - Faune**

Amphibiens

Avifaune

Lepidopteres

Lepidopteres

Mammiferes

Odonates

Reptiles

**Données observatoire - Flore**

Flore patrimoniale

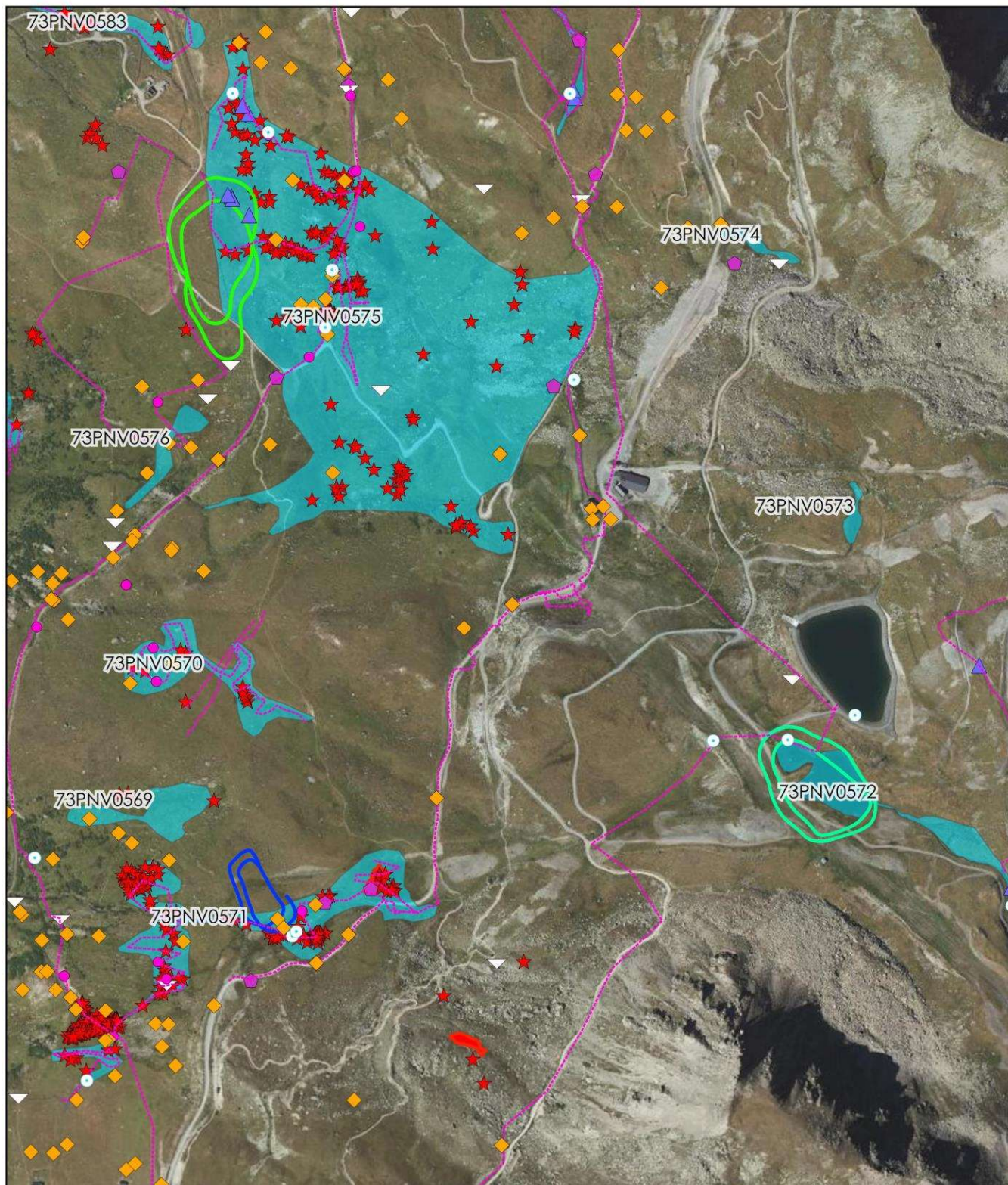
Flore patrimoniale (surfaces)



0 150 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022





**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 3

 Site 4


 Site 5

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens


 Avifaune

 Lepidopteres


 Lepidopteres

 Mammifères

 Odonates

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale

 Flore patrimoniale (surfaces)

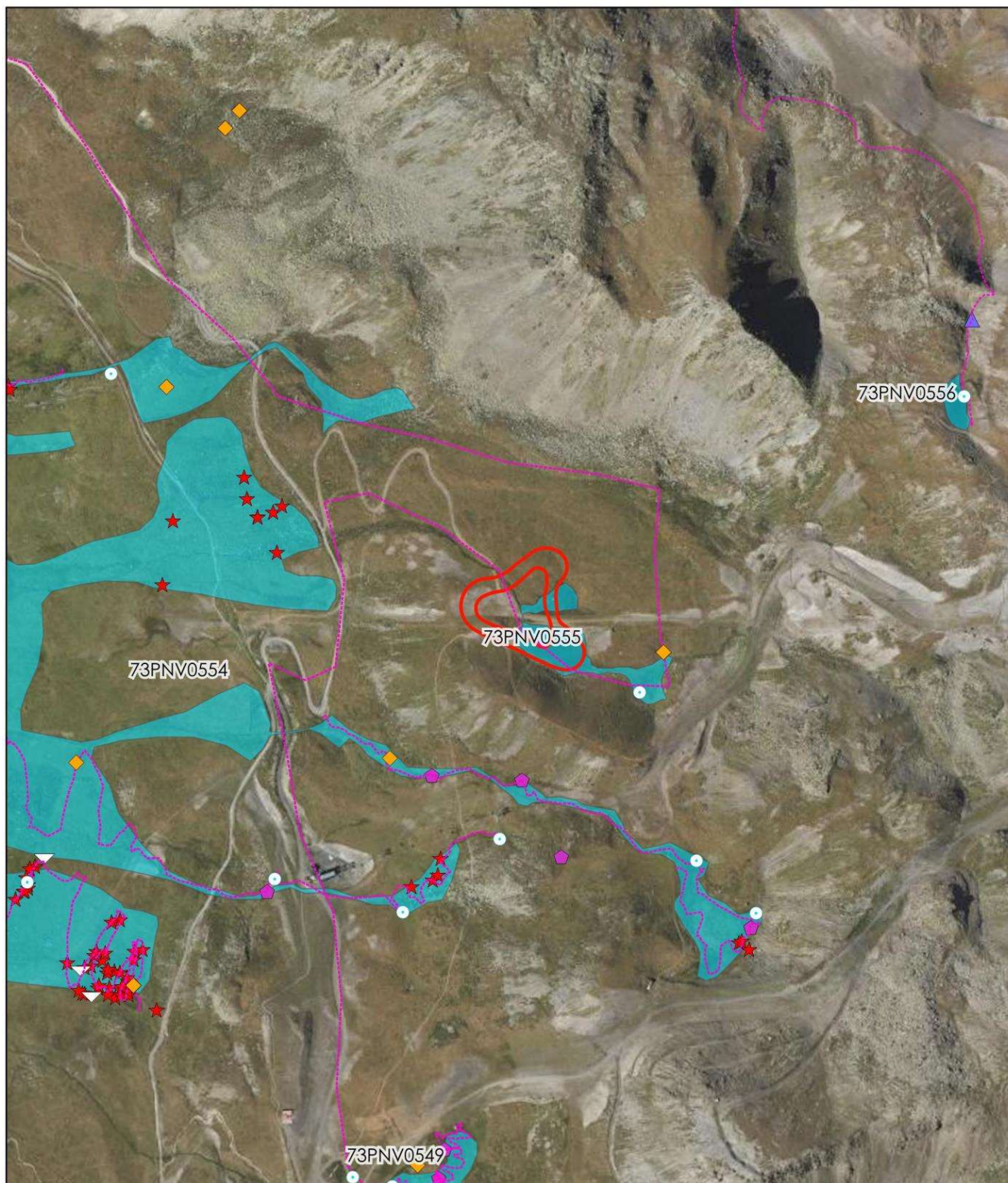


0 150 m



Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
 Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
 Source de données : KARUM (2021)  
 Date : 10/01/2022





**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 6

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens

 Avifaune


 Lepidopteres

 Mammiferes

 Odonates

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale



0 120 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022






**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 7

 Site 8

**Données observatoire - Faune**


 Amphibiens

 Avifaune

 Lepidopteres

 Mammiferes

**Données observatoire - Flore**

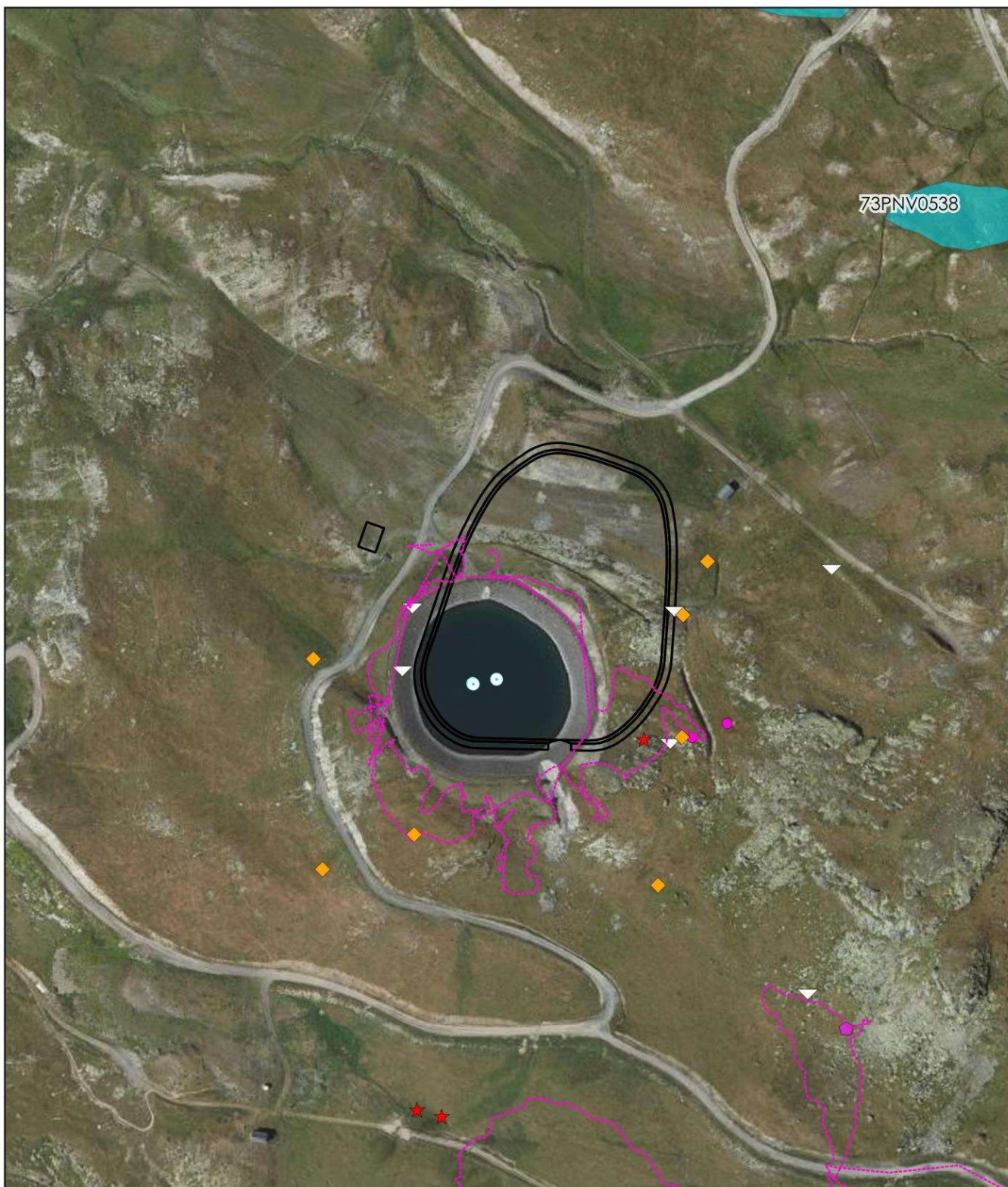
 Flore patrimoniale



0 80 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022





**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**


 Site retenu


**Données observatoire - Faune**


 Amphibiens

 Avifaune


 Lepidopteres

 Lepidopteres

 Mammiferes

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale



0 60 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022

	Surface de terrassement prévue	Surface en eau	Volume d'eau estimé	Présence d'habitats humides avérée sur site ou proximité directe (- de 10m)	Surface approximative de ZH impactées	Présence d'espèces végétales protégées ou menacées sur site*	Présence d'espèces végétales protégées ou menacées à proximité*	Présences d'espèces protégées ou menacées animales sur site ou à proximité*	Projet situé en site vierge
Site 1	4 093 m <sup>2</sup>	2 100 m <sup>2</sup>	5 - 10 000 m <sup>3</sup>	Oui	4 m <sup>2</sup>	Non	43 m	Oui	Oui
Site 2	8 431 m <sup>2</sup>	4 100 m <sup>2</sup>	15 - 20 000 m <sup>3</sup>	Oui	1 488 m <sup>2</sup>	Oui	5 m	Oui	Oui
Site 3	23 452 m <sup>2</sup>	13 000 m <sup>2</sup>	55 - 60 000 m <sup>3</sup>	Oui	108 600 m <sup>2</sup>	Oui	3 m	Oui	Oui
Site 4	6 287 m <sup>2</sup>	3 450 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Oui	1 688 m <sup>2</sup>	Non	3 m	Non	Oui
Site 5	19 163 m <sup>2</sup>	11 800 m <sup>2</sup>	50 - 55 000 m <sup>3</sup>	Oui	8 923 m <sup>2</sup>	Non	428 m	Oui	Oui
Site 6	11 699 m <sup>2</sup>	4 650 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Oui	3 664 m <sup>2</sup>	Non	220 m	Oui	Oui
Site 7	16 767 m <sup>2</sup>	7 130 m <sup>2</sup>	15 - 20 000 m <sup>3</sup>	Oui	12 078 m <sup>2</sup>	Non	300 m	Oui	Oui
Site 8	7 726 m <sup>2</sup>	3 500 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Non	-	Non	250 m	Oui	Oui
ECHAUDS II	39 600 m <sup>2</sup>	19 000 m <sup>2</sup>	170 200 m <sup>3</sup>	Non	-	Non	20 m	Oui	Non

\*Données issues de l'observatoire environnemental du Domaine skiable des Menuires

*Compléments nécessaires pour les données de l'état initial, par de nouveaux passages d'inventaires au moins pour la faune.*

Deux prospections faune ont été effectuées en 2021 : le 21 juillet et le 13 août.

Aucune espèce d'odonate n'a été observée en 2021, comme les années précédentes.

Pour les rhopalocères, 21 espèces ont été observées en 2021 sur la zone d'étude, toutes déjà connues sur l'observatoire environnemental du domaine skiable, et 10 déjà connues sur la zone d'étude par les prospections réalisées pour l'étude d'impact (en 2018, 30 espèces avaient été observées). Les 11 nouvelles espèces observées sont toutes non protégées, et non menacées d'extinction en Rhône-Alpes. Il s'agit de l'Azuré de la Chevrette, du Fadet commun, de l'Hespérie du Pas-d'âne, du Moiré aveuglé, du Moiré cendré, du Moiré chamoisé, du Moiré fauve, du Moiré frange-pie, du Moiré variable, du Soufré et de la Virgule.

Au total, ce sont donc 41 espèces de rhopalocères qui ont été observées sur la zone d'étude.

Les mesures mises en place pour les rhopalocères sont :

- ME\_2 : Mise en défens des zones écologiquement sensibles attenantes aux emprises de travaux
- MR\_3 : Végétalisation des sols remaniés
- MR\_4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige
- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux
- Une nouvelle mesure est proposée dans ce document : la mesure de compensation MC\_1 : Restauration d'un site dégradé (voir p 41)

Pour les amphibiens, seuls la Grenouille rousse et le Triton alpestre ont été observés sur la zone d'étude en 2021, donc aucune nouvelle espèce n'a été observée sur la zone depuis 2018. Les mesures prévues pour ce taxon sont :

- ME\_3 : Protéger la retenue de l'empoisonnement en phase d'activité
- ME\_5 : pose de filet empêchant la traversée des amphibiens et des reptiles
- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux
- MR\_9 : Capture-relâché des individus terrestres et aquatiques avant travaux
- Une nouvelle mesure est proposée dans ce document : la mesure de compensation MC\_2 : Création d'une mare (voir p.44)

Pour les reptiles, aucun Léopard vivipare n'a été observé en 2021, mais ont été observés 2 adultes et 1 juvénile de Léopard des murailles. En 2018, aucune observation de reptile n'avait eu lieu et seule la présence du Léopard vivipare avait été supposée.

Le Léopard des murailles est protégé au niveau national, et est probablement reproducteur sur la zone d'étude. Deux secteurs de présence ont été observés, l'un sur un secteur non impacté par les terrassements, et l'autre en bordure de secteur à terrasser. L'impact de terrassement devrait être limité et le Léopard des murailles pourra profiter des mesures suivantes :

- ME\_2 : Mise en défens des zones écologiquement sensibles attenantes aux emprises de travaux
- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux
- MR\_10 : Création d'hibernaculum

**L'impact résiduel sera donc considéré comme négligeable.**



Pour l'avifaune, 13 espèces ont été observées en 2021 sur la zone d'étude, toutes déjà connues sur l'observatoire environnemental du domaine skiable, et 10 déjà connues sur la zone d'étude par les prospections réalisées pour l'étude d'impact (en 2018, 13 espèces avaient été observées).

Les 3 nouvelles espèces d'oiseaux observées sur la zone d'étude sont l'Accenteur alpin, la Bergeronnette grise et le Merle à plastron. Ces espèces sont protégées, mais non menacées d'extinction en Rhône-Alpes. En l'absence d'arbre, seuls l'Accenteur alpin et la Bergeronnette grise sont potentiellement reproducteurs sur des habitats impactés par le projet.

Au total ce sont donc 16 espèces d'oiseaux présentes sur la zone d'étude.

Pour l'avifaune, les mesures mises en place sont :

- MR\_3 : Végétalisation des sols remaniés
- MR\_4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige
- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux
- MR\_7 : Mise en place de dispositifs effaroucheurs
- Une nouvelle mesure est proposée dans ce document : la mesure de compensation MC\_1 : restauration d'un site dégradé (voir p 41)

Pour les mammifères, 3 espèces ont été observées en 2021 sur la zone d'étude, toutes déjà connues sur l'observatoire environnemental du domaine skiable, et 2 déjà connues sur la zone d'étude par les prospections réalisées pour l'étude d'impact (en 2018, 6 espèces avaient été observées).

La nouvelle espèce observée sur la zone d'étude est le Cerf élaphe, qui n'est ni menacé d'extinction en Rhône-Alpes ni protégé. Il n'est pas reproducteur sur la zone d'étude.

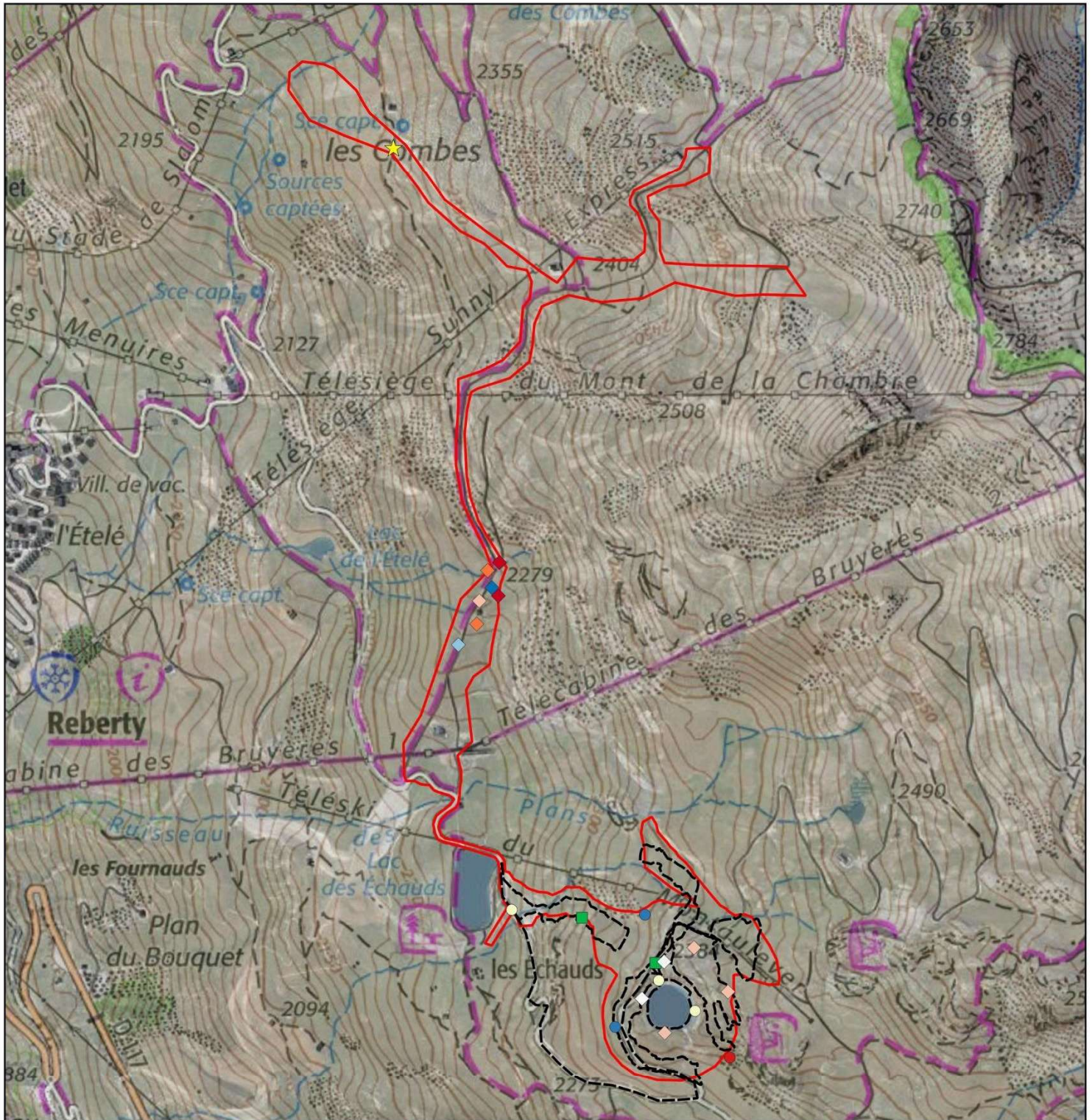
Au total ce sont donc 7 espèces de mammifères présentes sur la zone d'étude.

Ces espèces n'avaient pas été prises en compte dans les incidences du projet, en raison de l'absence d'espèces protégées. Pourtant 3 espèces sont potentiellement nicheuses et reproductrices sur la zone d'étude.

Les habitats favorables à la reproduction de ces espèces sont les habitats prairiaux, et éboulis. Ainsi, les habitats naturels hors cours d'eau (habitats EUNIS « C »), retenue actuelle, route et habitation (habitats EUNIS « J ») impactés représentent au total 7,16 ha, dont 1,21 ha détruits de manière permanente (extension de la retenue et salle des machines), et à l'échelle du domaine skiable, il existe environ 2 435,48 ha d'habitats naturels similaires, favorables à la reproduction de ces espèces.

**L'impact (permanent et temporaire) sur ces habitats représente donc 0,29% des habitats similaires et favorables à ces espèces sur le domaine skiable. L'incidence du projet est donc considérée comme faible et il ne semble pas nécessaire de mettre en place de mesure supplémentaire pour les nouvelles espèces détectées.**





**Légende**

**Rhopalocères**

- ◆ Fadet commun
- ◆ Hespérie du Pas-d'âne
- ◇ Moiré chamoisé
- ◆ Moiré frange-pie
- ◆ Virgule

**Transect rhopalocère**

- ..... Azuré de la Chevrette,
- Moiré aveuglé,
- Moiré cendré,
- Moiré fauve,
- Moiré variable,
- Soufré

**Reptiles**

- Lézard des murailles

**Avifaune**

- Accenteur alpin
- Bergeronnette grise
- Merle à plastron

**Mammifères terrestres**

- ★ Cerf élaphe



Échelle : 1:12 000

0 240 m

Conception: KARUM n°2018040 / J.BERNARD  
 Données fonds de carte issues de BD ORTHO® - IGN - (2020)  
 et du SCAN25® - IGN - (2015)  
 Source de données : KARUM (2021)  
 Date : 20/12/2021



*Le plan général des travaux de la retenue a été mis à jour avec ces données, il est présenté en annexe 2 de la présent note.*

### Réévaluation des impacts bruts sur l'APPB et les ZNIEFF.

#### > ZNIEFF

Les enjeux sur les ZNIEFF ont été jugés **faibles**, en raison de la distance de ces zonages avec la zone d'étude (toujours supérieurs à 1km).

Une erreur de rédaction est donc présente dans le tableau synthétique au chapitre 3.3.1.1 page 114, qui définissait l'enjeu comme **nul**, au lieu de **faible**. En raison d'un enjeu non nul, les incidences du projet sur les ZNIEFF doivent être évaluées :

Les espèces présentes aussi bien sur les ZNIEFF que sur la zone d'étude sont les espèces animales pouvant parcourir plusieurs kilomètres soit, l'avifaune, les rhopalocères, et les mammifères. Néanmoins, la zone d'étude ne fait que 29 ha tandis que la ZNIEFF la plus proche, le « Vallon du Lou » fait 1717 ha. La 2ème plus proche, le Vallon du Borgne, fait 1012 ha. **Les incidences du projet sur les ZNIEFF sont donc à considérer comme faible**, car la surface d'étude, est très réduite vis-à-vis des surfaces des ZNIEFF présentes à proximité.

Les incidences sur les taxons pouvant être présents sur la zone d'étude et les ZNIEFF à proximité ne concernent que le risque de destruction d'individus liés aux travaux, ou à la dégradation et la perte d'habitats potentiels de reproduction :

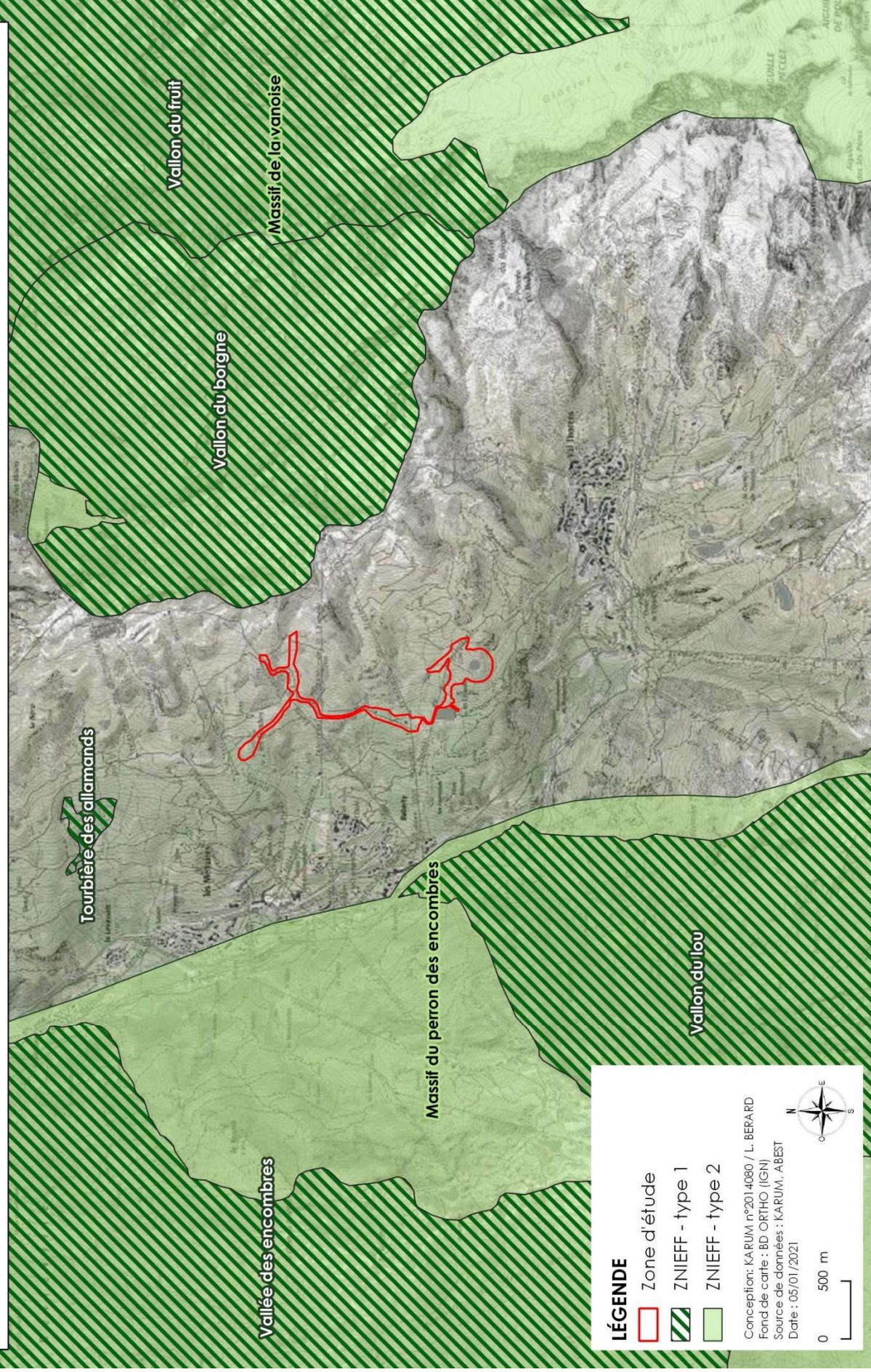
- Risque de destruction d'individus en phase travaux : La divagation des engins, et les terrassements, sont capables d'écraser des nichées d'oiseaux protégées, ou des individus de rhopalocères protégés en stade d'œuf ou de chenilles. Or des mesures d'adaptations du calendrier des travaux, la mise en place de dispositifs d'effaroucheurs, et des mesures d'étrépages des secteurs des thym, et Orpins/joubarbes, sont mis en place pour réduire au maximum le risque de destruction d'individus.

- Risque de dégradation et de destruction d'habitat de reproduction : La création de la retenue implique de la perte nette d'habitats potentielle de reproduction, tandis que les terrassements annexes et la création du réseau neige et le remodelage de piste, dégradent également des zones favorables à la reproduction. Néanmoins, des mesures d'étrépages, et de végétalisation permettent de réduire et limiter la dégradation d'habitat potentiel de reproduction.

Il est à rappeler que la zone d'étude fait 29 ha, que les zones de terrassements ne font que 7,7 ha, et que les ZNIEFF sont toutes à au moins 1 kilomètre de distance et dépassent pour la plupart le millier d'hectares. **L'enjeu reste donc faible, l'impact brut est faible, et l'incidence après mesure est considérée comme négligeable et non significative.**



**Projet d'agrandissement de la Retenue des Echauds II - SEVABEL**  
**Zonages nature - ZNIEFF de type I et II**



**LÉGENDE**

- Zone d'étude
- ZNIEFF - type 1
- ZNIEFF - type 2

Conception: KARUM n°201.4080 / L. BERARD  
Fond de carte: BD ORTHO (IGN)  
Source de données: KARUM, ABEST  
Date: 05/01/2021



0 500 m



### **> APPB**

L'enjeu lié à l'APPB a d'abord été jugé nul en raison de la distance de la zone d'étude avec le zonage. Or, le bassin versant n'avait pas été pris en compte, et l'APPB « Marais et tourbières du Plan de l'Eau », est à 1 200 m en aval de la zone d'étude. L'enjeu doit donc être au minimum équivalent à l'enjeu lié au réseau hydrographique, puisque cet APPB a été défini en raison de ses zones humides associées. **L'enjeu est donc plutôt à considérer comme moyen.**

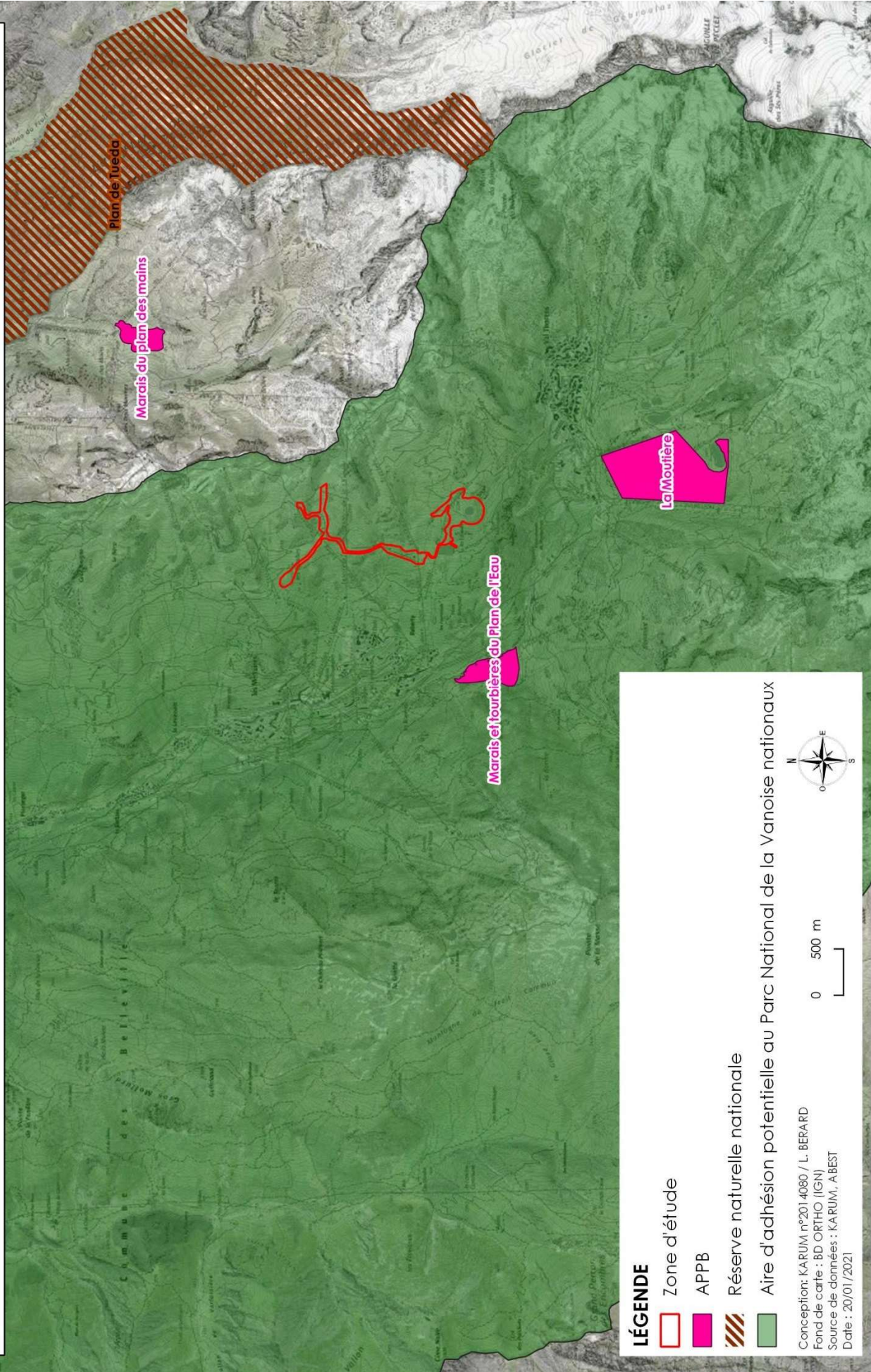
L'impact du projet sur l'hydrographie du site est faible, il est donc à considérer que l'impact sur l'APPB « Marais et tourbières du Plan de l'Eau » est également faible.

Les autres APPB ont également été désignés par rapport à leur qualité de zones humides (« Marais et tourbières du Plan de l'Eau » et « La Moutière »). Or ces APPB ne se situent pas sur les mêmes versants que la zone d'étude, il n'y a donc aucun lien avec la zone d'étude entre les espèces patrimoniales de ces APPB, et leur qualité d'habitat. **Pour celles-ci, l'enjeu reste donc nul.**

Des mesures de prévention du risque de pollution des cours d'eau et des zones humides sont mises en place. **L'impact résiduel est donc considéré comme négligeable.**



**Projet d'agrandissement de la Refenue des Echauds II - SEVABEL**  
**Localisation des sites Natura 2000**



**LÉGENDE**

-  Zone d'étude
-  APPB
-  Réserve naturelle nationale
-  Aire d'adhésion potentielle au Parc National de la Vanoise nationaux

Conception: KARUM n°201.4080 / L. BERARD  
 Fond de carte : BD ORTHO (IGN)  
 Source de données : KARUM, ABEST  
 Date : 20/01/2021



### **> N2000 ZPS**

L'enjeu sur le réseau Natura 2000 a été jugé moyen, en raison de la reproduction potentielle et le transit de galliformes patrimoniaux sur la zone d'étude, malgré la distance de 3,4 km de la ZPS du Massif de la Vanoise.

Les impacts bruts ont été considérés nuls en raison de l'absence d'observation de galliformes par l'observatoire des galliformes de montagne (dont la Perdrix bartavelle), et l'absence d'habitats favorables à la reproduction.

Concernant les grands rapaces (Circaète Jean-le-Blanc, Bondrée apivore, ...), la zone d'étude ne présente aucun arbre, et il n'y a donc aucun habitat favorable à leur reproduction, sur la zone et aux alentours. Il a été précisé dans l'étude que le Circaète Jean-le-Blanc a été observé, mais qu'il n'est présent qu'en transit ou pour se nourrir.

La Pie-grièche écorcheur n'a pas été observée sur la zone d'étude, et les habitats présents ne sont pas favorables ni à la reproduction ni à la chasse de l'espèce, car elle préfère les secteurs de haies/ fourrés.

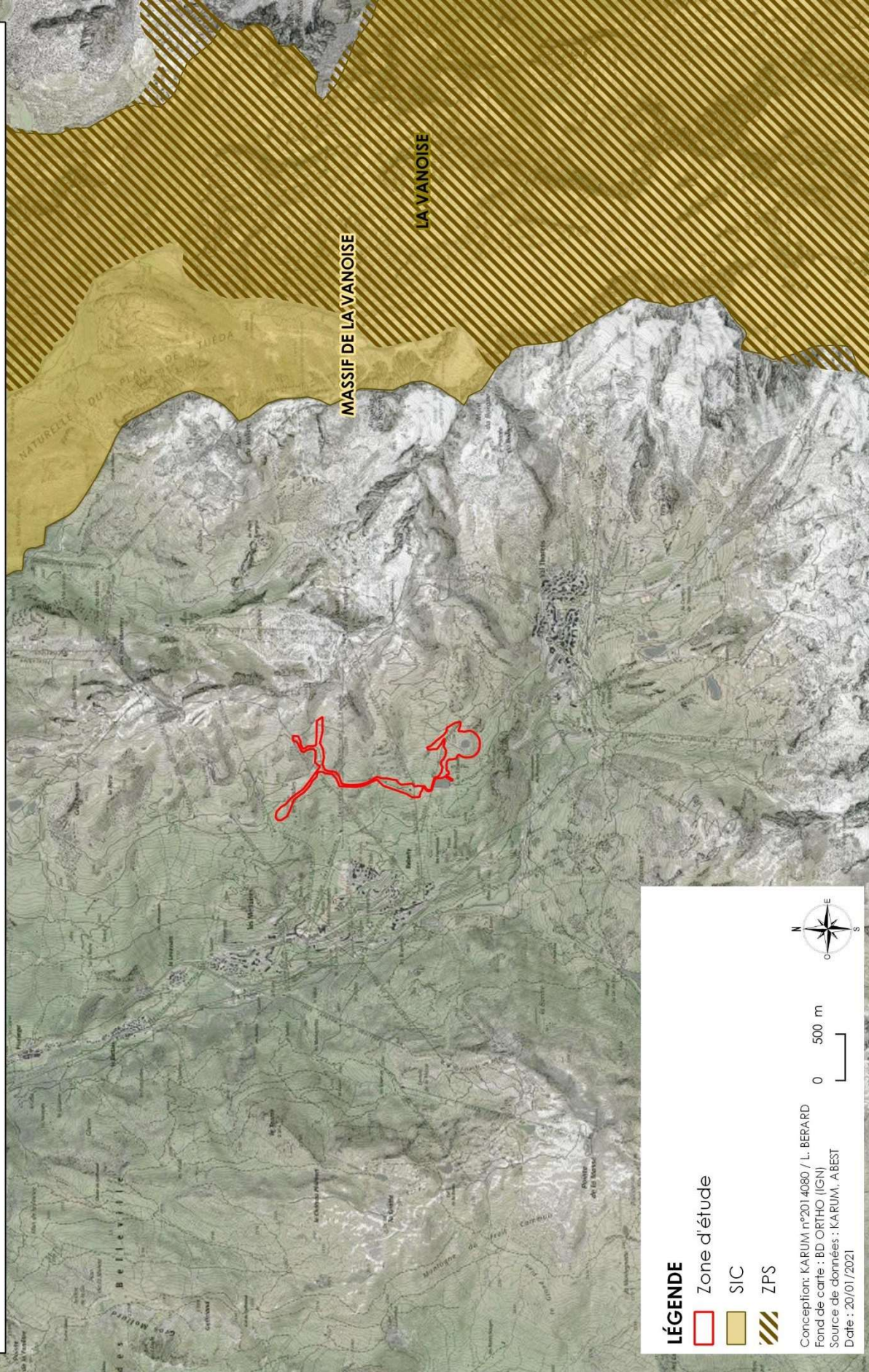
En raison de :

- La grande distance de la ZPS à la zone d'étude (> 3km),
- l'absence de création de câbles pouvant créer un risque de collision avec des grands rapaces,
- l'absence de dégradation ou de destruction d'habitat favorable à la reproduction des espèces de grands rapaces ou de galliformes de montagne en raison de l'absence même d'habitats favorables,
- La destruction permanente de 2 ha d'habitat favorable à la reproduction de l'avifaune et des rhopalocères (création de la retenue), ainsi que la dégradation d'environ 7 ha liée aux terrassements temporaires (étrépeés et revégétalisées après coup), comparée aux 108 590 ha de la ZPS La Vanoise,

**Les impacts bruts sur la ZPS du massif de la Vanoise sont maintenus à nuls.**



**Projet d'agrandissement de la Retenue des Echauds II - SEVABEL**  
**Localisation des sites Natura 2000**



**LÉGENDE**

- Zone d'étude
- SIC
- ZPS

Conception: KARUM n°2014080 / L. BERARD  
Fond de carte: BD ORTHO (IGN)  
Source de données: KARUM, ABEST  
Date: 20/01/2021

*Démonstration à produire pour l'absence d'impact sur l'espèce Swertie vivace.*

Comme observé et constaté sur site lors de la visite du 01/07 en présence des services de l'Etat (DREAL, DDT et OFB), **l'emprise de la zone humide est beaucoup plus réduite que celle présentée initialement dans le dossier.**

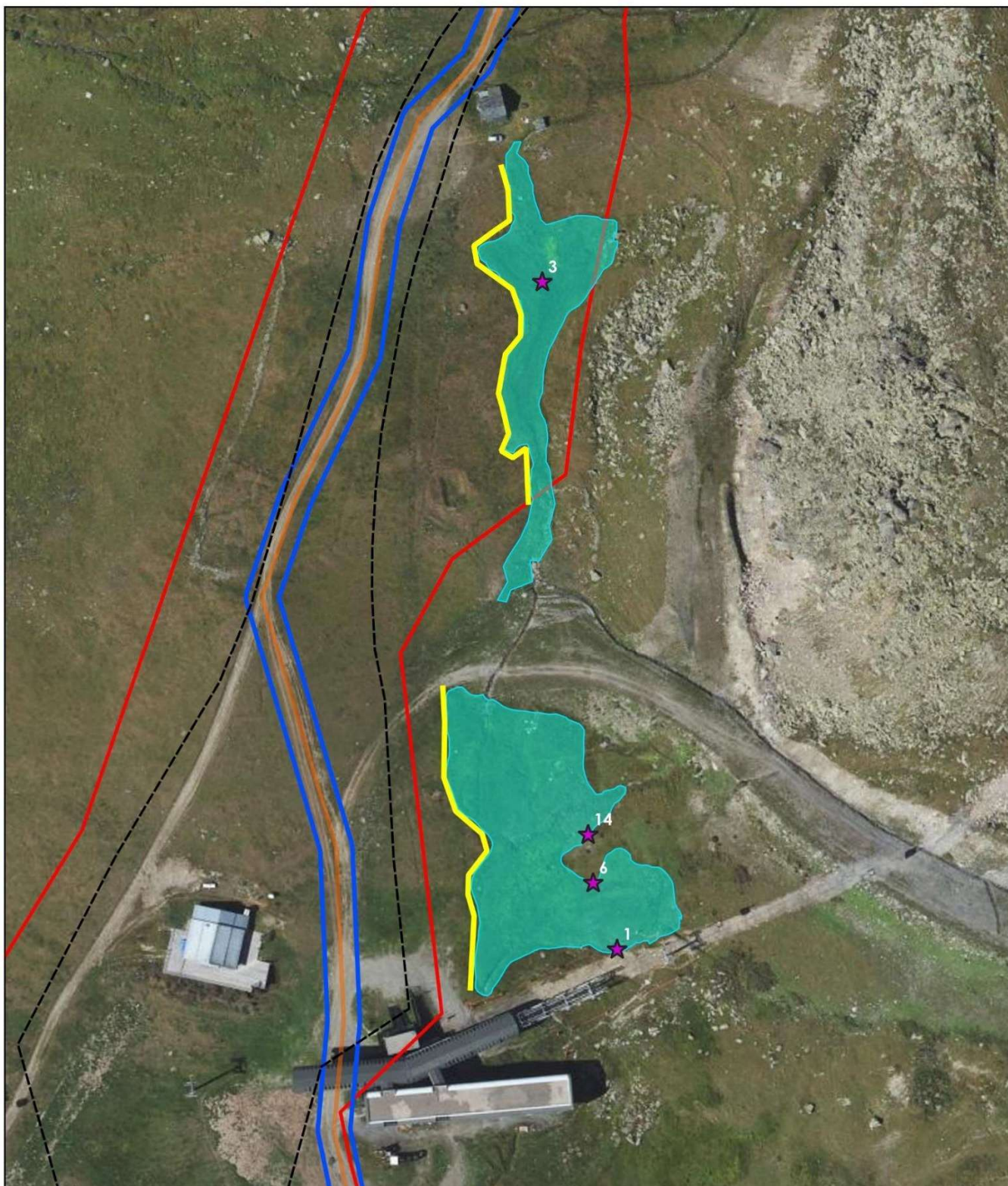
Une campagne d'inventaire complémentaire a donc été réalisée durant l'été 2021 par un botaniste afin de repréciser les contours de la zone humide à l'aide du critère végétation. **Au final, aucun impact du réseau neige (et du projet plus largement) n'est à retenir sur des habitats caractéristiques de zones humides** (le réseau neige traversera sur la piste 4X4 existante bordée de nardaie, et non dans les zones humides).

Les individus de Swertie pérenne relevés sont tous situés sur la zone humide, à environ 35 mètres de la tranchée du réseau neige. L'arrivée d'eau irriguant cette zone humide est située hors des emprises de projet. L'alimentation en eau de la zone humide et l'habitat où la Swertie pérenne est présente ne seront donc pas impactés.


Afin d'éviter toute incidence potentielle lors du chantier, les individus de Swertie et les zones humides situées à proximité seront mis en défens à l'aide d'un dispositif visible et laissés en place durant toute la durée des travaux, comme stipulé dans l'étude d'impact.

Par conséquent, **aucune incidence directe (destruction) ou indirecte (assèchement de l'habitat, etc...) n'est à prévoir sur la Swertie pérenne.**








**LÉGENDE**

 Zone d'étude


 Réseaux

 Emprise réseau neige

 Zone à enneiger

 Mises en défens

 Zones humides

 Individus de Swertie pérenne



0 30 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 15/12/2021

*Justification à apporter sur le niveau d'impact brut sur les oiseaux et la surface d'habitat détruite.*

Pour rappel, les enjeux concernent 9 espèces protégées, potentiellement reproductrices, dont 1 espèce menacée d'extinction en Rhône-Alpes : le Traquet tarier. L'Alouette des champs elle, n'est pas protégée, mais est menacée d'extinction en Rhône-Alpes et est probablement reproducteur sur la zone d'étude. Ces deux espèces menacées sont régulièrement observées sur le domaine skiable des Menuires (90 observations en 2020 pour l'Alouette des champs, et 116 pour le Traquet tarier).

Les enjeux ont ainsi été considérés comme fort pour les espèces reproductrices menacées d'extinction en Rhône-Alpes, moyennes pour les espèces protégées potentiellement reproductrices, et faible pour les espèces seulement de passage.

Le niveau d'impact brut pour le risque de destruction d'individus nicheurs et/ou dérangement de l'avifaune a été jugé moyen. En effet, sur les 29 ha de zone d'étude, 9,7 ha vont être terrassés (retenue, remodelage piste, réseau neige, reprise réseaux). Il existe donc un risque de destruction des individus au stade d'œufs ou de juvéniles non-volants (écrasement), par la divagation d'engins de chantier ou lors des terrassements. Les individus volants pourront eux facilement s'enfuir à l'approche de tout danger. Néanmoins, toutes les espèces contactées, malgré leur statut de protection ou de menace, sont communes sur le domaine skiable.

Un impact brut fort indiquerait une forte probabilité de destruction d'individus, d'une espèce peu commune voir rare sur le domaine skiable. Or, ce n'est pas le cas, toutes les espèces présentes étant communes sur le domaine skiable. Lors des prospections, aucun nid au sol n'a été observé ni en 2018 ni en 2021, entre les prospections flore et les prospections faune, ce qui représente 8 prospections sur la zone d'étude. **La nidification reste possible, mais faiblement probable. Le niveau d'impact brut est donc considéré comme moyen.**

Le niveau d'impact brut pour le risque de destruction d'habitats favorables à la reproduction de l'avifaune a été jugé faible. Les impacts sur les habitats seront liés aux zones terrassées, et seront au total de 9,7 ha. Les habitats seront impactés de 2 manières différentes, par l'extension de la retenue et la création de la salle des machines (perte d'habitat permanente), et par les terrassements liés au remodelage des pistes ou des tranchées en phase travaux (perte d'habitat temporaire).

Les habitats naturels favorables à la reproduction des oiseaux nicheurs au sol impactés, c'est-à-dire hors cours d'eau (habitats EUNIS « C »), retenue actuelle, route et habitation (habitats EUNIS « J »), concernent 7,16 ha sur la zone d'étude, dont 1,21 ha impactés de manière permanente (extension de la retenue) et 5,95 ha de manière temporaire (remodelage piste et réseau neige).

A l'échelle du domaine skiable, ces mêmes habitats (basés sur les mêmes codes EUNIS) représentent 2 435,48 ha.

**Ainsi le projet impacte environ 0,29% des habitats similaires à l'échelle du domaine skiable, dont 0,05% de manière permanente.**

**Le niveau d'impact brut est donc considéré comme faible.**



*Analyse des impacts cumulés à reprendre intégralement.*

La zone d'étude retenue au titre du présent chapitre comprend le territoire communal sur lequel s'étend le domaine skiable des Menuires, auquel est directement rattaché le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II, à savoir la commune des Belleville.

Le tableau ci-dessous dresse la liste des projets d'aménagement, localisés sur la commune des Belleville, qui ont fait l'objet ces 5 dernières années (2017-2021) d'une instruction d'étude d'impact.

Les dossiers de demande au cas par cas ne sont pas à prendre en compte dans l'analyse de leurs effets cumulés avec le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II, conformément au cadrage méthodologique défini par l'article R122-5 du code de l'environnement :

*L'article R122-5 du Code de l'environnement précise que l'étude du cumul des incidences sur l'environnement concerne les projets qui :*

*« – ont fait l'objet d'une étude d'incidence environnementale au titre de l'article R. 181-14 et d'une enquête publique ;*

*– 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 sera par ailleurs rappelé que la non-soumission de ces projets à évaluation environnementale suite à une procédure d'examen au cas par cas indique que les incidences environnementales de ces projets ont été considérées comme non notables par l'Autorité environnementale et ne sont donc pas susceptibles d'induire des effets cumulés avec d'autres projets.

ETUDES D'IMPACTS					
Année	Commune	Projet	Porteur	Avis	Projet réalisé
2020	Les Belleville	Remplacement du TS 2 Lacs par une TC	S.E.T.A.M	Accord tacite	Abandonné
2019	Les Belleville	Construction de la télécabine de la Pointe de la Masse	SEVABEL	Accord tacite	Oui
2018	Les Belleville / Orelle	Fiabilisation de la liaison Orelle – Val Thorens	STOR	Non rendu	Oui (Travaux en cours)
2017	Les Belleville	Construction du TS Dame Blanche	SEVABEL	Accord tacite	Non (abandonné)
2017	Les Belleville	Création de la retenue d'altitude de la Masse	SEVABEL	Accord tacite	Oui
2017	Les Belleville	Création d'une station de traitement des eaux usées pour Les Menuires et Val Thorens	Commune Les Belleville	Accord tacite	Oui

Sur les 6 projets recensés sur la période 2017-2021, 5 ont fait l'objet d'un accord tacite de la part de l'Autorité environnementale, et un projet ne présente aucun avis de l'Autorité Environnementale.

Le projet de TS Dame Blanche a été officiellement abandonné par la SEVABEL, porteur du présent projet, et n'est donc pas à considérer dans l'analyse des effets cumulés, conformément à l'article R122-5 du Code de l'Environnement rappelé précédemment.

De même pour le projet de liaison Orelle – Val Thorens n'ayant fait l'objet d'aucun avis rendu, et pour lequel les informations concernant les incidences notables sur l'environnement ne sont donc pas accessibles.

Le projet de TS des 2 Lacs tel que présenté en 2020 a également été abandonné par la SETAM. Par conséquent l'avis rendu par l'Autorité environnemental est devenu caduc, et ce projet ne doit pas être pris en compte dans l'analyse des effets cumulés, conformément à l'article R122-5.

Le tableau ci-dessous reprend les thématiques qui feront l'objet d'une incidence par le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II.



THEMATIQUE ENVIRONNEMENTALE	APPRECIATION DES INCIDENCES CUMULEES	COMMENTAIRES
Patrimoine culturel	AUCUNE INCIDENCE CUMULEE	Sans objet
Paysage	INCIDENCES CUMULEES NEGLIGEABLES	<p>Le projet de centrale de traitement des eaux usées engendre un <b>impact jugé positif</b> sur le paysage (requalification de secteurs dégradés) et le projet ne présente pas de co-visibilité à partir des points de vues alentours. Ce projet ne présente donc pas d'incidence cumulée significative avec le projet.</p> <p>Le projet de retenue d'altitude de la Masse est situé dans un secteur déjà anthropisé, mais occasionne un léger impact visuel sur le paysage, par la mise en place d'enneigeurs qui seront visibles (notamment sur la partie basse) durant toute l'exploitation du domaine skiable. La retenue est située en altitude et n'est pas visible depuis la vallée des Belleville. De plus, ce projet n'est pas situé sur le même versant que la retenue des Echauds II. Aucune incidence cumulée significative sur le paysage avec le projet n'est donc à retenir.</p> <p>Le projet de télécabine de la Pointe de la Masse occasionne un impact paysager par la mise en place d'une nouvelle ligne avec les gares et pylônes associés. Mais il représente également un <b>impact paysager positif</b> par le démantèlement de 3 remontées mécaniques (1 télécabine et 2 télésièges) De plus, ce projet n'est pas situé sur le même versant que la retenue des Echauds II. Aucune incidence cumulée significative avec le projet n'est donc à retenir.</p>
Agriculture	AUCUNE INCIDENCE CUMULEE	Sans objet
Eau / Hydrographie	INCIDENCES CUMULEES NEGLIGEABLES	<p>Le projet de centrale de traitement des eaux usées engendrera une augmentation des volumes de rejets dans les cours d'eau. Le projet de retenue d'altitude de la Masse entraîne un risque d'augmentation du volume du Doron de Belleville en cas de vidange d'urgence. Le projet d'agrandissement des Echauds II prévoit une vidange normale vers la retenue des Echauds I, puis de là, dans des ruisseaux et talweg présents à proximité (Ruisseau des Plans, Ruisseau au Sud du Lac des Echauds I).</p> <p>La vidange d'urgence de la future retenue des Echauds II prévoit d'utiliser les cours d'eau précédemment cités, mais prévoit également une dérivation vers le Doron de Belleville et le Ruisseau des Bruyères.</p> <p>Ainsi, <b>le Doron de Belleville est concerné par le projet d'agrandissement des Echauds II et par le projet de retenue de la Masse</b>. Cependant, seules les vidanges d'urgence, très ponctuelles, impacteront le Doron de Belleville. De plus, il faudrait que les retenues (Masse et Echauds II) soient vidangées en urgence en même temps pour représenter un impact cumulé sur le Doron de Belleville. Par conséquent, aucune incidence cumulée significative n'est à retenir.</p>
Biodiversité	INCIDENCES CUMULEES NEGLIGEABLES	<p>Le projet de centrale de traitement des eaux usées entraîne un impact faible sur les milieux naturels (déboisements), sur la faune et la flore. Aucun déboisement n'est prévu par le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II.</p> <p>Le projet de retenue d'altitude de la Masse entraîne un impact fort sur les zones humides, mais aucun impact sur les zones humides n'est prévu par le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II.</p> <p>Le projet entraîne également un impact sur la faune associée à ces milieux (reptiles, et amphibiens principalement).</p> <p>Le projet de télécabine de la Pointe de la Masse engendre un impact important sur les zones humides (destruction de 1900 m<sup>2</sup> environ), mais aucune zone humide ne sera impactée par le projet d'agrandissement de retenue des Echauds II.</p> <p>La faune relevée sur le projet de TC Pointe de la Masse a notamment été affectée par la perte nette d'habitats favorables à certaines espèces de rhopalocères (0,075 ha pour l'Apollon et 0.2 ha pour l'Azuré du Serpolet de surfaces perdues). La perte d'habitats pour le projet de TC Pointe de la Masse a été jugée comme <b>négligeable</b> grâce à la mise en place de mesure d'évitement, de réduction et au regard des surfaces favorables disponibles sur l'ensemble du domaine skiable. Par conséquent, aucune incidence cumulée n'est à retenir.</p>

*Mesure de réduction MR3 à revoir pour améliorer la qualité de la revégétalisation.*

La demande de compléments relative au projet d'agrandissement des Echauds II stipulait l'utilisation d'un mélange grainier composé de semences locales et « plus intéressant écologiquement » que le mélange « 3 Vallées » utilisé habituellement par la SEVABEL pour la revégétalisation des secteurs mis à nu.

Un mélange de semences labellisées « Végétal-local » a donc été élaboré par Phytosem :

N° de devis : 213106	
Pelouses d'altitude rocailleuse et acidiphile	
A Gap, le 17/12/2021	
Dose de semis conseillée	5g/1m <sup>2</sup> = 50kg/1ha
Surface approximative à revégétaliser	2,9 ha
Prix du mélange par kg	399,42 € HT
Prix du mélange pour 1 ha	19 971 € HT
<b>PRIX TOTAL</b>	<b>59 913 € HT</b>

ESPECES	VARIETES	% MEL.	REMARQUES
Achillea millefolium	Achillée millefeuille	2,00 %	Végétal local Alpes
Anthyllis vulneraria sub. alpestris	Anthyllide vulnéraire	10,00 %	Végétal local alpes/type simple production Alpes du sud
Poa alpina	Paturin alpin	10,00 %	Végétal local alpes/type simple
Trifolium alpinum	Trèfle alpin	0,50 %	Végétal local Alpes
Poa alpina, Festuca laevigata, Anthyllis vulneraria subsp alpestris, Cerastium arvense subsp stricum, Trifolium pratense subsp villosum, Plantago serpentina, Alchemilla sp, Alopecurus alpina	Mélange collecté directement, Prairie alpine	77,50 %	Végétal local Alpes
		100,00 %	

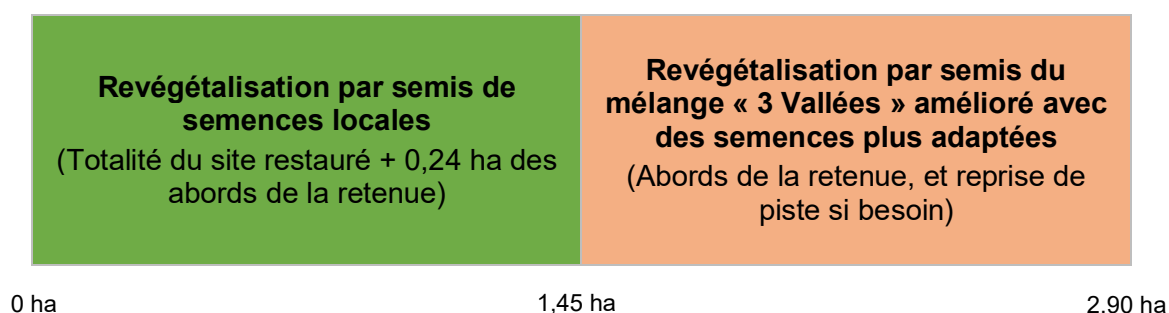
Pour revégétaliser l'intégralité des zones de travaux, environ 60 000 € HT pour l'achat des semences serait à prévoir. L'investissement est assez conséquent et l'emploi de semences locales pour la revégétalisation n'apporte aucune garantie en termes de germination et de reprise des semis en milieu naturel.



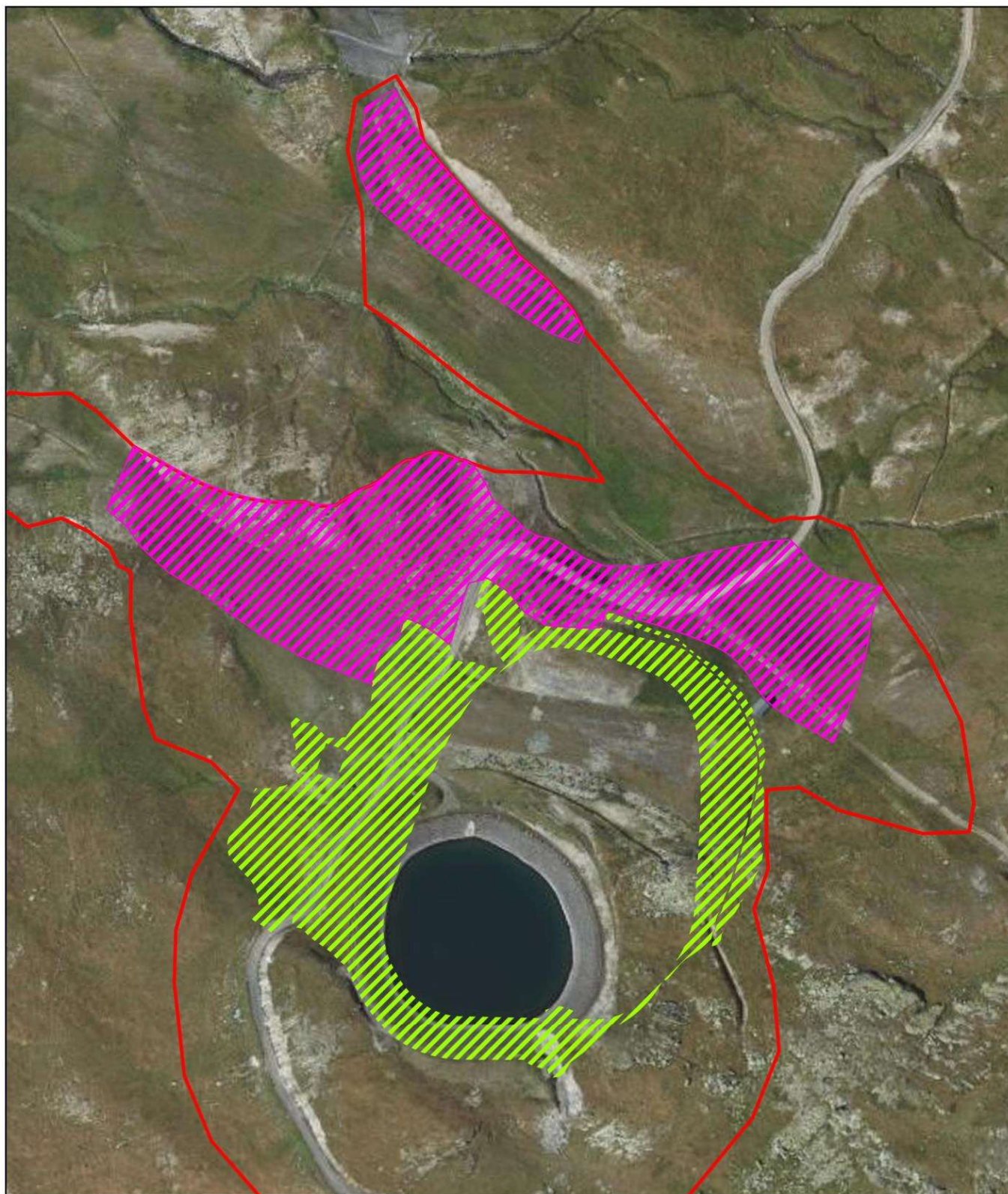
<b>SURFACES CONCERNEES PAR LA MR3 (REVEGETALISATION PAR APPORT DE GRAINES)</b>	
ABORDS DE LA RETENUE	1,69 ha
SITE COMPENSATOIRE	1,21 ha
<b>TOTAL</b>	<b>2,90 ha</b>
<i>EN CAS DE BESOIN :</i> EMPRISES DES TRAVAUX DE REPRISE DE PISTES	2,5 ha

La SEVABEL s'engage à revégétaliser la moitié de la surface prévue à l'aide d'un mélange de semences locales, soit environ 1,45 ha correspondant à la totalité du site compensatoire et environ 0,24 ha sur les emprises de travaux à revégétaliser et non concernées par l'étrépage (abords de la retenue). Ces surfaces seront donc revégétalisées à l'aide de semences labélisées « Végétal local » visant la recréation d'une végétation de pelouse de montagne, selon le guide SemLesAlpes.

Le reste de la surface (1,45 ha) sera revégétalisé à l'aide du mélange « 3 Vallées », qui sera amélioré avec des semences plus adaptées aux milieux de pelouses rocailleuses d'altitude.



Sur le site compensatoire qui sera remis en état, un léger apport de compost pourra être réalisé. Un suivi de secteur revégétalisé sera mis en place pour une période de 5 ans.



**LÉGENDE**

 Zone d'étude

**Secteurs d'application de la MR3 :**

 Abords retenue finale - Semis Semences locales (0,24 ha) + "3 Vallées" amélioré

 Emprise des travaux de reprise de pistes (en cas de besoin)



0 40 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 11/01/2022





**LÉGENDE**

-  Zone d'étude
-  Site de compensation issu de l'observatoire environnemental

**Secteurs d'application de la MR3 :**

-  Site de compensation - Semis de semences locales (1,21 ha)



0 50 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 11/01/2022

*Précisions et améliorations à apporter pour la mesure de réduction MR4, avec un objectif surfacique et une localisation des secteurs concernés.*

La mesure d'étrépage de la végétation qui sera réalisée concernera :

> L'entièreté des milieux naturels présents sur l'emprise du réseau neige et quand le substrat le permettra (étrépage impossible si substrat trop rocheux). Sur l'emprise du réseau neige, l'étrépage sera réalisé à l'avancement, au fur et à mesure des travaux d'enfouissement des conduites.

> Les zones de présence des plantes-hôtes protégées, en tant qu'habitat de reproduction de certains Rhopalocères (Apollon / Orpin et Joubarbes, Azuré du Serpolet / Thyms). Pour les secteurs qui seront définitivement perdus, les mottes de plantes-hôtes seront acheminées directement vers le site de compensation (voir mesure MC\_1 présentée dans la suite du document)

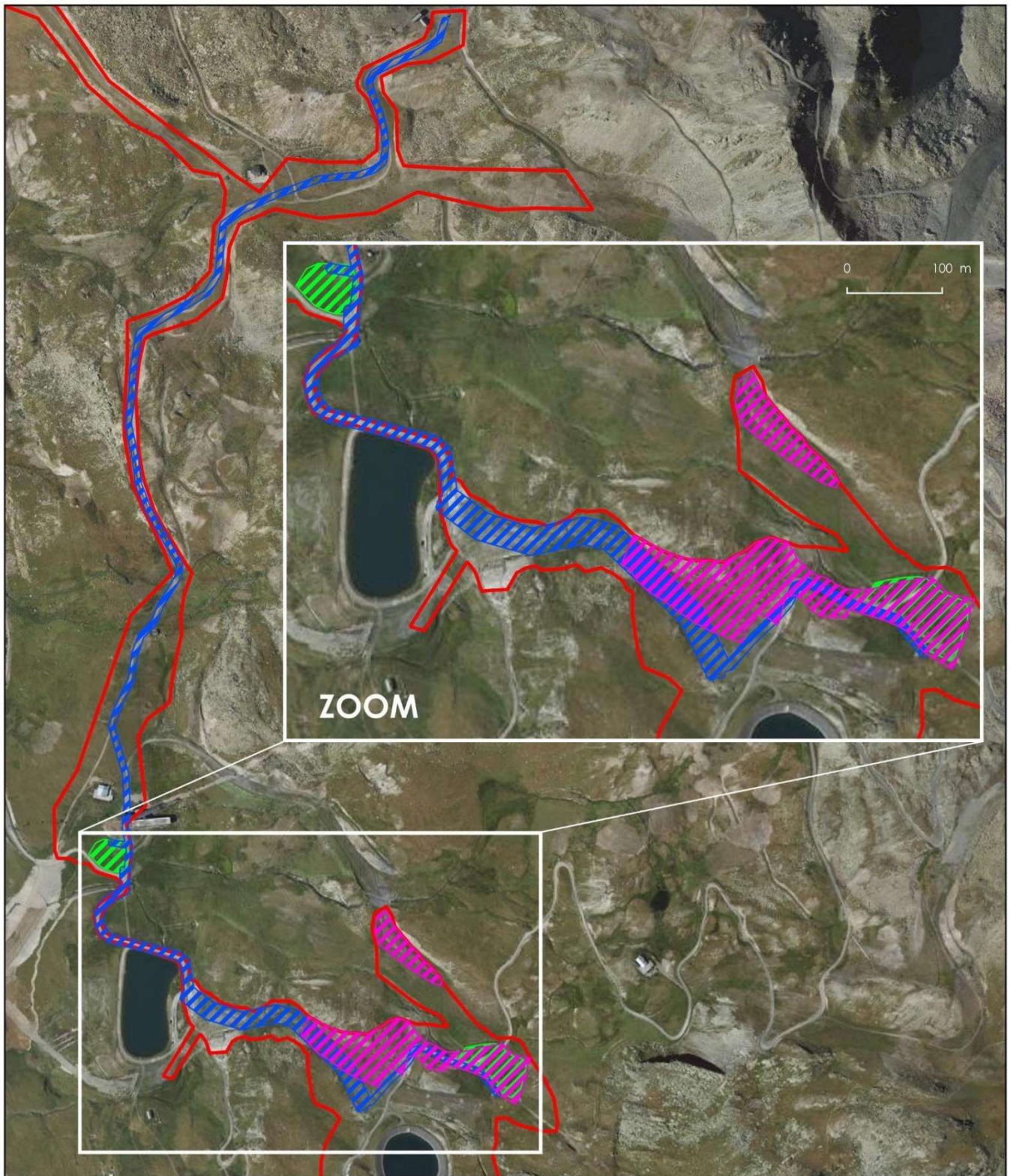
> Les secteurs de travaux de requalification de pistes et quand le substrat le permettra (étrépage impossible si substrat trop rocheux). Les mottes étrépagées devront être stockées temporairement le temps du chantier, puis redéposées en lieu et place à la fin des travaux de reprise de pistes. Si au terme des travaux, les mottes étrépagées s'avéraient insuffisantes pour couvrir une surface qui soit pertinente et satisfaisante, un apport de semences pourra venir compléter la revégétalisation de ce secteur.

Les abords de la retenue seront revégétalisés à l'aide du mélange grainier et selon les modalités présentées dans la mesure MR\_3.


<b>SURFACES CONCERNEES PAR LA MR4 (ETREPAGE DE LA VEGETATION)</b>	
EMPRISE DU RESEAU NEIGE – ETREPAGE A L'AVANCEMENT	3,0 ha
INSTALLATIONS DE CHANTIER – ETREPAGE AVEC STOCKAGE	0,28 ha
EMPRISES DES TRAVAUX DE REPRISE DE PISTES – ETREPAGE AVEC STOCKAGE	2,5 ha
<b>TOTAL</b>	<b>5,78 ha</b>




Localisation de la MR4



LÉGENDE

 Zone d'étude

Secteurs d'application de la MR4 :

 Emprise des travaux de reprise de pistes - Etrépage avec stockage

 Installations de chantier - Etrépage avec stockage

 Emprise du réseau neige - Etrépage à l'avancement



0 100 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 15/12/2021

*Mesures de réduction des impacts sur les oiseaux à améliorer.*

Pour rappel, aucun nid au sol d'oiseaux n'a été observé lors des prospections 2018, 2019 et 2021, sur la zone d'étude.

Les mesures mises en place pour l'avifaune sont :

- MR\_3 : Végétalisation des sols remaniés

Un mélange grainier sera utilisé afin de revégétaliser certaines zones. Il sera composé de semences labélisées « Végétal local » et correspondra à une végétation de pelouses de montagnes, selon le guide SemLesAlpes. Ce mélange sera disposé sur les abords de la retenue et sur le site dégradé qui sera remis en état. Sur les sols fins, un apport de compost pourra être réalisé.

- MR\_4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige

Cette mesure d'étrépage sera effectuée sur tous les habitats favorables à la nidification des oiseaux, ce qui évitera la nécessité de réaliser la mesure MR\_8, jugée contradiction avec la présente mesure MR\_4. La mesure MR\_4 « Etrépage sur la tranchée du réseau neige » est donc améliorée pour concerner toutes les surfaces favorables à la nidification au sol des passereaux (sauf les abords de la retenue), et non pas que la surface du réseau neige.

- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux

Cette mesure est centrale pour réduire l'impact sur les populations d'oiseaux. En effet, la période de reproduction est la plus sensible pour ce taxon, où les adultes pondent et couvent, et donc où le moindre dérangement peut avoir pour conséquence l'échec de la reproduction et donc la mort d'individus, ou encore que les œufs ou les juvéniles non volants ne peuvent pas s'enfuir face aux engins de chantier.

Les travaux de terrassement ont lieu dès le dégel, les couples nicheurs ne choisiront pas un site avec un tel dérangement liés aux engins, au bruit, à la poussière et aux vibrations. De plus, il existe une très grande surface d'habitats équivalents sur le domaine skiable (environ 2 435,48 ha) et à proximité directe de la zone d'étude également. Ainsi, il est très peu probable qu'un couple nicheur s'installe dans les secteurs impactés. L'impact est donc fortement réduit grâce à cette mesure MR\_6.

Cette mesure ne peut donc pas être améliorée pour réduire l'impact sur les populations d'oiseaux.

Il est indiqué ici que le phasage des travaux s'étendra sur un délai très court, contraint par la réalisation des travaux entre 2 périodes de neige, ce qui ne permet pas de sectoriser les travaux pour intervenir sur les zones favorables à l'avifaune après la mi-août. En revanche, sur certains secteurs, il est rappelé que les travaux commenceront avant la fonte des neiges (déneigement des zones de travaux) ou juste après, rendant ces zones non favorables à la nidification avant les périodes de reproduction de l'avifaune.

- MR\_7 : Mise en place de dispositifs effaroucheurs

Cette mesure a justement pour principe de générer un dérangement pour que l'avifaune ne niche pas sur des secteurs de chantier, afin d'éviter toute destruction d'individus d'espèces protégées. Les zones favorables impactées, c'est-à-dire hors cours d'eau (habitats EUNIS « C »), retenue actuelle, route et habitation (habitats EUNIS « J »), représentent environ 7,16 ha, et seront donc effectivement indisponibles pendant une saison de reproduction. Mais



l'ensemble des habitats à proximité sont également favorables à la reproduction. Pour rappel, il existe une très grande surface d'habitats équivalents sur le domaine skiable (2 435,48 ha). L'année suivant les travaux, ces secteurs seront de nouveau favorables, à part les 1,21 ha qui ont été impactés pour l'extension de la retenue, et la création de la salle des machines.

Cette mesure ne peut donc pas être améliorée pour réduire l'impact sur les populations d'oiseaux.

- MC 1 : Restauration d'un site dégradé (voir p.41)

Cette nouvelle mesure consistera à remodeler des secteurs actuellement complètement dégradés, et les revégétaliser pour les rendre attractifs à l'avifaune. Cette mesure n'est pas une mesure de réduction, mais permettra un meilleur équilibre entre les enjeux et les impacts du projet, vis-à-vis de l'avifaune.

*Mesures de réduction des impacts pour l'habitat des papillons, à revoir pour supprimer des contradictions.*

Les mesures mises en place pour les rhopalocères sont :

- MR 3 : Végétalisation des sols remaniés

Un mélange grainier sera utilisé afin de revégétaliser certaines zones. Il sera composé de semences labélisées « Végétal local » et correspondra à une végétation de pelouses de montagnes, selon le guide SemLesAlpes. Ce mélange sera disposé sur les abords de la retenue et sur le site dégradé qui sera remis en état. Sur les sols fins, un apport de compost pourra être réalisé.

- MR 4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige

**La mesure MR\_4 « Etrépage sur la tranchée du réseau neige » est donc améliorée** pour concerner toutes les surfaces favorables à la nidification au sol des passereaux (sauf les abords de la retenue), et non pas que la surface du réseau neige.

- MR 8 : Arrachage des thyms et orpins/joubarbes

L'Apollon et l'Azuré du serpolet sont effectivement des espèces protégées par l'article 2, qui protègent ainsi les habitats de reproduction de ces derniers. Cette mesure est donc abandonnée, car remplacée par l'amélioration de la mesure MR\_4 d'étrépage, qui à la base n'était destinée qu'au réseau neige, et qui maintenant sera effectuée également pour le remodelage des pistes.

- MC 1 : Restauration d'un site dégradé (voir p 41)

Cette nouvelle mesure consistera à remodeler des secteurs actuellement complètement dégradés, et les revégétaliser pour les rendre attractifs aux rhopalocères. Cette mesure n'est pas une mesure de réduction, mais permettra un meilleur équilibre entre les enjeux et les impacts du projet, vis-à-vis des espèces de papillons diurnes.

**Propositions à faire pour des espèces patrimoniales non protégées.**

Deux nouvelles mesures sont présentées dans ce document, il s'agit des mesures de compensation MC\_1 : restauration d'un site dégradé (voir p 41), et MC\_2 : création d'une mare (voir p 44).

La mesure MC\_1 consistera à remodeler des secteurs actuellement complètement dégradés, et les revégétaliser pour les rendre attractifs aux rhopalocères et aux oiseaux. Néanmoins, cette mesure profitera également aux mammifères pouvant s'y reproduire.

La mesure MC\_2 apportera un nouvel habitat permettant une mosaïque plus intéressante pour la faune en général.

Pour rappel, la patrimonialité n'a aucune définition réglementaire.

Dans un guide du Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, de mai 2013, une définition d'une espèce patrimoniale est proposée :

« Les espèces pour lesquelles le niveau de rareté et de menaces les concernant est tel qu'il y a un doute sérieux quant à son maintien dans un bon état de conservation à l'échelle régionale lorsqu'elles subissent une destruction ou une dégradation de leur site de reproduction ou de leur aire de repos. Globalement, lorsque la connaissance est suffisamment développée et caractérisée au niveau régional, il s'agit d'une espèce déterminante de zone naturelle d'intérêt écologique faunistique ou floristique (ZNIEFF), ou au moins proche de la menace ou menacée (correspondant aux statuts de menace selon la classification de l'Union internationale pour la conservation de la nature : NT = quasi menacée, VU = vulnérable, EN = en danger, CR = en danger critique d'extinction) ».

La méthodologie employée par le bureau d'étude KARUM pour la justification des enjeux est la suivante :

« Les enjeux relatifs à chaque espèce sont définis en croisant leur statut de protection, leur statut menacé ou non sur la liste rouge régionale, et leur utilisation de leur zone d'étude, selon le tableau suivant » :

Espèces	Espèces reproductrices ou en hivernage sur la zone d'étude	Espèces de passage sur la zone d'étude (transit ou alimentation)
Espèces, protégées ou non, menacées en Rhône-Alpes (statuts VU, EN ou CR sur liste rouge) + galliformes de montagne	ENJEU FORT	ENJEU FAIBLE A MOYEN selon les cas
Espèces protégées, mais non menacées en Rhône-Alpes	ENJEU MOYEN	ENJEU FAIBLE
Espèces non protégées et non menacées en Rhône-Alpes	ENJEU FAIBLE	ENJEU FAIBLE

L'ensemble des espèces à enjeux moyen à fort ont bien été prises en compte dans l'étude.

Ainsi, les espèces d'oiseaux menacées et non protégées, comme l'Alouette des champs, profitent des mêmes mesures que les espèces d'oiseaux protégées.



Les espèces de rhopalocères pouvant être considérées comme patrimoniales selon le guide du Ministère de l'Ecologie, du développement durable et de l'Energie, de mai 2013 sont :

- > L'Azuré du Mélilot
- > L'Hespérie de l'Alchémille
- > Le Mélitée de la gentiane
- > Le Moiré fauve

Pour rappel, les habitats impactés hors cours d'eau (habitats EUNIS « C »), retenue actuelle, route et habitation (habitats EUNIS « J »), représentent 7,16 ha, dont seulement 1,21 ha de manière permanente, alors que 2 435,48 ha d'habitats similaires sont présents sur le domaine skiable soit une dégradation de 0,29%, et une perte permanente de 0,05% (extension retenue).

Ces espèces profiteront des mesures de :

- ME\_2 : Mise en défens des zones écologiquement sensibles attenantes aux emprises de travaux
- MR\_3 : Végétalisation des sols remaniés
- MR\_4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige (et autres secteurs terrassés)
- MR\_6 : Adaptation du calendrier des travaux
- MC\_1 : Restauration d'un site dégradé = mesure de compensation destinée à l'avifaune, les rhopalocères et la faune en général (voir p 41)

Les espèces de mammifères pouvant être considérées comme patrimoniales sont :

- > Le Cerf élaphe (données 2021)
- > La Marmotte des Alpes
- > Lièvre variable

Il est précisé dans l'étude que le Cerf élaphe, comme les autres espèces de grand gibier, n'utilise la zone que comme secteur de transit ou de nourrissage.

La Marmotte des Alpes, n'est ni protégée, ni menacée d'extinction en Rhône-Alpes, mais elle est chassable en Savoie sans quota. « Entre 300 et 400 marmottes [...] sont chassées chaque année en Savoie » (cf Régis Clappier, président de la fédération de chasse de Savoie pour le magazine « La Savoie », le 14/09/2021). Elle est uniquement déterminante ZNIEFF en zone alpine.

Sur la zone d'étude, ce sont 2 individus qui ont été observés en 2018, et 4 en 2021.

Sur le domaine skiable, ce sont 186 individus qui ont été observés depuis 2018 (48 en 2018, 95 en 2019, et 43 en 2020), alors que cette espèce n'est pas forcément ciblée par les inventaires, et que tout le domaine skiable n'est pas prospecté chaque année (échantillonnage).

Le Lièvre variable semble se reproduire en dehors de la zone d'étude car il « fréquente les habitats rocheux à proximité du site pour se reproduire » selon l'étude d'impact. L'espèce n'est donc pas impactée par le projet et ses différents types de travaux.

La Marmotte des Alpes et le Lièvre variable seront néanmoins bénéficiaires des effets des mesures de compensations qui améliorent la qualité des habitats naturels présents à proximité du projet (voir ci-après p 41). Ces mesures n'étaient pas présentées dans l'étude d'impact et sont donc de complètes nouveautés dans le projet.

*Demande de dérogation à faire porter aussi sur l'ensemble des oiseaux reproducteurs et le lézard vivipare.*

Pour rappel, les incidences sur les habitats favorables à la nidification des oiseaux nicheurs au sol ne concernent que 7,16 ha au total, dont 1,21 ha de manière permanente (extension de la retenue).

En effet, les habitats naturels favorables à la reproduction des oiseaux nicheurs au sol sont les milieux prairiaux, de gazons, et éboulis. Ainsi, les cours d'eau (habitats Eunis « C »), la retenue actuelle, les routes ou les habitations (habitats Eunis « J »), ne sont pas pris en compte dans le calcul de surface d'habitats naturels favorables impactés.

A l'échelle du domaine skiable, ce sont 2 435,48 ha d'habitats naturels équivalents, également favorables à la reproduction de l'avifaune au sol. L'impact sur les habitats potentiellement favorables à la nidification sur la zone d'étude, ne représente donc que 0,29% à l'échelle du domaine skiable en habitats équivalents, dont seulement 0.05% détruits de manière permanente.

Pour les rhopalocères, ce tableau ci-dessous résume les impacts sur la destruction d'habitat :

Enjeux	Habitat de reproduction	Surface disponible sur le domaine skiable	Surface disponible sur la zone d'étude	Surface totale impactée par le projet	Surface permanente impactée	Perte relative d'habitats par rapport au domaine skiable
Apollon	Habitats à Orpin et Joubarbe	690 ha	1,1 ha	0,6 ha	0,5 ha	~ 0,08 %
Azuré du Serpolet	Habitats à Thym serpolet	1700 ha	8 ha	2,6 ha	1,2 ha	~ 0,15 %
Solitaire	Habitats à Airelle des marais	660 ha	2,6 ha	1,5 ha	0,3 ha	~ 0,05 %

A part les surfaces impactées de manière permanente (extension de la retenue), les autres surfaces impactées par le réseau neige ou le remodelage de piste seront étreppées à l'avancement, et les sols remaniés (actuellement peu favorables), seront revégétalisés. Au vu des habitats favorables à l'échelle du domaine skiable, l'impact résiduel avait été jugé négligeable.

Néanmoins, un CNPN ciblé sur le Triton alpestre et la dégradation d'habitat de reproduction de l'Azuré du serpolet a été déposé en 2020.

L'ajout des passereaux protégés potentiellement nicheurs, et de toutes les espèces de rhopalocères et d'amphibiens protégés potentiellement impactés, semble permettre un meilleur encadrement réglementaire sur de potentiels impacts résiduels après mesures, même s'ils ont été considérés comme négligeables.



Précisions systématiquement à apporter concernant les surfaces d'habitats impactés.

NATURE DE L'INCIDENCE TEMPORAIRE	CODE	SURFACE IMPACTEE (M <sup>2</sup> )	MESURES DE REDUCTION	SURFACE REHABILITEE APRES MESURES
REQUALIFICATION PISTE	E2.1	3542,94	Etrépage avec stockage + Revégétalisation par semis	100 %
	E4.31	4173,88		100 %
	E4.31 x E5.1	1372,86		100 %
	E4.31 x H2.31	3387,81		100 %
	E4.31 x H5.36	4886,35		100 %
	E5.1	4,51		100 %
	E5.1 x H5.36	1114,79		100 %
	F2.2A	365,53		100 %
	H2.31	193,9		100 %
	J4.2	1646,07		-
REQUALIFICATION PISTE NORD	E2.1 x E5.1	887,9	Etrépage avec stockage + Revégétalisation par semis	100 %
	E5.1	3057,03		100 %
RESEAU NEIGE	C2.2	14,66	Etrépage à l'avancement	100 %
	C2.5	325,28		100 %
	E2.1	216		100 %
	E4.31	3066,11		100 %
	E4.31 x E5.1	2545,36		100 %
	E4.31 x H2.31	4,64		100 %
	E4.31 x H5.36	10463,68		100 %
	E5.1	1533,23		100 %
	E5.1 x H2.31	157,94		100 %
	E5.1 x H5.36	2558,44		100 %

	F2.2A	8203,44		100 %
	H2.31	38,23		100 %
	H5.36	378,49		100 %
	J4.2	8203,44		-
	J1	36,84		-
	E2.1	1671,58		100 %
	E4.31	4681,48		100 %
	E4.31 x E5.1	2874,24		100 %
	E4.31 x F2.2A	671,65		100 %
	E4.31 x H2.31	170,24		100 %
	E4.31 x H5.36	7045,7		100 %
	E4.3411	805,41		100 %
	E5.1	2611,64		100 %
	H5.36	4306,75		100 %
	J4.2	1550,15		-
	J5.33	13003,25		-
	E2.1	88,81		100 %
	E5.1 x H5.36	136,7		100 %
<b>ZONE DE DEPOT AMONT</b>				
	E4.31	2555,56		100 %
<b>ZONE DE DEPOT AVAL</b>				
			Revégétalisation par semis	
			Etrépage avec stockage	
			Etrépage avec stockage	



> INCIDENCES TOTALES PAR HABITAT NATUREL

INCIDENCES TEMPORAIRES – SURFACES REHABILITEES (RESEAU NEIGE ET TERRASSEMENTS PISTES ET RETENUE)	
C2.2	14,66 m <sup>2</sup>
C2.5	325,28 m <sup>2</sup>
E2.1	5 512,96 m <sup>2</sup>
E4.31	26 974,55 m <sup>2</sup>
E4.3411	246,64 m <sup>2</sup>
E5.1	12 243,505 m <sup>2</sup>
F2.2A	583,8 m <sup>2</sup>
H2.31	2 092,445 m <sup>2</sup>
H5.36	11 813,695 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL HABITATS NATURELS</b>	<b>5,98 ha</b>
J1	36,84 m <sup>2</sup>
J4.2	11 228,38 m <sup>2</sup>
J5.33	3 587,09 m <sup>2</sup>

La somme des surfaces d'habitats naturels détruites, des surfaces réhabilitées, et des habitats anthropiques impactés est égale à la valeur de 9,6 ha présentée en début de document.

INCIDENCES PERMANENTES – SURFACES DETRUITES (RETENUE FINALE ET SALLE DES MACHINES)	
E2.1	450,32 m <sup>2</sup>
E4.31	4 213,74 m <sup>2</sup>
E4.3411	558,77 m <sup>2</sup>
E5.1	787,02 m <sup>2</sup>
F2.2A	138,295 m <sup>2</sup>
H5.36	5 974,375 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL HABITATS NATURELS</b>	<b>1,21 ha</b>
J4.2	171,28 m <sup>2</sup>
J5.33	9 416,16 m <sup>2</sup>

Pour le réseau neige, les surfaces d'incidences considérées ont été calculées sous SIG à l'aide d'un tampon de 5 m de part et d'autre des réseaux. Les codes d'habitats anthropiques de type bâtiments (J1), routes (J4.2) et retenue (J5.33) ont été exclus des surfaces d'habitats naturels impactées.

**Bien que les tableaux retournent des surfaces de cours d'eau impactées (C2.2), ces surfaces sont toutes liées au réseau neige.** Aux endroits où le tracé intercepte des cours, les travaux seront réalisés de manière à passer les conduites sous les busages existants. Seul un cours d'eau, non busé, situé sur la piste Plan Bouquet pourra potentiellement être dévié temporairement pour le passage des conduites lors des travaux. Cependant, ce cours d'eau agit plus comme un drain de piste, et est généralement en assec durant toute la période estivale.

La somme des surfaces d'habitats naturels détruites, des surfaces réhabilitées, et des habitats anthropiques impactés est égale à la valeur de

*Propositions à faire de mesures compensatoires, au moins sur la création ou la restauration d'habitats pour les papillons et l'avifaune.*

Environ 1,21 ha d'habitat vont être détruits de manière permanente (extension de la retenue). Afin d'apporter une plus-value écologique, 2 mesures compensatoires ont été ajoutées au dossier :

> **Restauration d'un site dégradé en faveur de l'avifaune et des rhopalocères**, sur des sites dégradés identifiés dans le cadre de l'observatoire environnemental KARUM du domaine skiable des Menuires (présentée ci-dessous).

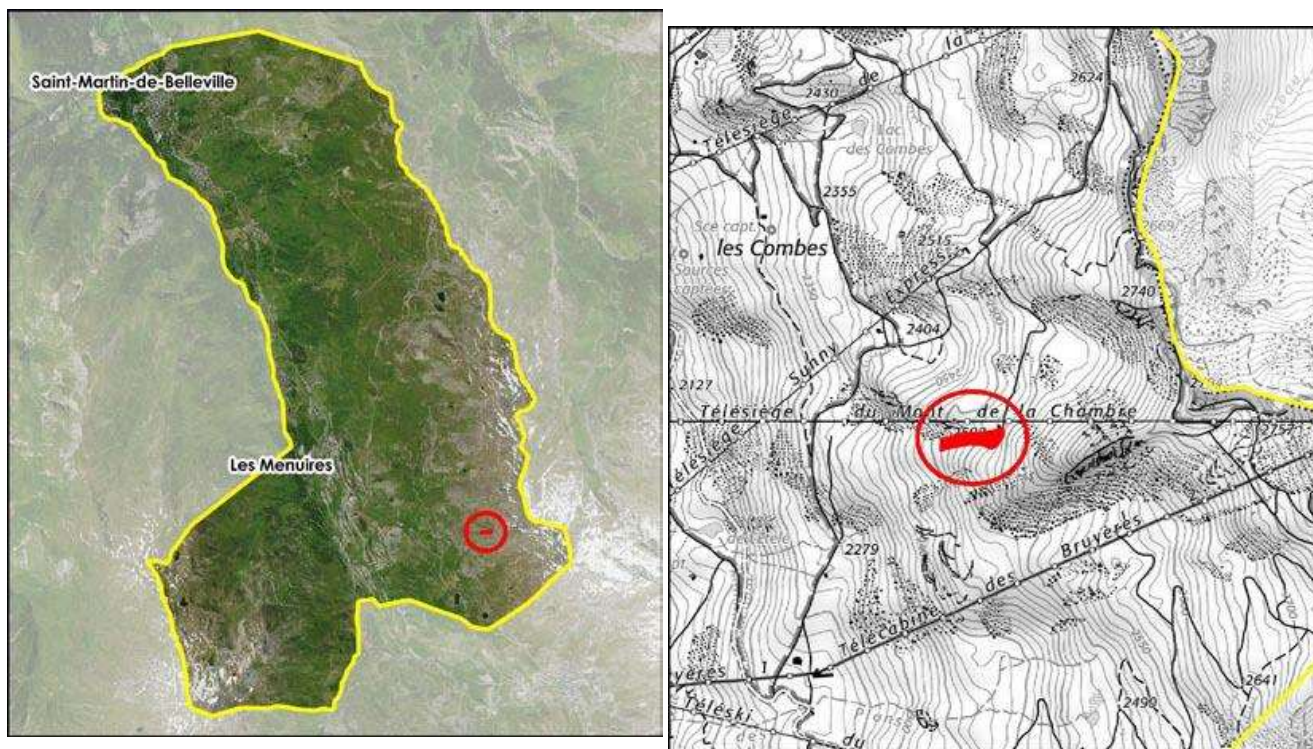
> **Création d'une mare**, à proximité de la retenue finale, où seront déplacés les amphibiens (présentée ci-dessous)



## MC\_1 : RESTAURATION D'UN SITE DEGRADE

La zone de restauration est en partie issue de la banque de sites de restauration potentiels identifiés dans le cadre de l'observatoire environnemental du domaine skiable des Menuires (site « *Sous le TSD Mont de la Chambre – Cote 2508 m* »). Le site a été étendu sur des secteurs de pistes dégradées attenantes afin d'atteindre la surface de 1,21 ha.

### > Localisation



### > Caractéristiques principales

Surface ≈ 1,21 ha (surface SIG)

Altitude : 2390 - 2540 m

Maîtrise foncière : commune des Belleville

### > Eléments de contexte

#### Paysage

Anciennes pistes de ski terrassées partiellement végétalisées

#### Ecologie

> Habitats naturels : pelouses écorchées et éboulis grossiers en bordure du site

> Flore : -

> Faune : abords naturels du site favorables au nourrissage et à la reproduction de l'avifaune (passereaux) et des rhopalocères locaux

#### Environnement humain

Domaine skiable : site rattaché à d'anciennes pistes de ski terrassées abandonnées

**> Protocole de restauration**

- > Apport de compost naturel local, si nécessaire, et sur l'ensemble des secteurs à sols très rocailleux et non végétalisés.
- > Semis du mélange de semences labélisées « Végétal local », selon une densité de 50 kg/ha.

**> Bilan**

> Site non diagnostiqué en 2019 par KARUM, mais validé par la SEVABEL comme potentiellement valorisable dans le cadre d'une opération de restauration écologique avec « effacement » par modelés de terrain du tracé terrassé de la piste de ski abandonné, puis création de surfaces de pelouses écorchées d'altitude et d'éboulis grossiers épars.

> Une fois renaturé, site favorable à l'avifaune locale.

> Site pouvant recevoir des excédents de déblais en provenance de chantiers proches dans l'objectif « d'effacer » le tracé de l'ancienne piste de ski.





**LÉGENDE**

-  Zone d'étude
-  MC1 : Restauration d'un site dégradé (1,21 ha)



0 50 m



Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 11/01/2022

## MC\_2 : CREATION D'UNE MARE

### > Localisation

Cette mare sera localisée à moins de 50 m de la retenue finale.

### > Matériel

- > Une bâche imperméable type EPDM de 0,8 à 1mm d'épaisseur et d'environ de 17 m x 14 m de surface
- > 2 feutrines type BIDIM, d'environ de 17 m x 14 m de surface
- > Une mini-pelle

### > Description

La mare sera d'une surface d'environ 100 m<sup>2</sup>, pour une profondeur allant jusqu'à environ 1m au maximum et si la profondeur de sol sur le secteur le permet (profondeur minimum requise d'environ 15 cm).

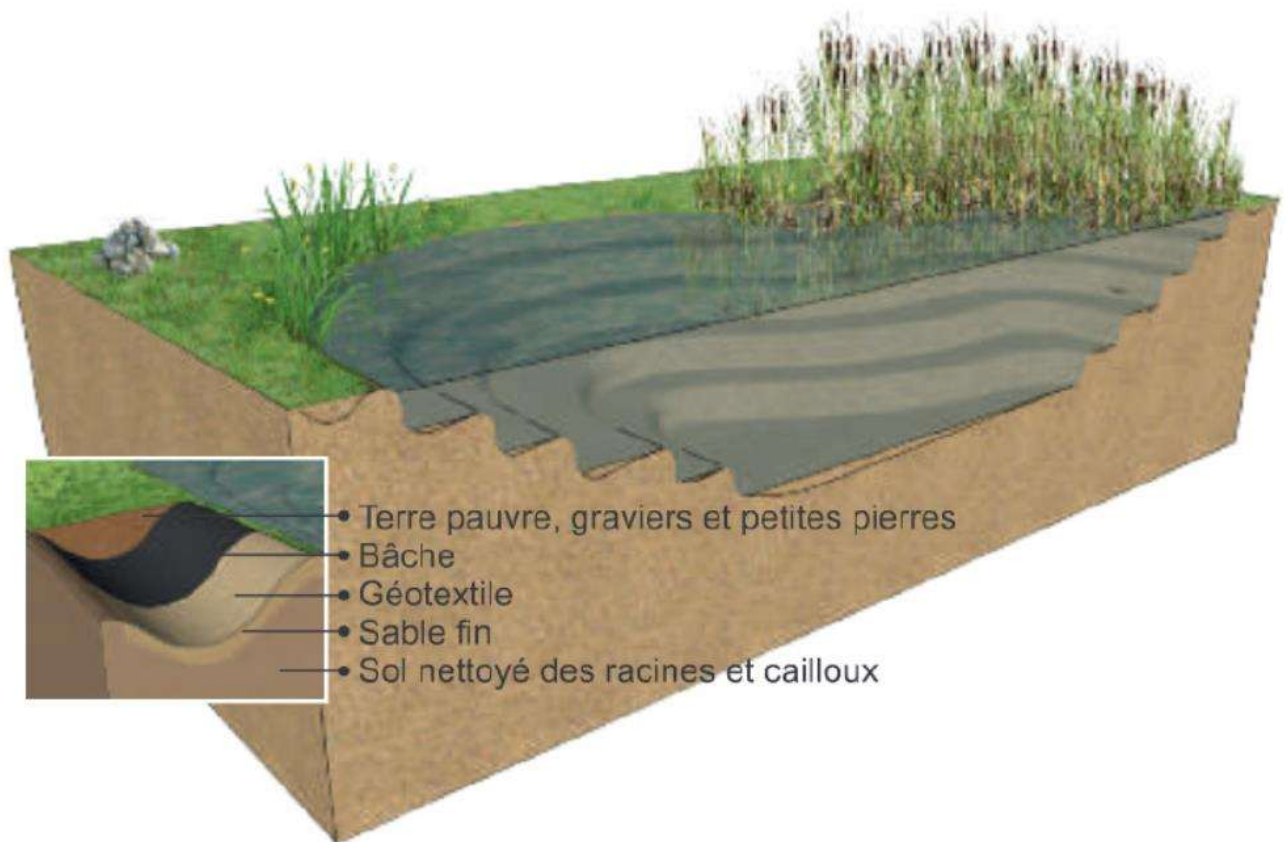
Cette surface de 100 m<sup>2</sup> est arbitraire, mais a été réfléchi de manière à être assez grande pour pouvoir accueillir plusieurs centaines d'individus de Triton alpestres et de Grenouille rousses qui seront déplacés lors des opérations prévues dans le cadre de l'agrandissement de la retenue des Echauds II.

La mare sera réalisée selon les étapes suivantes :

- > Etrépage de la végétation sur l'emprise de la future mare (100 m<sup>2</sup> environ) et stockage des mottes à proximité, sur une zone sans enjeux écologiques et durant la durée des travaux
- > Idéalement la mare ne sera pas ronde et adoptera une forme plus sinueuse
- > Réalisation d'une tranchée autour de la mare (avec étrépage), d'environ 20 cm sur 20 cm, pour coincer la bâche et les feutrines qui seront installées à l'aide de pierres
- > Réalisation de la mare à l'aide d'une mini-pelle : affouillement de la terre sur environ 1,20 m, et profilage des berges en pente très douce avec plusieurs niveaux (3 niveaux maximum) afin de permettre l'installation de plusieurs cortèges floristiques
- > Tassement de la terre et retrait des cailloux contondants sur l'emprise de la mare
- > Installation du premier BIDIM
- > Installation d'une bâche en caoutchouc type EPDM (Ethylène-propylène-Diène Monomère), de 0,8 à 1 mm d'épaisseur et dessus le BIDIM
- > Installation du deuxième BIDIM, par-dessus la bâche d'imperméabilité
- > Blocage des bâches dans la tranchée à l'aide grosses pierres
- > Dépôt des mottes pour refermer la tranchée
- > Dépôt des mottes de végétation sur les berges et les abords de la mare

La zone étant pâturée aux alentours, la mare sera mise en défens durant les premières années afin de favoriser le retour d'une végétation sur les bords de la mare.








Source : Groupe Herpétologique Rhône-Alpes

Localisation de la MC2



**LÉGENDE**

-  Zone d'étude
-  Emprise de la retenue finale et de la salle des machines
-  Emprise de la mare recréée



0 40 m



Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022



## 2. Zones humides et habitats de zones humides

*Reprendre la délimitation des zones humides potentiellement impactées par l'extension du réseau d'enneigement et apporter des précisions sur le tracé de ce réseau, conformément à ce qui a été constaté lors de la visite de terrain du 1er juillet 2021, avec analyse complémentaire des impacts sur ces zones et déclinaison de la séquence ERC.*

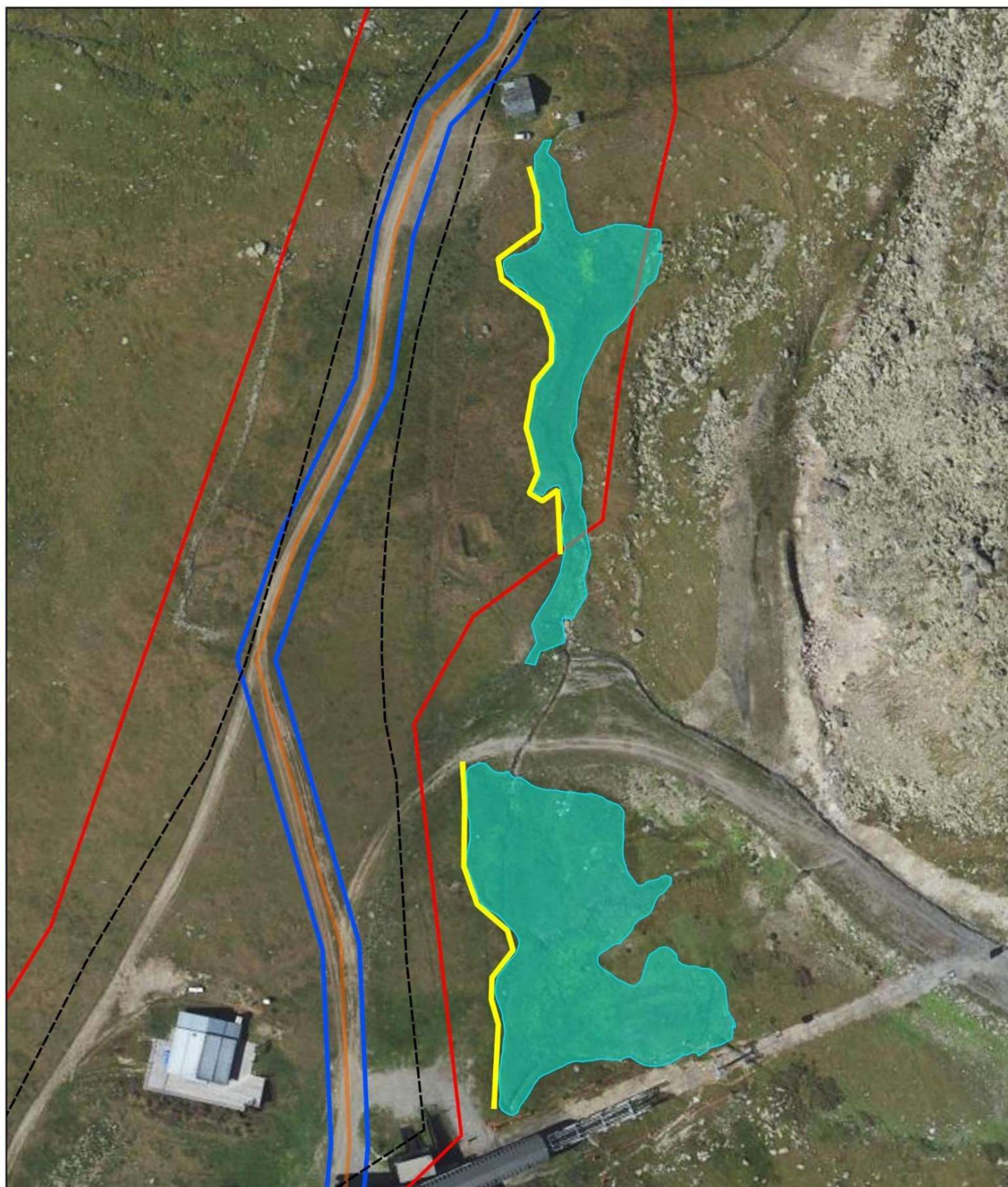
Comme observé et constaté sur site lors de la visite du 01/07/21 en présence des services de l'Etat (DREAL, DDT et OFB), **l'emprise de la zone humide est beaucoup plus réduite que celle présentée initialement dans le dossier.**

Une campagne d'inventaire complémentaire a donc été réalisée durant l'été 2021 par un botaniste afin de préciser les contours de la zone humide à l'aide du critère végétation.

Au final, aucun impact du réseau neige (et du projet plus largement) n'est à retenir sur des habitats caractéristiques de zones humides (réseau neige traversant dans la nardaie et non dans les zones humides).

Sur un secteur, proche de la gare de départ de la TC des Bruyères II, le réseau neige passe à proximité directe d'une partie de la zone humide. Le tracé sera donc adapté de manière à ce que le réseau passe suffisamment loin pour ne pas impacter la zone humide présente à cet endroit. Afin d'éviter toute incidence potentielle lors du chantier, sur les zones humides situées à proximité, des mises en défens seront réalisées à l'aide d'un dispositif visible et laissées en place durant toute la durée des travaux, comme stipulé dans l'étude d'impact.

Par conséquent, aucune incidence directe (destruction) ou indirecte (assèchement de l'habitat, etc...) n'est à prévoir sur les zones humides.



**LÉGENDE**

- |                                                                                                          |                                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Zone d'étude         |  Zone à enneiger |
|  Réseaux              |  Mises en défens |
|  Emprise réseau neige |  Zones humides   |



0 20 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 15/12/2021

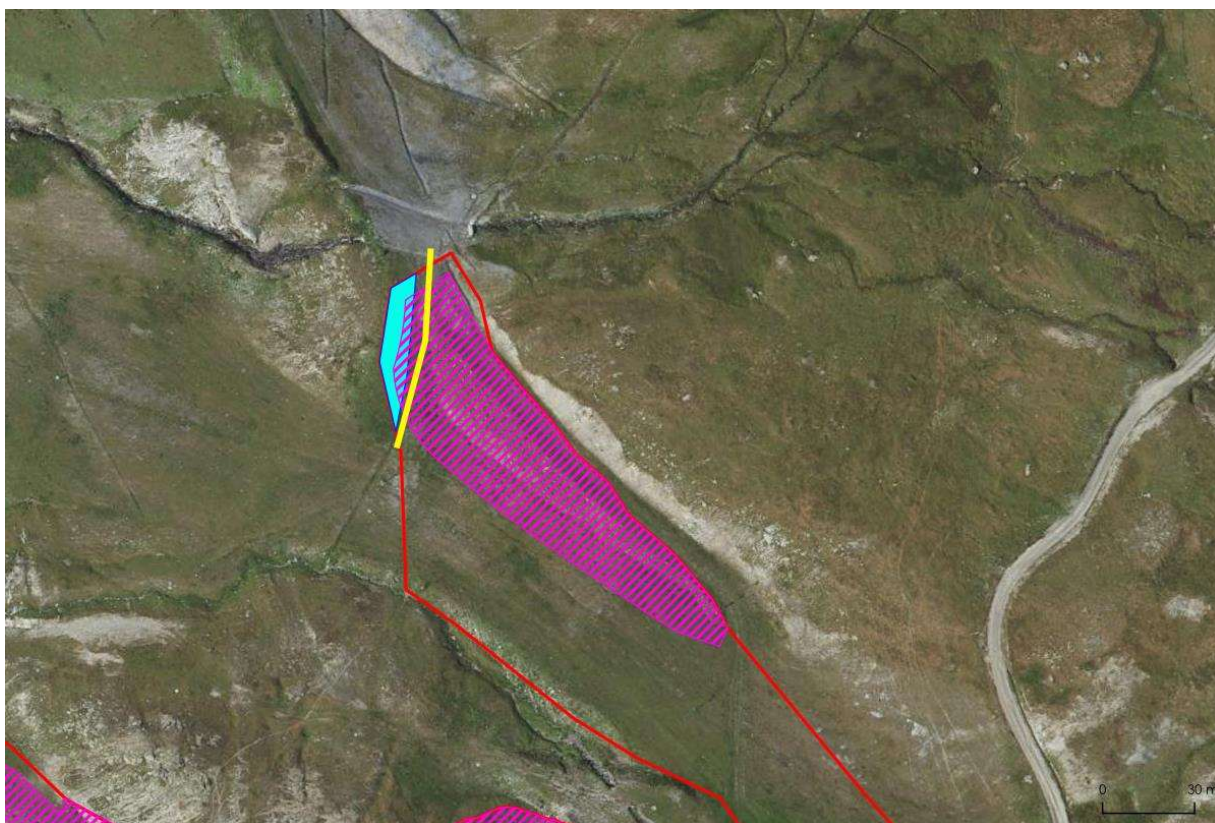


*Précisions à apporter sur l'évitement des habitats humides concernés par l'emprise du remodelage de pistes.*

Les travaux de remodelage de pistes seront effectués de manière à prendre en compte la présence de zones humides à proximité des emprises de chantier :

> La portion de zone humide présente au nord des zones de travaux de pistes sera mise en défens durant toute la durée du chantier afin de ne pas être impactée par les travaux de pistes et par toutes divagations d'engins potentielles.

De plus, les travaux seront réalisés au même niveau que la zone humide (et non en amont), ce qui signifie que les alimentations en eau de la zone humide ne seront pas impactées par les travaux de reprises de pistes.



**LÉGENDE**

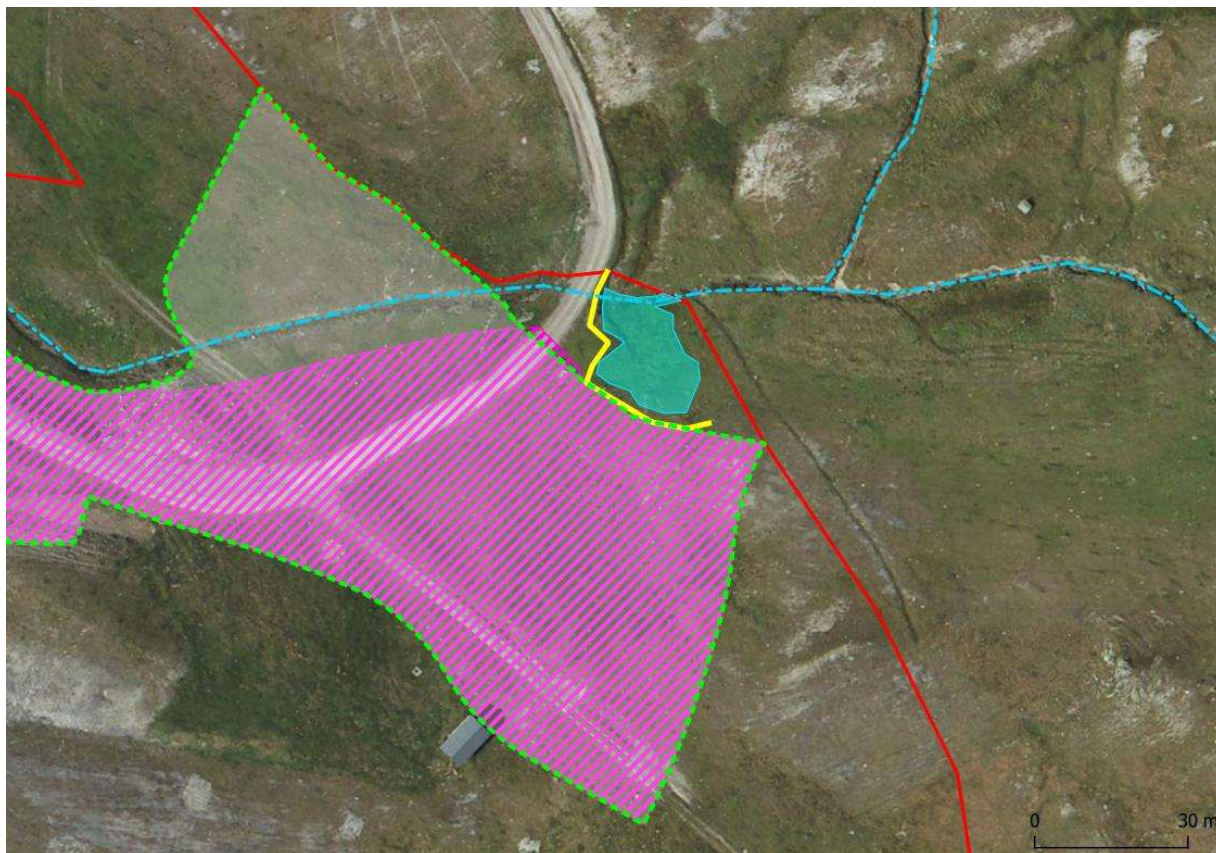
- |                                                                                                     |                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Zone d'étude    |  Zones humides                            |
|  Mises en défens |  Emprise des travaux de reprise de pistes |

Le plan projet des travaux de piste a ainsi été modifié en ce sens (voir annexe 6).

> La zone humide présente à l'Est des zones de travaux de pistes sera mise en défens durant toute la durée du chantier afin de ne pas être impactée par les travaux de pistes, par des dépôts intempestifs, et par toutes divagations d'engins potentielles.

Les travaux seront réalisés en aval de la zone humide, par conséquent aucune incidence n'est à retenir sur les alimentations en eau de la zone humide.

Les travaux de reprise de pistes ont également été modifiés de manière à ne pas impacter le cours d'eau expertisé par l'OFB.



#### LÉGENDE

- |                                                                                                                                       |                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Zone d'étude                                      |  Mises en défens                          |
|  Ancienne emprise des travaux de reprise de pistes |  Zones humides                            |
|                                                                                                                                       |  Emprise des travaux de reprise de pistes |



### 3. Sécurité des ouvrages hydrauliques

Vérification du projet par rapport aux dispositions de l'arrêté technique Barrages.

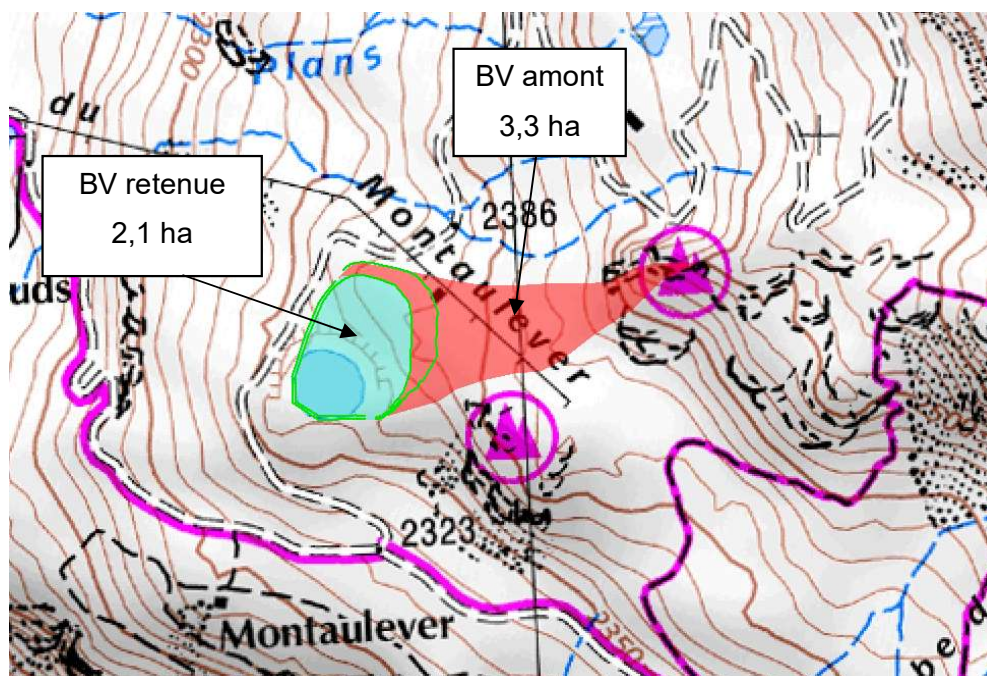
Voir annexe 3

Aléa avalanche: confirmer explicitement que l'ouvrage ne peut pas être impacté.

La zone de projet n'est pas concernée par la CLPA ni par le zonage d'aléa pour le risque avalanches du PPR de la commune.

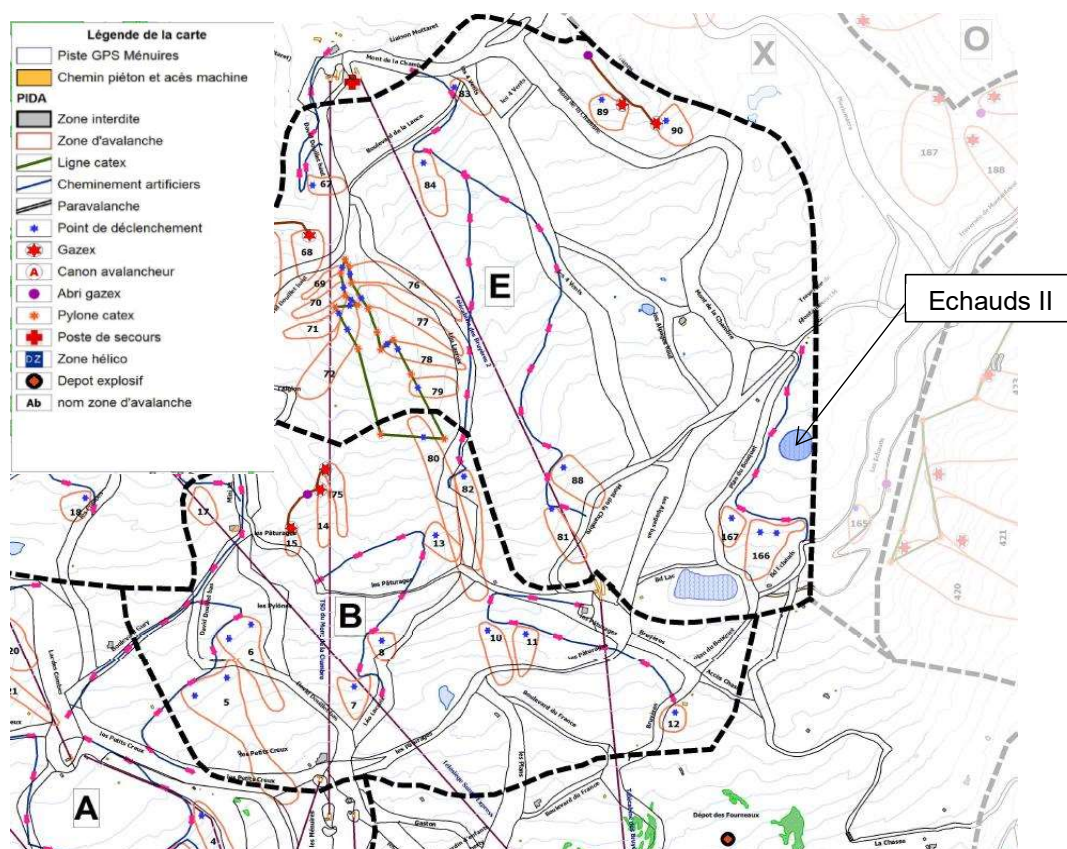
De plus, au regard du faible bassin versant topographique en amont du projet de retenue le risque de formation d'une avalanche sur cette emprise est faible.

A titre informatif le bassin versant topographique identifié dans le cadre de la note hydraulique de dimensionnement du déversoir est redonné ci-dessous.



Bassin versant topographique du projet

Enfin, preuve de l'absence de risque sur la zone de projet, le secteur des Echauds II est bien inclus au PIDA du domaine skiable des Menuires, mais aucun déclenchement ou ouvrage de protection contre les avalanches n'est présent prévu sur ce secteur.



Extrait du PIDA des Menuires

**Justification du choix de la catégorie III pour le dimensionnement au séisme.**

L'étude géotechnique a été reprise afin de justifier du dimensionnement au séisme de l'ouvrage, non plus pour une catégorie III, mais bien pour un ouvrage de classe C. Cette étude est donnée en annexe 4 du présent rapport.

L'extrait du rapport concerné est donné ci-dessous :

« D'après le document « barrages et séismes - version définitive octobre 2014 » (Rapport rédigé à la demande du MEDDE - DGPR)[...] dans le cas d'une catégorie d'ouvrage C (au sens du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015), en zone sismique 3, le paramètre  $a_g$  est de 1.4.

[...]

Les valeurs de calcul de forces sismiques pour ce projet sont données à titre d'exemple dans ce tableau :



classe de sol	A
zone simique	3
classe de l'ouvrage	C
coefficient topo	1
agr	1,1
$\gamma_I$	
ag	1,4
$\alpha$	0,143
S	1,000
kh	0,071
kv	0,036

Cette modification a peu d'impact sur les coefficients de sécurité des talus, les vérifications déjà menées sur le projet restent valides et les prescriptions ne changent pas.

*Explication sur l'articulation pour la procédure de vidange entre les deux retenues Echauds1 et Echauds 2 et analyse de la capacité de la retenue des Echauds 1 à accepter cet apport sans altération de son niveau de risque.*

Voir Annexe 5 Mesures de suivi et de surveillance remise à jour

### Niveau de risque du lac Echauds 1 lié aux vidanges

#### Vidange d'urgence

En cas de vidange d'urgence, il est prévu de faire transiter 440 m<sup>3</sup>/h (122 l/s) par le lac Echauds 1. Ce débit issu de la SDM10 est évacué par le système de vidange et par la conduite d'adduction du lac Echauds 1. Il n'est pas prévu d'évacuer de l'eau par les deux buses de trop-plein. Le niveau d'eau ne devrait donc pas se rehausser, les débits ne faisant que transiter. **Le risque engendré par une vidange d'urgence n'est pas augmenté.**

Toutefois il faudra veiller à ouvrir les vannes de la retenue Echauds 1 avant de réaliser les transferts depuis Echauds 2 pour être sûr de ne pas rehausser le plan d'eau entre les deux manoeuvres. En outre, un suivi plus attentif du niveau des deux plans d'eau sera réalisé pendant la vidange d'urgence. Ces directives sont intégrées aux consignes de surveillance.

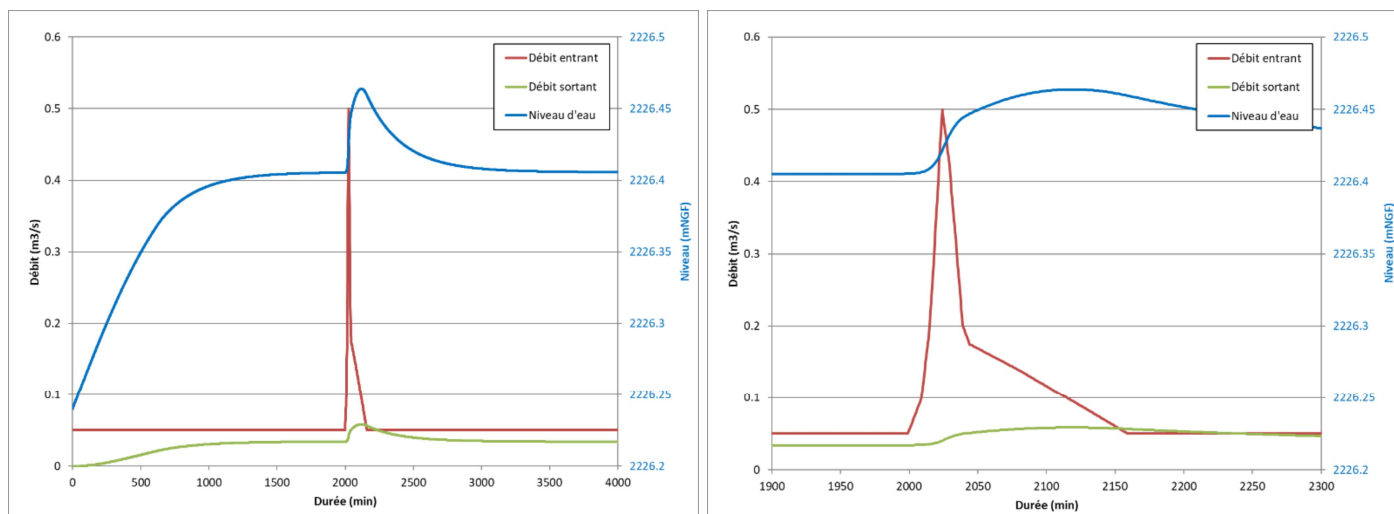
#### Vidange normale

Pour rappel, le niveau du fil d'eau de la buse la plus basse est à 2226.24mNGF et celui du sommet de digue à 2227mNGF. La revanche entre ces deux niveaux est de 76 cm.

En cas de vidange normale (Q=50l/s), le niveau du plan d'eau Echauds 1 est rehaussé d'environ 17 cm. La revanche pendant la vidange normale passe donc à 59 cm.

Une simulation a été réalisée pour connaître l'évolution du niveau du plan d'eau en cas de crue millénale alors que le niveau de vidange normal est stabilisé. Pour cela l'hydrogramme de l'étude de rupture de digue de la retenue Echauds 1 (Hydretude 2009) a été utilisé et injecté dans un modèle de réservoir qui intègre les sorties via les 2 trop-pleins.

Le laminage par la surface du lac de 12 070m<sup>2</sup> est pris en compte. La méthode est similaire à celle présentée dans la note de dimensionnement du déversoir du lac Echauds 2.



*Simulation du lac (vidange + crue Q1000) à droite zoom sur la période de la crue*

D'après cette simulation, une crue de période de retour 1000 ans engendrerait une rehausse supplémentaire du plan d'eau d'environ 5 cm. La revanche restante quand le niveau est maximum est donc d'environ 54 cm.

**On peut considérer cette valeur comme acceptable et le risque en cas de vidange normale comme maîtrisé.**

Notons que cette retenue a été initialement dimensionnée en considérant une revanche sur PHE de 60cm en cas de crue millénaire. Aujourd'hui la réglementation pour les lacs non classés, comme celle des Echauds 1, impose une revanche de 40 cm sur PHE en cas de crue centennale (+alimentation).

On rappelle également que, selon les principes d'exploitation des lacs, les vidanges auront concrètement lieu après la saison d'exploitation lorsque l'eau des lacs aura été utilisée. Il est donc très peu probable qu'une vidange ait lieu alors que le lac Echauds 1 est plein.

*Précision sur la compatibilité du passage d'un chemin d'exploitation sur la digue nord de la retenue Echauds 2.*

La topographie du site ne permet pas de rétablir la piste 4x4 en contrebas du remblai de digue de la retenue (pente trop importante pour se raccorder à la piste existante, infranchissable pour des poids lourds).

Aussi, l'étude géotechnique a été complétée afin d'apporter la justification de la stabilité de la digue pour ce type d'usage et donner des prescriptions pour la conception de la voirie.

Ces prescriptions (compactage, couche de forme, matériaux employés et essais à la plaque) seront respectées lors de la réalisation des travaux.

L'étude géotechnique ainsi revue est donnée en annexe de la présente note, paragraphe 17.



## 4. Risques

*Complément à apporter sur l'impact des surverses sur la stabilité des terrains en aval des deux zones de déversement : ruisseau des Plans, ruisseau au sud du lac*

### Présentation des milieux récepteurs

La vidange normale s'effectuera dans le lac Echauds 1 avec un débit de  $180 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $50 \text{ l/s}$ ). Si le lac est plein, les deux déversoirs  $\text{Ø}400$  déverseront les eaux dans le ruisseau des Plans au nord du lac et dans le ruisseau au sud du lac.



Schéma des exutoires des surverses du lac Echauds 1

Le fil d'eau de la conduite  $\text{Ø}400$  sud est située 13 cm au-dessus de celui de la conduite nord. La surverse va donc s'effectuer d'abord vers le ruisseau des Plans puis vers le ruisseau au sud.

Avec cette configuration, d'après la loi des seuils à crête épaisse pour un déversoir circulaire et pour un débit constant de  $50 \text{ l/s}$  :

- $34 \text{ l/s}$  s'écoule vers le nord avec une hauteur de 17 cm
- $16 \text{ l/s}$  s'écoule vers le sud avec une hauteur de 4 cm

### Surverse nord

La buse  $\text{Ø}400$  au nord traverse la digue puis rejoint un coursier à forte pente ( $\sim 50\%$ ). Ce coursier présente une largeur d'environ 2.5 à 3 m et est constitué de gros enrochements (0.5-1 m) recouverts de cailloux (8-15 cm).

Ce coursier est suivi d'un fossé enherbé peu encaissé et de pente assez faible ( $\sim 5\%$ ) qui rejoint le ruisseau des Plans.

Une buse Ø400 permet la traversée de la piste à l'aval de laquelle le ruisseau des Plans s'encaisse et longe une piste en rive gauche sur environ 80m. Sur ce tronçon, le ruisseau présente une pente d'environ 10%, un fond constitué de sédiments d'environ 5 à 40 cm de diamètre ( $d_{50}$  évalué à 10-15 cm à vue d'œil). Le fond est stabilisé par des paliers avec des blocs d'environ 0.5-1m de diamètre. Les berges semblent friables, constituées de matériaux schisteux. Le bas des berges est un peu végétalisé. Le lit s'enfonce un peu. Les berges semblent donc sensibles à l'érosion en cas de forts débits.

Au-delà de 80m à l'aval de la buse, la pente augmente à environ 30%, le lit est plus encaissé et le fond présente des plus gros blocs sur environ 40m jusqu'à un busage béton Ø1000.



Exutoire Ø400



Coursier puis fossé



Ruisseau des Plans tronçon à 10%



Ruisseau des Plans tronçon à 30% + buse Ø1000

### Surverse sud

La buse Ø400 au sud traverse la digue puis rejoint un fossé enherbé, peu encaissé, humide et avec une pente faible. L'eau va donc s'accumuler dans ce fossé et se diffuser sur cette zone humide puis se diriger vers le ruisseau au sud. Ce ruisseau est encaissé avec une pente d'environ 20%. Il présente une section plus importante que le ruisseau des Plans et semble bien stabilisé avec des paliers. Les berges entièrement enherbées les rendent moins sensibles à l'érosion.





Fossé à l'aval du la buse sud



Ruisseau au sud

## Méthodologie

### Capacité hydraulique

Les géométries des différents tronçons sont confrontées aux débits de vidange afin d'évaluer leurs capacités à les évacuer.

La capacité hydraulique est estimée avec la formule de Manning-Strickler :

### Formule de Manning-Strickler

$$Q = K.S.R^{2/3}i^{1/2}$$

Avec Q : débit (m<sup>3</sup>/s)

K : coefficient de rugosité de Strickler

S : section mouillée (m<sup>2</sup>)

R : Rayon hydraulique (m) = S / P

Le coefficient de Strickler K est défini à 25 pour l'ensemble des tronçons étudiés.

### Transport solide

Source : Cours de G. Degoutte : Transport solide en hydraulique fluviale

Afin d'estimer le pouvoir de mise en mouvement des blocs lorsque le débit de vidange transite dans le cours d'eau, la contrainte tractrice est utilisée. Cette méthode s'appuie sur les formules de Shields. Elles sont issues du bilan des forces s'appliquant sur des grains homogènes dans un lit à fond plat.

Pour évaluer si une particule d'un certain diamètre est mise en mouvement, deux paramètres doivent être confrontés :

- La contrainte tractrice adimensionnelle (paramètre de Shields) :

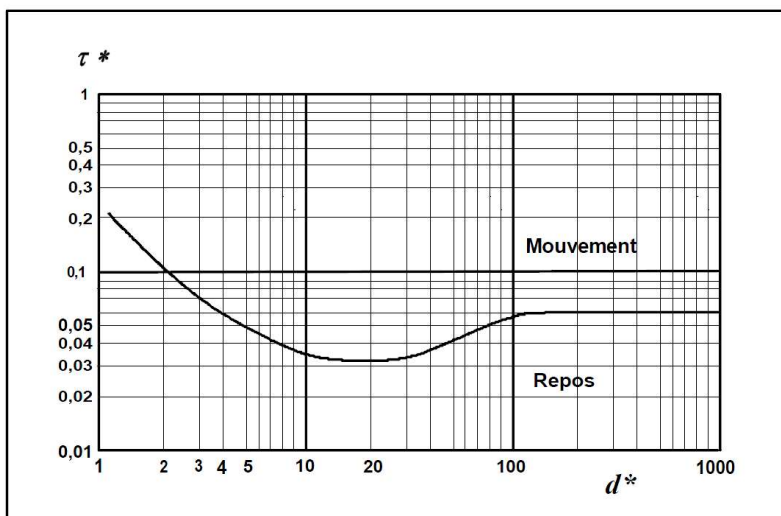
$$\tau^* = \frac{\gamma_w \cdot R \cdot i}{(\gamma_s - \gamma_w) \cdot d}$$

R = rayon hydraulique  
i = pente de l'écoulement  
 $\gamma_s$  = poids volumique spécifique des grains (~26 à 27 kN/m<sup>3</sup>)  
 $\gamma_w$  = poids volumique de l'eau (~10kN/m<sup>3</sup>)  
d = diamètre du grain (m)  
g = constante de gravité (~9,81 m/s<sup>2</sup>)  
v = viscosité de l'eau (~10<sup>-6</sup>m<sup>2</sup>/s)

- Le diamètre adimensionnel des grains :

$$d^* = d \left( \frac{\gamma_s - \gamma_w}{\gamma_w} \frac{g}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

Le graphique suivant donne la limite de mise en mouvement des grains.



*Diagramme de Yalin – Shields*

Pour des grains de diamètres inférieurs à 4 mm ( $d^*=100$ ) la limite de  $\tau^*$  évolue entre 0,03 et 0,1. Pour des grains de tailles supérieures la limite est de 0,06.

Cependant, les valeurs limites du diagramme de Yalin-Shields sont approximatives car les conditions de détachement des grains sont fluctuantes du fait de la turbulence de l'écoulement. De plus ces valeurs sont plutôt vraies lorsque la granulométrie est uniforme. Dans le cas d'une granulométrie étalée comme c'est le cas pour les torrents naturels, l'effet d'imbrication des grains de tailles différentes retarde le début de mouvement par charriage. Selon Parker, le critère de début de charriage est dans ce cas de **0,138** (au lieu de 0,06) en prenant en compte le diamètre médian  $d_{50}$ . Ce critère est retenu dans le cadre de cette note.

La formule empirique de Bathurst (1985) permet d'estimer un débit minimum de charriage en fonction du diamètre médian  $d_{50}$  des grains. Cette formule est également utilisée pour valider le diamètre médian minimum pour lequel le débit minimum de charriage reste inférieur au débit de vidange.

$$q_c = 0,065 * (s - 1)^{1,67} * g^{0,5} * D_{50}^{1,5} * i^{-1,12}$$

- $q_c$  : débit liquide unitaire de début d'entraînement des matériaux (m<sup>3</sup>/s/m),
- $D_{50}$  : diamètre pour lequel 50% des grains sont plus petits (m)
- i : pente de la ligne de charge que l'on assimile à celle
- s : densité du matériau.

### Analyse des tronçons

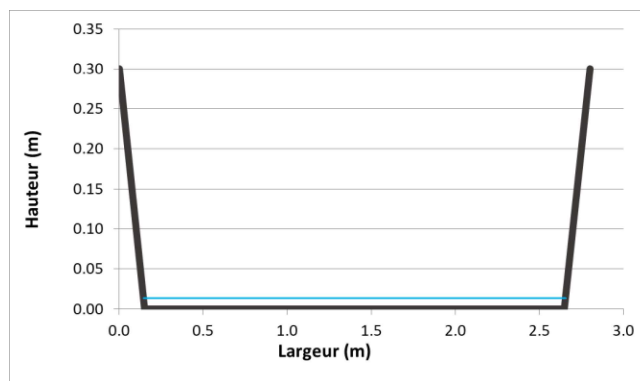


### Surverse nord

Pour la surverse nord le débit de vidange est de **34 l/s**.

### Coursier nord

Caractéristiques : Largeur fond 2.5m, Largeur en gueule 3m, profondeur 0.3m, pente 50%.



Caractéristiques géométriques	
Hauteur d'eau (m)	0.013
Largeur au miroir (m)	2.514
Rayon hydraulique (m)	0.013
Périmètre mouillé (m)	2.530
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	0.034

Caractéristiques énergétiques	
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.034
Vitesse moyenne (m/s)	0.996
Froude	2.741
Charge cinétique (m)	0.051
Charge spécifique (m)	0.064

#### Caractéristiques hydrauliques du coursier

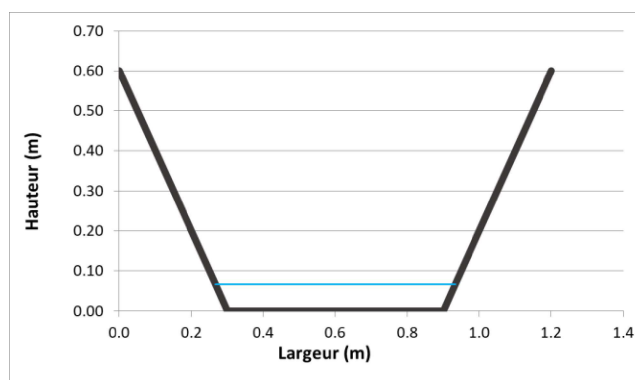
diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	4.0625	0.8125	0.40625	0.081	0.041	0.020	0.014	0.010	0.008
Mouvement	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non

#### Paramètres de Shields de l'écoulement

- La hauteur correspondant au débit de vidange (34 l/s) est estimée à environ 1 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 cm (5.6cm avec Bathurst).
- La diffusion dans le coursier engendre des hauteurs d'eau inférieures aux dimensions des cailloux (8-15 cm) mis en place.

### Fossé entre le coursier nord et le ruisseau des Plans

Caractéristiques : Largeur fond 0.6m, Largeur en gueule 1.2m, profondeur 0.6m, pente 5%.



Caractéristiques géométriques	
Hauteur d'eau (m)	0.066
Largeur au miroir (m)	0.666
Rayon hydraulique (m)	0.056
Périmètre mouillé (m)	0.747
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	0.042

Caractéristiques énergétiques	
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.034
Vitesse moyenne (m/s)	0.816
Froude	1.041
Charge cinétique (m)	0.034
Charge spécifique (m)	0.100

#### Caractéristiques hydrauliques du fossé

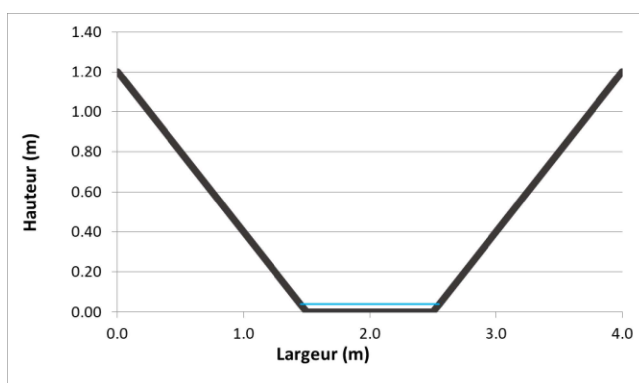
diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	1.75	0.35	0.175	0.035	0.018	0.009	0.006	0.004	0.004
Mouvement	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non

Paramètres de Shields de l'écoulement

- La hauteur correspondant au débit de vidange (34 l/s) est estimée à environ 7 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 cm (2.6cm avec Bathurst)

Ruisseau des Plans tronçon à 10%

Caractéristiques : Largeur fond 1m, Largeur en gueule 4m, profondeur 1.2m, pente 10%.



Caractéristiques géométriques	
Hauteur d'eau (m)	0.038
Largeur au miroir (m)	1.095
Rayon hydraulique (m)	0.036
Périmètre mouillé (m)	1.122
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	0.040

Caractéristiques énergétiques	
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.034
Vitesse moyenne (m/s)	0.855
Froude	1.430
Charge cinétique (m)	0.037
Charge spécifique (m)	0.075

Caractéristiques hydrauliques du ruisseau des Plans

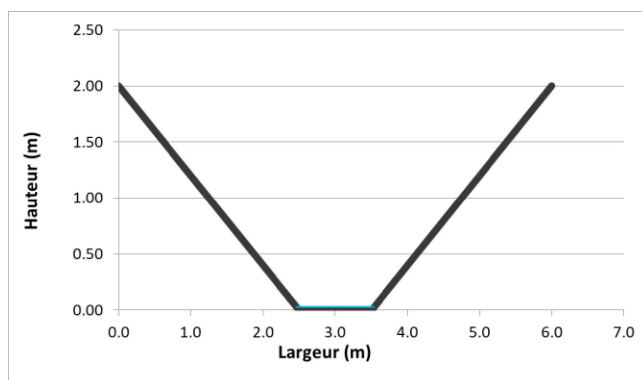
diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	2.25	0.45	0.225	0.045	0.023	0.011	0.008	0.006	0.005
Mouvement	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non

Paramètres de Shields de l'écoulement

- La hauteur correspondant au débit de vidange (34 l/s) est estimée à environ 7 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 cm (3.1cm avec Bathurst)

Ruisseau des Plans tronçon à 30%

Caractéristiques : Largeur fond 1m, Largeur en gueule 6m, profondeur 2m, pente 30%.



Caractéristiques géométriques	
Hauteur d'eau (m)	0.027
Largeur au miroir (m)	1.068
Rayon hydraulique (m)	0.026
Périmètre mouillé (m)	1.087
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	0.028

Caractéristiques énergétiques	
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.034
Vitesse moyenne (m/s)	1.201
Froude	2.358
Charge cinétique (m)	0.073
Charge spécifique (m)	0.101

Caractéristiques hydrauliques du ruisseau des Plans



diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	4.875	0.975	0.4875	0.098	0.049	0.024	0.016	0.012	0.010
Mouvement	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non

Paramètres de Shields de l'écoulement

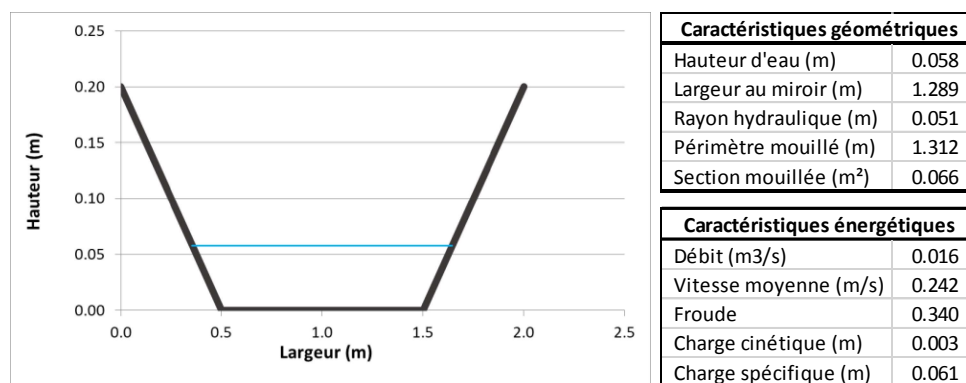
- La hauteur correspondant au débit de vidange (34 l/s) est estimée à environ 3 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 cm (7cm avec Bathurst)

**Surverse sud**

Pour la surverse sud le débit de vidange est de **16 l/s**.

Fossé zone humide

Caractéristiques : Largeur fond 1m, Largeur en gueule 2.5m, profondeur 0.2m, pente 0.5%.



Caractéristiques hydrauliques du fossé

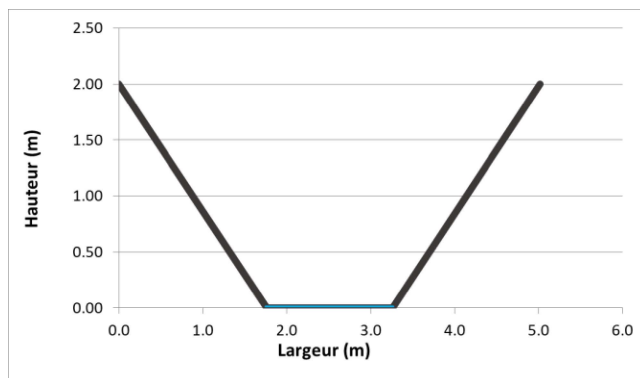
diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	0.159375	0.031875	0.0159375	0.003	0.002	0.001	0.001	0.000	0.000
Mouvement	oui	non	non	non	non	non	non	non	non

Paramètres de Shields de l'écoulement

- La hauteur correspondant au débit de vidange (16 l/s) est estimée à environ 6 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 mm (2mm avec Bathurst).

### Ruisseau du sud

Caractéristiques : Largeur fond 1.5m, Largeur en gueule 5m, profondeur 2m, pente 20%.



Caractéristiques géométriques	
Hauteur d'eau (m)	0.015
Largeur au miroir (m)	1.527
Rayon hydraulique (m)	0.015
Périmètre mouillé (m)	1.541
Section mouillée (m <sup>2</sup> )	0.023

Caractéristiques énergétiques	
Débit (m <sup>3</sup> /s)	0.016
Vitesse moyenne (m/s)	0.684
Froude	1.767
Charge cinétique (m)	0.024
Charge spécifique (m)	0.039

### Caractéristiques hydrauliques du ruisseau sud

diam (m)	0.001	0.005	0.01	0.05	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
d adim (Shields)	25	125	250	1252	2504	5008	7511	10015	12519
$\tau$ adim (Shields)	1.875	0.375	0.1875	0.038	0.019	0.009	0.006	0.005	0.004
Mouvement	oui	oui	oui	non	non	non	non	non	non

### Paramètres de Shields de l'écoulement

- La hauteur correspondant au débit de vidange (16 l/s) est estimée à 1.5 cm.
- Le diamètre médian minimum de mise en mouvement des blocs est compris entre 1 et 5 cm (2.4cm avec Bathurst).

### Conclusion

Les résultats précédents montrent que pour l'ensemble des tronçons étudiés, tous ont une capacité hydraulique largement suffisante pour faire transiter les débits de vidange, si une vidange normale avec un débit de 50 l/s devait avoir lieu lorsque le lac Echauds 1 est plein.

Le pouvoir de transport de l'écoulement est relativement faible et concerne les éléments inférieurs à 5 cm. La granulométrie n'a pas été mesurée, mais au vu de la taille moyenne des blocs constituant le cours d'eau, on peut considérer que le diamètre médian de ces torrents est de l'ordre de 10 à 15 cm avec des paliers constitués par des roches plus massives. Cela implique un charriage faible voir nul.

Ces formules sont utilisées pour se donner un ordre de grandeur du pouvoir tracteur du cours d'eau. Ces résultats très théoriques sont à relativiser pour les raisons suivantes :

- Le cours d'eau est loin d'être régulier en termes de section et d'écoulement.
- La taille spécifique de l'écoulement est inférieure ou du même ordre de grandeur que les diamètres des blocs. Ces formules atteignent leur limite car elles supposent les grains entièrement submergés et de taille inférieure à la hauteur d'eau.
- Les paliers agissant comme des seuils régulent le transport solide et diminuent l'érosion.

**Au vu de ces éléments, la stabilité des tronçons à l'aval du lac Echauds 1 n'apparaît pas menacée par les débits de vidange proposés.**

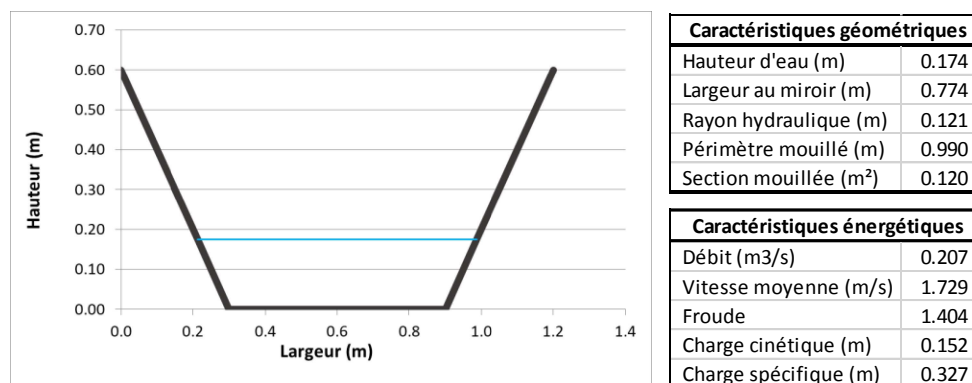
En outre, selon les principes d'exploitation des lacs, les vidanges auront concrètement lieu après la saison d'exploitation lorsque l'eau des lacs aura été utilisée. Il est donc très peu probable qu'une vidange ait lieu alors que le lac Echauds 1 est plein.



*Précision à apporter sur l'état actuel et la capacité du thalweg situé au sud de la retenue à accueillir les eaux de surverse, et sur l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des écoulements sur la morphologie du thalweg, sans risque supplémentaire pour les enjeux notamment la RD117 (analyse géomorphologique du thalweg jusqu'à la confluence avec le torrent de Péclet*

A l'aval du déversoir du lac Echauds 2, les eaux de surverse vont d'abord se diffuser dans la prairie, puis être interceptées par le fossé (n°1) du chemin (côté nord). En cas de débordement de ce fossé, l'eau irait vers le fossé (n°2) de l'autre côté du chemin. Au point bas du fossé 1, un busage en métal Ø300 permet le passage de la piste. A l'aval du fossé 2, l'eau traverse la piste par une petite bute (cunette). Dans tous les cas, l'eau va se diffuser dans le champ à l'aval de la piste pour rejoindre un autre chemin plus en contrebas. L'eau peut traverser ce chemin ou le longer pour atteindre un point bas à l'ouest. Dans tous les cas l'eau va ruisseler vers les falaises au sud. Au pied des falaises, l'écoulement va atteindre le paravalanche de la RD avec des chemins préférentiels marqués par des talwegs rocheux. Sur le paravalanche l'eau va être interceptée par les cunettes et évacuée vers l'aval. L'eau va ensuite ruisseler (se diffuser) vers le torrent de Péclet sur un linéaire d'environ 250m.

Notons que pour le débit de surverse de 207 l/s correspondant à une crue millénale pour laquelle le déversoir a été dimensionné, le fossé 1 serait rempli avec une hauteur d'environ 20 cm.



Caractéristiques hydrauliques du fossé (Q=207 l/s, K=25, i=8%)





Cheminements potentiels des écoulements à l'aval du déversoir de la retenue Echauds 2





Exutoire du déversoir



Prairie à l'aval du déversoir



Fossés et traversée piste



chemin aval



Talweg falaises

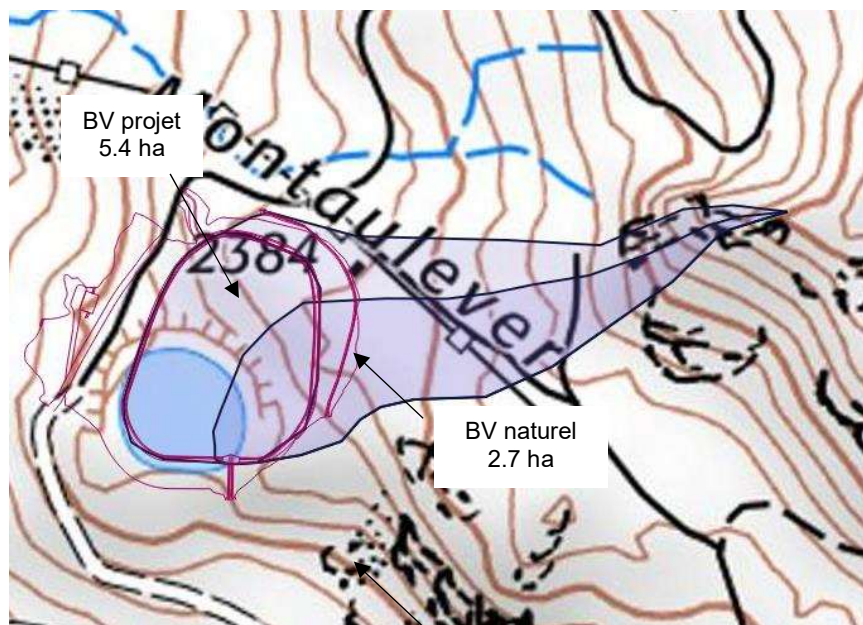


traversée paravalanche



Afin d'évaluer l'impact de la retenue Echauds 2 sur ces écoulements, l'état projeté est comparé avec l'état initial naturel (avant tout aménagement). Cela permet également de se donner des ordres de grandeurs des débits naturels.

Les bassins versants au niveau du déversoir (naturel et projetés) sont présentés ci-dessous.



*Bassins versant à l'état projet et l'état naturel*

Le projet aura pour effet d'augmenter les surfaces drainées car le bassin versant est environ 2 fois plus vaste. De plus, la partie correspondant à la retenue est complètement imperméabilisée ce qui augmente le coefficient de ruissèlement moyen. Cela va donc aboutir à des volumes et débits de crue entrants plus importants.

A contrario l'effet de laminage de la retenue va diminuer les débits à l'exutoire du déversoir et ce d'autant plus quand l'épisode pluviométrique associé est intense et de courte durée.

Les débits de surverse sont présentés ci-dessous pour différentes périodes de retour. La même méthodologie que celle présentée dans la note de dimensionnement du déversoir a été utilisée. L'effet de laminage est simulé, les durées pour lesquelles les débits de surverse sont les plus importants sont également données.

Débit sortant (l/s)		Durée
Q2	25	4h
Q5	33	3h
Q10	40	3h
Q20	50	3h
Q30	58	3h
Q50	74	2h
Q100	103	2h
Q1000	207	1h

*Débit de crue écrêtés par la retenue (BV=5.4ha)*



On remarque que la surverse est maximum pour des épisodes de durées relativement importantes allant de 4h pour les crues les plus fréquentes à 1h pour la crue millénaire. Les crues plus intenses et courtes, mais présentant des volumes inférieurs seront donc mieux écrêtés et les débits de surverse associés à ces épisodes seront par conséquent plus faibles que ceux présentés ci-dessus.

Les débits de crue naturels sont présentés ci-dessous pour les mêmes durées que celles présentées dans le tableau précédent, mais aussi pour la durée de 6min considérée comme la durée engendrant les débits les plus forts (le temps de concentration est évalué à 3min).

	Q (l/s)	Durée	Q 6min (l/s)
Q2	11	4h	92
Q5	16	3h	125
Q10	18	3h	146
Q20	24	3h	195
Q30	29	3h	237
Q50	51	2h	324
Q100	88	2h	561
Q1000	292	1h	1207

*Débit de crue naturels (BV=2.7ha)*

Il apparaît que pour les durées où la surverse est maximale, la présence de la retenue va augmenter les débits d'environ du double jusqu'à la crue trentennale. Au-delà, la saturation des sols va rendre plus transparent l'effet d'imperméabilisation de la retenue et l'augmentation des débits se réduit jusqu'à être inversée pour une crue millénaire.

Ces augmentations de l'ordre de 10 à 30 l/s restent faibles en comparaison avec les débits de crues naturels pouvant survenir lors d'évènements plus intenses. En effet, pour une durée d'épisode de 6min, les débits de crue naturels sont tous largement supérieurs aux débits écrêtés par la retenue.

Cela montre que la présence de la retenue aura globalement un effet favorable sur les débits de crue pour les épisodes intenses, mais défavorable pour des crues plus longues. **Dans tous les cas les débits à l'aval du déversoir sont fréquemment atteints et dépassés naturellement lors d'orages pour des surfaces de bassin versant de l'ordre de celles de la retenue.**

En outre, cette analyse a été faite pour des bassins de faibles superficies, plus on se situe à l'aval plus les débits de crue naturels seront importants et l'effet de la retenue sur ces débits transparents. A titre d'exemple, le bassin versant drainé au niveau du paravalanche est d'environ 20 ha, le débit de crue biennale Q2 y est évalué à environ 700 l/s.

## 5. Ressource en eau

*Précision sur le mode de fonctionnement du trop-plein du réservoir de Reberty et la destination de l'eau rejetée à ce trop-plein.*

Le réservoir de Reberty ne dispose pas physiquement de trop-plein, ce terme est mal employé dans le dossier et désigne plutôt un surplus. Lorsque le niveau maximum du réservoir est atteint, son alimentation est stoppée automatiquement par fermeture de la vanne d'alimentation asservie par une poire de niveau.

*Si ce trop-plein contribue à l'alimentation d'un milieu naturel à enjeux, étude de l'impact du prélèvement supplémentaire dans le trop-plein, notamment en période de moindres débits.*

Ne s'agissant pas d'un trop plein, il n'y a pas d'alimentation d'un milieu naturel à l'aval du réservoir.

*Interaction avec la concession hydroélectrique de La Coche à présenter et à prendre en compte, notamment par rapport à l'article 50 de la concession.*

Pour rappel, hormis l'extension du réseau neige sur la piste Pâturages Haut (nécessitant environ 10 000 m<sup>3</sup> d'eau supplémentaires par rapport à l'état actuel) il n'est pas prévu d'augmentation des prélèvements.

Le projet consiste uniquement à échelonner les prélèvements dans le temps de manière différente à la situation actuelle.

L'alimentation en eau de la retenue et de l'extension neige sera permise via les prélèvements déjà autorisés par l'eau achetée à SUEZ.

La SEVABEL s'est rapprochée d'EDF afin de définir les modalités d'indemnisation pour les prélèvements d'eau effectués pour la neige de culture.

Les conclusions d'EDF suite à cet échange, en date du 11/01/2022, sont les suivantes :

« Nous n'avons pas d'objection sur le projet des Echauds II tant que les conditions suivantes sont respectées :

- L'augmentation de la capacité de stockage de la retenue des Echauds 2 va conduire à prélever 100 000 m<sup>3</sup> en moins durant la période hivernale dans le milieu (passage de 355 000 m<sup>3</sup> à 256 500 m<sup>3</sup> au maximum prélevés entre novembre et février) ;
- Ces quelques 100 000 m<sup>3</sup> seront prélevés en période de fonte nivale (mai-juin-juillet) ;
- Au total sur l'année, les prélèvements augmenteront au maximum de 24 000 m<sup>3</sup> par rapport à la situation actuelle.

Sur cette base, je confirme que nous sommes disposés à régulariser l'ensemble des prélèvements de SEVABEL sous la forme d'une convention bipartite sans indemnité. »



## 6. Aspects agricoles et agronomiques

Compléter les mesures de réduction pour limiter les impacts agricoles :

- contacts préalables avec les exploitants agricoles pour adapter les dates des travaux en fonction de l'utilisation des pâtures.
- arrosage des zones de travaux pour éviter le développement de flore butyrique.
- protection des troupeaux durant le chantier.
- attribution de surfaces de pâturage temporaires pendant la durée du chantier.
- nettoyage précis des zones de chantier à l'issue des travaux.

L'ensemble des mesures préconisées par la DDT seront ajoutées aux autres mesures prévues et seront mises en place lors du chantier d'agrandissement de la retenue des Echauds II :

> Contactés préalables avec les exploitants agricoles pour adapter les dates de travaux en fonction de l'utilisation de zone de pâtures

> Arrosage des zones de travaux à proximité des zones pâturées pour éviter le développement de flore butyrique. L'arrosage sera adapté en fonction de la météo, et les engins devront rouler au pas par temps secs. En cas de nécessité, un arrosage sera possible via le réseau AEP.

> Protection des troupeaux durant le chantier : des mises en défens seront matérialisées sur site pour repérer les zones de chantier

> Attribution de surfaces de pâturage temporaires pendant la durée du chantier : Au regard des surfaces disponibles pour le pâturage sur l'ensemble du versant à proximité du chantier, et de la relativement faible surface impactée, les troupeaux pourront pâturer toutes les zones autour du projet (pâturage extensif). Il est également étudié la possibilité de réhabiliter la salle des machines en chalet d'alpage.

Les zones de traites présentes à proximité et/ou sur les zones de travaux seront conservées durant la durée du chantier.

> Nettoyage précis des zones de chantier à l'issue des travaux : des passages réguliers seront effectués afin de maintenir la propreté sur les zones de chantier. De plus, les entreprises intervenant pour les travaux seront sensibilisées aux mesures de propreté à respecter sur le chantier.

## 7. Périmètres de protection des captages d'eau potable

*Modification de la cartographie des périmètres de protection des captages d'eau potable des Combes n°1, 2, 3, 7, des Bruyères et de l'Etelé (AP du 25/10/2017).*

*Précisions sur la nature des travaux, notamment la profondeur des excavations dans la traversée des périmètres de protection.*

La modification des périmètres de protection de captage n'engendre pas de réelle différence au niveau des incidences du réseau neige :

- > Aucun périmètre de protection immédiat n'est intercepté
- > Une partie légèrement plus grande du réseau neige intercepte le périmètre de protection rapproché des captages de L'Etelé et des Bruyères, le périmètre de protection rapproché des captages des Combes n°1, n°2, n°3 n°7 :

PERIMETRES	SURFACES IMPACTEES
Périmètre de protection rapproché Combes n°1, n°2, n°3 et n°7	5151,1 m <sup>2</sup>
Périmètre de protection éloigné Combes n°1, n°2, n°3 et n°7	2687,6 m <sup>2</sup>
Périmètre de protection rapproché de l'Etelé	5484,3 m <sup>2</sup>
Périmètre de protection rapproché des Bruyères	1010,5 m <sup>2</sup>

Comme stipulé dans le rapport, le réseau neige qui traversa ces zones représente une excavation du sol et du sous-sol de 1,80 m maximum. Par conséquent, le passage du réseau neige sur ces zones est autorisé.

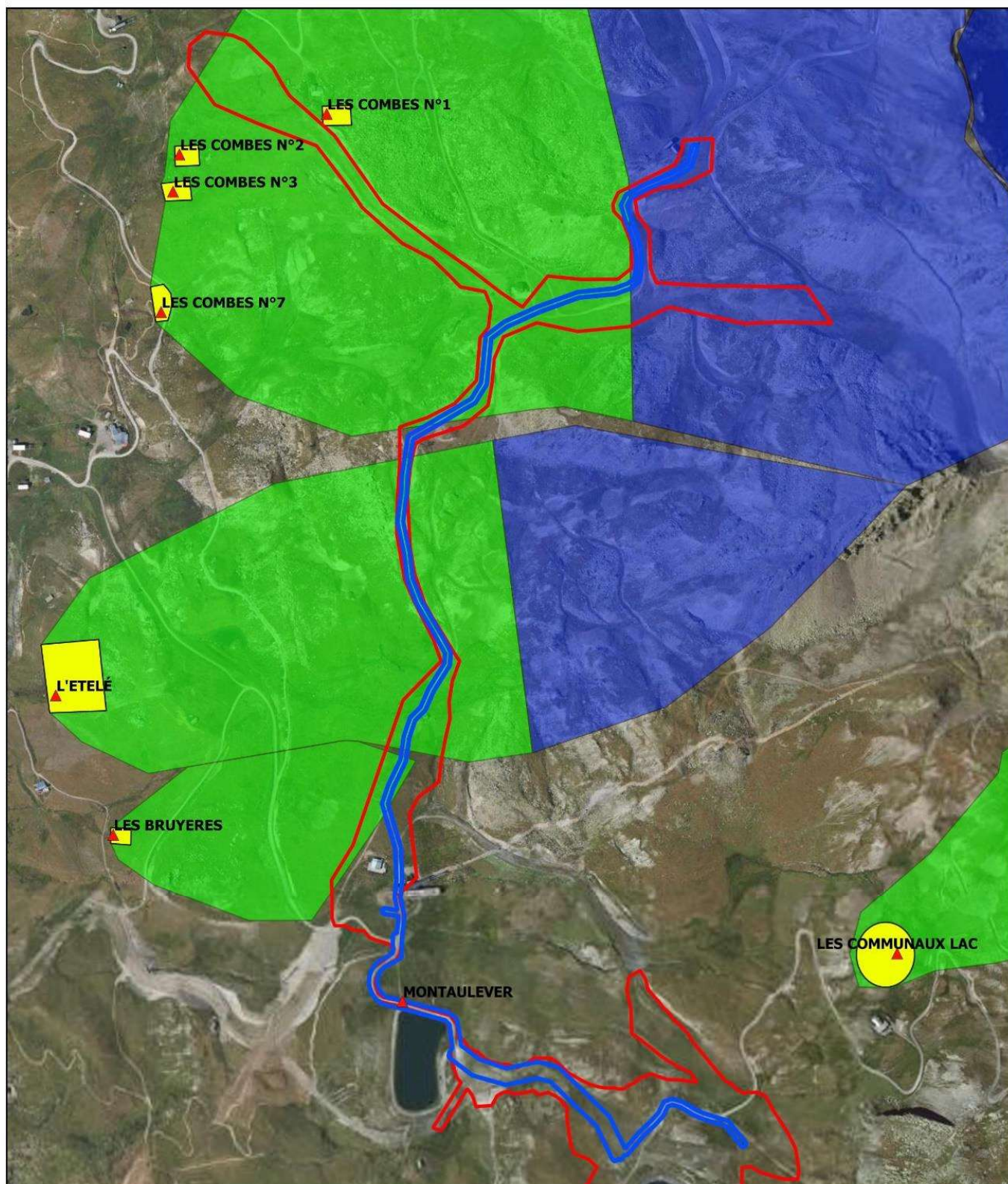
Les opérations prévues (tranchée du réseau neige sur 1,80 m de profondeur et pose de conduites) ne sont pas de nature à polluer les eaux du secteur, ni à modifier les écoulements d'eau des captages sous-jacents.

Il est également précisé que le réseau neige interceptera les périmètres de protection rapprochés sur des surfaces faibles et sur leur limite d'aire amont, non pas en plein cœur de ces zonages.


De plus, ces captages sont des captages d'eau souterraine. Par conséquent, le projet de réseau neige et les travaux associés ne sont pas de nature à remettre en question la pérennité des écoulements d'eau sur le bassin versant ou des prélèvements qui sont réalisés jusqu'à maintenant : la tranchée temporaire d'1m80 maximum qui sera comblée et la pose des quelques conduites en profondeur ne modifieront pas les écoulements d'eau éventuellement observés sur ces secteurs.

Dans ce contexte, les incidences du projet sur l'eau potable peuvent donc être évaluées comme **NEGLIGEABLES**.





**LÉGENDE**

- |                                                                                                          |                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Zone d'étude         |  Périmètre de protection éloigné (PPE)   |
|  Emprise réseau neige |  Périmètre de protection rapproché (PPR) |
|                                                                                                          |  Périmètre de protection immédiat (PPI)  |



0 180 m

Conception : KARUM n°2018040 / L. BERARD  
 Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
 Source de données : KARUM (2021)  
 Date : 17/12/2021



## 8. Règles d'urbanisme

Vérification du respect des dispositions de l'article L.122-12 du code de l'urbanisme par rapport au plan d'eau des Echauds 1.

Le SCOT APTV prévoit que les plans d'eau artificiels de moins de 2 ha ne soient pas soumis aux règles de protection des rives des plans d'eau au titre de l'article L122-2 du Code de l'Urbanisme.

La surface en eau de la retenue des Echauds I est de 1,25 ha.

En ce sens, les travaux objet du présent dossier ne sont pas interdits au titre du Code de l'Urbanisme.

## 9. Cours d'eau expertisés par l'OFB

Une partie de l'extension du réseau d'enneigement et du remodelage des pistes intercepte les écoulements expertisés en cours d'eau, contrairement à ce qui est écrit dans l'étude d'impact (p.205).

Suite au passage réalisé par l'OFB, certains écoulements d'eau ont finalement été expertisés comme cours d'eau. Par conséquent, les travaux de modifications de pistes ont été modifiés de manière à ne pas impacter les cours d'eau expertisés :



### LÉGENDE

- |                                                                                                                                       |                                                                                                                              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Zone d'étude                                      |  Mises en défens                          |
|  Ancienne emprise des travaux de reprise de pistes |  Zones humides                            |
|                                                                                                                                       |  Emprise des travaux de reprise de pistes |



Le projet a été étudié avec la prise en compte de l'expertise de l'OFB.

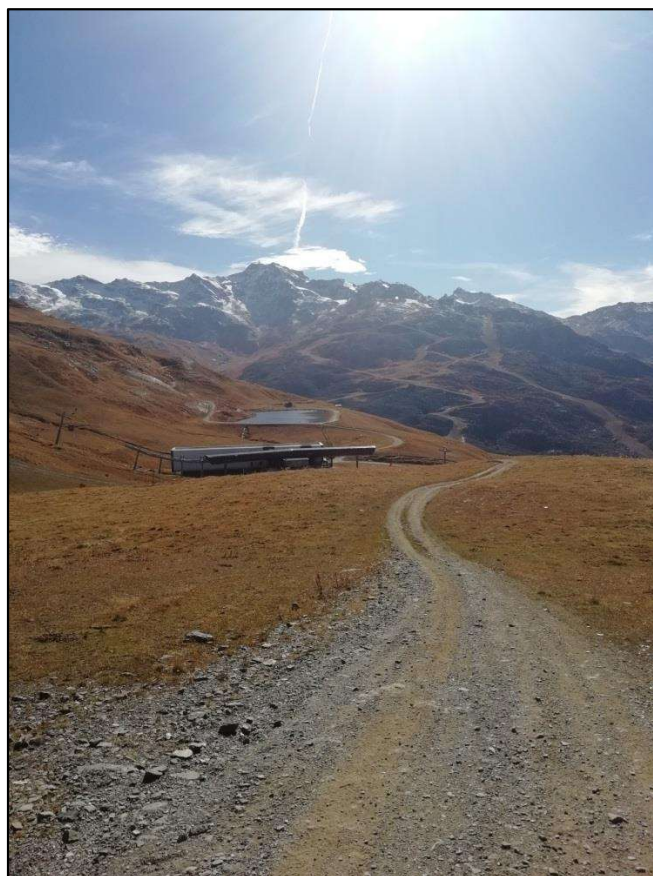
Ainsi le reprofilage de la piste Mont de la Chambre a été adapté afin de ne pas empiéter sur le cours d'eau. Une marge de 10 m autour du cours d'eau a été conservée. Les matériaux excédentaires ne pouvant plus être accueillis sur cette zone ont été régalez sur le rétablissement de la piste Plan du Bouquet, sans changement de l'emprise de travaux pour celle-ci (uniquement modification altimétrique).

Voir Annexe 6 Plan de travaux de pistes à jour

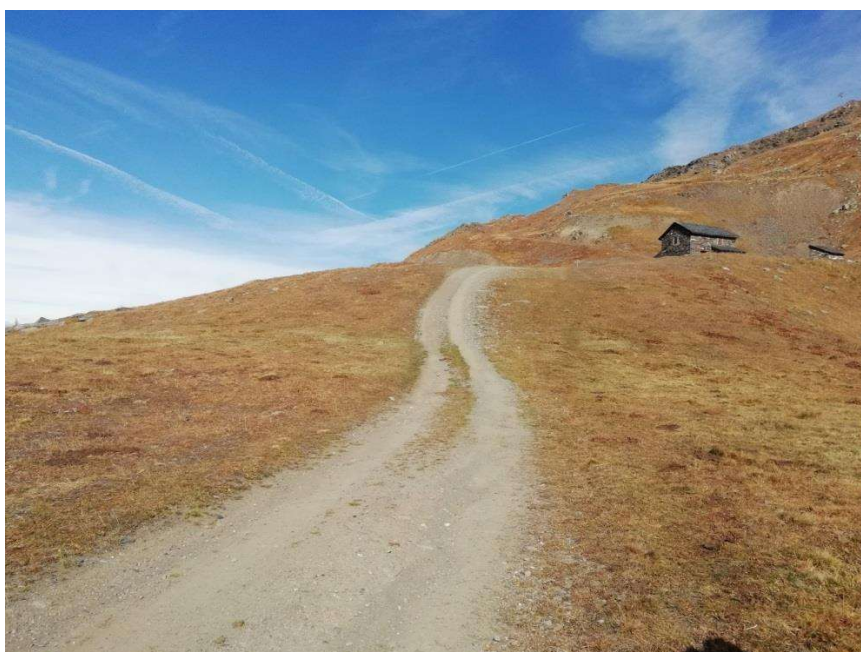
Concernant le franchissement des cours d'eau par les réseaux, à l'exception du passage des réseaux sur la piste Plan du Bouquet, les autres franchissements se font au niveau de buses existantes (voir plan ci-après).

A noter que le cours d'eau tracé en bas de la piste Pâturages Haut ne suit pas la trajectoire indiquée sur la carte de l'OFB. Ainsi, le cours d'eau ne traverse pas la piste 4x4 (comme nous avons pu le constater lors de la visite de terrain avec les services), mais semble plutôt avoir un axe ouest/est au lieu de nord/sud.

Par ailleurs, à cet endroit le tracé du réseau passera sous le chemin 4x4 existant, le plan du tracé des réseaux est ainsi modifié pour en tenir compte (voir annexe 7).



Chemin 4x4 piste Pâturages Haut, vue en direction de la gare intermédiaire de la TC des Bruyères, absence de cours d'eau



Chemin 4x4 piste Pâturages Haut, vue vers l'amont, absence de cours d'eau



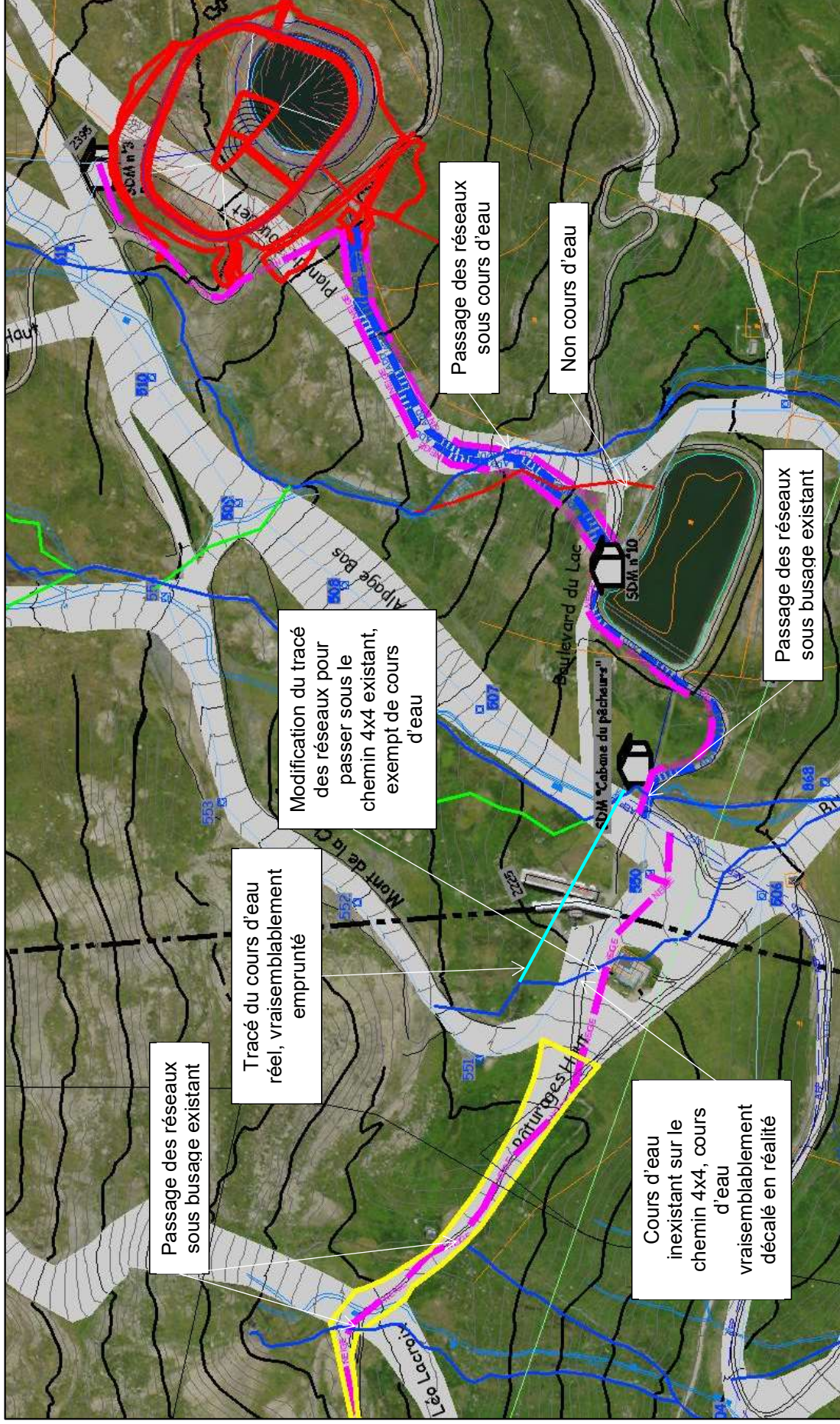


Vue éloignée sur le chemin 4x4 de la piste Pâturages Haut



Vue sur le chemin 4x4 de la piste Pâturages Haut en aval de la piste de ski Léo Lacroix, vue sur les deux cours d'eau busés au niveau du passage de la piste 4x4





Pour les passages busés où la couverture de sol est insuffisante pour le maintien hors gel du réseau, même avec pose d'un isolant, autour de celui-ci, les réseaux seront alors passés sous la buse sans modification de celle-ci et sans impact sur le cours d'eau.

Pour ce faire, afin de s'assurer de ne pas impacter le cours d'eau en phase travaux, l'eau sera canalisée au sein même de la buse existante par une canalisation dépassant d'environ 3 m en amont et en aval de la buse, le temps de la réalisation de la tranchée sous buse.

Une fois la tranchée réalisée, les réseaux posés et la tranchée refermée, la canalisation temporaire sera supprimée.

Toutes les précautions seront prises afin de ne pas générer de matières en suspension dans le cours d'eau.

Les engins ne circuleront pas dans le cours d'eau, ils réaliseront la tranchée en se positionnant à l'amont et à l'aval du passage busé.

Concernant le passage des réseaux sur la piste Plan du Bouquet, où le cours d'eau est à ciel ouvert, les réseaux seront posés sous le cours d'eau.

A l'image de ce qui sera fait pour le passage des réseaux sous les buses, le cours d'eau sera temporairement détourné au moyen d'une canalisation flexible afin de travailler en condition sèche sur le tronçon concerné.

En aval de la dérivation, un petit barrage, réalisé en bottes de paille, sera mis en place afin de créer un bassin temporaire de décantation et permettra de ne pas générer de matière en suspension dans le cours d'eau pendant les travaux.

A l'issue des travaux, la dérivation et le bassin de décantation temporaires seront enlevés et l'écoulement du cours d'eau retournera à son écoulement d'origine.

Cette technique apporte un minimum d'impact sur le cours d'eau.

Il convient donc de rajouter aux rubriques de la nomenclature loi sur l'Eau concernées par le projet la rubrique 3.1.2.0 « Installations, ouvrages, travaux ou activités conduisant à modifier le profil en long ou en travers du lit mineur<sup>1</sup> d'un cours d'eau ». Les tronçons de cours d'eau déviés sont inférieurs à 100 m.



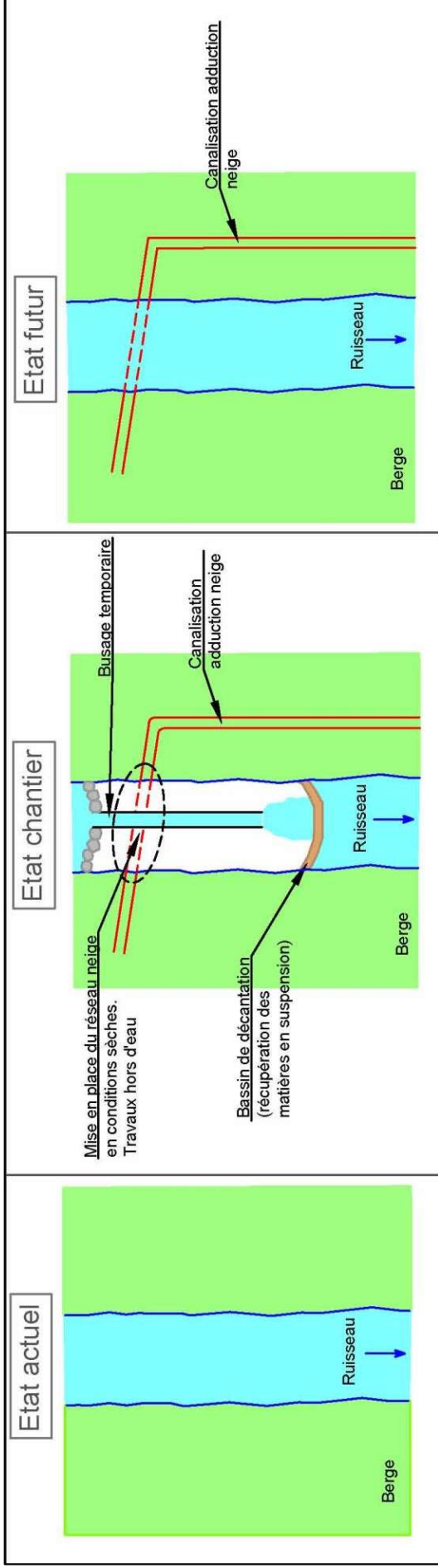


Schéma de principe de la technique de chantier

## 10. CSRPN

*Je vous invite en conséquence à compléter de manière substantielle l'argumentation de votre dossier concernant plusieurs points:*

*\* la justification de l'intérêt public majeur (voir ci-dessus) ;*

La justification de l'intérêt public majeur est présentée dans une note en annexe 1 du présent rapport.

*\* la justification de l'opportunité du projet au regard du réchauffement climatique, conformément à la disposition 7-04 du SDAGE Rhône-Méditerranée et au Plan national d'adaptation au changement climatique;*

La disposition 7-04 du SDAGE Rhône-Méditerranée est de : « *Rendre compatibles les politiques d'aménagement du territoire et les usages avec la disponibilité de la ressource* ». Les paragraphes sous-jacents énoncent également que « *D'une manière générale, les acteurs économiques et de l'aménagement du territoire, notamment les collectivités, prennent en compte la disponibilité de la ressource et son évolution prévisible dans leurs projets de développement et donnent la priorité aux économies d'eau et à l'optimisation des équipements existants. En particulier, les dossiers relatifs aux projets d'installation ou d'extension d'équipements pour l'enneigement artificiel ou relatifs aux modifications ou création d'unités touristiques s'appuient sur :*

*> une analyse de leur opportunité au regard de l'évolution climatique et de la pérennité de l'enneigement en moyenne altitude et de leurs conséquences économiques, en cohérence avec l'orientation fondamentale n°0 ;*

*> une simulation du fonctionnement en période de pénurie hivernale avec établissement d'un zonage de priorité d'enneigement du domaine skiable ;*

*> un bilan des ressources sollicitées et volumes d'eau utilisés, notamment au regard des volumes sollicités sur les mêmes périodes pour la satisfaction des usages d'alimentation en eau potable des populations accueillies en haute saison touristique. »*

Le projet consiste en l'agrandissement de la retenue d'altitude des Echauds déjà existante et a pour but de fournir un enneigement plus important sur le domaine skiable par la production de neige de culture. Le projet s'inscrit donc dans une optique d'optimisation de l'enneigement face au réchauffement climatique. Cet équipement permettra dans l'avenir, comme aujourd'hui, de pallier aux déficits d'enneigement souvent rencontrés en début et fin de saison hivernale et ainsi de sécuriser les dates d'ouverture et de fermeture du domaine skiable.

La station des Menuires a fait réaliser par le bureau d'études INGELo une modélisation des impacts du changement climatique à l'échelle de son domaine skiable (modélisation ImpAct, disponible en annexe 8 de la présente note).



La modélisation ainsi réalisée se base sur 2 modèles climatiques, le scénario RCP 4.5 considérant une stabilisation de l'émission des gaz à effet de serre sans dépassement et le scénario RCP 8.5 considérant une émission des GES croissante.

Les indicateurs choisis dans ce modèle sont l'enneigement naturel et la capacité à produire de la neige de culture.

4 périodes sont considérées pour cette analyse : historique (1986-2005), court terme (2021-2040), échéance de l'amortissement des investissements (2041-2060) et long terme (2081-2100) et 3 niveaux de probabilités étudiés : Q10 (années les moins favorables), Q20 (4 pires années sur 20, et Q50 pour une année médiane).

Sont présentés ci-après les résultats pour le scénario RCP 8.5, scénario considéré par le GIEC.

Pour exploiter un domaine skiable avec un résultat satisfaisant, il est considéré qu'il faut un manteau neigeux suffisant pour la pratique du ski pendant au moins 100 jours par saison, avec une épaisseur de neige minimum au sol de 30 cm.

Pour le scénario RCP 8.5, entre 2021 et 2040 et avec la probabilité Q20, les 100 jours d'exploitation sont garantis, grâce à un équipement en neige de culture sur les principales liaisons en zone basse.

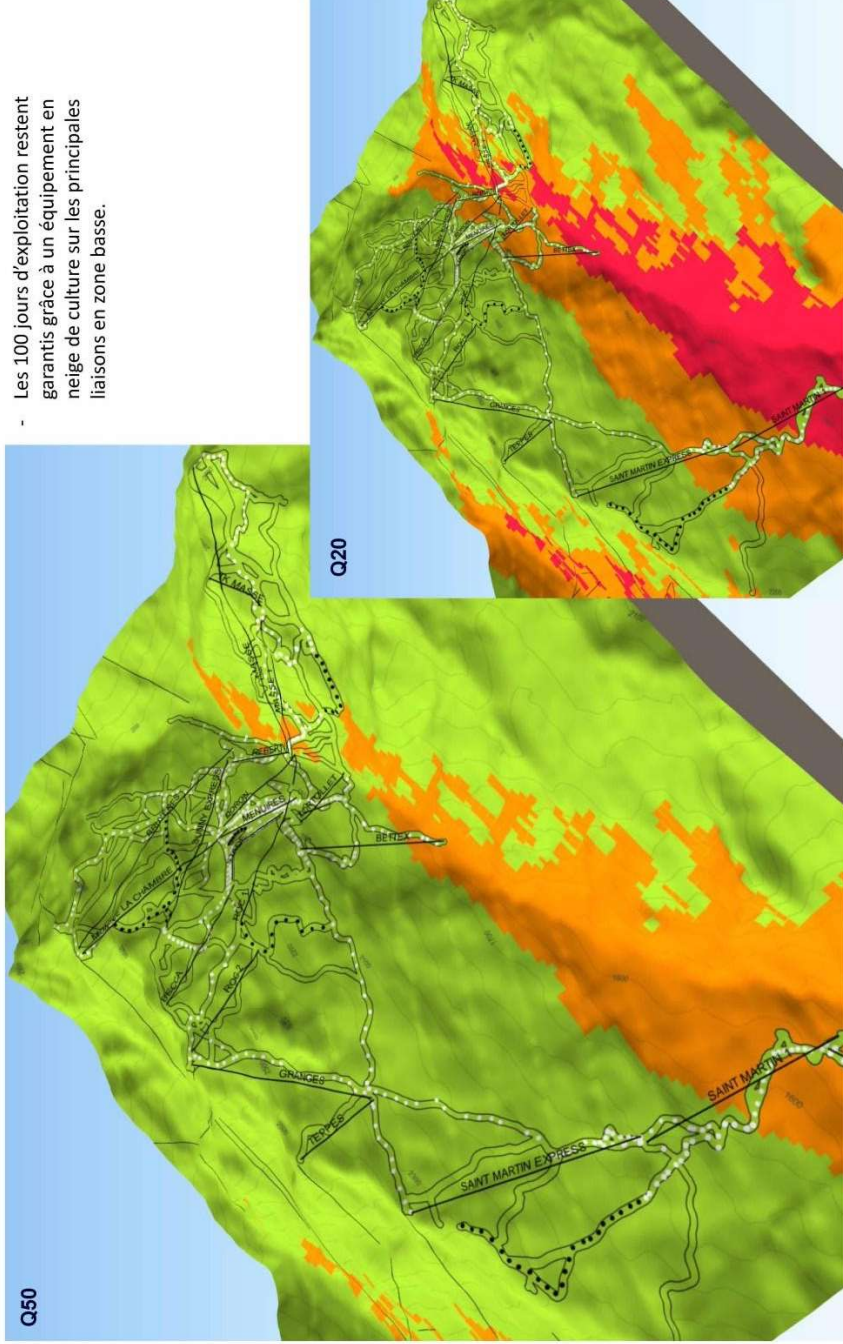
Avec ces mêmes données d'entrée, mais pour la période 2041-2060, les 100 jours d'exploitation sont garantis, grâce à un équipement en neige de culture sur les principales liaisons en zone basse. L'enneigement naturel se raréfie néanmoins sur les parties basses.

Enfin, avec les mêmes conditions, mais entre 2081 et 2100, c'est la neige de culture qui permet d'ouvrir le domaine sur une grande partie de la saison et les heures de froid viennent à manquer en partie basse.

## Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

**2021-2040**

RCP 8.5

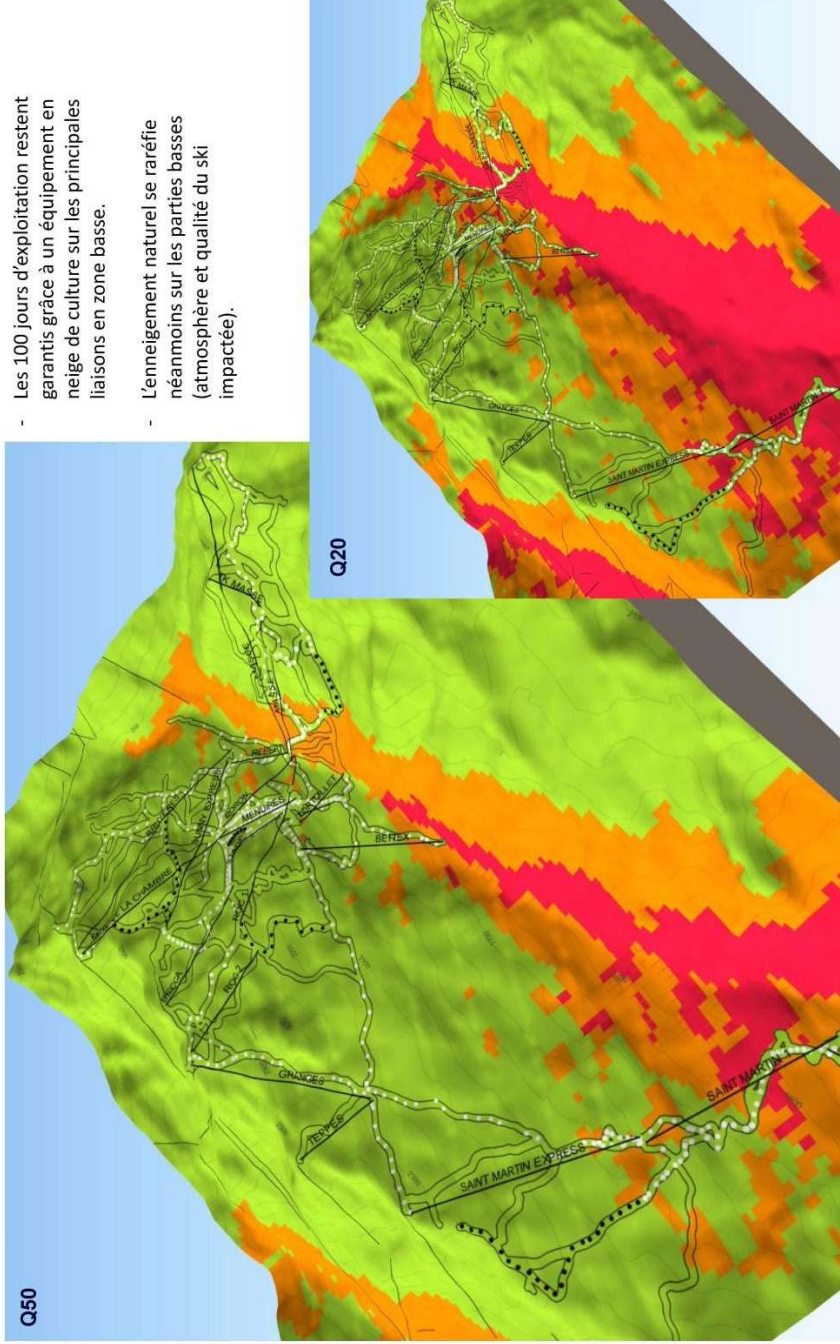




## Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

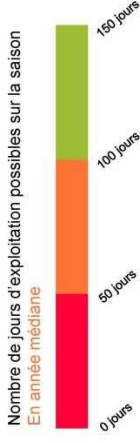
**2041-2060**

RCP 8.5



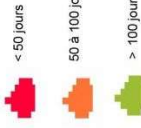
- Les 100 jours d'exploitation restent garantis grâce à un équipement en neige de culture sur les principales liaisons en zone basse.

- L'enneigement naturel se raréfie néanmoins sur les parties basses (atmosphère et qualité du ski impactées).



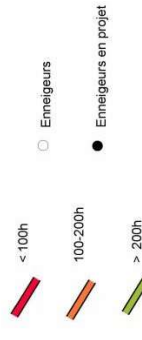
Neige naturelle :

Nombre de jours avec une épaisseur de neige naturelle damée supérieure à 30 cm (tenant compte de la fonte)



Neige de culture :

Nombre d'heures de froid cumulées < -4°C avant le 31 janvier

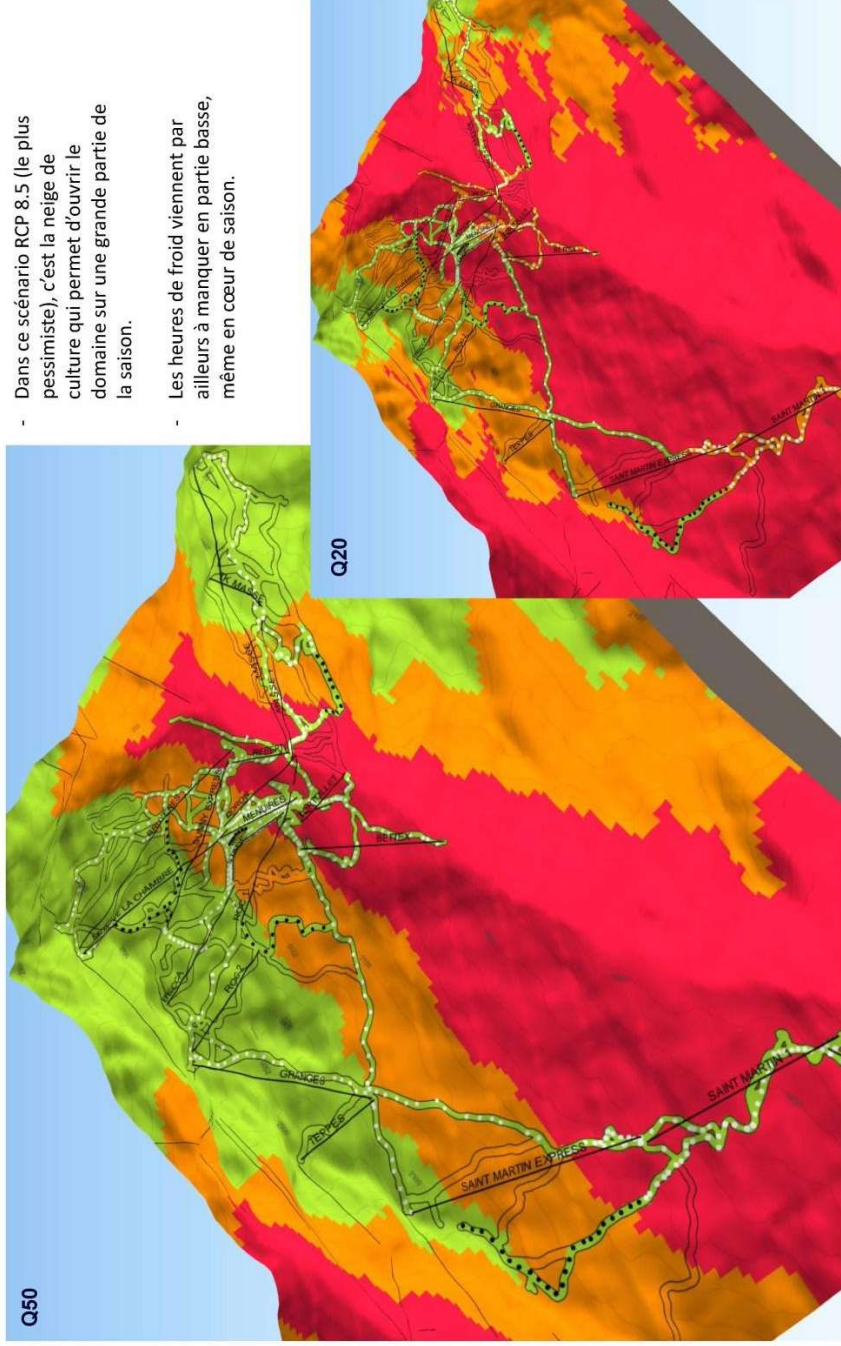


## Modélisation des conditions d'enneigement sur la saison

**2081-2100**

RCP 8.5

- Dans ce scénario RCP 8.5 (le plus pessimiste), c'est la neige de culture qui permet d'ouvrir le domaine sur une grande partie de la saison.
- Les heures de froid viennent par ailleurs à manquer en partie basse, même en cœur de saison.

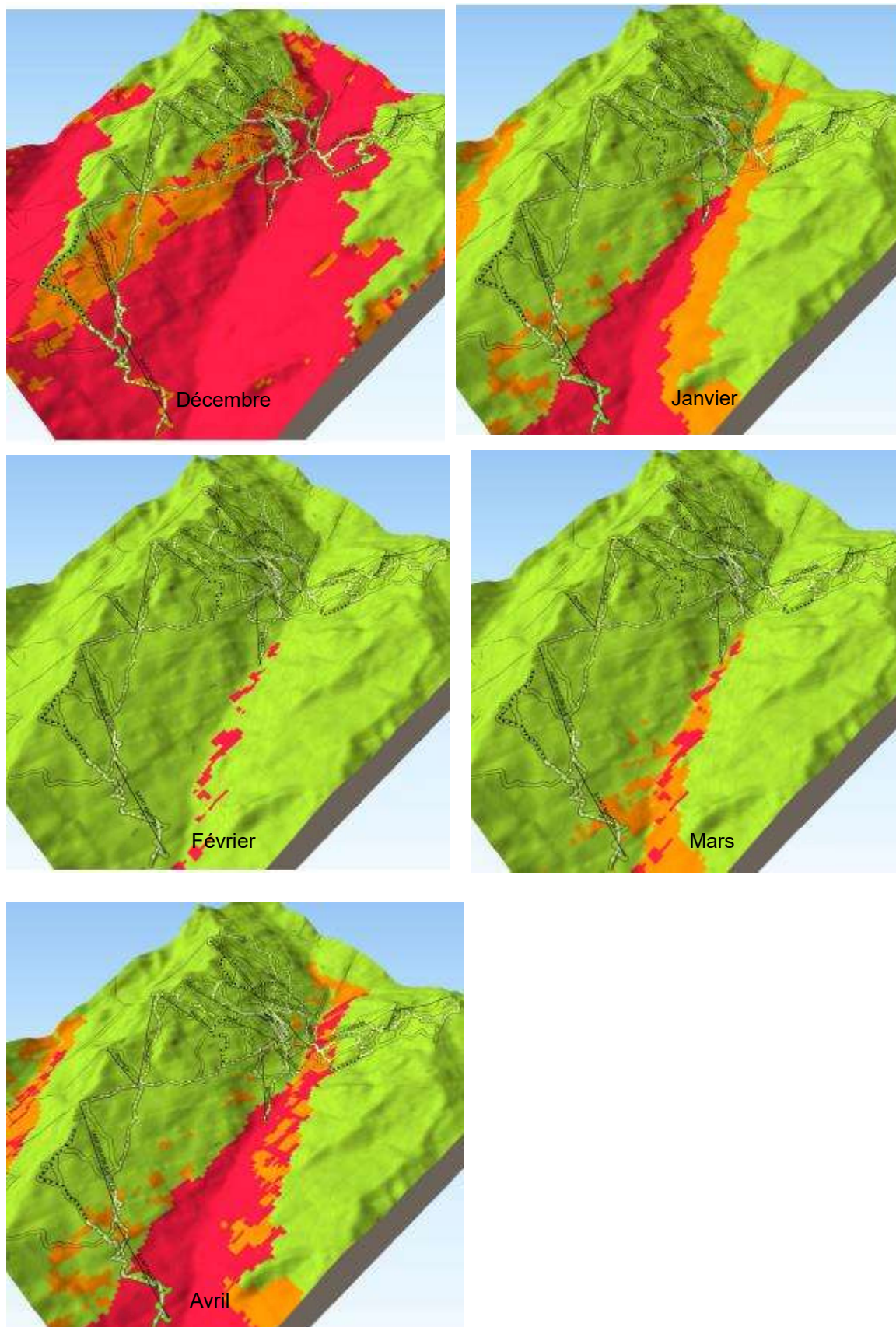




Pour le scénario RCP 8.5, en année médiane, à l'horizon 2021-2040, sur le mois de décembre les 100 jours d'exploitation sont garantis, grâce à un équipement en neige de culture sur les principales liaisons sur la moitié basse du domaine.

Sous les mêmes conditions en janvier, février et mars les 100 jours d'exploitation sont garantis quasi exclusivement par l'enneigement naturel.

En avril, les 100 jours d'exploitation sont garantis, grâce à un équipement en neige de culture sur les principales liaisons en zone basse.



Modélisation de l'enneigement de décembre à avril à l'horizon 2041-2060 pour le scénario RCP 8.5 et la probabilité Q50 (© INGÉLO)



**Ainsi, au regard de ces prévisions l'enneigement par la neige de culture reste fonctionnel et permet de garantir l'ouverture du domaine skiable sur au moins 100 jours jusqu'à l'horizon 2060.**

**Au-delà, pour la période 2081-2100, la neige de culture permettrait l'exploitation du domaine skiable entier mais uniquement en année médiane. Pour les années défavorables, la partie basse du domaine ne serait plus exploitable.**

**Fort de ce constat, le projet d'extension de la retenue des Echauds II, qui consiste à garantir la disponibilité de la ressource en période de faible disponibilité de celle-ci, sans extension du réseau neige mis à part sur Pâturages Haut, est justifié au regard du changement climatique.**

**En effet, la viabilité de ce projet va donc au-delà de 2060 et cet investissement sera amorti au bout de 20 années.**

**D'autre part, le volume considéré pour le dimensionnement de la retenue est également justifié puisque seule l'extension nouvelle du réseau neige est prévu sur la piste Pâturages Haut, le reste concerne des réseaux existants qui sont tous encore exploitables à l'horizon 2060, même en année défavorable.**

**L'extension du réseau sur la piste Pâturages Haut concerne un tronçon de piste entre 2240 m et 2515 m d'altitude, donc peu sujet au changement climatique.**

*\* une meilleure justification du choix retenu par rapport aux alternatives d'aménagement ou de non-aménagement, ne se réduisant pas à des alternatives d'aménagements un peu différents sur le même site ;*

Voir analyse complète présentée précédemment p. 4

*\* une meilleure justification du besoin d'utilisation de la neige de culture et donc des volumes estimés nécessaires, en regard notamment de l'évolution, constatée et prévisionnelle, des températures et des créneaux de froid, à l'échelle du domaine skiable et des différentes surfaces du domaine concernées par l'utilisation de la neige de culture, actuelles et projetées;*

Voir § précédent sur justification au regard des changements climatiques.

*\* un développement sur les dépenses énergétiques correspondant à la réalisation du projet et en phase d'exploitation;*

### **Impact énergétique lié à la réalisation des travaux :**

La phase chantier est identifiée comme ayant des effets temporaires et limités sur le climat. Ces effets sont qualifiés comme modérés. Cependant l'impact énergétique du chantier a été quantifié.

Le volume de matériaux brassés pour la construction du projet est d'environ :

- 136 800 m<sup>3</sup> de terrassement, décomposé en 86 800 m<sup>3</sup> de déblais/remblais et environ 50 000m<sup>3</sup> de matériaux rocheux extrait par ripage,
- 52 700 m<sup>3</sup> de matériaux transportés dans un rayon maximum de 500m pour les travaux de pistes,
- 3 000 m<sup>3</sup> de matériaux dans le cadre des tranchées neige.

Avec les engins de nouvelle génération, la consommation énergétique est d'environ 0,75 L de GNR pour 1 m<sup>3</sup> de terre bougée lors de terrassement sans matériaux rocheux.

Lorsque l'on terrasse des matériaux rocheux par ripage, la consommation des engins est augmentée, et est d'environ 1,5 L/m<sup>3</sup>.

Lorsque l'on déplace des matériaux, la consommation est d'environ 1,35 L/m<sup>3</sup> pour un rayon de transport de 500 m autour du projet.

Lorsque l'on réalise une tranchée pour des réseaux neige, la consommation est d'environ 1,00 L/m<sup>3</sup>.

Pour le chantier global, environ **192 500 m<sup>3</sup>** de terre seront terrassés, ce qui engendre une consommation énergétique de GNR est d'environ **214 245 L** de GNR.

### **Impact énergétique lié à l'exploitation de la retenue :**

L'ensemble des calculs comprend seulement la retenue des Echauds II.

Les consommations énergétiques actuelles liées à la production de neige de culture s'élèvent en moyenne à **1 632 040 KWH**, pour **401 500 m<sup>3</sup>** d'eau transformée par saison. Cette consommation comprend :



- Pour le remplissage de la retenue : environ **819 000 KWH** par saison pour un remplissage complet au printemps (46 500 m<sup>3</sup>) puis trois remplissages pendant la période de production (novembre 90 000 m<sup>3</sup> /décembre 170 000 m<sup>3</sup>/janvier 95 000 m<sup>3</sup>)
- Pour la production de neige de culture : environ **813 040 KWH** pour l'équivalent de 401 500 m<sup>3</sup> d'eau par saison. Ce chiffre tient compte des consommations énergétiques liées au fonctionnement de la salle des machines (compresseurs, pompes, bullage du lac) et des enneigeurs.

Les consommations énergétiques liées au futur projet, s'élèvent en moyenne à **1 554 070 KWH**, pour **426 700 m<sup>3</sup>** d'eau transformée par saison. Cette consommation comprend :

- Pour le remplissage de la retenue : environ **870 000 KWH** par saison pour un remplissage complet au printemps (170 200 m<sup>3</sup>) puis deux remplissages pendant la période de production (novembre 90 000 m<sup>3</sup> /décembre 166 500 m<sup>3</sup>)
- Pour la production de neige de culture : environ 864 070 KWH pour l'équivalent de 426 700m<sup>3</sup> d'eau par saison. Ce chiffre tient compte des consommations énergétiques liées au fonctionnement de la salle des machines (compresseurs, pompes, bullage du lac) et des enneigeurs. Cependant avec l'optimisation du process neige présenté ci-dessous, un gain d'énergie totale sur le process neige sera de 180 000 KWH par saison d'exploitation. La production de neige de culture aura donc une consommation d'énergie de **684 070 KWH** par saison d'exploitation.

Actuellement, aucune production de neige n'est effectuée depuis le lac des Echauds II. A ce jour, l'eau depuis Echauds II transite par Echauds I pour être dirigée vers SDM1 puis l'eau est ensuite pompée pour la production de neige sur les pistes.

Avec le futur projet, l'eau des Echauds II ne transitera plus par Echauds I. La production se fera directement depuis la nouvelle SDM depuis Echauds II. De plus, la nouvelle salle des machines, à une altitude 130 m plus haut que le lac des Echauds I, cela permettra de diminuer fortement la pression nécessaire à l'alimentation d'une partie des pistes, qui ne seront plus alimentées par Echauds I et de réduire la consommation d'air associée.

Le gain énergétique sur l'utilisation des pompes est d'environ 450 h soit environ 150 000 KWH par saison d'exploitation. La baisse pour la consommation d'air sera d'environ 30%, soit un gain supplémentaire d'environ 30 000 KWH par saison. Ce qui correspond à un gain d'énergie totale sur le process neige de 180 000 KWH par saison d'exploitation.

*\* un développement sur la possibilité de diversification des usages de la retenue d'altitude, allant dans le sens d'une meilleure prise en compte de la biodiversité et d'une évolution et d'une adaptation de l'offre touristique à l'échelle de la station.*

A ce jour la multifonctionnalité des retenues est plutôt pensée sur la retenue des Echauds I que celle des Echauds II.

En effet, la retenue des Echaud I est facilement accessible depuis la télécabine des Bruyères 1 avec son arrivée située à seulement 250m de la retenue. Cette télécabine est ouverte 4 jours par semaine sur les vacances d'été, ce qui n'est pas le cas des Echauds II qui est situé 300 m plus loin et qui est plus haut en altitude.

Le site des Echauds I est ainsi pensé comme une zone d'agrément avec tables de pique-nique autour de la retenue, pêche dans le lac et parcours de randonnée pédestre passant le long de la retenue.

A la fin de l'exploitation, la retenue pourra représenter un potentiel de diversification dans plusieurs domaines. Cependant, il est à noter que la plupart des activités de loisirs ne sont généralement pas compatibles avec une optimisation des capacités d'accueil du milieu en faveur de la biodiversité.

La retenue pourra donc être reconvertie :

> Soit en faveur de la pratique de loisirs : Un empoissonnement de la retenue pourra être réalisé afin de permettre la pêche de montagne, et l'observation de poisson dans le lac. Des pratiques nautiques ou d'activités associées pourraient également être imaginées (lieu de baignade naturelle, sports d'eau, etc...). Des tables de pique-nique pourront également être installées sur les parties planes aux abords de la retenue, afin de favoriser la création d'un lieu de détente et de pratiques sportives diverses.

> Soit en faveur de la biodiversité : L'ensemble de la retenue pourra être remise en état (apport de terre pour le développement de la végétation et ensemencement des berges) afin de conserver un plan d'eau favorable à la reproduction d'amphibiens, et un lieu de nourrissage pour la faune en général. Il sera donc en connexion avec la mare créée dans le cadre du projet et avec les autres milieux humides présents à proximité, venant ainsi renforcer un espace de connectivité et de corridor écologique pour les espèces fréquentant le secteur (amphibiens notamment).

Des tables de pique-nique et des panneaux de sensibilisation à la faune et flore remarquables et observables présentes dans la retenue et sur ses abords pourront être installés afin de créer un lieu d'observation et d'initiation à la flore et la faune présente en montagne en Savoie.

Les zones de traites présentes à proximité et/ou sur les zones de travaux seront conservées le long du chemin à plat durant la durée du chantier.

Il est également étudié la possibilité de réhabiliter la salle des machines en chalet d'alpage.

## 11. Prescriptions

*Possibilité de prescriptions concernant la retenue Echauds 1 du fait de la vidange de la retenue Echauds 2 pouvant avoir des incidences sur la retenue Echauds 1*

Voir Mesures de suivi et de surveillance remise à jour

*La revégétalisation doit permettre de retrouver une valeur agronomique au moins équivalente à celle initialement constatée*

(voir précédemment)

*En phase d'exploitation, la vidange normale de la retenue doit être effectuée en dehors de la période de reproduction des amphibiens*

Contrairement à ce qui a été indiqué dans le dossier déposé et au regard des impacts potentiels d'une vidange sur les amphibiens, la vidange ordinaire de la retenue n'aura pas lieu le premier printemps suivant la construction de la retenue ni pour chaque VTA.



En effet, la législation n'imposant pas de vidanger une retenue, celle-ci aura lieu uniquement en cas de nécessité (anomalie constatée par exemple).

Ainsi, si la vidange ordinaire doit avoir lieu elle interviendra en fin de saison hivernale, soit avec une retenue à son niveau le plus bas.

En effet, pour rappel, le cycle de fonctionnement normal de la retenue entraîne un abaissement quasi total, voir total de son niveau après les campagnes de production. De fait, la retenue est quasi vide chaque printemps avant d'être re-rempli lors de la période de fonte de la neige.

La retenue sera donc en eau durant la période de reproduction des amphibiens et à son niveau le plus bas durant la phase d'hivernage. Ainsi, même durant la période hivernale une faible lame d'eau sera toujours présente au fond de la retenue.

De plus, comme il l'a été constaté lors de la visite sur site effectué en juillet 2021, plusieurs individus de Triton alpestre et de Grenouille rousse colonisent actuellement la retenue, ce qui semble prouver que l'exploitation normale d'une retenue d'altitude n'est pas incompatible avec la présence de populations d'amphibiens.

#### *Création d'un milieu annexe à la retenue ou d'une mare indépendante proche pour l'accueil des amphibiens*

Comme annoncé précédemment, une mare où déplacer les amphibiens sera recréée à proximité de la retenue finale des Echauds II. Cette mare sera réalisée en fin d'été 2022, afin d'être déjà en place lors des opérations de déplacements d'amphibiens.

## **MC\_2 : CREATION D'UNE MARE**

### **> Localisation**

Cette mare sera localisée à moins de 50 m de la retenue finale.

### **> Matériel**

- > Une bâche imperméable type EPDM de 0,8 à 1mm d'épaisseur et d'environ de 17 m x 14 m de surface
- > 2 feutrinnes type BIDIM, d'environ de 17 m x 14 m de surface
- > Une mini-pelle

### **> Description**

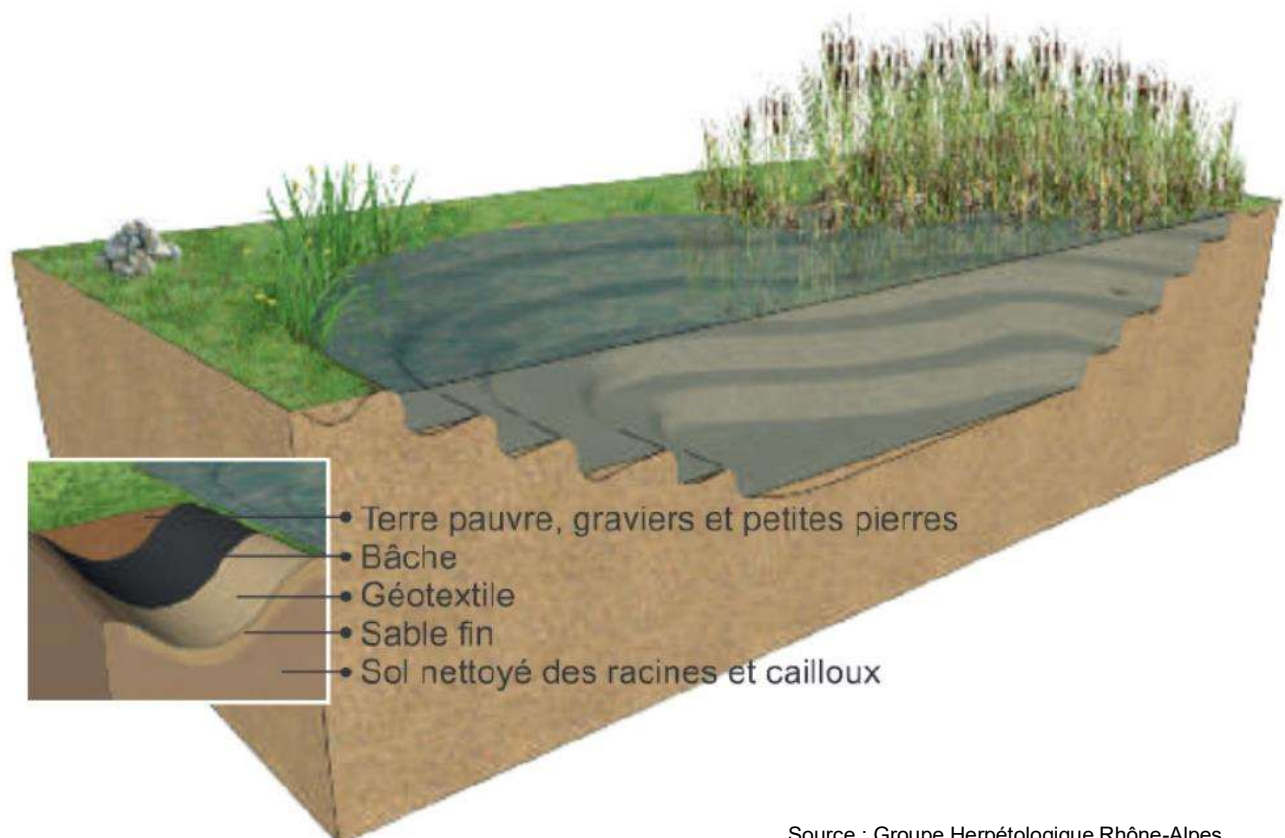
La mare sera d'une surface d'environ 100 m<sup>2</sup>, pour une profondeur allant jusqu'à environ 1m au maximum et si la profondeur de sol sur le secteur le permet (profondeur minimum requise d'environ 15 cm).

Cette surface de 100 m<sup>2</sup> est arbitraire, mais a été réfléchi de manière à être assez grande pour pouvoir accueillir plusieurs centaines d'individus de Tritons alpestres et de Grenouilles rousses qui seront déplacés lors des opérations prévues dans le cadre de l'agrandissement de la retenue des Echauds II.

La mare sera réalisée selon les étapes suivantes :

- > Etrépage de la végétation sur l'emprise de la future mare (100 m<sup>2</sup> environ) et stockage des mottes à proximité, sur une zone sans enjeux écologiques et durant la durée des travaux
- > Idéalement la mare ne sera pas ronde et adoptera une forme plus sinueuse
- > Réalisation d'une tranchée autour de la mare (avec étrépage), d'environ 20 cm sur 20 cm, pour coincer la bâche et les feutres qui seront installées à l'aide de pierres
- > Réalisation de la mare à l'aide d'une mini-pelle : affouillement de la terre sur environ 1,20 m, et profilage des berges en pente très douce avec plusieurs niveaux (3 niveaux maximum) afin de permettre l'installation de plusieurs cortèges floristiques
- > Tassement de la terre et retrait des cailloux contondants sur l'emprise de la mare
- > Installation du premier BIDIM
- > Installation d'une bâche en caoutchouc type EPDM (Ethylène-propylène-Diène Monomère), de 0,8 à 1 mm d'épaisseur et dessus le BIDIM
- > Installation du deuxième BIDIM, par-dessus la bâche d'imperméabilité
- > Blocage des bâches dans la tranchée à l'aide grosses pierres
- > Dépôt des mottes pour refermer la tranchée
- > Dépôt des mottes de végétation sur les berges et les abords de la mare

La zone étant pâturée aux alentours, la mare sera mise en défens durant les premières années afin de favoriser le retour d'une végétation sur les bords de la mare.



Source : Groupe Herpétologique Rhône-Alpes

*Idem DREAL, milieu refuge à créer à proximité de la retenue pour les amphibiens (tritons alpestres fortement présents).*

Voir ci-dessus



## **12. ANNEXES**

**ANNEXE 1 : Justification de l'intérêt public majeur**

**ANNEXE 2 : Plan général des travaux de la retenue à jour**

**ANNEXE 3 : Conformité du projet avec les prescriptions de l'arrêté ministériel du 6 août 2018**

**ANNEXE 4 : Etude géotechnique de conception G2PRO indice A – CONFLUENCES-12/11/2021**

**ANNEXE 5 : Mesures de suivi et de surveillance remise à jour**

**ANNEXE 6 : Plan travaux de pistes à jour**

**ANNEXE 7 : Plan des réseaux à jour**

**ANNEXE 8 : Modélisation des impacts du changement climatique Saint-Martin de Belleville – Les Ménuires – CDA Impact – Octobre 2021**

**ANNEXE 1 : Justification de l'intérêt public majeur**

# **DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE**

## **EXTENSION DE LA RETENUE D'ALTITUDE « ECHAUDS II »**

Commune : LES BELLEVILLE Station : LES MENUIRES



## **JUSTIFICATION DE L'INTERET PUBLIC MAJEUR DU PROJET**



## SOMMAIRE

1- Le contexte des Menuires .....	3
2- La neige de culture aux Menuires.....	3
3- Prise en compte des enjeux environnementaux et climatiques.....	5
3.1) Les éco-engagements de la station .....	5
3.2) Réduction des difficultés d'approvisionnement en eau pour la neige de culture .....	11
3.3) Prise en compte des évolutions climatiques .....	11
3.4) La diversification .....	13
4- Intérêt public majeur.....	17
4-1) Economique .....	17
4-2) Social .....	18
4-3) Environnemental .....	18
5- Conclusion .....	27

## **1- Le contexte des Menuires**

La station des Menuires a vu le jour en 1967, jusqu'alors la population avait pour unique ressource l'élevage et les jeunes partaient s'installer ailleurs, dans des secteurs où les conditions de vie étaient moins rudes et le travail plus abondant.

La commune des Belleville, qui avait perdu les deux tiers de sa population dans les années 1950, compte désormais 3 611 habitants permanents, incluant les communes déléguées de Villarlurin et de Saint-Jean de Belleville et dispose d'environ 55 000 lits touristiques.

Les 3 premiers téléskis sont installés en 1963 sur Les Menuires. Le secteur de la Masse se voit doté de deux télécabines à la fin des années 60 puis l'aménagement du secteur du Mont de la Chambre ainsi que l'ouverture de l'office du tourisme ont lieu en 1970.

Le domaine des 3 Vallées s'ouvre avec la création du télésiège des Allamands qui permet de basculer sur la vallée de Méribel.

En 1983, le réseau des remontées mécaniques s'étoffe avec l'équipement du secteur de St-Martin afin de connecter le chef-lieu au domaine skiable. A partir de 1987, 250 millions de Francs sont investis sur 5 ans en raison de l'organisation des épreuves hommes du Slalom aux Jeux Olympiques d'Albertville 1992 ce qui permet de construire 4 télécabines et d'aménager le secteur de Reberty et de créer le tracé du stade de slalom.

En 1991, la SEVABEL entre dans le groupe Compagnie des Alpes.

Entre 2002 & 2012, 7 appareils débrayables sont construits et la création de la piste de luge d'hiver Roc N'Bob voit le jour avec le TC Roc 1.

En 2013, une luge sur rail 4 saisons ouverte sur nos deux saisons d'exploitation (hiver & été) est installée dans le quartier des Bruyères.

En 2015, le TSD St-Martin Express est réalisé afin d'améliorer le confort et la vitesse sur le secteur de St-Martin. La télécabine de la Pointe de la Masse vient d'être construite durant les étés 2020 et 2021 permettant de relier directement la station au sommet « Pointe de la Masse » à 2804m d'altitude en supprimant 3 appareils obsolètes (1 télécabine & 2 télésièges) et en réduisant de manière significative l'impact des aménagements sur ce versant.

## **2- La neige de culture aux Menuires**

La filière des sports d'hiver constitue de loin le principal apport économique de la vallée des Belleville. D'une manière plus générale, la production de neige de culture est devenue un argument commercial fort, mais également un argument lié autour des notions d'environnement, RSE et écologique, qui peut être à double tranchant vis-à-vis de la clientèle. La notion de « garantie neige » est un enjeu crucial, particulièrement pour les stations dont le leadership sur la scène internationale du ski ne peut souffrir d'aléas liés au manque de neige. De la même façon, le modèle des Menuires fonctionne avec la promesse d'un retour à son hébergement skis aux pieds et ainsi ne pas mobiliser de déplacement via des navettes ou des véhicules privés thermiques.

Depuis 1986, la station des Menuires développe son installation de neige de culture afin de pallier les aléas climatiques et garantir une ouverture satisfaisante de son domaine skiable, et ce, dès le début de saison.

Pour la première saison d'exploitation du réseau neige en 1986/1987, 125 enneigeurs sont installés & l'usine à neige principale est construite et alimentée depuis le lac des Echauds 1. Chaque année jusqu'au début des années 2000, le déploiement du réseau neige a lieu sur de nouvelles pistes et le lac des Echauds 2 est créé en 2003.

A partir de 2005, d'importantes rénovations ont lieu au niveau des salles des machines et sur les enneigeurs. En 2008, le pompage avec la prise d'eau de St-Marcel est construit et le lac des Teppes Noires sur le secteur de St-Martin voit le jour en 2010.

A partir de 2011, de nouvelles extensions sont réalisées et des enneigeurs sont remplacés. Le lac de la Masse est réalisé en 2018 afin d'assurer l'enneigement sur le secteur du même nom ainsi que sur le bas des Menuires au niveau du quartier de Preyerand et du village du Bettex.

Durant ces trois dernières années, un nombre important d'enneigeurs sont remplacés afin d'améliorer le rapport air/eau et de diminuer grandement la consommation électrique pour la fabrication de la neige de culture.

Les conditions climatiques de ces dernières années confirment ce besoin. Avec ces nouvelles contraintes climatiques, il apparaît impératif d'augmenter la capacité de production de neige instantanée, notamment en début de saison afin d'optimiser au mieux les plages de froid qui tendent à se raréfier.

Bien que la station dispose de ressources en eau suffisantes pour répondre aux besoins saisonniers, les volumes disponibles en instantanés ne permettent pas une production dans un laps de temps satisfaisant, sans mobilisation de nouvelles ressources.

Ainsi, le gestionnaire du domaine skiable des Menuires cherche à augmenter sa capacité de stockage d'eau afin de disposer des ressources instantanées nécessaires à une production rapide en début de saison. En plus de réduire le temps de production, une augmentation du volume d'eau stocké permet de réduire le risque, faute de ressource disponible, de rater des créneaux de froid qui tendent à se raréfier.

Le projet vise donc, en augmentant le volume de la retenue des Echauds 2 de 123 700 m<sup>3</sup> (170 200 m<sup>3</sup> contre 46 500 m<sup>3</sup> actuellement), à sécuriser la production de neige de culture, et notamment sur tout le secteur alimenté par les retenues des Echauds. Ces deux retenues permettent l'enneigement de tout le secteur des Menuires, cœur du domaine skiable, ainsi que les liaisons avec le reste des 3 Vallées, soit la majeure partie du domaine. Elles jouent donc un rôle primordial dans la stratégie d'enneigement de la station.

Les liaisons avec les domaines voisins des 3 Vallées sont stratégiques pour ne pas mettre en danger le modèle économique qui s'appuie sur la commercialisation du produit 3 Vallées (qui couvre donc le grand domaine) recherchée par l'ensemble de la clientèle des grands skieurs qui visitent notre station en hiver.

Il est également important de permettre l'alimentation des réseaux de la partie basse des Menuires, dès les premiers créneaux de froid et ainsi sécuriser l'accès ski aux pieds à de nombreux quartiers de la station : Preyerand, Levassaix, Bettex, l'entrée des Menuires... La sécurisation des départs et retours skis aux pieds depuis et vers ces points est un enjeu fort pour garantir le remplissage de la station et l'exploitation des nombreuses résidences de touristes. Le développement de ces quartiers excentrés du centre historique de la Croisette impose de repenser la couverture en neige de culture pour assurer un service aux clients qui respectent la promesse du « départ et retour à ski ». Les stations d'altitude de Tarentaise, dont les Menuires, ont basé leur attractivité sur ce modèle. Au cours des dernières années, cette attente forte de la clientèle ne peut souvent être assurée qu'entre le 15 janvier et le 15 mars.

Le projet permettra par ailleurs une optimisation de l'installation neige du secteur des Echauds. L'ajout d'une nouvelle salle des machines et les modifications apportées à l'installation permettront par ailleurs de rendre la SDM 1 (salle des machines principale)



moins stratégique. Actuellement, si une défaillance de ce bâtiment technique devait survenir, cela engendrerait la paralysie de l'installation neige de tout le secteur.

## **3- Prise en compte des enjeux environnementaux et climatiques**

### **3.1) Les éco-engagements de la station**

L'ensemble des domaines skiables de France se sont engagés en 2020 à mettre en pratique des éco-engagements pour réduire leur empreinte carbone. Ces éco-engagements s'articulent autour de 5 thématiques principales à savoir : le climat et les émissions de GES, l'eau et son partage, la biodiversité et les déchets.

- Pour la **thématique climat et émissions de GES** l'objectif fixé est la neutralité carbone à l'horizon 2030.

A ce jour, 95% des émissions de GES des domaines skiables proviennent de l'usage des dameuses au gasoil. La neutralité carbone passe donc entre autres par la formation à l'écoconduite des conducteurs d'engins de damage. Dans cette optique, nous travaillons grâce à notre maison mère au développement d'engins de damage électrique dont les batteries pourront à moyen terme être rechargées avec de l'hydrogène. Nous privilégierons pour nos futurs investissements des véhicules automobiles électriques et dès que l'approvisionnement sera possible en station des véhicules hydrogènes. Nous sommes également pilotes sur un projet d'optimisation de la consommation électrique de nos remontées mécaniques avec une utilisation raisonnée adaptée aux flux de fréquentation.

A ce titre, la commune des Belleville s'est engagée dans le projet de l'ADEME « écosystème territorial hydrogène ». Un projet multiacteurs a ainsi été mis en place afin de doter la vallée d'approvisionnement en hydrogène. La SEVABEL recevra à moyen terme 4 dameuses à hydrogène et la Communauté de communes Cœur de Tarentaise 5 bus à hydrogène d'ici 2024 destinés à circuler sur la vallée des Belleville.

Depuis 2018, avec le soutien de SEVABEL, le domaine skiable est devenu la 1ère station française à intégrer la POW Resort Alliance, animée par l'association Protect Our Winter, qui nous aide à repenser nos actions avec toujours le même fil conducteur « comment continuer à vivre de cette activité de loisir en ayant le moins d'impact possible et en faisant au mieux niveau environnemental ». La SEVABEL travaille avec l'Office de Tourisme sur ces sujets avec la volonté de mieux communiquer auprès de sa clientèle sur les enjeux qu'il y a autour de l'activité économique d'une destination de montagne (toutes saisons) et sur les impacts liés à ce développement afin d'avoir une plus grande transparence qui est demandée et attendue de la part de nos visiteurs.

La SEVABEL mène également des réflexions et des actions pour optimiser ses consommations énergétiques :

- remplacement progressif des têtes d'enneigeurs, à titre informatif en 2021 54 têtes ont été remplacées soit un gain de 228 000 kWh d'économiser pour un volume de production identique à celui de l'année 2018/2019 ;

- équipement du garage de la télécabine des Bruyères avec des panneaux photovoltaïques pour une surface totale de 310m<sup>2</sup> et une puissance de 60 kW. La production totale entre le 1er novembre 2020 & le 30 octobre 2021 est de 78 033kW soit une production moyenne de 235kWh par jour ;
- lancement d'une réflexion sur un projet d'hydroélectricité au moyen du réseau neige de culture ;
- rétrofit (reconditionnement complet & tests) d'une dameuse tous les 2 ans afin qu'elle reparte sur un nouveau cycle d'utilisation de 5 ans plutôt que d'acheter une machine neuve ;
- conduite d'un audit énergétique sur les cabanes et bâtiments de la SEVABEL pour ensuite cibler les bâtiments devant faire prioritairement l'objet de travaux d'isolation ;
- surveillance de la consommation électrique par mise en place de sous compteurs pour la production de neige et sur les bâtiments dans le but d'adapter la consommation énergétique. Par exemple en supprimant les aérothermes en gare et en ajoutant des patchs chauffants afin de concentrer l'énergie uniquement sur la zone à chauffer.
- Formation à l'écoconduite des remontées mécaniques afin d'adapter la vitesse des appareils à la fréquentation (supervision de l'intégralité de nos appareils sur un seul écran permettant de visualiser en direct notre parc) ;

A noter également que la CDA (dont fait partie la SEVABEL) finance la liaison ferroviaire Londres-Moutiers-Bourg Saint Maurice dans le but de maintenir une offre décarbonée à la clientèle britannique touriste et d'inciter à l'usage des transports collectifs.

- Pour la **thématique eau** l'objectif fixé est de lisser le prélèvement dans le temps de l'eau et d'économiser la ressource.

La station des Menuires, par le bon usage de ses retenues et le projet objet du présent dossier, répond à cet objectif.

En effet, le stockage d'eau permet un décalage dans le temps des prélèvements. Ainsi, plus la capacité de stockage s'approche des volumes saisonniers consommés, moins il est nécessaire de prélever de l'eau en cours d'hiver. Le remplissage des retenues est alors réalisé au printemps et en été, lors des périodes de hautes eaux et permet donc de bénéficier d'une forte disponibilité de la ressource. L'augmentation du volume de rétention permet donc la réduction des prélèvements lors des périodes les plus défavorables pour les milieux aquatiques. Dans les secteurs de montagne, comme ici, l'hiver correspond en effet à la période d'étiage des cours d'eau et des sources. C'est également à ce moment que la ressource en eau est la plus sollicitée du fait des consommations domestiques liées à la fréquentation touristique des stations.

La gestion de la ressource en eau est un enjeu majeur pour ces territoires.

La production de neige de culture, à l'échelle de la station des Menuires et de Saint-Martin de Belleville, dépend de deux prises d'eau (prise d'eau dans le Doron des Belleville à St Marcel et prise d'eau dans le ruisseau des Plans) et d'un prélèvement dans le réseau d'alimentation en eau potable communal au niveau du réservoir de l'Ours Blanc.

D'après les scénarios étudiés, le projet permettra, hors situations très défavorables, de s'affranchir des prélèvements dans le milieu naturel et sur le réseau d'eau potable, lors des périodes les plus critiques pour la ressource en eau et les milieux aquatiques (de fin décembre au mois de mars).

Le projet permet ainsi, à volumes d'eau consommés équivalents, de réduire l'impact des prélèvements d'eau voués à la production de neige de culture.

Enfin, le choix retenu d'agrandir un ouvrage existant permet de ne pas impacter un nouveau site vierge. Le secteur du projet est largement anthropisé et équipé, positionné au cœur du domaine skiable.

Concernant l'économie de la ressource, le service des pistes de la vallée des Belleville a mis en place des mesures pour optimiser l'enneigement naturel et limiter les consommations d'eau pour la neige de culture.

Les dameuses sont toutes équipées par la Sevabel d'un système de géolocalisation & de mesure de hauteur de neige permettant d'optimiser le damage.

Les chauffeurs des machines peuvent voir en direct l'épaisseur de neige présente sous la machine. Ceci permet de mieux étaler les tas de neige de culture produits par les enneigeurs et également de venir chercher de la neige naturelle présente en bord de piste ou dans des zones d'accumulations.

Nous suivons également quotidiennement l'évolution du manteau neigeux sur les pistes. Les informations des hauteurs de neige sont retransmises directement sur le logiciel de production de neige de culture ce qui permet de démarrer uniquement les enneigeurs au niveau des zones où la neige est manquante.

En partenariat avec Suez, le SPVB (Service des Pistes de la Vallée des Belleville) a également lancé un projet « Data montagne » qui consiste à l'élaboration et à l'utilisation d'un logiciel agrégeant les données d'information pour une aide à la décision de l'usage de l'eau. Les données prises en compte sont principalement les données de tous les captages, la fréquentation / consommation des bâtiments, les données météo des 10 dernières années, les prévisions météo, la production de neige de culture faite et à faire, le cumul de neige naturelle en réel, etc... Ce logiciel produit un algorithme qui donne la tendance pour permettre à Suez d'arbitrer le pompage sur tel ou tel captage.

- En matière de **biodiversité** deux objectifs sont visés dans les éco-engagements des DSF (Domaine Skiable de France), sous 5 ans chaque exploitant devra disposer de « l'inventaire des connaissances environnementales des espaces naturels concernés » et devront équiper de repères visuels 100% des tronçons sensibles de leurs remontées mécaniques pour protéger les oiseaux des collisions.

Depuis 2014, la SEVABEL a mis en place un observatoire environnemental s'étendant sur 3 964 ha. Ce périmètre englobe à la fois les secteurs du domaine skiable déjà aménagés, ceux susceptibles de l'être dans les prochaines années et ceux qui devraient être préservés de tout aménagement lié à la pratique du ski. En 2020 (les données 2021 sont en cours de traitement), l'observatoire compte environ 5858 données naturalistes (faune/flore) et 32 points de suivi paysagers.

De plus, la SEVABEL a un partenariat avec le Parc National de la Vanoise à la fois pour équiper régulièrement des tronçons de remontées mécaniques dangereux pour l'avifaune avec des balises avifaune et également pour équiper des oiseaux de balises satellitaires afin de mieux connaître leur comportement sur le domaine skiable. A ce titre une convention a été signée entre le PNV et la SEVABEL en 2019 et une réunion a lieu chaque année pour faire le point sur les actions menées et à venir.



La mairie a un partenariat fort avec le Parc National de la Vanoise (PNV) : En septembre 2015, Saint-Martin a adopté la charte du PNV et le 30 avril 2016, a été signée la convention d'application conjointement par la commune et le PNV, formalisant ainsi son engagement en faveur du projet de territoire porté par le Parc

- Sur la question des **paysages** à court terme, l'objectif fixé est de végétaliser 100% des zones d'intervention situées en zone d'alpage, en utilisant exclusivement des semences endémiques et de démonter les installations obsolètes.

L'observatoire environnemental des Menuires comporte également un volet paysage. Dans ce cadre, deux démarches de suivi distinctes sont mises en œuvre en parallèle :

> **Le volet « Paysage »**

Une démarche de suivi « passive » dont l'objectif est d'identifier des vues de références représentatives de l'identité paysagère du domaine skiable des Menuires - St-Martin et d'évaluer les évolutions liées aux aménagements du domaine skiable. Il s'agit d'une veille sur la qualité des paysages.

> **Le volet « Travaux »**

Une démarche de suivi « active » dont l'objectif est d'évaluer l'efficacité des mesures mises en œuvre par la SEVABEL pour favoriser l'intégration paysagère des travaux réalisés ou pour permettre la cicatrisation des espaces dégradés.

Le suivi paysager s'appuie sur trois échelles d'étude :

> **L'échelle territoriale : les vues emblématiques**

Il s'agit des secteurs les plus emblématiques du paysage des Menuires : les vues « cartes postales » les plus photographiées à priori. Les points de vue analysés sont ceux situés aussi bien en dehors que dans le périmètre du domaine skiable.

> **L'échelle locale : Les vues représentatives des unités paysagères**

Il s'agit de répertorier les différentes ambiances du domaine skiable (ou unités paysagères) et les caractères sur lesquels repose l'identité de chaque type de paysage. Pour chacune de ces unités paysagères, des vues représentatives sont décryptées, mettant en évidence les éléments qui structurent les vues et qui sont donc particulièrement sensibles à tout changement.

> **L'échelle parcellaire : les vues rapprochées sur les travaux en cours ou programmés**

Le paysage de montagne subit une faible évolution naturelle. Ce sont le plus souvent les travaux d'aménagement qui font évoluer le paysage perçu par le promeneur en été. L'observatoire cherche à évaluer qualitativement et quantitativement ces tendances d'évolution afin de réorienter les modalités d'intervention si besoin.

Cette troisième partie repère les vues rapprochées sur les secteurs de travaux en cours ou programmés. L'évaluation de l'intégration paysagère des travaux repose sur 5 indicateurs de suivi, dont la végétalisation herbacée.

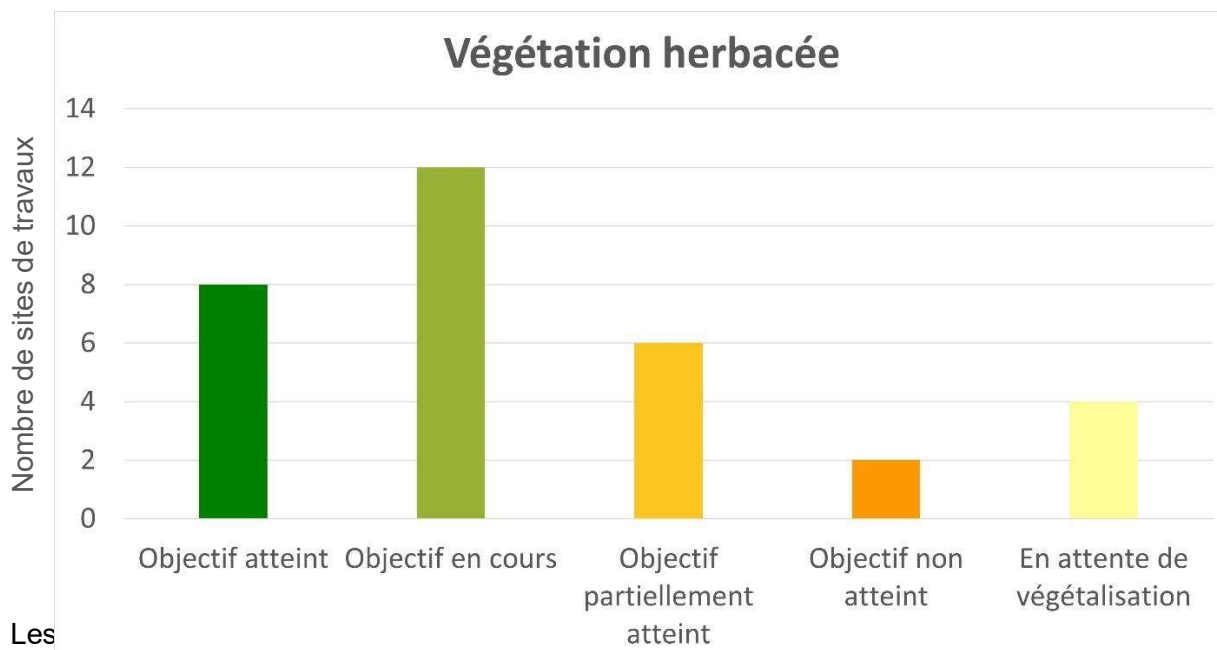
### Volet TRAVAUX : Grille de suivi des travaux

INDICATEURS SUIVIS (Mesures ERC le cas échéant)	MISE EN OEUVRE	EFFICIENCE
<b>Cohérence architecturale</b> : Couleur et hauteur des pylônes, qualité architecturale des gares	Pour chaque Mesure	Pour chaque Mesure
<b>Cohérence topographique</b> : terrassement raccordé à la topographie naturelle, modulations du talus de gauche	Réalisée	Objectif non atteint
<b>Traitement des surfaces</b> : Travaux sur lapiaz, enrochement de talus, stabilisation des sols	En cours	Objectif partiellement atteint
<b>Végétalisation arborée</b> : plantation d'arbres, de lande, reboisement	Projetée	Objectif en cours
<b>Végétalisation herbacée</b> : semis, étrepage...	Non réalisée	Objectif atteint
SUITE A DONNER	ÉVALUATION DE L'INTÉGRATION PAYSAGÈRE DES TRAVAUX	
A suivre en ...  Suivi terminé	Evaluation en attente	
	Intégration non satisfaisante	
	Intégration partielle	
	Intégration en cours (stabilisation)	
	Intégration satisfaisante	

En 2019, 32 sites de travaux ont été suivis. Le critère de végétalisation herbacée est analysé pour chacun de ces sites.

L'efficacité de la végétalisation a été jugée comme suit :

- > L'objectif est atteint pour 8 sites de travaux, soit 25% ;
- > L'objectif est en cours pour 12 sites de travaux, soit 38% ;
- > L'objectif est partiellement atteint pour 6 sites de travaux, soit 19% ;
- > L'objectif est non atteint pour 2 sites de travaux soit 6% ;
- > 4 sites de travaux sont en attente de végétalisation, soit 13%.



Les réalisées avec le mélange de graines « formule 3 vallées » dont la constitution est la suivante :

- 25% de fétuque rouge traçante
- 25% de fétuque rouge gazonnante
- 10% de ray-grass anglais
- 10% de fléole des prés
- 10% de sainfoin
- 10% de pimprenelle
- 5% de trèfle blanc
- 3% de lotier
- 1% de plantain lancéolé
- 1% d'achillée millefeuille

Toutes ces espèces sont retrouvées localement, il n'y a donc pas de risque de mise en concurrence. Les campagnes de végétalisation permettent par ailleurs de limiter le risque de colonisation des sols laissés à nu par des plantes invasives.

A court terme la SEVABEL envisage de mener des expérimentations sur la revégétalisation avec des semences locales.

Tous les travaux de pistes et aménagement autour des appareils/bâtiments effectués pendant l'été sont intégralement revégétalisés. Nous essayons au maximum d'effectuer la campagne de semence directement après les travaux durant l'automne.

La revégétalisation est effectuée en interne avec le service des pistes de la vallée qui possède ces propres engins et son personnel. Cette autonomie permet d'avoir une grande flexibilité pour effectuer rapidement les campagnes d'engazonnement suivant les travaux.

De plus, un partenariat entre les agriculteurs de la vallée, la mairie et le service des pistes est conclu afin de récolter le fumier de l'année et l'épandre sur les parties nécessitant un apport en amendement. Ces zones sont validées par la SEM agriculture environnement.



Concernant le démontage d'appareils devenus obsolètes, la création de la télécabine de la Pointe de la Masse en 2021 s'est accompagnée du démontage de 3 autres remontées mécaniques : TSF du Rocher Noir, TSF du Lac Noir et TC de la Masse 2, entraînant la suppression de 54 pylônes et de 5,2 kms de ligne pour une nouvelle ligne créée de 3,3kms constituée de 24 pylônes seulement.

- Enfin, dernière grande thématique visée par les éco-engagements, la **gestion des déchets**, avec la mise en place systématique d'une opération de ramassage des déchets une fois par an à minima et la sensibilisation des usagers du site à la réduction des déchets.

A ce titre la SEVABEL réalise une fois par an une campagne de collecte des déchets sur le domaine skiable des Menuires effectuée par le personnel de la société.

L'ensemble des déchets générés par les activités de maintenance des appareils sont triés & recyclés.

De plus, des poubelles de tri sont déployées en plusieurs points stratégiques sur le domaine skiable (départ & arrivée des remontées mécaniques, aire de pique-nique...) pour les clients.

La commune des Belleville, avec l'ensemble de ses parties prenantes, s'est lancée dès 2020 dans une démarche de labellisation Flocon vert en collaboration avec Mountain Riders.

La certification est attendue au printemps 2022.

### ***3.2) Réduction des difficultés d'approvisionnement en eau pour la neige de culture***

Actuellement, en cours d'hiver, l'eau utilisée pour le remplissage des retenues provient, pour 28% du Doron des Belleville, via la prise d'eau de St Marcel et pour 72% du réseau d'eau potable communale (trop-plein du réservoir de l'Ours).

L'accroissement de la capacité de stockage d'eau réduira alors la dépendance de la production de neige de culture aux contraintes des prélèvements sur le réseau d'alimentation en eau potable où la disponibilité est plutôt faible en saison hivernale.

### ***3.3) Prise en compte des évolutions climatiques***

Le projet consiste en l'agrandissement de la retenue d'altitude des Echauds déjà existante et a pour but d'augmenter la capacité instantanée de production de neige de culture sur des périodes de froids courtes. Le projet s'inscrit donc dans une optique de sécurisation de l'enneigement face au réchauffement climatique. Cet équipement permettra dans l'avenir, comme aujourd'hui, de pallier les déficits d'enneigement souvent rencontrés en début et fin de saison hivernale et ainsi de sécuriser les dates d'ouverture et de fermeture du domaine skiable.

De plus, le bas de la station des Menuires est situé à 1700 m d'altitude environ, ce qui signifie que la majorité des pistes se situent au-delà de 1800 m d'altitude. Au-delà de cette limite altitudinale, les prévisions climatiques semblent indiquer que l'enneigement ne sera pas remis en question durant les prochaines années. L'enneigement fourni par la retenue

sera donc viable face au changement climatique sur la majorité des pistes du domaine skiable des Menuires. »

➤ **Viabilité projet**

Pour étudier la pérennité de ses ouvrages & de ses aménagements, la SEVABEL a fait réaliser une étude prospective sur l'évolution de l'enneigement & des températures à l'échelle locale du domaine skiable des Menuires & de St-Martin-de-Belleville.

La modélisation des impacts du changement climatique (étude complète en annexe), réalisée par le bureau d'études INGELLO, indique qu'au regard des modèles prospectifs, l'enneigement par la neige de culture reste fonctionnel et permet de garantir l'ouverture du domaine skiable sur au moins 100 jours jusqu'à l'horizon 2060.

Au-delà, pour la période 2081-2100, la neige de culture permettrait l'exploitation du domaine skiable entier mais uniquement en année médiane. Pour les années défavorables la partie basse du domaine ne serait plus exploitable.

Fort de ce constat, le projet d'extension de la retenue des Echauds II, qui consiste à garantir la disponibilité de la ressource en période de faible disponibilité de celle-ci, sans extension du réseau neige mis à part sur Pâturages Haut (extension représentant seulement moins de 3% de la totalité du réseau), est justifié au regard du changement climatique.

En effet, la viabilité de ce projet va donc au-delà de 2060. Notre amortissement sur l'investissement est de 20 ans pour la partie retenue collinaire & salle des machines et est de 12 ans pour la partie réseaux & enneigeurs.

D'autre part, le volume considéré pour le dimensionnement de la retenue est également justifié puisque seule l'extension nouvelle du réseau neige est prévu sur la piste Pâturages Haut, le reste concerne des réseaux existants qui sont tous encore exploitables à l'horizon 2060, même en année défavorable.

L'extension du réseau sur la piste Pâturages Haut concerne un tronçon de piste entre 2240 m et 2515 m d'altitude, donc peu sujet au changement climatique.

➤ **Multifonctionnalités et réversibilité de l'aménagement**

Dans un contexte de changement climatique, il est intéressant de préciser que plusieurs voies seraient envisageables pour « recycler » l'usage de la retenue dans le cadre d'un scénario où l'enneigement viendrait à être insuffisant pour permettre la pratique du ski et des activités liées à la neige :

- La retenue pourrait devenir un lieu de détente pour les randonneurs qui transitent sur la zone (lac d'altitude, pique-nique, etc...)
- La retenue pourrait servir à l'activité de pêche
- La retenue pourrait devenir un réservoir d'eau potable, pouvant servir à la consommation humaine ou à l'alimentation en eau pour des parcelles agricoles voire pour l'abreuvement des troupeaux

A ce jour la multifonctionnalité des retenues est plutôt pensée sur la retenue des Echauds I que celle des Echauds II.

En effet, la retenue des Echaud I est facilement accessible depuis la télécabine des Bruyères 1 avec son arrivée située à seulement 250m de la retenue. Cette télécabine est ouverte 4 jours par semaine sur les vacances d'été, ce qui n'est pas le cas des Echauds II qui est situé 300 m plus loin et qui est plus haut en altitude.

Le site des Echauds I est ainsi pensé comme une zone d'agrément avec tables de pique-nique autour de la retenue, pêche dans le lac et parcours de randonnée pédestre passant le long de la retenue.

A noter que des échanges ont été menés avec les agriculteurs du secteur de projet afin de connaître leurs besoins pour tenir compte d'un éventuel volume en eau à leur destiner dans le volume global de la future retenue.

Les agriculteurs n'ont pas émis le souhait de disposer d'une ressource en eau supplémentaire par contre ils seraient intéressés pour que l'ancienne salle des machines soit réhabilitée en chalet d'alpage.

La SEVABEL n'est pas opposée à cela et mène des discussions en ce sens avec la mairie afin d'accéder à leur demande.

Par ailleurs, il a été entendu de conserver un emplacement plat pour la zone de traite en bord de la zone de reprise de la piste Mont de la Chambre et du chemin 4x4 montant en alpage.

### **3.4) La diversification**

La SEVABEL travaille à la diversification de ses activités mais cette évolution se fera dans le long terme, l'investissement pour l'extension de la retenue des Echauds II concerne le développement à court et moyen terme.

Ainsi, la SEVABEL s'est engagée depuis quelques années dans une démarche de diversification de ses activités hivernales et dans le développement de nouvelles activités estivales.

C'est dans ce cadre que le réaménagement du secteur de la Masse a été réalisé en permettant aux piétons un accès direct en hiver comme en été au sommet de la Pointe de la Masse à 2804m d'altitude. Une terrasse panoramique de 800m<sup>2</sup> est présente sur le toit du bâtiment d'arrivée de la télécabine et un projet global d'attractivité du sommet est en cours de réflexion.

C'est également pour cela que la vallée des Belleville a choisi un nouveau positionnement commun autour du Voyage Ascensionnel.

A ce jour, fort des dernières nouveautés aménagées sur le domaine skiable et des activités anciennes existantes, le panel des activités hors ski sur le secteur est très varié :

- Baptême en ULM
- Baptême en parapente
- Stages photos
- Circuit du patrimoine
- Escape game en extérieur
- Via Ferrata
- VTT Electrique
- Pilotage de drone
- Marche et randonnée
- Séjours bien-être et fitness
- Séjours « authentique et traditions »



- Laser game
- Trotinettes électriques
- Courses de trail
- Pump track
- Luge 4 saisons Speed Mountain
- Mountain kart depuis cet été 2021
- Skate park en cours de réalisation
- Projet à venir de snow tubing
- Via 3 Vallées entre les Menuires et le sommet de Tournère
- Organisation d'épreuves de VTT chaque année (coupe de France et coupe du monde)

Dans cette dynamique, la SEVABEL a lancé avec l'office de tourisme, la commune et les autres parties prenantes, une étude sur l'avenir du VTT et du vélo sous toutes ses formes afin d'établir un schéma directeur dans la vallée des Belleville.

Elle s'est également engagée sur un travail avec l'ensemble des socio-professionnels des Menuires pour faire de la station une destination à part entière pour l'été.

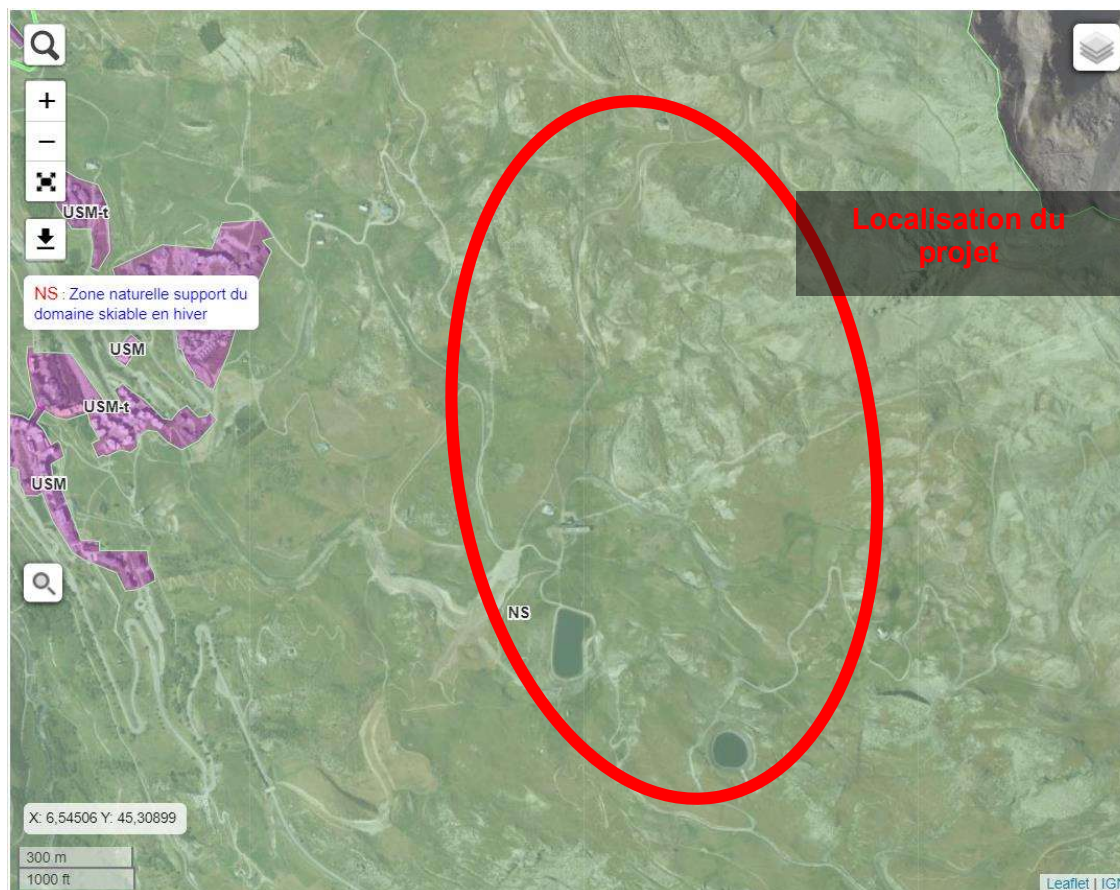
Ce groupe de travail rassemble divers acteurs : office du tourisme, bureau des guides, SETAM, SEVABEL, représentant des commerçants...

L'idée est de créer une offre dynamique et facile d'accès appelée « passeport ascensionnel ». L'achat d'un support unique qui peut être chargé comme un porte-monnaie électronique donne droit à des remises chez tous les prestataires qui adhèrent à ce programme. Ce nouveau produit sera en service dès l'été 2022.

La SEVABEL joue aussi un rôle majeur dans le réchauffement des lits froids et le remplissage de la destination. L'Agence Immobilière de la Vallée des Belleville, filiale de notre maison mère, commercialise plus de 600 appartements : c'est la plus grosse agence de la vallée et l'hébergeur professionnel le plus important des Menuires. La SEVABEL contribue également, aux côtés de la collectivité, à la rénovation et la remise en marché professionnel d'une cinquantaine d'appartements chaque année.

D'une manière plus large, la Compagnie des Alpes, dont la SEVABEL est filiale, a pour objectif à l'horizon 2030 de réaliser 30% de son chiffre d'affaires dans des activités diversifiées destinées à promouvoir la montagne 4 saisons.

Selon le PLU de Les Belleville, approuvé au conseil municipal du 20 janvier 2020, l'ensemble du projet est contenu dans une zone « Ns » (zone naturelle support du domaine skiable en hiver)



(Source : Observatoire.savoie.equipement-agriculture.gouv.fr)

Ces zonages correspondent à « l'emprise du domaine skiable et pouvant être aménagées en vue de la pratique du ski ». Sur ces zonages, et en relation directe avec la nature du présent projet, le PLU stipule que sont autorisés :

« > Tous les équipements et les aménagements liés à l'exploitation du domaine skiable, aux remontées mécaniques, à la pratique du ski, à la sécurité des personnes, ainsi que les équipements et aménagements temporaires légers destinés aux loisirs d'hiver, d'été, dès lors qu'elles ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière du terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages. [...] »

> Les exhaussements et affouillements du sol à condition d'être liés aux travaux de pistes et de remontées mécaniques, à l'accès aux installations, aux bassins de rétention, aux bassins de stockage, à la création de stationnements »

La nature du projet (agrandissement d'une retenue d'altitude, réseau neige et requalification de pistes) semble donc cohérent avec les types d'activités autorisés en zonage Ns.

Il est également stipulé que « En zone NS, lors de travaux de terrassement liés aux activités du domaine skiable :

> Les surfaces concernées doivent obligatoirement faire l'objet d'une re-végétalisation, en concertation avec l'exploitant de la parcelle ;

> Des semences adaptées respectant le cahier des charges de la chambre d'agriculture Savoie – Mont-Blanc devront être utilisées »

La totalité des zones terrassées seront revégétalisées grâce à plusieurs mesures de réduction proposées dans l'étude d'incidence :

> **MR3** : Revégétalisation des zones terrassées à l'aide d'un mélange de semences locales et du mélange de semences « 3 Vallées » amélioré.

> **MR4** : Revégétalisation des zones terrassées à l'aide de la technique d'étrépage/stockage de la végétation et à l'avancement.

**Par conséquent, le projet est donc compatible avec le PLU de Les Belleville.**

Le SCOT Tarentaise -Vanoise auquel est rattachée la commune de Les Belleville s'articule autour de 3 axes principaux, eux-mêmes déclinés en objectifs :

**Axe 1** : Une Tarentaise dynamique, qui valorise sa complémentarité et son interdépendance entre vallée / versants au soleil et stations, et qui préserve son capital nature

- > Valoriser l'interdépendance et la complémentarité entre l'économie touristique et la vie quotidienne
- > Structurer le territoire pour valoriser ses interdépendances et complémentarités via une armature territoriale
- > Préserver les grands équilibres du capital naturel et patrimonial

**Axe 2** : Une attractivité touristique qui repose sur la qualité et la diversification

- > Les objectifs stratégiques pour conforter la place de leader mondial sur le tourisme hivernal
- > Diversifier l'offre touristique
- > Développer des pôles touristiques de vallée
- > Restructurer l'immobilité touristique
- > Donner la priorité à la modernisation et à la restructuration des domaines skiables existants et contenir l'extension des domaines skiables
- > Répondre aux besoins de logements des saisonniers
- > Optimiser l'usage des ressources : eau, matériaux, énergie et gérer les déchets

**Axe 3** : Un territoire attractif pour les résidents permanents

- > Conforter Moûtiers, cœur de territoire
- > Développer une offre de logement diversifiée à destination des résidents permanents
- > Maintenir une qualité des services et équipements dans la vallée
- > Structurer l'offre commerciale pour des commerces vivants à l'année
- > Tirer parti de l'économie touristique pour favoriser le développement économique du territoire

**Axe 4** : Un mode de fonctionnement durable pour la Tarentaise

- > Mettre en œuvre une gestion économe de l'espace



- > Mettre en œuvre une offre de mobilité plus efficace
- > Gérer durablement les ressources et réduire les nuisances

Les incidences sur l'environnement générées par le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II ont fait l'objet de mesures de prise en compte, développées selon la méthode E.R.C. Le projet est donc compatible avec les objectifs de l'axe 1.

Le projet d'agrandissement de la retenue des Echauds II vise à garantir l'enneigement sur un secteur du domaine skiable des Menuires, permettant également une meilleure gestion des stocks d'eau pour l'exploitation du domaine skiable. Par conséquent, le projet est compatible avec les objectifs de l'axe 2.

Le projet ne semble pas concerner par l'axe 3.

Le choix d'agrandir une retenue déjà existante est cohérent avec l'objectif de gestion économe de l'espace et avec une gestion plus durable des ressources en eau (comme rappelé ci-dessus).

**Le projet est donc compatible avec les orientations du SCOT Tarentaise Vanoise.**

## **4- Intérêt public majeur**

### **4-1) Economique**

Au-delà de la seule vallée des Belleville, le tourisme constitue le socle de l'activité économique de la Tarentaise. Directement ou indirectement, il fait vivre une grande partie du territoire, irriguant les fonds de vallée et villages à travers les activités commerciales, artisanales et de service. Souvent définie comme le plus grand domaine skiable du monde, la Tarentaise occupe une place de leader mondial dans le tourisme hivernal ; place qu'elle se doit de conforter dans un contexte de plus en plus concurrentiel. Les remontées mécaniques de la Tarentaise génèrent à elles seules plus de 80% du chiffre d'affaires des remontées de Savoie et environ 1/3 des remontées françaises (source APTV, 2017).

La filière des sports d'hiver constitue de loin le principal support économique de la Tarentaise et de la vallée des Belleville. Les seuls domaines skiables des Menuires et Saint-Martin de Belleville génèrent directement 80 emplois permanents et 580 emplois saisonniers (remontées mécaniques, service des pistes, moniteurs). Indirectement, ce ne sont pas moins de 250 emplois permanents et plus de 2 400 emplois saisonniers qui sont engendrés par cette activité, dans les deux stations des Menuires & de St-Martin. Elles comptabilisent 30 000 lits touristiques (un peu moins de 10% des lits de Tarentaise). La SEVABEL, gestionnaire des deux domaines skiables, réalise un chiffre d'affaires de 57M€ (saison 2018/2019), dont 99,5% en hiver, pour la vente de forfaits. Cela représente 1 500 000 journées-skieurs.

Du fait de cet enjeu économique et social, il est primordial pour la vie de la vallée que les stations du territoire, dont les Menuires, puissent garantir une ouverture de leur domaine skiable dès le début d'hiver.

Aussi, face au risque de généralisation des aléas climatiques, la station des Menuires a besoin de fiabiliser son enneigement. Pour cela, la priorité est d'accroître la capacité de production instantanée. Cette augmentation assurera une meilleure optimisation des créneaux de froid dans un contexte de raréfaction de ceux-ci, tant en durée qu'en intensité.

## **4-2) Social**

La SEVABEL a fait évaluer par l'agence de notation BIOM Attitude son indicateur « % BIOM » qui matérialise la performance économique des organisations qui contribuent au développement durable de son territoire. Cet indicateur révèle la Valeur Ajoutée Sociétale de l'entité, induite par ses actions et ses bonnes pratiques sociétales.

Le « % BIOM » valorise les retombées sociales, économiques et environnementales de l'organisation de l'entreprise sur le territoire français.

En l'occurrence, pour la SEVABEL cet indicateur est de 66% ce qui correspond à un niveau excellent de performance selon le classement BIOM.

Cela indique que sur l'ensemble des dépenses effectuées par la SEVABEL, 66 % sont redistribués sur le territoire français.

A titre d'exemple, pour la réalisation cette année de la Télécabine de la pointe de la Masse dont le coût s'élève à 22 millions d'euros, 90% des entreprises intervenant sur le chantier étaient localisées en Savoie, les 10% restants étant dans le Jura et à Lyon.

Ainsi, la SEVABEL en maintenant l'activité sur le domaine skiable des Menuires (notamment via ses investissements dans les projets), génère une économie locale, départementale et voir à une plus large échelle, qui pérennise des emplois indirects et de la création de valeur pour tout un écosystème. Le dernier hiver, avec le Covid, a montré s'il en était besoin, l'importance de l'économie du ski pour le département.

## **4-3) Environnemental**

Pour la recherche de sites potentiels qui pourraient être favorables à l'installation d'une retenue d'altitude, un pré-repérage des sites potentiels sur le domaine skiable des Menuires a été effectué grâce au traitement du LIDAR : les sites avec une pente comprise entre 0 et 20 % et pouvant potentiellement recevoir un réservoir d'eau ont été isolés.

Au terme du pré-repérage, 8 sites potentiels ont pu être déterminés. Le tableau suivant présente une comparaison entre chaque site, selon plusieurs indicateurs de biodiversité à prendre en compte. Pour pouvoir être comparées avec les sites potentiels, seules l'emprise stricte de la retenue projetée et les terrassements associés ont été pris en compte.

Le tableau ci-dessous met en évidence plusieurs éléments permettant de hiérarchiser les différents sites entre eux :

> Tous les sites sauf le site 8 et le site retenu présentent un impact sur les zones humides. De plus, pour tous les sites sauf le site 1, l'installation d'une retenue occasionnerait une destruction de zones humides sur une surface supérieure à 1000 m<sup>2</sup>.

> L'installation d'une retenue sur les sites 2 et 3 engendrerait également une destruction directe de plusieurs espèces végétales protégées liées aux zones humides

> Tous les sites représenteraient un impact potentiel sur les espèces animales patrimoniales présentes sur les sites ou à proximité, sauf le site 4.

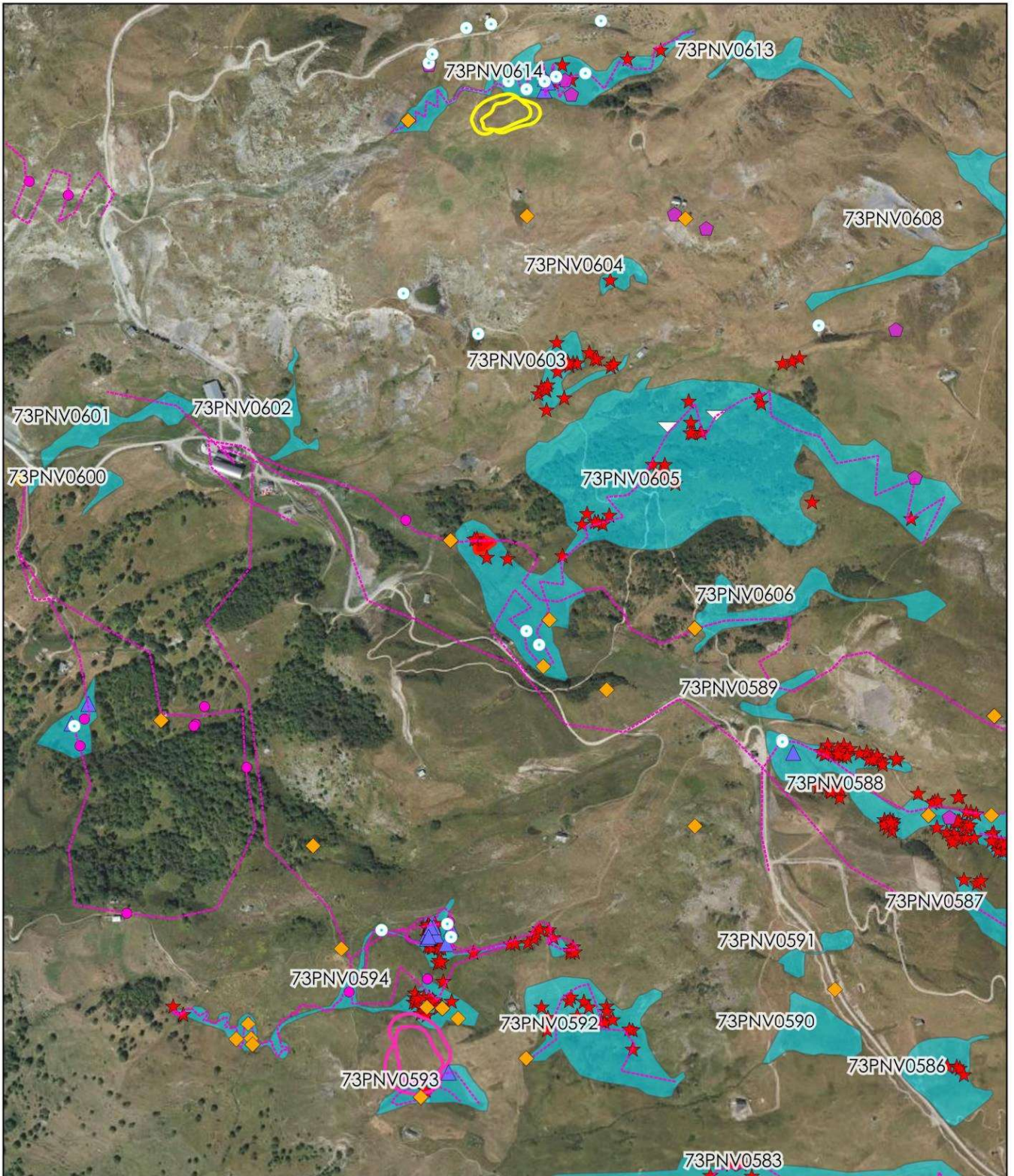
> Tous les sites potentiels de 1 à 8 sont situés en site vierge et occasionneraient un impact notable plus important sur les milieux naturels et la biodiversité

Au regard de ces éléments, seuls **le site 8 et le site actuellement retenu** occasionneraient un impact moindre sur la biodiversité. En revanche, seul le site retenu est situé sur un site déjà aménagé, permettant de réduire au maximum les impacts sur la biodiversité.

De plus, le site retenu est le seul qui permettrait d'accueillir une retenue avec un volume d'eau suffisant et correspondant aux besoins de la SEVABEL. Intervenir sur le site retenu, permettrait donc de répondre aux besoins de la SEVABEL en aménageant une seule retenue, plutôt qu'aménager plusieurs retenues sur plusieurs sites, qui occasionnerait des impacts sur la biodiversité beaucoup plus importants.

**Le site retenu est donc celui qui présente le moins d'impact sur la biodiversité.**





**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 1

 Site 2

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens

 Avifaune

 Lepidopteres

 Lepidopteres

 Mammiferes

 Odonates

 Reptiles


**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale

 Flore patrimoniale (surfaces)

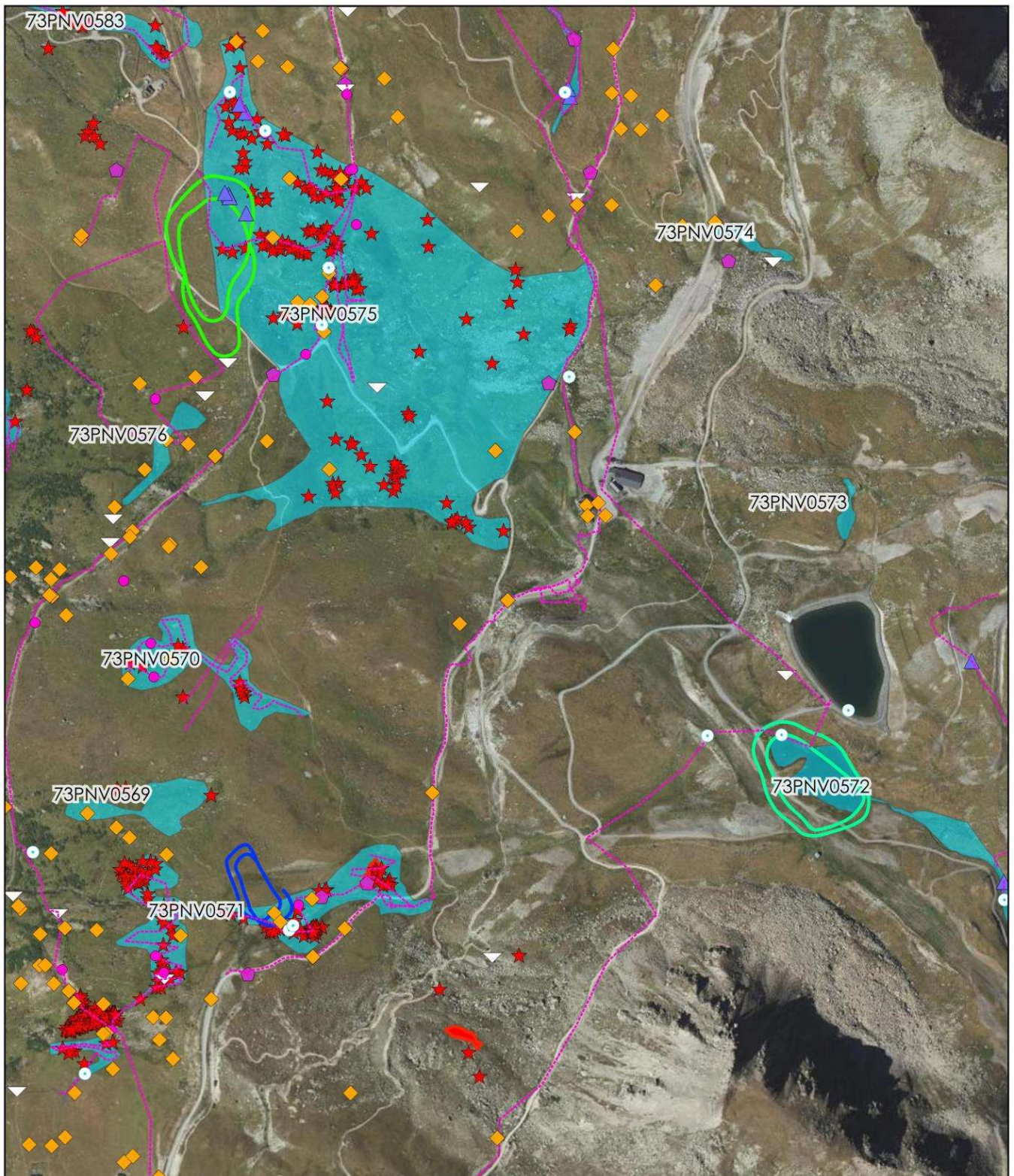


0 150 m



Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022






**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 3

 Site 4


 Site 5

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens

 Avifaune

 Lepidoptères


 Lepidoptères


 Mammifères

 Odonates

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale

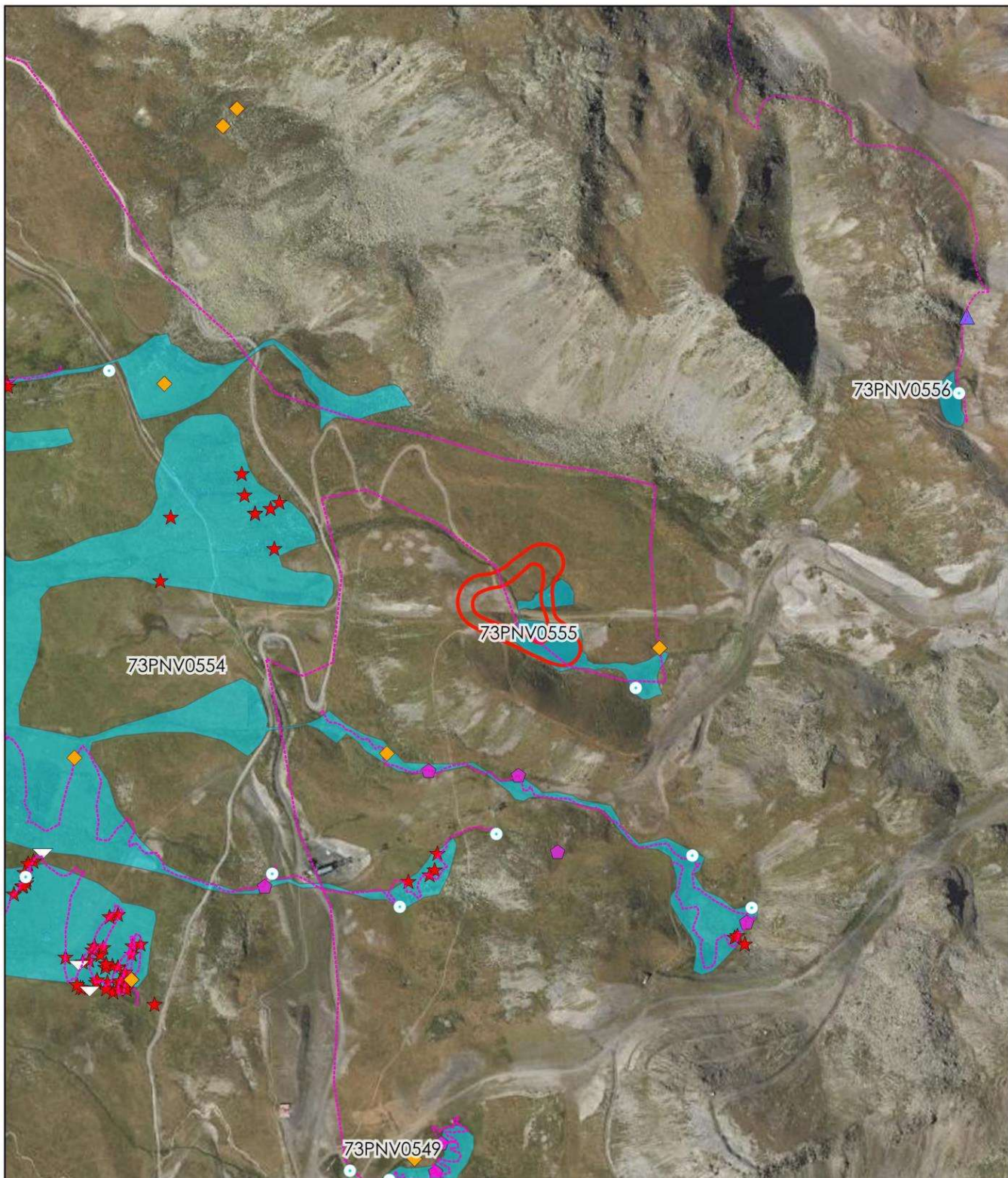
 Flore patrimoniale (surfaces)



0 150 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022





**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 6

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens

 Avifaune


 Lepidopteres

 Mammiferes

 Odonates

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale



0 120 m



Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022






**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**

 Site 7

 Site 8

**Données observatoire - Faune**


 Amphibiens

 Avifaune

 Lepidopteres

 Mammiferes

**Données observatoire - Flore**

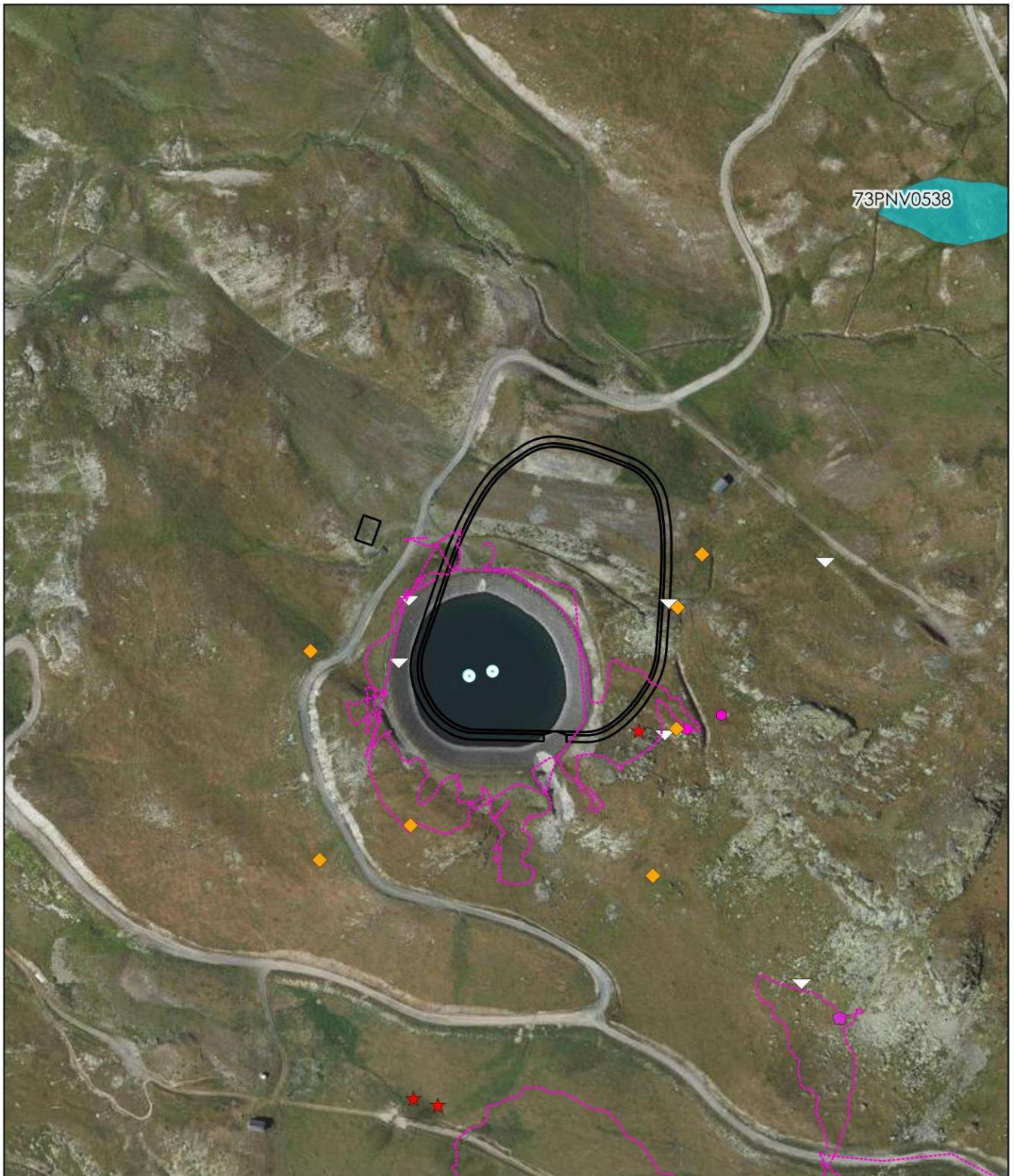
 Flore patrimoniale



0 80 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022






**LÉGENDE**

 Zones humides

**Sites potentiels**


 Site retenu

**Données observatoire - Faune**

 Amphibiens

 Avifaune


 Lepidopteres

 Lepidopteres

 Mammiferes

 Reptiles

**Données observatoire - Flore**

 Flore patrimoniale



0 60 m

Conception : KARUM n°2018077 / L. BERARD  
Fonds de carte : BD ORTHO® - IGN (2021)  
Source de données : KARUM (2021)  
Date : 10/01/2022

DOSSIER D'AE – Commune : LES BELLEVILLE STATION : LES MENUIRES  
EXTENSION DE LA RETENUE D'ALTITUDE « ECHAUDS II » - JUSTIFICATION DE L'IPM

	Surface de terrassement prévues	Surface en eau	Volume d'eau estimé	Présence d'habitats humides avérés sur site ou proximité directe (- de 10m)	Surface approximative de ZH impactées	Présence d'espèces végétales protégées ou menacées sur site*	Présence d'espèces végétales protégées ou menacées à proximité*	Présences d'espèces protégées ou menacées animales sur site ou à proximité*	Projet situé en site vierge
Site 1	4 093 m <sup>2</sup>	2 100 m <sup>2</sup>	5 - 10 000 m <sup>3</sup>	Oui	4 m <sup>2</sup>	Non	43 m	Oui	Oui
Site 2	8 431 m <sup>2</sup>	4 100 m <sup>2</sup>	15 - 20 000 m <sup>3</sup>	Oui	1 488 m <sup>2</sup>	Oui	5 m	Oui	Oui
Site 3	23 452 m <sup>2</sup>	13 000 m <sup>2</sup>	55 - 60 000 m <sup>3</sup>	Oui	108 600 m <sup>2</sup>	Oui	3 m	Oui	Oui
Site 4	6 287 m <sup>2</sup>	3 450 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Oui	1 688 m <sup>2</sup>	Non	3 m	Non	Oui
Site 5	19 163 m <sup>2</sup>	11 800 m <sup>2</sup>	50 - 55 000 m <sup>3</sup>	Oui	8 923 m <sup>2</sup>	Non	428 m	Oui	Oui
Site 6	11 699 m <sup>2</sup>	4 650 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Oui	3 664 m <sup>2</sup>	Non	220 m	Oui	Oui
Site 7	16 767 m <sup>2</sup>	7 130 m <sup>2</sup>	15 - 20 000 m <sup>3</sup>	Oui	12 078 m <sup>2</sup>	Non	300 m	Oui	Oui
Site 8	7 726 m <sup>2</sup>	3 500 m <sup>2</sup>	10 - 15 000 m <sup>3</sup>	Non	-	Non	250 m	Oui	Oui
ECHAUDS II	39 600 m <sup>2</sup>	19 000 m <sup>2</sup>	170 200 m <sup>3</sup>	Non	-	Non	20 m	Oui	Non

\*Données issues de l'observatoire environnemental du Domaine skiable des Menuires



Pour rappel, afin de prendre en compte les incidences du projet sur l'environnement, la mise en place de 23 mesures d'évitement, de réduction et de compensation est proposée :

ME_1 : Prévention du risque de pollution des cours d'eau et des zones humides
ME_2 : Mise en défens des zones écologiquement sensibles attenantes aux emprises de travaux
ME_3 : Protéger la retenue de l'empoisonnement en phase d'activité
ME_4 : Inventaire des fourmis et des plantes hôtes à proximité de la retenue et repérage des zones à enjeux
ME_5 : Pose de filet empêchant la traversée des amphibiens et des reptiles
MR_1 : Traitement paysager des abords de la retenue
MR_2 : Traitement de la salle des machines semi-enterrée
MR_3 : Végétalisation des sols remaniés
MR_4 : Etrépage sur la tranchée du réseau neige
MR_5 : Remodelage doux des talus et raccords au terrain naturel
MR_6 : Adaptation du calendrier des travaux
MR_7 : Mise en place de dispositifs effaroucheurs
MR_8 : Etrépage des thym et orpins/joubarbes
MR_9 : Capture-relâché des individus terrestres et aquatiques avant travaux
MR_10 : Création d'hibernaculum
MR_11 : Base de vie et engins de chantier équipés de kits antipollution
MC_1 : Restauration d'un site dégradé
MC_2 : Création d'une mare
MS_1 : Suivi de l'intégration paysagère des travaux dans le cadre de l'observatoire environnemental
MS_2 : Assistance environnementale en phase travaux
MS_3 : Suivi de l'efficacité des mesures environnementales
MS_4 : Suivi de la revégétalisation des zones humides après étrépage
MS_5 : Suivi de la revégétalisation des secteurs remaniés après réensemencement

## **5- Conclusion**

Afin de répondre à l'ensemble des problématiques, à savoir l'enjeu économique, les défis environnementaux et ceux liés à la gestion de la ressource en eau, l'agrandissement de la retenue des Échauds II s'avère être la meilleure solution.

Le projet permet, en garantissant la disponibilité en eau pour la production de neige de culture, d'assurer une meilleure capacité à sécuriser un enneigement optimisé du domaine skiable et donc un maintien de l'activité économique principale de la vallée sans mobilisation de nouvelles ressources en eau.

Il permet d'augmenter fortement les capacités de production instantanée de neige de culture afin d'optimiser au mieux les plages de froids qui tendent à se raccourcir.

L'agrandissement de la retenue des Échauds 2 permettra donc de sécuriser la ressource en eau afin de se prémunir des difficultés de remplissage de la retenue collinaire durant les périodes d'étiages ou de forte consommation d'eau dans la station.

Dans ce contexte, le projet s'avère ainsi être d'intérêt public majeur de nature sociale et économique.

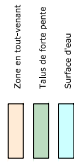
**ANNEXE 2 : Plan général des travaux de la retenue à jour**



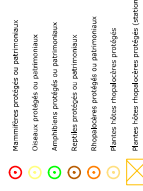
### Caractéristiques du lac :

Avant travaux	Après travaux
Niveau de digue :	2373,00m
Niveau d'eau :	2362,30m à 2362,60m
Fond du lac :	2372,25m
Hauteur de digue :	2352,00m
Surface d'eau :	16 5m
	19 500m²
Volume d'eau :	170 200m³
Volume déblais :	189 200m³
Volume remblais :	136 800m³
Emprise travaux :	39 750m²
HPV :	12,1

### LEGENDE



### LEGENDE ENVIRONNEMENTALE



SEVABEL  
19 1 LES MENUIRES  
73 440 55 400  
TEL. 04 79 00 62 75

## AMENAGEMENT DU LAC DES ECHAUDS II

Commune : LES BELLEVILLE Station : LES MENUIRES

### DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

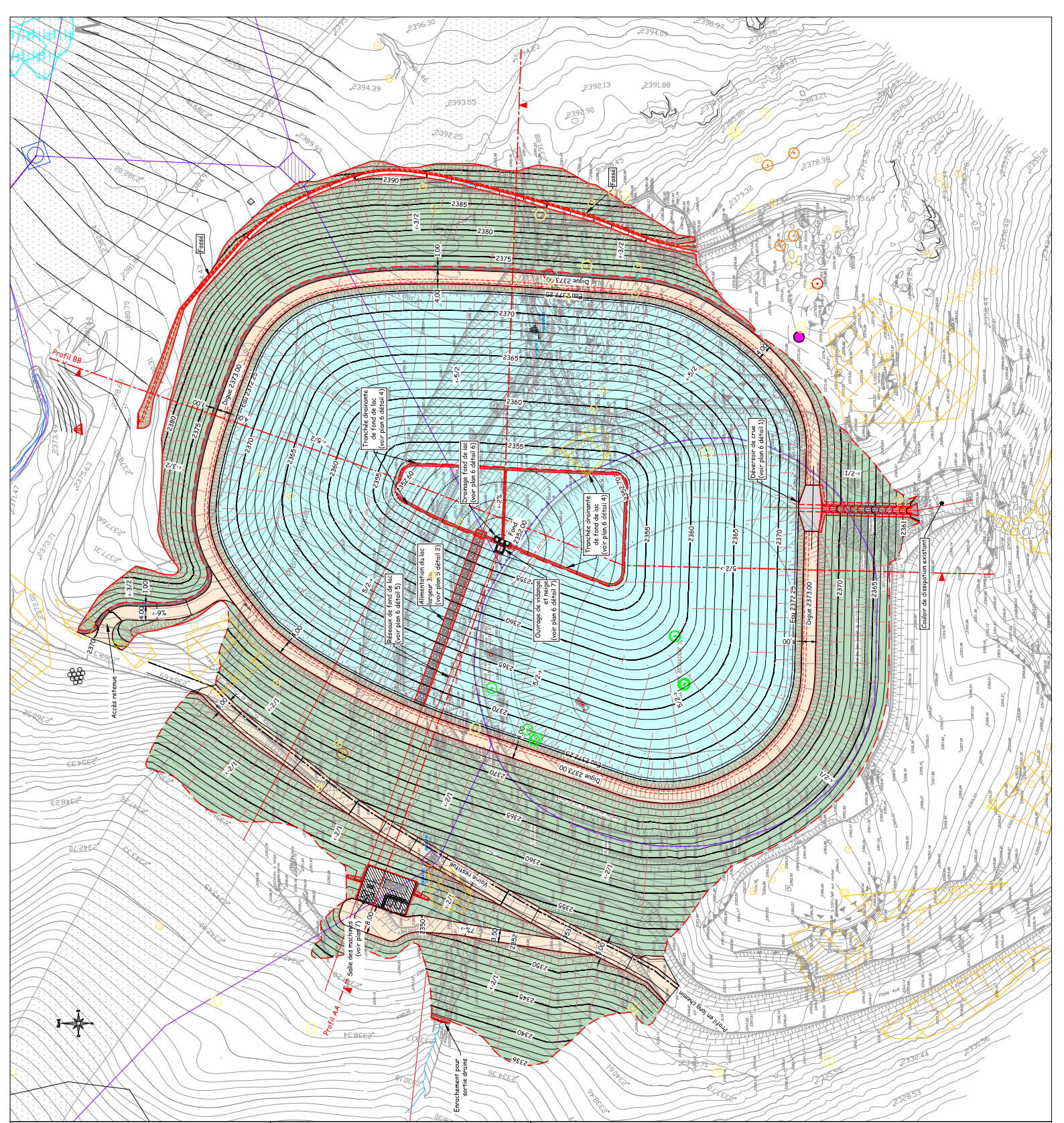
#### III. Pièces graphiques :

- 1- Plan de Situation
- 2- Plan Général des Travaux
- 3- Plan des réseaux
- 4- Plan des réseaux neige
- 5- Profils en long
- 6- Coupes et détails
- 7- Salle des machines
- 8- Travaux de plates

Référence : 17-068 ECHAUDS II (Brique) 04-PROJ Plan général.dwg

ECHELLE : 1/500

N°	DATE	ETAT	VERIF	OBSERVATIONS/INDICATIONS	
				PREMIERE DIFFUSION	REVISION
0	10-12-20	PR	BB		
A	15-01-22	MS	D		Modif suite demande conseil de l'Etat



**ANNEXE 3 : Conformité du projet avec les prescriptions de l'arrêté ministériel du 6 août 2018**

## Conformité du projet avec les prescriptions de l'Arrêté ministériel du 6 août 2018

La présente note, reprend les annexes 1 et 2 de l'arrêté ministériel de 6 août 2018 relative aux barrages. Pour chaque point, une justification de la conformité de l'ouvrage projeté est apportée (texte en couleur verte). Les parties de texte de l'arrêté qui ne concernent pas l'ouvrage ont été grisées. Il s'agit principalement de prescriptions applicables aux barrages de classe A ou B.

Certaines justifications ne peuvent être apportées en phase avant projet, en particulier en ce qui concerne la stabilité de l'ouvrage qui sera étudiée en détail dans les études géotechniques en phase projet.

### ANNEXE I

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES APPLICABLES À TOUS LES BARRAGES DES CLASSES A ET B AINSI QU'AUX BARRAGES DE CLASSE C RECONSTRUITS OU RÉHABILITÉS

#### ○ Chapitre Ier : DISPOSITIONS GENERALES

0. Pour satisfaire aux exigences essentielles de sécurité mentionnées au I de l'article 2, la conception et le dimensionnement d'un barrage prennent en compte, dans chacune des situations de projet définies ci-après, les actions et leurs combinaisons qui y sont associées, ainsi que toutes autres prescriptions, telles que précisées dans la présente annexe.

Les situations de projet, les actions et combinaisons associées prises en compte pour le dimensionnement et la conception sont détaillées dans les chapitres suivants.

1. Les situations de projet sont caractérisées par un ensemble de conditions physiques représentant les conditions auxquelles l'ouvrage est soumis et qui se produisent au cours d'une certaine durée pendant laquelle les lois de variation de toutes les données (actions, résistances) sont considérées comme stables dans le temps.

Les méthodes de justification se réfèrent aux trois situations-types de projets suivants :

- les situations normales d'exploitation, dont la probabilité d'occurrence est élevée sur la durée de vie de l'ouvrage, telles que précisées au chapitre II de la présente annexe ;

Voir chapitre II

- les situations transitoires ou rares qui se réfèrent à des conditions dont la probabilité d'occurrence est faible sur la durée de vie de l'ouvrage ou à des conditions temporaires de fonctionnement, telles que précisées aux chapitres III et V de la présente annexe. Dans ces situations, la stabilité de l'ouvrage est assurée avec des marges suffisantes ;

Voir chapitre III

- les situations accidentelles ou extrêmes, qui se réfèrent à des conditions dont la probabilité d'occurrence est très faible sur la durée de vie de l'ouvrage, telles que précisées aux chapitres IV et V de la présente annexe. Ces situations ne conduisent pas à une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue.

Voir chapitres IV et V



2. Les actions qui s'exercent sur l'ouvrage sont représentées par des forces appliquées, par des déplacements ou des accélérations imposés, ou par toute combinaison des précédentes.

Les actions sont classées selon les catégories suivantes :

- les actions permanentes, continues ou quasiment continues, dont l'intensité et les lieux d'application sont constants ou très peu variables dans le temps ;

Voir 3.

- les actions variables, dont l'intensité ou les lieux d'application varient fréquemment et de façon significative dans le temps ;

Voir 4.

- les actions accidentelles ou extrêmes.

Voir chapitre V

3. Les actions permanentes sont les suivantes :

I. - Les actions dues à la gravité, via le poids propre du barrage, la poussée des sédiments sur le parement amont du barrage et les charges liées à l'exploitation de l'ouvrage telles que celles des ponts roulants ou des véhicules d'exploitation ;

Les actions suivantes sont bien pris en compte dans les calculs de stabilité des études géotechniques de conception (phase avant projet G2AVP et projet G2 PRO) réalisé par Confluence sur la base des coupes du plan projet.

Extrait (p41/59 de l'étude G2PRO) :

Action permanente

- poids propre de remblai de la digue
- poids de l'eau dans la retenue, si défavorable
- neige (10 kPa)

Action variable :

- surcharge d'entretien, engin en crête de talus (10 kPa)
- circulation de véhicules sur la piste d'accès (10 kPa)

Action accidentelle :

- séisme
- poussée hydrostatique de l'eau dans les remblais
- les actions accidentelles ne sont pas à considérer de façon concomitante.

La retenue recevra les eaux de ruissèlement d'un bassin de 5.4 ha. Le talus en déblai sera revégétalisé pour éviter les phénomènes d'érosion et limité les flux de sédiments dans la retenue. Les sédiments seront donc limités et leur décantation aura lieu au fond de la retenue. La poussée des sédiments peut être considérée comme négligeable.

II. - Les actions dues à des déformations géométriques telles que celles liées aux phénomènes suivants :

a) Les variations thermiques liées aux conditions de température de l'air et de l'eau et aux gradients de température associés, pour les barrages sensibles à ces phénomènes ;

Le barrage étant construit en remblai, sa stabilité n'est pas sensible à ces phénomènes. Le phénomène de prise en glace peut toutefois impacter le déversoir de crue. Pour cela, il est considéré une efficacité du déversoir de 90%.

b) Les variations volumiques des matériaux, telles que le retrait, le fluage ou le gonflement des bétons, les tassements des matériaux meubles et de la fondation ;

La retenue sera conçue en suivant les préconisations des études géotechniques afin d'éviter toute variation volumique des matériaux. Une fois la retenue réalisée, le dispositif de suivi topographique lié aux mesures d'auscultation (chapitre 8 de la pièce 4 IOTA) permettra de surveiller les éventuelles variations.

c) Les déformations des appuis du barrage.

- III. - Les actions dues à la précontrainte  
IV. - Toute action spécifique liée au projet.

Ces déformations concernent plutôt les ouvrages en béton.

4. Les principales actions variables sont les suivantes :

I. - Action du vent

L'action du vent intervient de deux manières différentes :

a) Comme forces appliquées sur les structures et superstructures ;

Les seules structures concernent celles de la salle des machines qui sera semi enterrée. L'action du vent peut être considéré comme n'impactant pas ces structures protégées par les matériaux de la digue.

b) Pour la détermination de la revanche visée au chapitre VI de la présente annexe.

L'action du vent est bien prise en compte dans la détermination des revanches (Annexe 2 Chap1).

II. - Actions dues aux charges routières

Lorsque la crête du barrage est constituée d'un pont, on déterminera les actions variables des charges routières.

Mise à part le passage de véhicules d'exploitation, le barrage ne sera pas soumis au trafic routier. Le poids des véhicules est pris en compte dans les études de stabilités.

5. Les valeurs représentatives des actions de l'eau sont déterminées directement dans chacune des situations de projet, en examinant les niveaux de remplissage de la retenue et, éventuellement, les niveaux aval.

Les niveaux hydrostatiques à l'amont du barrage, également appelés cotes dans le présent arrêté, correspondent au niveau de l'eau atteint au droit du barrage. Toutefois, pour les ouvrages conçus pour un écoulement longitudinal (canal en remblai, aménagement en rivière), ces cotes correspondent par convention de langage aux lignes d'eau le long de l'ouvrage.

L'écoulement dans la retenue est nul. La cote d'eau est égale sur toute la surface et dépend du niveau de remplissage de la retenue.

La densité de l'eau claire est prise égale à 1. Des valeurs supérieures sont adoptées dans le cas d'écoulements fortement chargés en matières en suspension.

Pas de matières en suspension significatives

Les actions suivantes sont prises en compte :

- la poussée hydrostatique amont ; Prise en compte dans les études de stabilité
- la poussée hydrostatique aval ; Pas d'eau à l'aval
- pour les barrages déversant sur tout ou partie de leur parement aval, les éventuelles pressions hydrodynamiques s'exerçant sur le parement aval ; Les déversements auront lieu uniquement par le déversoir conçu à cet effet
- les sous-pressions ; Le fond de la retenue est étanchéifié, les fondations et les remblais ne devraient pas être soumis à des sous-pressions hormis les venues d'eau naturelles. Ces venues d'eau seront drainées conformément aux préconisations de l'étude G2 PRO (p56/59)
- la poussée de la glace. Non considéré mais peut être intégrés aux 10 kPa de sécurité pour la neige

Le diagramme des sous-pressions suit les variations du niveau de la retenue et du niveau aval. Pour les barrages en remblai, cette action désigne l'effet des pressions interstitielles dans le corps de l'ouvrage et sa fondation. Non valable ici car pas de niveau aval et la retenue est étanchéifiée.

En situation de séisme, on admet que le diagramme des sous-pressions ou le régime des pressions interstitielles n'est pas affecté pendant la durée d'application des accélérations sismiques, sauf en présence de matériaux sensibles à la génération de pressions interstitielles.

6. Les combinaisons d'actions regroupent les valeurs représentatives des actions susceptibles de s'exercer simultanément sur l'ouvrage pour un niveau de sécurité adapté, dans les différentes situations de projet.

Les 5 situations suivantes intégrant différentes combinaisons d'actions simultanées sont considérées dans les calculs de stabilité.

Extrait (p41/59 de l'étude G2PRO) :

Nous considérons ensuite les 5 situations de la vie de l'ouvrage suivantes :

o Etat actuel :

- Combinaison quasi-permanente
- Poids propre du remblai

o Fin de construction :

- Combinaison quasi-permanente
- Poids propre du remblai

o Retenue à son niveau normal :

- Combinaison quasi-permanente
- Surcharges permanentes et variables

o Séisme

- Combinaison accidentelle
- Surcharges permanentes + Séisme

o Rupture de la géomembrane et vidange rapide :

- Combinaison accidentelle
- Surcharges permanentes + actions hydrauliques dans le remblai
- On considère un dysfonctionnement de l'étanchéité par géomembrane et du complexe drainant associé, avec infiltration d'eau instantanée dans la digue : le niveau d'eau part à l'amont de la cote normale du plan d'eau (2372.15 m NGF) pour rejoindre progressivement son assise, dans la moitié aval du remblai.



## ○ Chapitre II : CONDITIONS NORMALES D'EXPLOITATION

7. Les situations normales d'exploitation comprennent au moins celles prévues au présent chapitre, sans préjudice de celles justifiées par une conception ou un mode d'exploitation spécifique du barrage.

Il sera considéré en situation normale la cote d'exploitation RN tel que présenté dans le 8 du présent chapitre.

8. Les situations normales d'exploitation sont déterminées par référence au niveau hydrostatique amont, variant entre le niveau minimum d'exploitation, d'une part, et le niveau maximum normal d'exploitation hors crue, d'autre part. Ces niveaux minimum et maximum sont caractérisés respectivement par la cote dite « Cote minimale d'exploitation » (CME) et la cote maximale en situation normale d'exploitation dite « Cote de retenue normale » (cote de RN).

Les niveaux hydrostatiques amont sont combinés avec les niveaux hydrostatiques aval de manière à former les conditions les plus défavorables.

S'agissant d'une retenue d'altitude, il n'y a pas d'eau à l'aval du barrage. La cote normale considérée pour le dimensionnement est la cote maximale en situation normale d'exploitation (cote de RN) qui constitue la condition la plus défavorable en termes de charge hydrostatique en situation normale.

Pour les barrages dont la retenue est vidée et remplie à une fréquence hebdomadaire ou supérieure, on considère a minima deux situations normales d'exploitation : la retenue à la cote de RN et la retenue en abaissement rapide.

La retenue ne subira pas de vidange rapide à une fréquence hebdomadaire ou supérieure. L'exploitation de la retenue n'engendrera pas d'abaissement rapide du niveau d'eau susceptible d'engendrer des dysfonctionnements.

Pour les barrages dont la fonction principale est l'écrêtement des crues, et à ce titre constitutifs ou partie prenante à un aménagement hydraulique au sens de l'article R. 562-18 du code de l'environnement, les situations normales d'exploitation sont déterminées de manière à couvrir tous les niveaux possibles de remplissage, y compris celui correspondant au niveau de protection de l'aménagement hydraulique (au sens de l'article R. 214-119-1 du code de l'environnement), la crue maximale pouvant être stockée étant déterminée en tenant compte de la capacité du pertuis de fond et du laminage par la retenue.

La fonction principale n'est pas l'écrêtement des crues mais la production de neige, bien que l'effet d'écrêtement soit significatif.

9. Dans chaque situation normale, les combinaisons quasi permanentes regroupent les valeurs caractéristiques des actions permanentes et des actions variables et les intensités de l'action de l'eau correspondant au niveau spécifique à la situation considérée.

On considère une seule situation normale avec la retenue remplie à son niveau d'exploitation (cote RN). Les débits entrants et sortants pour l'exploitation sont suffisamment faibles vis-à-vis de la taille de la retenue pour que leur impact sur l'évolution instantanée du niveau d'eau soit négligeable.

## ○ Chapitre III : COMPORTEMENT DU BARRAGE LORS DES CRUES EXCEPTIONNELLES

10. La situation de crue exceptionnelle est considérée comme une situation rare au sens du chapitre Ier. Elle correspond à l'atteinte de la cote des plus hautes eaux (PHE), pour laquelle la stabilité de l'ouvrage est assurée avec des marges suffisantes.

Avant le début de la crue, la retenue est supposée à la cote maximale en situation normale d'exploitation (cote de RN) définie au premier alinéa du 8 du chapitre II de la présente annexe ou à une cote inférieure dans le cas d'une gestion saisonnière de la retenue inscrite dans le document d'organisation prévu par le [2° du I de l'article R. 214-122 du code de l'environnement](#). Il est valablement tenu compte des possibilités de laminage de la retenue quand celles-ci existent. Les dispositifs d'évacuation des crues du barrage sont réputés, en l'absence d'embâcles, fonctionner à leur débit nominal.

Le barrage ne doit pas subir de dommages. Les niveaux hydrostatiques amont sont combinés avec les niveaux hydrostatiques aval et hydrauliquement compatibles, de manière à former les conditions les plus défavorables.

Le seuil du déversoir de crue a été dimensionné de manière à ce que la cote PHE respecte une revanche de 62cm supérieure à la hauteur de run-up de 59cm estimée avec le vent (T=50ans). La simulation aboutissant à ce résultat prend en compte le laminage de la retenue et une cote initiale égale à la cote RN. (Annexe 2 Chap2)

11. La période de retour de la crue exceptionnelle correspondant à la cote des PHE est supérieure ou égale aux valeurs fixées dans le tableau suivant, exprimées en années :

Classe du barrage	Barrages rigides	Barrages en remblai
A	1000	10000
B	1000	3000, à l'exception des canaux et des rivières canalisées, lorsque ces ouvrages et aménagements sont assimilés à des barrages au sens de la rubrique 3.2.5.0. du tableau <a href="#">annexe à l'article R. 214-1 du code de l'environnement</a> , pour lesquels cette valeur est de 1500
C	300, à l'exception des barrages pour lesquels cette valeur est de 100 lorsque $H^2 \times V_{0,5} < 100$ , où H est la hauteur exprimée en mètres et V le volume de la retenue exprimé en millions de mètres cubes.	1000

Il est précisé que les barrages :

- dits « rigides » sont ceux constitués d'une structure résistante en matériaux rigides tels que béton, maçonnerie ou métal ;
- en remblais sont tous les autres barrages, réputés constitués d'une structure résistante meuble ou compressible.

Pour les ouvrages mixtes qui, dans la direction de rive à rive, comprennent à la fois des parties rigides et des parties en remblai, on retient la crue la plus défavorable.

La retenue des Echauds 2 est un barrage de classe C en remblais. La période de retour de la crue exceptionnelle correspondant à la cote des PHE qui a été considérée pour le dimensionnement est 1000 ans.

Lorsqu'il y a plusieurs barrages pour une même retenue, chaque barrage satisfait aux exigences essentielles de sécurité. A cet effet, la conception et le dimensionnement de ce barrage prennent en compte la période de retour qui correspond à celle fixée pour ce barrage conformément au tableau ci-dessus avec les hypothèses suivantes concernant les autres barrages :

- tous les autres barrages sont réputés subir sans défaillance la même crue que celle qui est déterminée comme il est dit ci-dessus ;
- les organes d'évacuation des crues de ces autres barrages, s'ils existent, sont réputés, en l'absence d'embâcles, fonctionner à pleine capacité.

Lorsqu'un barrage est intégré dans un aménagement dont la conception est telle que ce barrage ne peut jamais subir directement les effets d'une crue telle que précisée dans le tableau ci-dessus, les dispositions du présent 11 sont réputées satisfaites sous réserve que la ou les fonctions de sécurité qui garantissent le bénéfice d'une telle conception, en limitant le débit susceptible d'atteindre le barrage, sont conformes aux dispositions du 24 et du 25 de la présente annexe. Il en va de même pour un barrage mobile en rivière qui est conçu pour être effacé en période de crue.

Le barrage n'est pas intégré à un tel aménagement.

12. Dans la situation de crue exceptionnelle telle que décrite aux 10 et 11 ci-dessus, le barrage n'est pas réputé subir un séisme tel que prévu au chapitre IV ni l'une quelconque des situations prévues au chapitre V. L'action de l'eau est combinée avec les actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

Les situations de séisme ou celle prévues dans le chapitre V de l'annexe 1 n'ont pas été considérées dans la simulation hydraulique de la retenue en situation extrême de crue.

## ○ Chapitre IV : COMPORTEMENT DU BARRAGE LORS D'UN SÉISME

13. La situation de séisme correspondant à l'occurrence du séisme dit « séisme d'évaluation de la sécurité » (SES) est justifiée comme une situation extrême au sens du chapitre Ier. Cette justification n'est toutefois pas requise pour un barrage localisé dans une zone de sismicité 1 ou 2 ni pour un barrage de classe C localisé en zone de sismicité 3.

Justification non requise car la retenue est de classe C et localisée en zone de sismicité 3.

14. L'action sismique correspondant au séisme est évaluée au choix par une approche dite « forfaitaire » décrite au 15, ou par une étude spécifique décrite au 16, dans le respect des prescriptions mentionnées aux 17 à 19 du présent chapitre.

L'action sismique a été intégré dans les calculs de stabilités et respecte les prescriptions mentionnées aux 17 à 19 du présent chapitre.

15. Le présent article ne s'applique que pour l'approche forfaitaire. Celle-ci consiste à fixer l'action sismique SES selon, d'une part, la classe du barrage et, d'autre part, la zone de sismicité dans laquelle est implanté le barrage, au sens du zonage réglementaire défini par les articles [R. 563-4](#) et [D. 563-8-1](#) du code de l'environnement.

Le mouvement dû au séisme, à partir duquel le dimensionnement est appliqué, est représenté par un spectre de réponse élastique en accélération, dénommé par la suite « spectre de réponse élastique ». Le spectre de réponse élastique est caractérisé par les paramètres suivants :

- les accélérations de calcul horizontale,  $a_g$ , et verticale,  $a_{gv}$ , au niveau d'un sol de type rocheux ;
- la nature du sol, par l'intermédiaire d'un paramètre S caractéristique de la classe de ce sol ;
- les paramètres TB et TC qui sont respectivement les limites inférieure et supérieure des périodes correspondant au palier d'accélération spectrale constante et le paramètre TD qui prend la valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral constant.

Les accélérations de calcul horizontale  $a_g$  et verticale  $a_{gv}$  au niveau d'un sol de type rocheux réputé de classe A sont fixées dans le tableau ci-après en fonction de la zone de sismicité considérée et de la classe du barrage au sens de l'[article R. 214-112 du code de l'environnement](#) :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> ) en fonction de la classe du barrage (au sens de l'art. R. 214-112)			Accélérations verticales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> ) en fonction de la classe du barrage (au sens de l'art. R. 214-112)		
	Classe A	Classe B	Classe C	Classe A	Classe B	Classe C
3	2,0	1,6		1,8	1,4	
4	3,0	2,4	1,7	2,4	2,1	1,5
5	5,6	3,6	3,0	4,5	2,9	2,4



Lorsqu'un ouvrage est situé à la frontière entre deux zones de sismicité, on retient l'accélération sismique correspondant à la zone d'accélération sismique la plus élevée, sauf étude particulière. Le paramètre de sol S est appliqué à l'accélération horizontale  $a_g$  déterminée comme il est dit dans le tableau ci-dessus en fonction de la nature du sol de fondation du barrage. Ce paramètre prend les valeurs suivantes en fonction de la classe de sol et de la gamme d'accélération horizontale considérée :

Classe de sol	Valeur prise par le paramètre S en fonction de la gamme d'accélération horizontale	
	$a_g < 3,0 \text{ m/s}^2$	$3,0 \leq a_g \leq 6,6 \text{ m/s}^2$
A	1,0	1,0
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4

Le paramètre de sol S n'est pas pris en compte pour l'évaluation de la composante verticale de l'action sismique.

Les valeurs de TB, TC et TD à prendre en compte pour l'évaluation de la composante horizontale du mouvement sismique en fonction de la classe du sol de fondation et de la gamme d'accélération horizontale sont données dans le tableau suivant. Ces valeurs sont exprimées en secondes :

Classe de sol	Valeur prise par les paramètres TB, TC et TD du mouvement sismique horizontal en fonction de la gamme d'accélération horizontale					
	$a_g < 3,0 \text{ m/s}^2$			$3,0 \leq a_g \leq 6,6 \text{ m/s}^2$		
	TB	TC	TD	TB	TC	TD
A	0,03	0,2	2,5	0,15	0,4	2,0
B	0,05	0,25	2,5	0,15	0,5	2,0
C	0,06	0,4	2,0	0,2	0,6	2,0
D	0,1	0,6	1,5	0,2	0,8	2,0
E	0,08	0,45	1,25	0,15	0,5	2,0

Les valeurs de TB, TC et TD à prendre en compte pour l'évaluation de la composante verticale du mouvement sismique dépendent exclusivement de la gamme d'accélération horizontale. Ces valeurs, exprimées en secondes, sont données dans le tableau suivant :

Valeur prise par les paramètres TB, TC et TD du mouvement sismique vertical en fonction de la gamme d'accélération horizontale					
$a_g < 3,0 \text{ m/s}^2$			$3,0 \leq a_g \leq 6,6 \text{ m/s}^2$		
TB	TC	TD	TB	TC	TD
0,03	0,2	2,5	0,15	0,4	2,0

16. L'approche spécifique est fondée sur une étude déterministe ou probabiliste.

I. - Lorsque l'étude déterministe est fondée sur la définition des caractéristiques du séisme dit « Séisme maximal historique vraisemblable » (SMHV) dont la méthode d'obtention est présentée dans la Règle fondamentale de sûreté n° 2001-01 pour la détermination du risque sismique pour la sûreté des installations nucléaires de base de surface publiée par l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN), il est fait application, pour les barrages de classe A, d'une majoration d'une demi unité sur l'échelle des intensités EMS-98 lorsque l'une ou l'autre seulement des deux conditions a) et b) suivantes est satisfaite ou d'une unité sur cette même échelle lorsqu'elles sont toutes les deux satisfaites simultanément :

- condition a) : Dans la configuration tectonique locale, une faille active située à moins de 10 km du site du barrage est identifiée ou est probable ;

- condition b) : Les caractéristiques de la hauteur, H, exprimée en mètre, du barrage et du volume d'eau retenue, V, exprimé en millions de mètres cubes, sont telles que la valeur de  $H^2 \times V_{0,5}$  est supérieure ou égale à 30 000.

II. - Pour toute étude probabiliste, les périodes de retour à prendre en considération, exprimées en années, sont définies ci-dessous en fonction de la classe de l'ouvrage :

Classe du barrage au sens de l'art. R. 214-112	A	B	C
Période de retour (années)	3000	1500	600

17. L'action sismique tient compte des effets propres au site du barrage. Ces effets sont liés au relief topographique ou à la nature de la fondation du barrage, ainsi qu'aux interactions entre le barrage et sa fondation.

18. Dans le cas des barrages en remblai de classe A et lorsque le risque de montée de pressions interstitielles après survenance du séisme principal ne peut être écarté, la caractérisation de la réplique du séisme correspondant au séisme dit « Séisme d'évaluation de la sécurité » (SES) fait l'objet d'une étude spécifique, déterministe ou probabiliste.

#### Barrage de classe C non concerné

19. Dans la situation de séisme, le barrage n'est pas réputé subir une crue telle que prévue au chapitre III ni l'une quelconque des situations prévues au chapitre V. L'action sismique est combinée avec l'action de l'eau comme en situation normale d'exploitation, et aux actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

## o Chapitre V : ÉVÉNEMENTS NATURELS EXCEPTIONNELS DIVERS - INCIDENTS EXCEPTIONNELS POUVANT IMPACTER LE BON FONCTIONNEMENT DU BARRAGE

20. Le présent chapitre traite de divers événements naturels ou d'incidents de fonctionnement du barrage qui sont exceptionnels et qui constituent selon les cas des situations transitoires, rares ou accidentelles, au sens du 1 du chapitre Ier de la présente annexe, pour lesquels la sécurité du barrage est justifiée.

21. Des situations transitoires en cours et en fin de construction sont considérées pour les barrages en remblai dont les matériaux de remblai ou de la fondation sont susceptibles de développer des pressions interstitielles lors des travaux de construction.

Ces situations seront gérées en phase travaux suivant les préconisations de l'étude géotechnique G3.

22. Dans le cas des barrages en remblai constitués de matériaux dont les capacités de drainage sont limitées et pour les barrages à masque, une situation transitoire de vidange est considérée pour vérifier l'état-limite de stabilité du talus amont.

La capacité de drainage et le comportement du barrage seront analysés via les données d'auscultation et le suivi visuel du barrage en situation transitoire lors de la première mise en eau (Annexe 1 de la pièce IV).

23. Une situation rare avec formation et poussée de la glace est considérée pour les barrages soumis à cet aléa.

Non considéré dans le calcul de stabilité mais peut être intégrés aux 10 kPa de sécurité pour la neige. Le comportement du barrage vis-à-vis de cet aléa sera analysé via les données d'auscultation et le suivi visuel du barrage.

24. L'étude de dangers du barrage justifie la sécurité de celui-ci pour les situations anormales rares suivantes dès lors que de telles situations ont une probabilité de se produire chaque année qui est supérieure à  $10^{-4}$  si le barrage est de classe A ou supérieure à  $3 \times 10^{-4}$  s'il est de classe B :

- 1° Perte ou dégradation significative de sa capacité de drainage ;
- 2° Perte ou dégradation significative de son étanchéité ;
- 3° Perte ou dégradation d'une autre fonction importante de sécurité telle que mise en exergue par l'étude de dangers du barrage.

Barrage de classe C non concerné. Cependant le suivi des données d'auscultation et un suivi visuel régulier tels que présentés au chapitre 8.6 de la pièce 4 IOTA du DAE, permettront de mettre en évidence tout dysfonctionnement du système de drainage ou de l'étanchéité ou autre fonction de sécurité.

25. Dans chacune des situations rares et transitoires prévues aux 21 à 24, le barrage n'est pas réputé subir une crue telle que prévue au chapitre III ni un séisme tel que prévu au chapitre IV. On considère l'action de l'eau comme en situation normale d'exploitation, et les actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage. Toutefois, lorsque le 3° du 24 concerne la défaillance d'un organe d'évacuation des crues et que le barrage subit une crue, la probabilité de cette combinaison d'événements n'excède pas le seuil fixé au premier alinéa du 24 en fonction de la classe du barrage.

26. Pour les barrages de classe A ou B, les situations accidentelles à prendre en considération sont notamment :

- la situation accidentelle d'effondrement de terrain dans la retenue ;
- la situation accidentelle d'avalanche ;
- la situation accidentelle de choc de bateau.

Barrage de classe C non concerné.

Dans chacune de ces situations accidentelles, le barrage n'est pas réputé subir une crue telle que prévue au chapitre III ni un séisme tel que prévu au chapitre IV, ni l'une quelconque des situations rares ou transitoires prévues aux 21 à 24 du présent chapitre. On considérera l'action de l'eau comme en situation normale d'exploitation, et les actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

## ○ Chapitre VI : PRESCRIPTIONS DIVERSES

27. Pour la détermination de la revanche, qui représente la différence de cote entre la retenue et la crête du barrage éventuellement surmontée d'un dispositif de mitigation (parapet, pare-vagues, merlon), on considère la plus défavorable des deux configurations suivantes :

- un vent de période de retour 50 ans soufflant sur une retenue à la cote des PHE ;
- un vent de période de retour 1 000 ans soufflant sur une retenue à la cote de retenue normale RN.

Les vents de ces périodes de retour ont bien été considérés pour l'estimation des revanches en appliquant la méthodologie présentée à la rubrique 4.3.3.5 et l'annexe 2 de l'ouvrage "Recommandations pour le dimensionnement des évacuateurs de crues de barrages" du CFBR de juin 2013.

28. Tout barrage de classe A ou B est doté d'un dispositif permettant d'évaluer le débit entrant dans la retenue et le débit sortant à l'aval de l'ouvrage. Lorsque l'aménagement concernant le barrage comporte une partie de cours d'eau court-circuitée dans laquelle le débit est normalement réduit, l'évaluation concerne le débit dans le tronçon court-circuité et à l'aval de l'aménagement.

Le dispositif permet, sur l'ensemble de la plage des débits compris entre le quart du module du cours d'eau et le débit de la crue de période de retour 500 ans, une évaluation en continu :

- des débits moyens horaires, avec, pour les débits supérieurs au quadruple du module du cours d'eau, une incertitude inférieure à 50 % ;
- des débits moyens journaliers, avec une incertitude inférieure à 20 %.



Barrage de classe C non concerné.

29. Tout barrage de classe A situé dans une zone de sismicité 4 ou 5, pour lequel la hauteur H et le volume V de la retenue, au sens de l'article R. 214-112 du code de l'environnement, sont tels que  $H^2 \times V^{0,5}$  est supérieur à 20 000, est doté d'un dispositif de mesure des mouvements sismiques auquel le barrage est soumis.

Les résultats de ces mesures des mouvements sismiques figurent dans le rapport de surveillance prévu au 4° du I de l'article R. 214-122 du code de l'environnement.

Barrage de classe C non concerné.

## ANNEXE II

### PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES APPLICABLES AUX BARRAGES CRÉÉS ET AUX BARRAGES DE CLASSE A ET B RECONSTRUITS

30. La présente annexe est applicable, en sus des exigences essentielles de sécurité du I de l'article 2 précisées par les prescriptions techniques de l'annexe I, aux barrages créés et aux barrages de classe A et B reconstruits, conformément aux dispositions de l'article 4.

### ○ Chapitre VII : PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES RELATIVES AU COMPORTEMENT DU BARRAGE LORS DES CRUES EXCEPTIONNELLES

31. Le tableau du 11 du chapitre III de l'annexe I est remplacé par le tableau suivant :

Classe du barrage	Barrages rigides	Barrages en remblai
A	3000	10000
B	1000	3000
C	300	1000

En outre, au dernier alinéa du 11, la mention du 24 de l'annexe I est remplacée par celle du 39 de la présente annexe.

Le tableau 11 ne modifie pas la période de retour qui est de 1000 ans pour un barrage de classe C. La mention 24 ou 39 ne concerne que les barrages de classe A et B.

## ○ Chapitre VIII : PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES RELATIVES AU COMPORTEMENT DU BARRAGE EN SITUATION EXTRÊME DE CRUES

32. La cote de danger, intrinsèque à l'ouvrage, est la cote de retenue au-dessus de laquelle la stabilité de l'ouvrage n'est plus garantie.

La cote de danger est considérée à 30 cm en dessous de la crête de digue. En cas de crue décennale de durée 1h et de dysfonctionnement du déversoir cette cote n'est pas atteinte. (Annexe 2 page 17)

33. Les diverses situations extrêmes de crue correspondent à celles à l'occasion desquelles la cote de retenue est inférieure ou égale à la cote de danger de l'ouvrage. Elles ne conduisent pas à une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue.

Avant le début d'une telle crue, la retenue est supposée à la cote maximale en situation normale d'exploitation (cote de RN) définie au premier alinéa du 8 du chapitre II de l'annexe I ou à une cote inférieure dans le cas d'une gestion saisonnière de la retenue inscrite dans le document d'organisation prévu par le [2° du I de l'article R. 214-122 du code de l'environnement](#). Il est valablement tenu compte des possibilités de laminage de la retenue quand celles-ci existent.

34. Sous les diverses hypothèses exposées au 33, la cote de danger n'est pas atteinte, chaque année, avec une probabilité supérieure ou égale à  $10^{-5}$  pour un barrage de classe A,  $3 \times 10^{-5}$  pour un barrage de classe B et  $10^{-4}$  pour un barrage de classe C, dans les scénarii ci-après :

a) Les organes d'évacuation des crues sont réputés fonctionner normalement au début de l'épisode de crue dont la probabilité d'occurrence annuelle est de  $10^{-5}$  pour un barrage de classe A,  $3 \times 10^{-5}$  pour un barrage de classe B et  $10^{-4}$  pour un barrage de classe C ;

En cas de crue décennale le niveau d'eau s'élève de 23 cm, le déversoir est toujours fonctionnel pour cette cote. Le sommet du déversoir est situé à la cote nominale. Il fonctionne donc dès le début de l'épisode de crue. L'effet de laminage est considéré. (Annexe 2 page 17).

b) Pour un barrage équipé de plusieurs organes d'évacuation des crues, en lieu et place de sa conformité aux dispositions du a), il est possible d'apporter la démonstration que sa cote de danger n'est pas atteinte lorsque l'organe d'évacuation des crues le plus capacitif cesse d'assurer sa fonction au début de l'épisode de crue prévue au tableau du 31 de la présente annexe selon la classe du barrage, étant entendu que les organes d'évacuation des crues sont réputés n'en faire qu'un seul si la probabilité de défaillance fonctionnelle en mode commun est significative ;

La retenue est équipée d'un seul organe d'évacuation des crues.

c) Sans préjudice des dispositions des a) et b), pour un barrage de classe A ou B, tout autre scénario intermédiaire en termes d'intensité de la crue et d'indisponibilité totale ou partielle des organes d'évacuation des crues dont la pertinence a été mise en exergue par l'étude de dangers du barrage, est à prendre en compte. La probabilité d'occurrence annuelle d'un tel scénario est de  $10^{-5}$  pour un barrage de classe A et  $3 \times 10^{-5}$  pour un barrage de classe B.

Barrage de classe C non concerné.

Lorsqu'il y a plusieurs barrages pour une même retenue, la probabilité à considérer pour un barrage donné correspond à celle fixée pour ce barrage conformément aux dispositions qui précèdent avec les hypothèses suivantes concernant les autres barrages :

- tous les autres barrages sont réputés subir sans défaillance la même crue que celle qui est déterminée comme il est dit ci-dessus pour le barrage étudié ;
- les organes d'évacuation des crues de ces autres barrages, s'ils existent, sont réputés fonctionner à pleine capacité.

Un seul barrage.

Lorsqu'un barrage est intégré dans un aménagement dont la conception est telle que ce barrage ne peut jamais subir directement les effets d'une crue telle que précisée ci-dessus, les dispositions du présent 34 sont réputées satisfaites sous réserve que la ou les fonctions de sécurité qui garantissent le bénéfice d'une telle conception, en limitant le débit susceptible d'atteindre le barrage, sont conformes aux dispositions du 39 de la présente annexe. Il en va de même pour un barrage mobile en rivière qui est conçu pour être effacé en période de crue.

**Le barrage n'est pas intégré à un tel aménagement.**

35. Dans chacune de ces situations extrêmes de crue, le barrage n'est pas réputé subir un séisme tel que prévu au chapitre IV de l'annexe I, ni l'une quelconque des situations prévues dans le chapitre V de cette même annexe. L'action de l'eau est combinée avec les actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

**Les situations de séisme ou celle prévues dans le chapitre V de l'annexe 1 n'ont pas été considérées dans la simulation hydraulique de la retenue en situation extrême de crue.**

## ○ Chapitre IX : PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES RELATIVES AU COMPORTEMENT DU BARRAGE LORS D'UN SÉISME

36. Pour les barrages de classe A qui sont situés dans les zones de sismicité 3 à 5 ainsi que pour les barrages de classe B qui sont situés dans les zones de sismicité 4 et 5, l'action sismique est évaluée par une étude spécifique dont les conclusions sont comparées à celles de l'approche forfaitaire visée au 15 du chapitre IV de l'annexe I dont les prescriptions s'appliquent avec les accélérations ci-après :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> ) en fonction de la classe du barrage (au sens de l'art. R. 214-112)		Accélérations verticales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> ) en fonction de la classe du barrage (au sens de l'art. R. 214-112)	
	Classe A	Classe B	Classe A	Classe B
3	2,4		2,2	
4	3,5	2,8	2,8	2,5
5	6,6	4,3	5,3	3,5

Lorsque l'étude spécifique est probabiliste, le tableau des périodes de retour à prendre en considération, figurant au II du 16 du chapitre IV de l'annexe I, est à remplacer par le tableau suivant :

Classe du barrage au sens de l'art. R. 214-112	A	B	C
Période de retour (années)	5000	2500	1000

Lorsque les conclusions de l'étude spécifique ou une partie de ses conclusions sont plus sévères que l'approche forfaitaire, lesdites conclusions plus sévères priment.

Lorsque tout ou partie des conclusions de l'étude spécifique sont moins sévères que l'approche forfaitaire, l'étude spécifique est admissible dans les limites fixées ci-après.

a) Les valeurs d'accélérations spectrales, pour les périodes situées dans l'intervalle  $[0,2T_0, 2T_0]$  où  $T_0$  représente la période fondamentale de l'ouvrage, et pour la période nulle, ne sont pas inférieures aux 2/3 des valeurs du spectre de réponse élastique défini au 15 du chapitre IV de l'annexe I, en tenant compte des accélérations définies ci-dessus.

b) Pour tenir compte de l'effet de la variabilité spatiale du mouvement sismique lorsque les ouvrages ont une certaine emprise au sol, et pour les courtes périodes, l'abattement des 2/3 mentionné au a) peut être effectué à partir du spectre de réponse élastique défini au 15 du chapitre IV de l'annexe I dont les



paramètres sont modifiés comme suit : le paramètre TB est pris égal à 0,1 seconde quelle que soit la classe de sol ;

- il est introduit un paramètre TA défini comme suit : sur l'intervalle [0, TA], le spectre prend la valeur constante  $a_g$  ; sur l'intervalle [TA, TB], l'accélération varie linéairement. Les valeurs de TA, exprimées en secondes, sont données dans le tableau suivant :

Classe de sol	Valeur prise par le paramètre TA du mouvement sismique horizontal	Valeur prise par le paramètre TA du mouvement sismique vertical
A	0,02	0,02
B	0,033	0,02
C	0,033	0,02
D	0,033	0,02
E	0,033	0,02

Cet allègement est valable aux conditions suivantes :

- l'accélération horizontale de calcul  $a_g$  sur site rocheux définie au 15 du chapitre IV de l'annexe I et calculée en application de l'approche forfaitaire est inférieure à 3 m/s<sup>2</sup> ;
- la dimension caractéristique D du barrage au regard du phénomène de variabilité spatiale du mouvement sismique est au moins égale au 1/3 de la longueur d'onde des ondes S dans le sol pour une fréquence de 10 Hz. La dimension caractéristique D est définie par la valeur minimale de L et de 3H, L étant la longueur en crête du barrage en mètres, et H la hauteur sur fondations en mètres.

Ces prescriptions ne s'appliquent pas à la retenue des Echauds 2 qui est de classe C et située dans une zone de sismicité 3.

37. Pour les barrages de classe A dans les zones de sismicité 1 et 2, de classe B dans les zones de sismicité 1 à 3, de classe C dans les zones 1 à 5, l'action sismique est évaluée au choix par une étude spécifique ou par référence à une approche forfaitaire. Dans ce dernier cas, les prescriptions prévues au 15 du chapitre IV de l'annexe I pour l'approche forfaitaire s'appliquent avec les accélérations ci-après : Pour un barrage de classe A :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )	Accélérations verticales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )
1	0,9	0,8
2	1,5	1,4

Pour un barrage de classe B :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )	Accélérations verticales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )
1	0,7	0,6
2	1,2	1,1
3	1,9	1,7

Pour un barrage de classe C :

Zone de sismicité	Accélérations horizontales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )	Accélérations verticales pour le SES (en m/s <sup>2</sup> )
1	0,5	0,5
2	0,9	0,8
3	1,4	1,3
4	2,0	1,8

5	3,5	2,8
---	-----	-----

En cas d'étude probabiliste, le temps de retour est de 5 000 ans pour un barrage de classe A, de 2 500 ans pour un barrage de classe B et de 1 000 ans pour un barrage de classe C.

Pour les barrages de classe A et B, lorsque tout ou partie des conclusions de l'étude spécifique sont moins sévères que l'approche forfaitaire, l'étude spécifique est admissible dans les mêmes limites que celles fixées au 36 ci-avant.

Pour les barrages de classe C, lorsque tout ou partie des conclusions de l'étude spécifique sont moins sévères que l'approche forfaitaire, l'étude spécifique est admissible.

L'action sismique a été étudiée dans les études géotechniques de stabilité en phase AVP et projet.

38. Dans ces situations de séisme, le barrage n'est pas réputé subir une crue telle que prévue au chapitre III de l'annexe I ni l'une quelconque des situations prévues au chapitre V de l'annexe I. L'action sismique est combinée avec l'action de l'eau comme en situation normale d'exploitation, et aux actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

Dans l'étude de stabilité, l'action sismique est combinée avec l'action de l'eau comme en situation normale d'exploitation, et aux actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

## ○ Chapitre X : PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES RELATIVES AUX INCIDENTS EXCEPTIONNELS POUVANT IMPACTER LE BON FONCTIONNEMENT DU BARRAGE

39. L'étude de dangers du barrage justifie l'absence de libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue pour les situations anormales extrêmes suivantes dès lors que de telles situations ont une probabilité de se produire chaque année qui est supérieure à  $10^{-5}$  si le barrage est de classe A ou supérieure à  $3 \times 10^{-5}$  s'il est de classe B :

1° Perte ou dégradation significative de sa capacité de drainage ;

2° Perte ou dégradation significative de son étanchéité ;

3° Perte ou dégradation d'une autre fonction de sécurité telle que mise en exergue par l'étude de dangers du barrage.

Dans chacune de ces situations anormales extrêmes, le barrage n'est pas réputé subir un séisme tel que prévu au chapitre IV, mais peut subir de manière concomitante la crue prévue au chapitre III ou l'une quelconque des situations rares ou transitoires prévues dans le chapitre V. On considérera également les actions permanentes et variables qui s'appliquent à l'ouvrage.

L'exigence essentielle de sécurité visée au 3° du I de l'article 2 est réputée satisfaite quand la probabilité de libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue est inférieure à  $10^{-5}$  si le barrage est de classe A et inférieure à  $3 \times 10^{-5}$  s'il est de classe B.

Barrage de classe C non concerné. Cependant le suivi des données d'auscultation et un suivi visuel régulier tels que présentés au chapitre 8.6 de la pièce 4 IOTA du DAE, permettront de mettre en évidence tout dysfonctionnement du système de drainage ou de l'étanchéité ou autre fonction de sécurité.

## ○ Chapitre XI : PRESCRIPTIONS COMPLÉMENTAIRES DIVERSES

40. Les dispositions du 29 de l'annexe I sont remplacées par les dispositions suivantes :

« Tout barrage de classe A situé dans une zone sismique 4 ou 5 est doté d'un dispositif de mesure des mouvements sismiques auquel le barrage est soumis.

« Les résultats de ces mesures des mouvements sismiques figurent dans le rapport de surveillance prévu au 4° du I de l'article R. 214-122 du code de l'environnement. »

41. La conception d'un barrage de classe A prend en considération une situation dite « extrême de batardage » ou de toute autre forme de mise hors service de l'organe d'évacuation des crues le plus capacitif du barrage qui normalement intervient pour une durée maximale prédéfinie en exploitation normale mais qui se trouve fortuitement concernée par une crue. Afin d'éviter que cette concomitance d'événements soit à l'origine d'une libération incontrôlée et dangereuse de l'eau contenue dans la retenue, la probabilité annuelle de dépassement de la cote de danger pendant la période de neutralisation de l'organe précité n'est pas être supérieure à  $3 \times 10^{-4}$  pour un barrage rigide,  $10^{-4}$  pour un barrage en remblai. Le calcul de cette probabilité peut tenir compte de la saisonnalité des crues.

Il est toutefois admis que le non-dépassement de la cote danger soit garanti seulement par des mesures d'exploitation compensatoires dont la mise en œuvre est rendue possible par la conception du barrage. A cette condition, le niveau de la retenue à prendre en compte au début de la crue peut être à une cote inférieure à la cote maximale en situation normale d'exploitation (cote de RN).

**Barrage de classe C non concerné.**



**ANNEXE 4 : Etude géotechnique de conception G2PRO indice A – CONFLUENCES-  
12/11/2021**

Etudes et conseils

Maîtrise d'oeuvre

Etudes d'exécution  
et plans

Assistance à  
maîtrise d'ouvrage

Essais en  
laboratoire

Contrôles et essais  
sur chantier

Sondages

Missions G<sub>1</sub> à G<sub>5</sub>

**sevabel**

LA MONTAGNE SANS LIMITES | MOUNTAINS WITH ENDLESS POSSIBILITIES

## Lac des Echauds II

### LES MENUIRES (73)



#### ETUDE GEOTECHNIQUE DE CONCEPTION PHASE PROJET G<sub>2</sub> PRO

Référence : NT2\_1807277\_IndA

B				
A	12/11/21	L. GUIBERT	E. MEYER	Modifications §11, §13, ajout du paragraphe §17
0	05/07/19	L. GUIBERT	P.Y. VECCHIO	Etablissement du document
Indice	Date	Rédacteur	Vérificateur	Observations

**CONFLUENCE**  
150, allée des Acacias  
01150 SAINT-VULBAS

Tél. : 04.74.46.11.00  
Fax : 04.74.46.11.01  
[info@beconfluence.com](mailto:info@beconfluence.com)  
[www.beconfluence.com](http://www.beconfluence.com)

## TABLE DES MATIERES

1	INTRODUCTION .....	5
2	DOCUMENTS ET DONNEES A DISPOSITION.....	7
3	DOCUMENTS DE REFERENCE ET REGLEMENTS .....	7
4	DEROULEMENT DE LA MISSION .....	8
5	CONTEXTE GENERAL.....	8
5.1	Situation et contexte topographique général .....	8
5.2	Contexte géologique général .....	10
5.3	Contexte hydrogéologique général.....	12
6	RISQUES NATURELS .....	13
6.1	Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle .....	13
6.2	Risques sismiques .....	14
6.3	Aléa retrait-gonflement des argiles .....	15
6.4	Aléa cavités .....	15
6.5	Aléa minier .....	15
6.6	Aléa amiante environnemental.....	15
6.7	Aléa mouvements de terrain.....	16
6.8	Aléa inondations et coulées de boues.....	16
6.9	Plan de prévention des risques naturels prévisibles .....	16
7	DESCRIPTION GENERALE DU PROJET .....	17
8	CATEGORIE GEOTECHNIQUE DE L’OUVRAGE, DUREE D’UTILISATION ET CLASSES DE CONSEQUENCE .....	19
9	INVESTIGATIONS ET RECONNAISSANCE DES FORMATIONS EN PRESENCE.....	20
9.1	Inspection visuelle détaillée du site.....	20
9.2	Analyse structurale, relevés stratigraphiques .....	24
9.3	Programme des investigations in-situ et en laboratoire – phase G2-AVP .....	27
9.4	Programme des investigations in-situ et en laboratoire – phase G2-PRO .....	28
9.5	Lithologie et caractéristiques géomécaniques .....	29
9.6	Conditions hydrogéologiques.....	31
9.7	Essais en laboratoire.....	33
9.8	Reconnaisances géophysiques .....	34
10	SYNTHESE GEOTECHNIQUE .....	35
11	CONTEXTE SISMIQUE.....	36
11.1	Cadre réglementaire .....	36
11.2	Catégorie d’importance de l’ouvrage.....	37
11.3	Valeurs de calcul des forces sismiques .....	37
11.4	Risque de liquéfaction .....	40
12	STABILITE GENERALE DE L’OUVRAGE.....	40
13	CALCULS DE STABILITE DES TALUS DES DIGUES .....	41
13.1	Actions et situations .....	41
13.2	Méthode et logiciel de calculs.....	42
13.3	Prise en compte de la sismicité .....	42
13.4	Coefficients de sécurité .....	42
13.5	Paramètres géomécaniques et approche paramétrique.....	44
13.6	Coupes types étudiées .....	45
13.7	Résultats – coupe A_1 .....	47
13.8	Résultats – coupe A_2.....	48
13.9	Résultats – coupe B_1 .....	48
13.10	Résultats – coupe B_2 .....	49
13.11	Conclusions sur la stabilité des talus.....	49



13.12	Influence de la minoration des caractéristiques géomécaniques.....	50
14	REMBLAI : STABILITE AU POINCONNEMENT ET TASSEMENT.....	51
15	ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS .....	51
15.1	Terrassements en déblais.....	51
15.2	Réalisation des remblais.....	52
15.3	Conditions de réutilisation des matériaux .....	52
15.4	Couche de forme du DEG .....	54
15.5	Recommandations générales .....	54
16	TRAVAUX DE DRAINAGE.....	55
16.1	Contexte .....	55
16.2	Eaux en provenance du bassin versant.....	56
16.3	Couches de forme du DEDG.....	56
16.4	Recommandations générales .....	56
17	VOIRIES.....	57
17.1	Conception générale.....	57
17.2	Recommandations générales.....	57
18	PROGRAMME DES INVESTIGATIONS ET CONTROLES EN PHASE TRAVAUX .....	58
18.1	Phase de préparation des travaux .....	58
18.2	Phase de réalisation des travaux.....	58
19	AUSCULTATION DE L'OUVRAGE EN SERVICE.....	59
20	RECOMMANDATIONS GENERALES .....	59

## ANNEXES

ANNEXE 1 : Missions géotechniques normalisées
ANNEXE 2 : Plan d'implantation des sondages à l'échelle 1/1000
ANNEXE 3 : Résultats des sondages et essais in-situ
ANNEXE 4 : Résultats des essais en laboratoire
ANNEXE 5 : Rapport de reconnaissance géophysique par INNOGEO
ANNEXE 6 : Plan de localisation des relevés géologiques
ANNEXE 7 : Profils géotechniques interprétatifs
ANNEXE 8 : Tableau récapitulatif des côtes et profondeurs des sondages
ANNEXE 9 : Résultats des calculs de stabilité – Logiciel Geostab
ANNEXE 10 : Résultats des calculs de stabilité – Approche paramétrique – Logiciel Geostab

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Plan de localisation du projet (extrait géoportail) .....	5
Figure 2 : Photographie aérienne du site d'étude.....	6
Figure 3 : Extraits de carte IGN et photographie aérienne de la zone d'étude .....	9
Figure 4 : Extrait de la carte géologique de MODANE au 1/50 000.....	11
Figure 5 : Coupe géologique du secteur au 1/50 000.....	12
Figure 6 : Vue du promontoire rocheux et des éboulis.....	16
Figure 7 : Extrait du plan de masse de la nouvelle retenue (indice G) .....	18
Figure 8 : Extraits des profils en travers AA et BB (indice G).....	19
Figure 9 : Vue générale du site depuis le promontoire rocheux en direction du Sud-Ouest .....	20
Figure 10 : Vue de la retenue en direction du Nord.....	21
Figure 11 : Vue du site et du promontoire rocheux, en direction du Nord-Ouest .....	21
Figure 12 : Vue des remblais amont (Plan du Bouquet) et du fossé drainant, côté Nord.....	22
Figure 13 : Vue du fossé en amont de la retenue, côté Est .....	22

Figure 14 : Vue de la piste d'accès en aval de la retenue, en direction du Sud .....	22
Figure 15 : Vue du cabanon de suivi de la retenue (chambre à vanne) .....	23
Figure 16 : Vue du déversoir au Sud-Est du lac .....	23
Figure 17 : Diagramme de Wulff des relevés structuraux réalisés .....	25
Figure 18 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G4 .....	25
Figure 19 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G3 (exutoire) .....	26
Figure 20 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G5 (promontoire Est) .....	26
Figure 21 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G11 (escarpements Ouest) ...	26
Figure 22 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G20 (bord de piste côté Ouest) .....	27
Figure 23 : Photographies de la fouille FP2 et des matériaux extraits.....	30
Figure 24 : Photographies de la fouille FP3 et des matériaux extraits.....	30
Figure 25 : Photographies de la fouille FP5 et des matériaux extraits.....	31
Figure 26 : Niveau d'eau des piézomètres entre aout 2011 et sept. 2013 (source : Rapport de VTA 2013/2014, ABEST) .....	32
Figure 27 : Plan de repérage des coupes types étudiées .....	45

## 1 INTRODUCTION

La société SEVABEL projette la construction d'une retenue d'altitude sur le domaine skiable des MENUIRES (73) : retenue du Lac des Echauds II.

Ce projet s'insère dans la zone d'un lac existant sur un replat naturel, et permettra d'augmenter la production d'enneigement artificiel du domaine skiable.

Cette nouvelle retenue présentera un volume d'eau de 176 800 m<sup>3</sup>, pour un niveau d'eau à la cote 2372.15 m NGF.

La Maîtrise d'œuvre de ce projet est assurée par ABEST – UGINE (73).

La situation du projet est précisée sur l'extrait de carte IGN et la photographie aérienne ci-dessous :

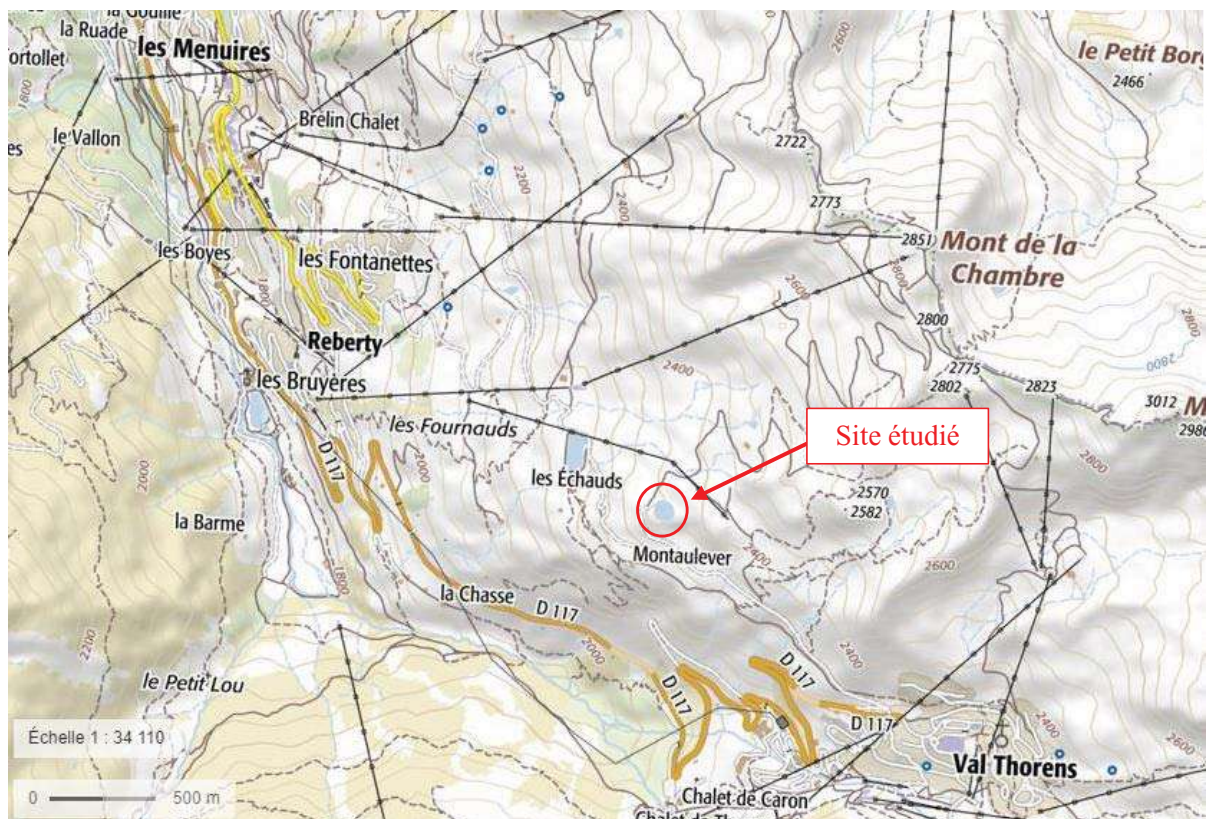


Figure 1 : Plan de localisation du projet (extrait géoportail)



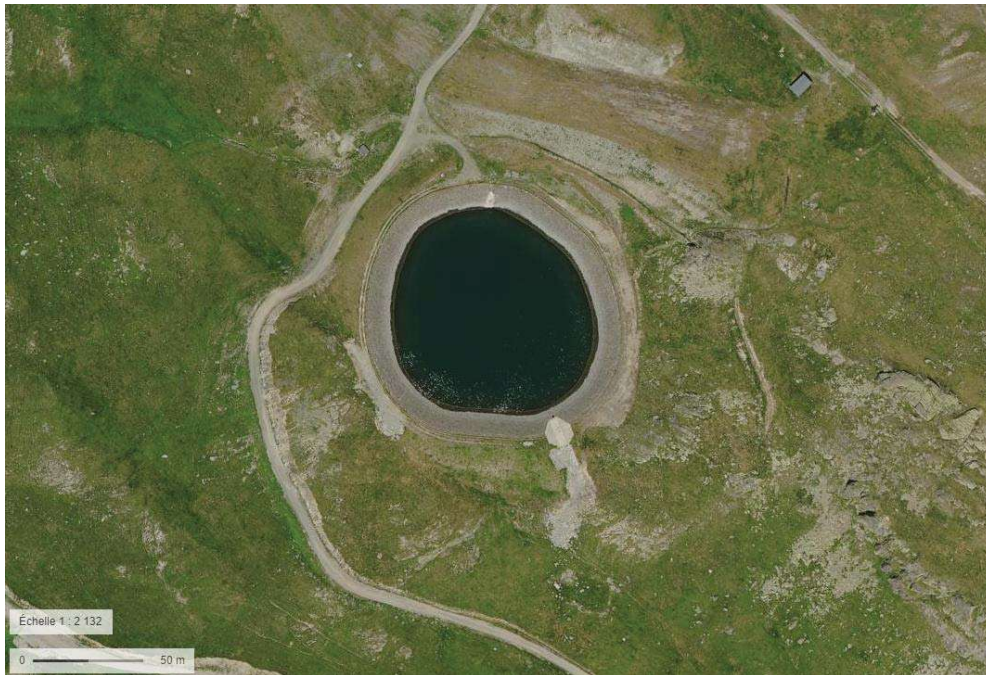


Figure 2 : Photographie aérienne du site d'étude

Dans le cadre de ce projet, la société SEVABEL a confié à CONFLUENCE une étude géotechnique de conception – Phase Projet (G2-PRO), qui fait l'objet du présent rapport NT2\_1807277.

Cette mission fait suite à l'étude G2-AVP réalisée par CONFLUENCE, de référence NT1\_1807277\_IndA, en date du 25/04/19.

Cette étude a consisté à :

- préciser le contexte géologique et géotechnique, la nature, la compacité et les épaisseurs des terrains superficiels, la profondeur du substratum rocheux, ainsi que les éventuelles circulations d'eaux sub-superficielles. Des fouilles complémentaires ont été réalisées dans la zone Nord de l'extension du lac afin de préciser le modèle géotechnique dans ce secteur,
- évaluer les tassements sous la digue,
- prendre en compte les risques naturels pouvant affecter l'ouvrage,
- étudier la stabilité des talus en déblais et remblais dans différentes situations avec une analyse paramétrique,
- préciser les conditions de réemploi des matériaux du site, et notamment des déblais rocheux pour constituer des matériaux nobles,
- donner des recommandations sur le type et les conditions de mise en œuvre de la couche support de la géomembrane,
- faire une analyse critique des principes de drainage de l'ouvrage envisagés,
- définir les contrôles de chantier à effectuer par l'entreprise dans le cadre de ses contrôles interne et externe.

**Il s'agit d'une mission d'étude géotechnique de conception – Phase Projet (G<sub>2</sub> PRO) au sens de la norme NFP 94-500 de novembre 2013.** Nous fournissons quelques extraits de cette norme en annexe 1 pour faciliter la compréhension.

## 2 DOCUMENTS ET DONNEES A DISPOSITION

Dans l'état actuel du projet, et à la date de rédaction du présent rapport, les documents en notre possession pour réaliser l'étude sont les suivants :

- plan général des travaux - Aménagement du lac des Echauds II, phase Avant-Projet indice G, au 1/500<sup>ème</sup>, établi par ABEST en date du 02/04/2019 ;
- profils en travers – phase Avant-Projet indice G, au 1/500<sup>ème</sup>, établi par ABEST en date du 02/04/2019 ;
- plan topographique sur photographie aérienne, établi par KALIBLUE et transmis par ABEST le 10/10/2018 ;
- rapport de visite technique approfondie – année 2013/2014 – indice A, établi par ABEST en date du 07/08/2014 ;
- rapport de visite décennale – aout 2008, établi par ABEST en date du 22/08/2008 ;
- dossier d'ouvrage exécuté D.O.E., établi par le groupement des entreprises BOTTO T.P., BIANCO & Cie, FAMY-MANCUSO, en date du 08/12/2003 ;
- dossier de déclaration au titre de la Loi sur l'eau, pour la retenue actuelle (dossier de déclaration, projet, étude géotechnique, étude des conséquences de la rupture de la retenue), établi par ABEST en date du 19/12/2002 ;
- documents de conception de la retenue actuelle (plan de situation, réseaux neige de culture, plan général des travaux, profil en long, profils en travers, dispositions constructives et contrôles), établis par ABEST, en date du 10/01/2002 ;
- carte géologique au 1/50000<sup>e</sup> et feuille de MODANE issue du site du BRGM.

Les hypothèses issues de ces différents documents seront à confirmer aux stades ultérieurs du projet et pourront engendrer une modification ou une adaptation des recommandations formulées dans le présent rapport.

## 3 DOCUMENTS DE REFERENCE ET REGLEMENTS

La présente étude a été menée conformément aux documents de référence et règlements actuellement en vigueur, et notamment :

- NF P 94-500 de novembre 2013 – Missions d'ingénierie géotechnique – Classification et spécifications ;
- NF EN 1997-1 de juin 2005 - Eurocode 7 – Calcul géotechnique – partie 1 : Règles générales
- NF EN 1997-1/NA de septembre 2006 - Eurocode 7 – Calcul géotechnique – partie 1 : Règles générales – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005
- NF EN 1997-2 de septembre 2007 – Eurocode 7 : Calcul géotechnique – partie 2 : reconnaissances des terrains et essais
- Guide technique « GTR » – Réalisation des remblais et des couches de forme – SETRA LCPC – Septembre 1992 – Fascicule I et II
- NF EN 1998-1 de septembre 2005 – Eurocode 8 – Calculs des structures pour leur résistance aux séismes – partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour le bâtiment
- NF EN 1998-1/NA de décembre 2007 – Eurocode 8 – Calculs des structures pour leur résistance aux séismes – partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour le bâtiment – Annexe nationale à la NF EN 1997-1 :2005
- NF EN 1998-5 de septembre 2005 – Eurocode 8 – Calculs des structures pour leur résistance aux séismes – partie 5 : Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques
- Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai – CFBR – octobre 2015

## 4 DEROULEMENT DE LA MISSION

Le déroulement de la mission a été le suivant :

- Réalisation d'une visite préliminaire du site, en présence de M. BORREL, le 10/10/18, afin de prendre en compte la spécificité du secteur et échanger sur les principes d'implantation des investigations.
- Première phase d'investigations le 11/10/18, avec la réalisation de fouilles à la pelle mécanique, de prélèvements et d'une visite détaillée du site. Cette visite a permis de réaliser les premiers levés géologiques, et d'appréhender sommairement le contexte géologique général, dans le but d'affiner le programme des investigations.
- Deuxième phase d'investigations le 16/10/2018, avec la réalisation de mesures géophysiques de sismique réfraction.
- Troisième phase d'investigations sur site du 24 au 25/10/18, avec la réalisation de sondages au pénétromètre dynamique. A cette occasion, nous avons aussi procédé à un recensement auprès de la SEVABEL des éléments documentaires existants sur la retenue actuelle (études géotechniques, plans, relevés piézométriques,...).
- Envoi des résultats des investigations le 31/10/2018, avec les premières recommandations sur la conception du projet.
- Réalisation du rapport d'étude géologique et géotechnique, qui a fait l'objet du rapport G2-AVP indice 0 en date du 12/02/2019.
- Mise à jour du rapport G2-AVP (indice A) en date du 25/04/2019 avec les plans et coupes du projet d'indice G.
- Réalisation de sondages complémentaires (fouilles à la pelle mécanique) au Nord du lac actuel, compte-tenu de la modification géométrique du projet et notamment de son extension vers le nord.
- Réalisation du rapport d'étude géologique et géotechnique de niveau PROJET, qui fait l'objet du présent rapport G2-PRO indice 0.

## 5 CONTEXTE GENERAL

### 5.1 Situation et contexte topographique général

Le site de la réserve d'eau des Echauds est situé sur la partie Sud-Ouest du massif de la Vanoise ainsi qu'en amont de la vallée des Belleville, proche du domaine skiable de la station de Val Thorens, des Ménuires, et de Saint Martin de Belleville.

Le lac des Echauds II qui fait l'objet de ce présent rapport est plus exactement situé au Sud-Ouest du Mont de la Chambre et à l'Ouest du Mont de Péclet. Il se situe à environ 400 m au Sud-Est du Lac des Echauds, en amont de cette première retenue d'altitude.

La localisation du site étudié est présentée ci-dessous :



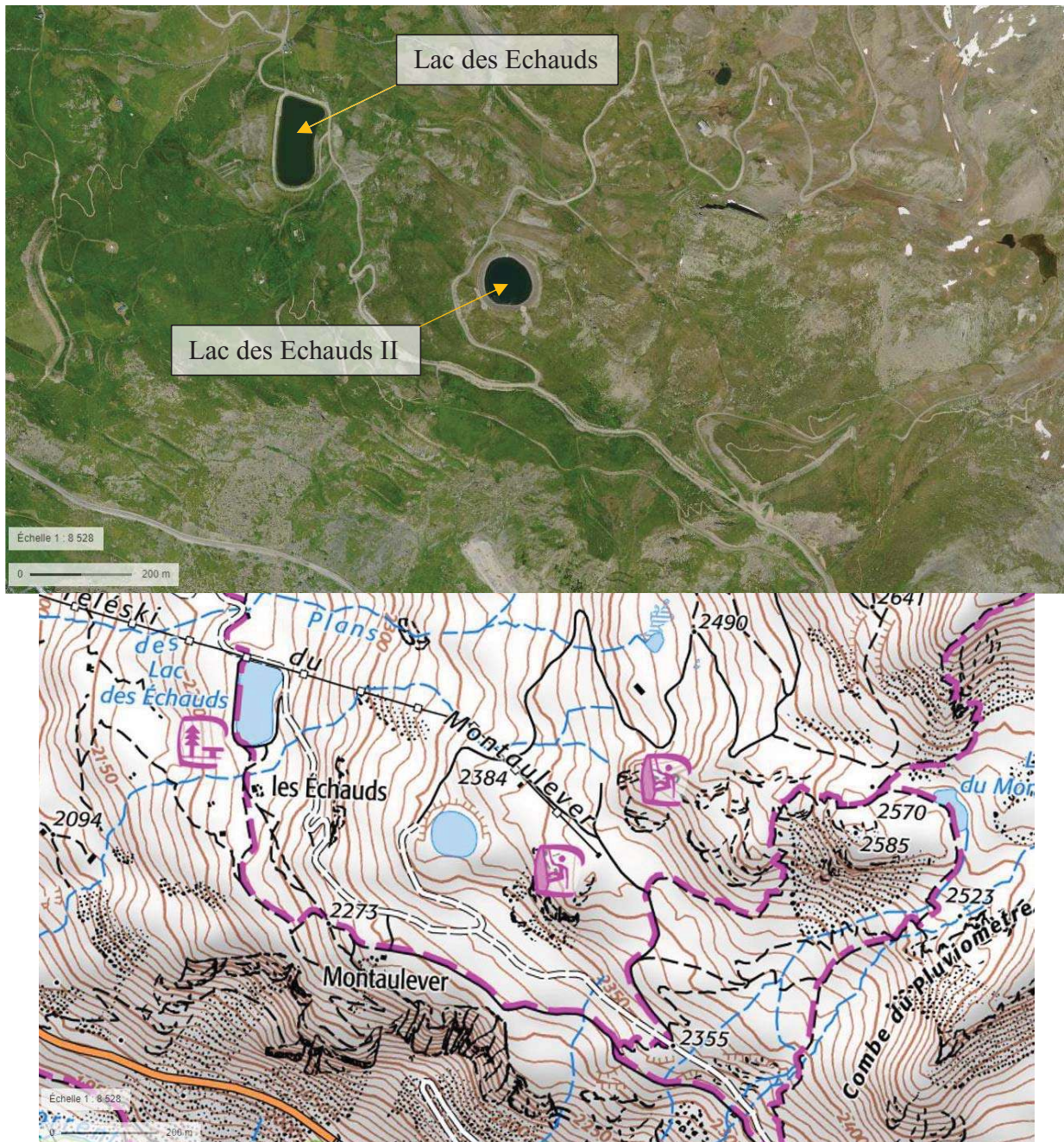


Figure 3 : Extraits de carte IGN et photographie aérienne de la zone d'étude

La zone d'étude s'établit à une altitude moyenne de l'ordre de 2 360 m NGF. On y accède en empruntant la piste de ski, carrossable depuis la station des Ménuires ou de Val Thorens situé le long de la RD 117.

Le site constituait anciennement une cuvette occupée par un petit lac naturel. Il a ensuite été aménagé pour accueillir le lac des Echauds II actuel.

Le terrain étudié est caractérisé par une dépression accueillant la retenue d'altitude, comportant :

- le lac réalisé en déblais dans la formation rocheuse côté Est et localement au Sud-Ouest, et en remblais au niveau de la digue côté Nord-Ouest et Sud,
- un promontoire rocheux à l'Ouest,
- une partie constituée de remblais puis de la piste « Plan du Bouquet » au Nord, en amont du lac (remblais possiblement issus de l'aménagement des pistes de ski),
- le chemin d'accès (piste de ski) à l'Ouest, réalisé en déblai-remblais et rétabli plus au Nord-Ouest après la réalisation du lac,

- l'exutoire du lac au Sud-Ouest,
- des escarpements rocheux au Sud-Ouest, entre le lac et la piste d'accès.

La pente globale du secteur est orientée du Nord-Est vers le Sud-Ouest, avec une pente moyenne d'environ 25% (12°).

Le projet occupera l'emprise du lac actuel, et s'étendra dans les quatre directions, en occupant notamment la piste de ski « Plan du Bouquet » au Nord du lac, et la voirie d'accès côté Ouest.

## 5.2 Contexte géologique général

Le secteur étudié se caractérise par la présence d'une formation de grès et de schistes noirs appelée Houiller Briançonnais, datant du Carbonifère, celle-ci comportant trois étages sur notre secteur. La première appelée Houiller productif datant du Westphalien et la seconde appelée « Assise de Tarentaise » située au sommet du Houiller productif, datant du Westphalien au Stéphaniens, elle fait la liaison avec l'« Assise de Courchevel » datant du Stéphano-permien. Cette formation est surmontée généralement par une formation plus récente appelée « Gneiss du Sapey ». De ce fait on peut en déduire quatre couches possibles sur notre secteur allant de la plus ancienne à la plus récente :

- Le h4, **Houiller productif**, caractérisé par des bancs gréseux généralement de plusieurs mètres d'épaisseur, en masses glissées alternant avec des bancs de grès fins et des bancs de schistes noirs,
- Le h4-5, **Assise de tarentaise**, caractérisée par des schistes versicolores verts et rouge, avec des fossiles de végétaux.
- Le h5-r, **Assise de Courchevel**, caractérisée par une formation détritique épaisse, comportant de nombreux conglomérats. En l'absence de fossile, les galets de gneiss et de micaschistes restent des bons critères d'identification.
- Le Sb, **Gneiss du Sapey**, caractérisé par des Gneiss ocellés, et des roches volcano-basiques.

Un extrait de la carte géologique est présenté ci-après :



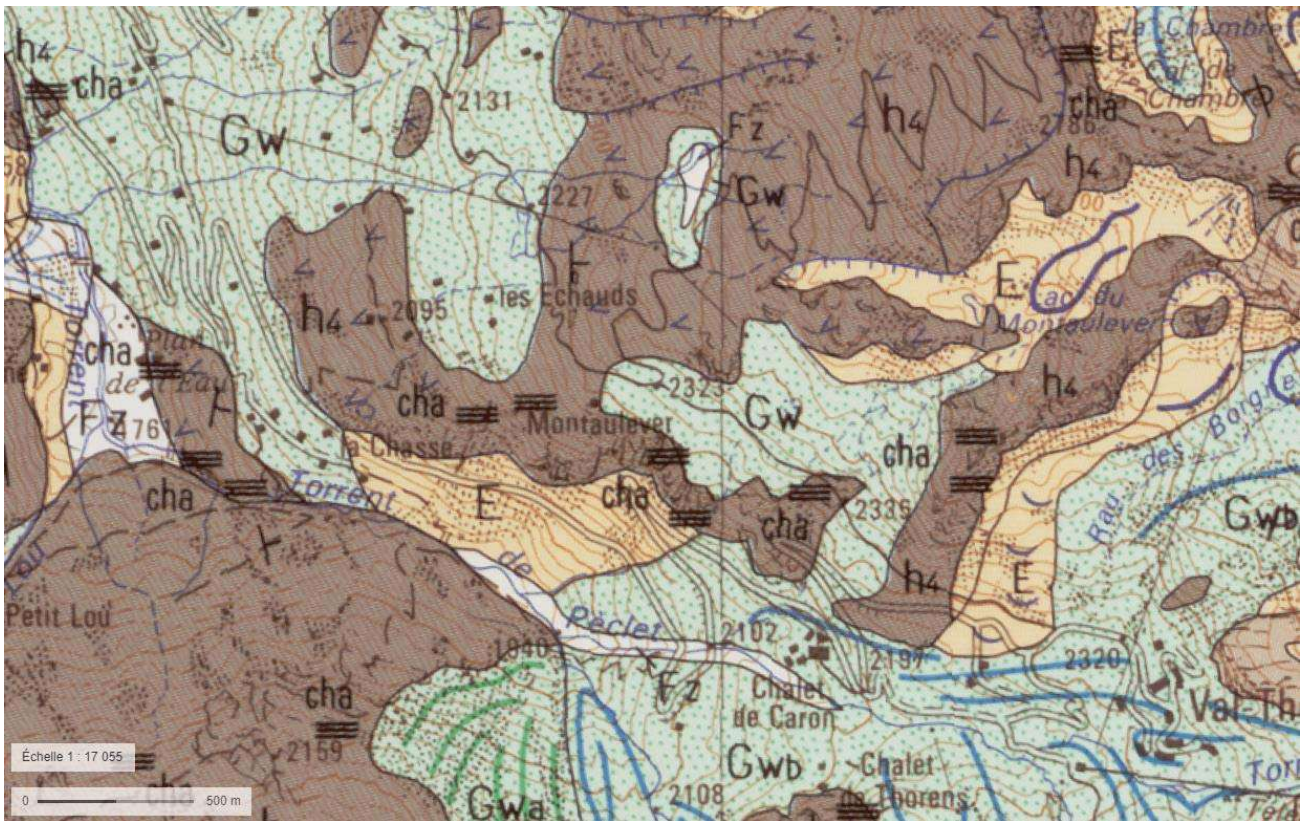


Figure 4 : Extrait de la carte géologique de MODANE au 1/50 000

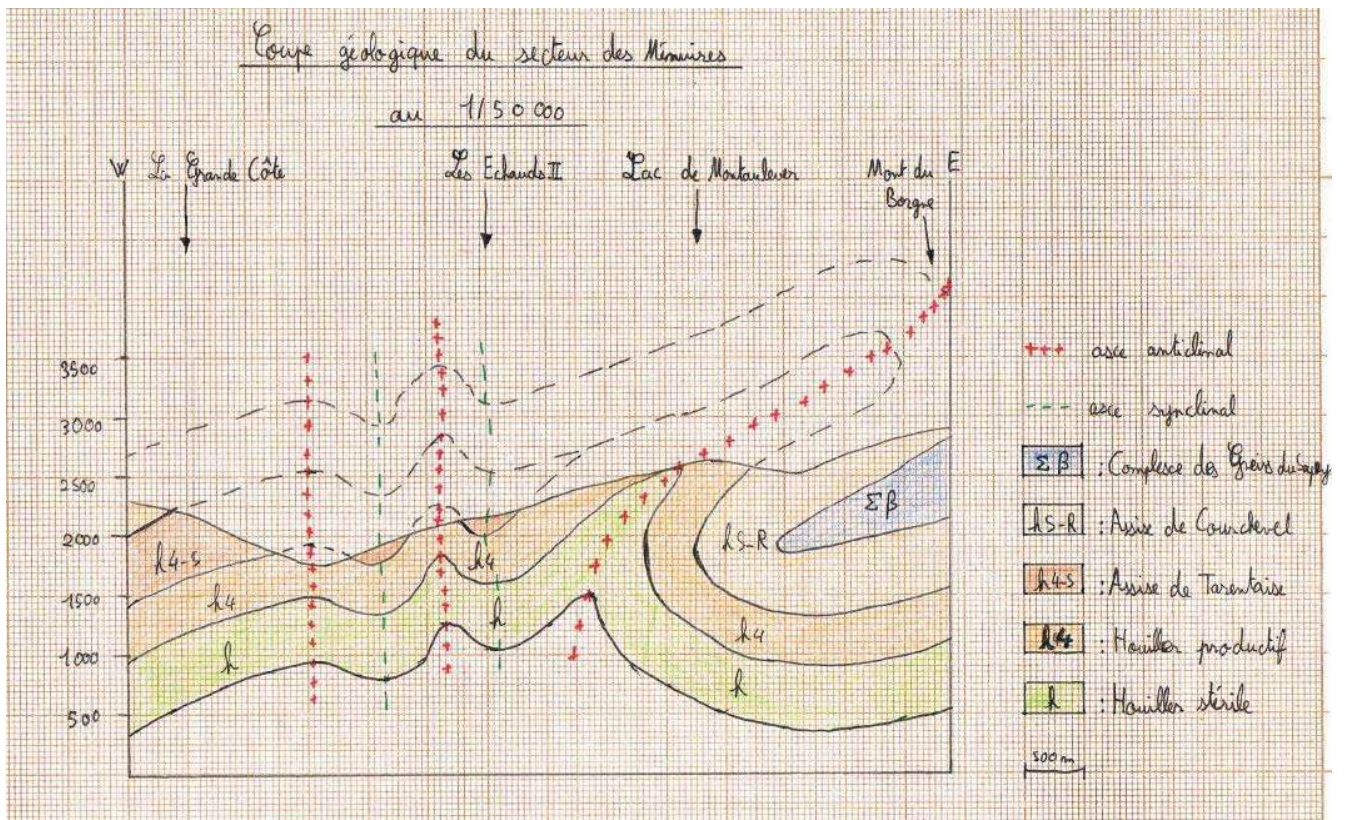
La carte mentionne de nombreuses failles et des contacts tectoniques anormaux entre le complexe des Gneiss du Sapey ainsi que la succession des couches de l'Houiller Briançonnais. Toutefois, le contexte tectonique de la poussée Alpine implique de nombreuses déformations et plis tectoniques à plus grande échelle que la zone d'étude. On notera également une série inverse située sur la partie Est du secteur.

La coupe géologique du secteur au 1/50 000, présentée sur la figure 5 ci-après, présente une stratification plissée comprenant 2 plis anticlinaux et 2 plis synclinaux isopaques ainsi qu'un pli couché anisopaque mettant en évidence une série inverse sur la partie Est de la coupe.

Par ailleurs la couche de l'assise de Courchevel, est en discordance stratigraphique sur l'assise de Tarentaise, résultant d'un chevauchement antérieur du secteur axé Est – Ouest.

La coupe géologique suivante illustre notre compréhension du contexte du secteur :





Par ailleurs, la carte géologique fait état d'une stratification plissée :

- d'orientation sensiblement Ouest-Est avec une succession de plis axés Nord-Est / Sud-Ouest, qui se transforme en série inverse à l'Est de la zone d'étude ;
- la stratification autour de la zone d'étude reste sensiblement la même, marquée au Sud, à l'Ouest et au Nord par de nombreux plis et replis axés principalement Nord-Sud. A l'Est de la zone d'étude une succession de failles fait apparaître les terrains plus récents en surface.

Au niveau régional, la zone Houillère Briançonnaise résulte d'un chevauchement d'Est en Ouest délimité par « l'accident de Brides – Longefoy » qui est un couloir tectonique limité par deux failles à forts pendages de type normale et décrochante. Ces accidents tectoniques datent de l'époque du Cénozoïque lors de la collision entre la plaque Africaine et la plaque Européenne. Toutefois il est à noter le massif de la Vanoise fait l'objet de divers études géologiques afin de retracer l'histoire des déformations tectoniques subi pendant le Permien et la phase Antépermien, notamment au Carbonifère suite à l'orogénèse hercynienne et l'érosion important du Permien. Les données concernant le dépôt et les accidents tectoniques de nos terrains datant de ces époques font donc encore l'objet de controverse.

De part et d'autre de notre zone d'étude, la carte géologique mentionne des formations superficielles de type Eboulis, glaciaires et des alluvions. De nombreux paquets tassés dû à l'érosion par les glaciers sont observables.

### 5.3 Contexte hydrogéologique général

Du point de vue hydrogéologique, on peut noter les informations générales suivantes :

- lac des Echauds, à environ 500 m en aval du site étudié (135 m en dénivelé),
- lac du Montaulever, à environ 1000 m en amont du site étudié (195 m en dénivelé),
- un ruisseau à environ 200 m au Nord du site étudié.

Il est à noter que le site étudié accueillait un petit plan d'eau avant la construction de la retenue actuelle, alimenté par un petit ru temporaire et les eaux de ruissellement de surface. Ce plan d'eau se déversait à l'aval à proximité de l'exutoire de la retenue.

La consultation de la base de données BSS sur le site [infoterre.brgm.fr](http://infoterre.brgm.fr) indique également la présence d'une source à environ 350 m à l'Ouest du site, ainsi que plusieurs sources localisées à une distance comprise entre 500 m et 800 m au Nord-Est, répertoriées en 1969.

Des circulations d'eau sont possibles dans les niveaux altérés ou fracturés du substratum rocheux.

D'après la carte géologique, les terrains sont peu perméables dans la zone houillère briançonnaise lorsqu'ils ne sont pas altérés, les venues d'eau étant peu nombreuses et localisées le long des zones de fractures. L'eau infiltrée reste dans les niveaux superficiels plus ou moins désagrégés d'où l'existence de sources assez nombreuses mais de débit peu élevé et en général non pérennes.

La retenue actuelle est équipée de 3 piézomètres, dont le suivi est assuré par l'exploitant du site. Les résultats de ce suivi sont décrits dans le paragraphe 9.5.

Par ailleurs, des fossés de drainage des eaux pluviales sont présents en amont du site, côté Ouest du lac, ainsi qu'en aval le long de la piste d'accès.

## 6 RISQUES NATURELS

Pour ce projet il a été effectué une enquête documentaire en relation avec les risques naturels susceptibles d'affecter le secteur. Les banques de données suivantes ont été consultées :

- [infoterre.fr](http://infoterre.fr)
- [geoportail.fr](http://geoportail.fr)
- [georisques.gouv.fr](http://georisques.gouv.fr) regroupant [argiles.fr](http://argiles.fr)/[bdmvt.fr](http://bdmvt.fr)/[bdcavites.net](http://bdcavites.net)
- site internet de la commune, et notamment le PPRn en cours d'élaboration

**Remarque importante** : il convient de préciser que cet état des lieux des risques naturels évolue régulièrement, il n'est donc exact qu'à la date de rédaction du présent rapport.

### 6.1 Arrêtés de reconnaissance de catastrophe naturelle

Plusieurs arrêtés de catastrophe naturelle sont recensés sur la commune, leur recensement est le suivant :

Avalanche : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
73PREF19840051	04/02/1984	12/02/1984	11/05/1984	24/05/1984

Inondations, coulées de boue et glissements de terrain : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
73PREF19840033	26/11/1983	27/11/1983	15/02/1984	26/02/1984

Inondations et coulées de boue : 5

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
73PREF19870028	24/08/1987	24/08/1987	03/11/1987	11/11/1987
73PREF20175511	14/02/1990	20/02/1990	14/05/1990	24/05/1990
73PREF19930004	21/07/1992	21/07/1992	04/02/1993	27/02/1993
73PREF19940011	25/06/1994	26/06/1994	08/09/1994	25/09/1994
73PREF20030018	05/08/2003	05/08/2003	17/11/2003	30/11/2003

Tempête : 1

Code national CATNAT	Début le	Fin le	Arrêté du	Sur le JO du
73PREF19820238	06/11/1982	10/11/1982	18/11/1982	19/11/1982

Les risques de type avalanche ne font pas l'objet de notre mission. Il est à noter toutefois que le Dossier de déclaration au titre de loi sur l'eau établi pour la retenue actuelle fait mention de l'absence de cet aléa sur les pentes qui encadrent le site étudié.

## 6.2 Risques sismiques

En ce qui concerne le contexte tectonique, la carte mentionne de nombreuses failles et des contacts tectoniques entre le complexe des Gneiss du Sapey ainsi que la succession des couches de l'Houiller Briançonnais. Le contexte tectonique de la poussée Alpine implique également de nombreuses déformations et plis tectoniques à grande échelle.

Il n'a pas été observé de contact tectonique dans la zone concernée par le projet.

La zone de sismicité du projet est précisée dans le tableau ci-dessous (en gras) :

Numéro de zone	Sismicité
1	Très faible
2	Faible
<b>3</b>	<b>Modérée</b>
4	Moyenne
5	forte

Pour plus de précisions, on se reportera au paragraphe 12 – Contexte sismique.



### 6.3 Aléa retrait-gonflement des argiles

Il a été procédé à la consultation de la base de données aléa retrait-gonflement des argiles, gérée par le MEEDDM-BRGM ; la classe de sensibilité est celle précisée dans le tableau ci-dessous (en gras) :

Aléa retrait gonflement
<b>A priori nul</b>
<b>Faible</b>
Moyen
Fort

### 6.4 Aléa cavités

D'après la consultation de la base de données Infoterre gérée par le BRGM, aucune cavité n'est répertoriée sur la commune. Cependant, l'historique de la région indique une activité minière pour l'extraction de charbon dans la vallée des Menuires. Le risque de cavités anthropiques liées à d'anciennes mines houillères n'est pas exclu, toutefois les zones d'extraction apparaissent suffisamment éloignées du site étudié.

Il est donc considéré que le secteur d'étude n'est pas concerné par un risque de cavités naturelles ou anthropiques.

### 6.5 Aléa minier

En ce qui concerne plus spécifiquement le risque minier, il a été procédé à une consultation des services suivants : base de données du renseignement minier gérée par le BRGM.

Aucune cavité minière n'est répertoriée sur la commune de LES MENUIRES (LES BELLEVILLES), toutefois il existait autrefois des mines de charbon exploitées par les habitants du village voisin de BETTEX. La carte géologique de MODANE mentionne ces exploitations par des figurés dans le secteur du lac de la Chambre et près du torrent de Pecllet.

L'exploitation minière recensée sur la carte géologique ne concerne pas la zone concernée par le projet.

### 6.6 Aléa amiante environnemental

Le risque de présence d'amiante naturelle au sein des terrains au droit du site étudié a été pris en considération et a fait l'objet d'une vérification sur le site Infoterre.

A ce jour, trois départements font l'objet d'une cartographie de la présence d'amiante, disponible sur le site Infoterre : la Haute-Corse, la Savoie et la Loire Atlantique.

D'après Infoterre, l'aléa amiante environnemental est identifié comme « nul à très faible » dans le secteur étudié.

**Remarque importante** : cette recherche ne porte pas sur le risque de présence d'amiante lié aux activités anthropiques. Il doit faire l'objet si nécessaire d'une étude environnementale spécifique, qui n'entre pas dans le cadre de notre mission géotechnique.

## 6.7 Aléa mouvements de terrain

D'après Infoterre, aucun mouvement de terrain n'est recensé sur la commune. Par ailleurs, le PPR en cours d'élaboration de la commune n'indique pas cet aléa au droit du site étudié.

De plus, au vu des pentes environnant le secteur d'étude, et du contexte géologique, le risque de mouvement de terrain est considéré comme faible, sous réserve du respect des prescriptions données dans ce rapport concernant les pentes des talus du projet.

On notera toutefois la présence d'éboulis en contrebas du promontoire rocheux présent à l'Est du site. Néanmoins, cette zone est située dans la partie en déblai du projet, et n'a donc pas d'incidence sur celui-ci.

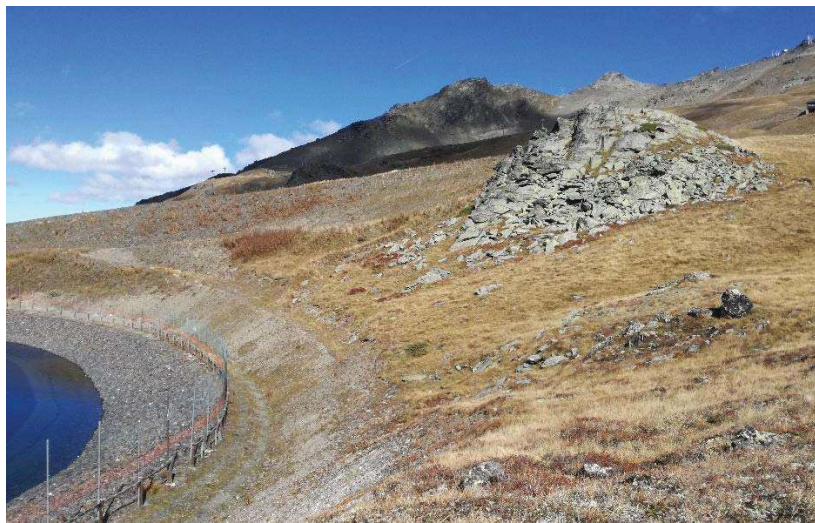


Figure 6 : Vue du promontoire rocheux et des éboulis

## 6.8 Aléa inondations et coulées de boues

Au vu du contexte topographique et géologique du site étudié, le risque d'inondation et de coulées de boues est considéré comme faible.

Le Dossier de déclaration au titre de loi sur l'eau établi pour la retenue actuelle fait état de phénomènes orageux possibles, pouvant être à l'origine de crues torrentielles sur le versant. Toutefois, la zone d'étude n'est pas située sur un cours d'eau ou à proximité de sources à fort débit, il est donc considéré un risque faible concernant cet aléa.

Ce risque devra être pris en compte dans la justification du projet (crue, NPHE, surverse, ...).

## 6.9 Plan de prévention des risques naturels prévisibles

D'après georisques.gouv.fr, la commune de LES BELLEVILLE dispose d'un Plan de Protection contre les Risques Naturels (PPRn), prescrit le 13/10/2015, mais encore en cours d'élaboration à la date de rédaction du présent rapport. Le site étudié n'est pas concerné par ce PPR (hors zonage).

## 7 DESCRIPTION GENERALE DU PROJET

Le projet d'extension du Lac des Echauds II porte sur les points suivants, en ce qui concerne les aspects géotechniques :

- creusement de la cuvette du lac actuel, et extension de sa surface via des terrassements en déblais dans le terrain naturel côté Nord et Est ;
- mise en œuvre d'une digue de fermeture du lac sur le côté Ouest et Sud du projet ; cette nouvelle digue sera réalisée en remblais, avec une emprise qui s'étendra sur la piste d'accès et le poste de contrôle du lac présent au Nord-Ouest ;
- mise en œuvre d'une étanchéité par géomembrane.

Les principales caractéristiques générales du projet recueillies au stade du projet phase PRO (plans indice G du 02/04/2019) sont rappelées ci-après :

- **Retenue actuelle :**

Crête de la digue	2 362.30 à 2362.60 m NGF
Côte du plan d'eau normal hiver (PEN)	2 361.50 m NGF
Côte du fond de la retenue	2 352.50 m NGF
Volume utile du lac	46 500 m <sup>3</sup>
Année de construction et première mise en eau	2003

- **Retenue après extension :**

Crête de la digue	2 373.00 m NGF
Côte du plan d'eau normal hiver (PEN)	2 372.15 m NGF
Côte du fond de la retenue	2 352.00 m NGF
Hauteur maximum de la digue	18 m
Volume d'eau utile	176 800 m <sup>3</sup>
Hauteur d'eau PEN	20.15 m
Volume de déblais	189 500 m <sup>3</sup>
Volume de remblais	136 900 m <sup>3</sup>
$H^2/\sqrt{v}$	136.2
Etanchéité	Etanchéité par géomembrane avec complexe drainant sous membrane et confinement sur membrane
Fruit des talus intérieurs	5H / 2V
Fruit des talus extérieurs en remblais (aval)	2H / 1V
Fruit des talus extérieurs en déblais (amont)	3H / 2V
Catégorie d'ouvrage au regard des populations et des biens situés en aval	Ouvrage n'intéressant pas la sécurité publique



Catégorie d'ouvrage au sens du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015	Ouvrage de classe C
Classe d'ouvrage	Classe de conséquence sur les personnes et les ouvrages = CC2 Catégorie géotechnique de l'ouvrage = 2
Durée d'utilisation de l'ouvrage	50 ans

Ces données sont illustrées par les extraits de plans et coupes repris ci-dessous (sans échelle) :

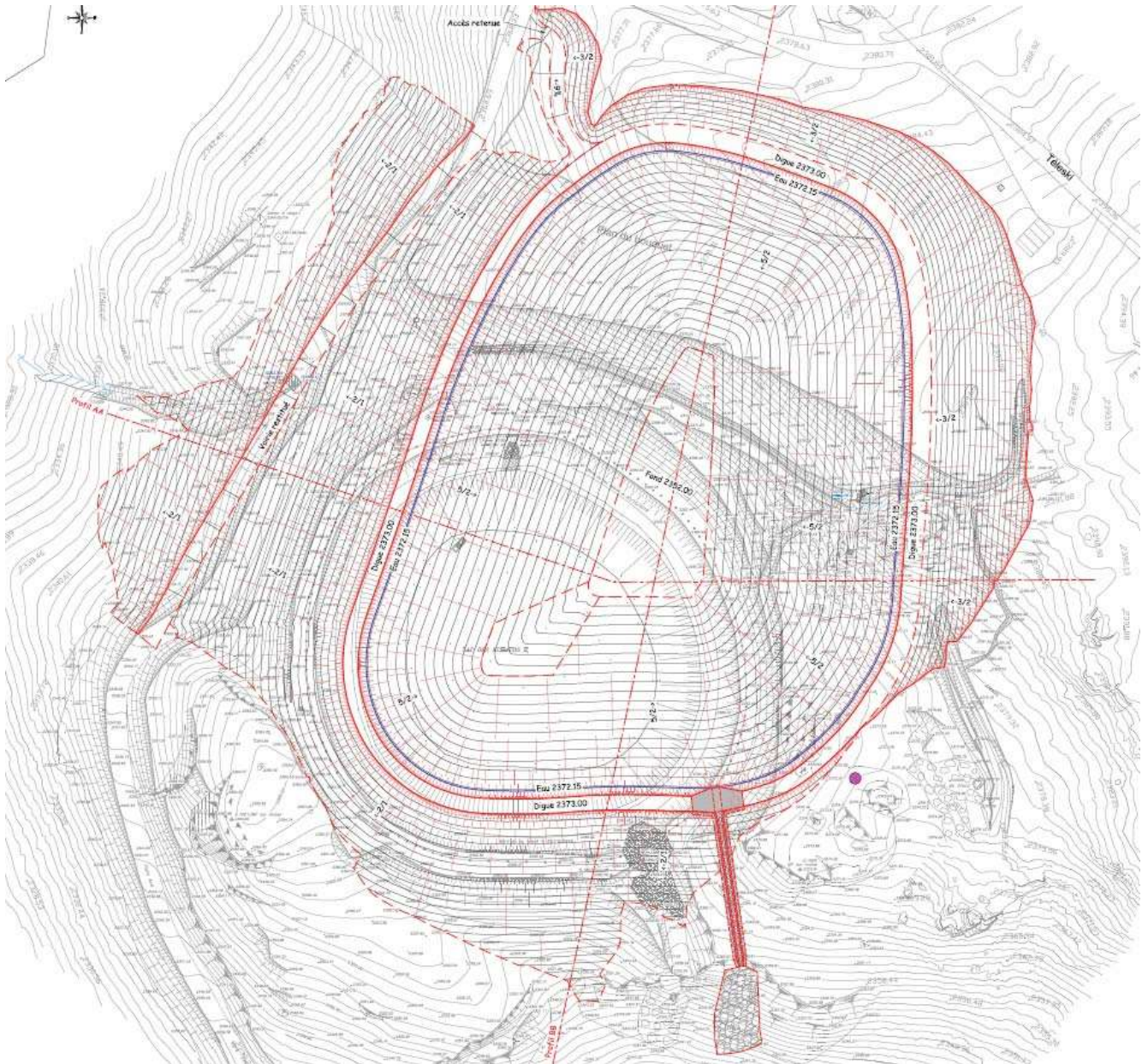


Figure 7 : Extrait du plan de masse de la nouvelle retenue (indice G)

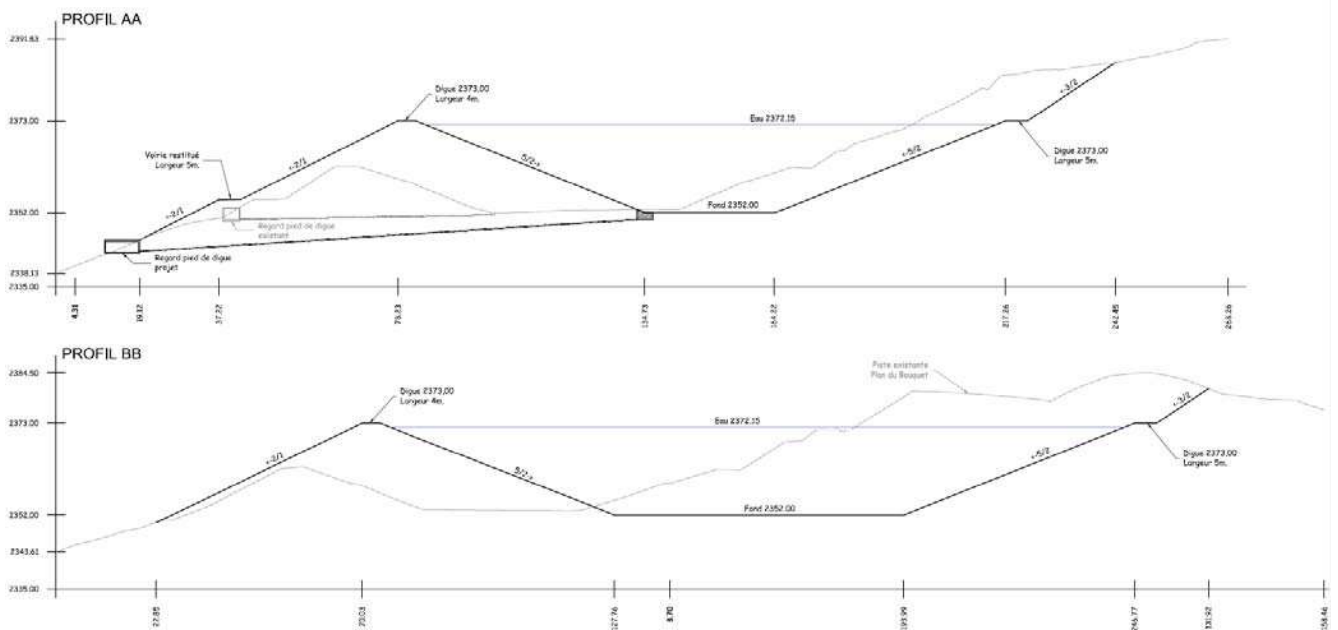


Figure 8 : Extraits des profils en travers AA et BB (indice G)

## 8 CATEGORIE GEOTECHNIQUE DE L'OUVRAGE, DUREE D'UTILISATION ET CLASSES DE CONSEQUENCE

On peut distinguer trois classes de conséquences de la ruine ou de l'endommagement de l'ouvrage (vis-à-vis des personnes, des ouvrages et des constructions avoisinantes et de la protection de l'environnement) :

- les conséquences faibles (CC1), ayant des effets faibles ou négligeables sur les personnes, sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement ;
- les conséquences moyennes (CC2), ayant des effets modérés sur les personnes, et/ou des effets importants sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement ;
- les conséquences élevées (CC3), ayant des effets importants sur les vies humaines et/ou des conséquences très importantes sur l'ouvrage à construire ou les constructions avoisinantes, en termes sociaux, économiques ou d'environnement.

La catégorie géotechnique du projet est déterminée en fonction des classes de conséquence et des conditions de site ; le tableau ci-dessous permet de la déterminer et d'apprécier les bases de justifications à entreprendre pour chacune des catégories :



CLASSE DE CONSEQUENCE	CONDITIONS DE SITE	CATEGORIE GEOTECHNIQUE <sup>a</sup>	BASE DES JUSTIFICATIONS
CC1	Simple et connues	1	Expérience et reconnaissance géotechnique qualitative admises
	Complexes	2	Reconnaissance géotechnique et calculs nécessaires
CC2	Simple	2	
	Complexes	3	Reconnaissance géotechnique et calculs approfondis
CC3	Simple ou complexes	3	

<sup>a</sup> Il n'y a pas de règles établies pour le choix de la catégorie géotechnique. En pratique toutefois, on considère qu'un ouvrage fondés sur pieux relève au moins de la catégorie 2, et on classe en catégorie géotechnique 3 les ouvrages établis dans un site instable, ou dans des conditions de risques sismiques importants, ou dans des sols évolutifs ou sensibles, les ouvrages nucléaires, de stockage GNL, etc.

La classe de conséquence retenue pour ce projet est CC2 et les conditions de sites sont relativement simples, le projet se classe donc en catégorie géotechnique d'importance 2 et nécessite donc des reconnaissances géotechniques et des calculs d'après l'annexe P de la norme d'application nationale de l'Eurocode 7 NF P 94-262.

## 9 INVESTIGATIONS ET RECONNAISSANCE DES FORMATIONS EN PRESENCE

### 9.1 Inspection visuelle détaillée du site

Nous avons procédé à une visite détaillée du site au cours du mois d'octobre 2018, afin de prendre en compte le contexte géologique, hydrogéologique et géotechnique général.

Les photographies ci-dessous montrent le contexte général du site actuel du Lac des Echauds II, où sera aménagée la nouvelle retenue.



Figure 9 : Vue générale du site depuis le promontoire rocheux en direction du Sud-Ouest





Figure 10 : Vue de la retenue en direction du Nord



Figure 11 : Vue du site et du promontoire rocheux, en direction du Nord-Ouest

Cette visite a permis de faire les constats suivants :

- De nombreux affleurements rocheux sont observés autour du site, réalisé principalement en déblais dans une formation de schistes et schistes gréseux plus ou moins altérés. Un promontoire rocheux est présent à l'Ouest du lac (cf. photographie ci-dessus).
- La pente globale du secteur est orientée du Nord-Est vers le Sud-Ouest, avec une pente moyenne d'environ 25%. Un talus est identifié côté Nord, en amont du lac, correspondant à priori à des remblais entreposés lors de l'aménagement du lac actuel, ou lors de l'aménagement de la Piste « Plan du Bouquet » au Nord du site. La photographie ci-après représente ces talus en amont du site.
- Des fossés de drainage des eaux pluviales sont observés à mi-hauteur du talus amont au Nord du site, ainsi que sur le versant Est du site. Les photographies suivantes représentent ces deux fossés observés en amont du lac actuel.



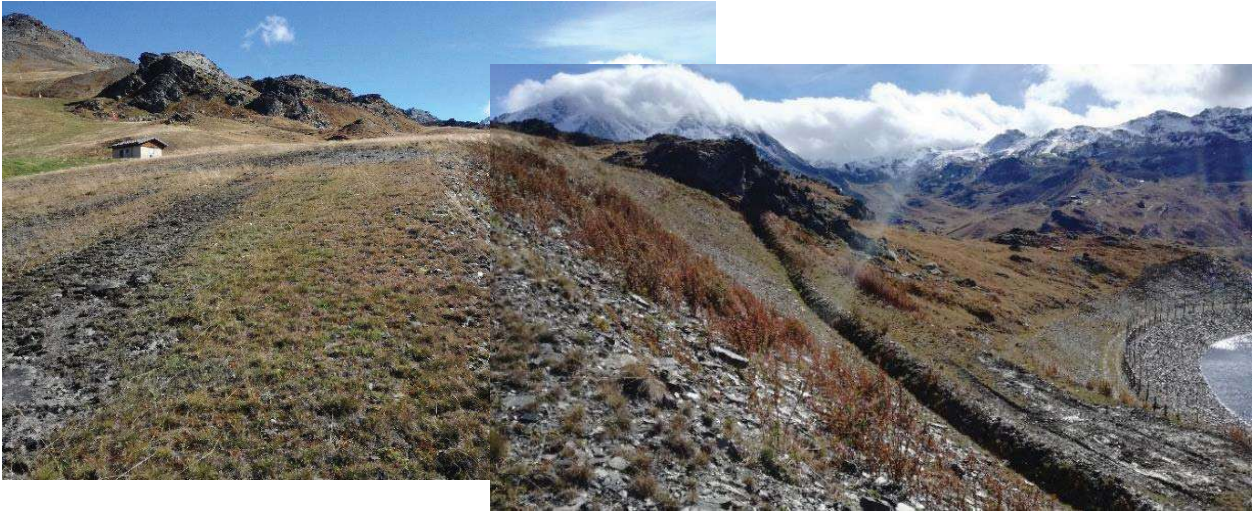


Figure 12 : Vue des remblais amont (Plan du Bouquet) et du fossé drainant, côté Nord

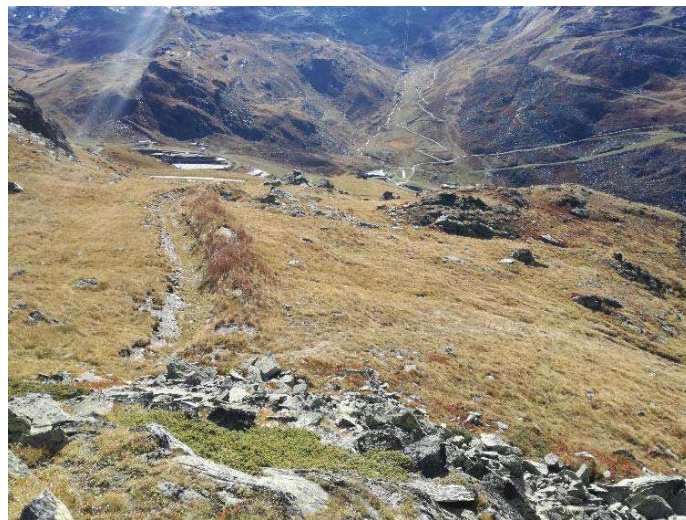


Figure 13 : Vue du fossé en amont de la retenue, côté Est

- Une piste d'accès permet de rejoindre le site, au Sud et à l'Ouest du lac. Cette piste a possiblement été réalisée en déblai-remblais lors de la réalisation du lac actuel, au vu des plans topographiques du site avant travaux.

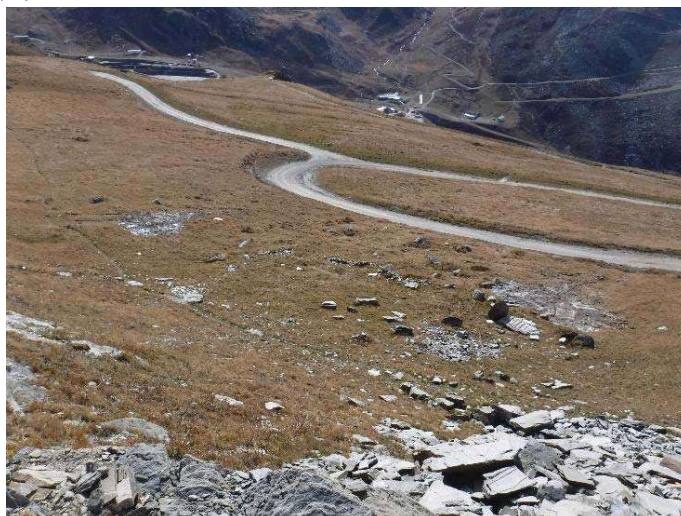


Figure 14 : Vue de la piste d'accès en aval de la retenue, en direction du Sud



- Un cabanon (chambre à vanne) est présent en aval de la piste d'accès, côté Ouest du site, accueillant les dispositifs de suivi de la retenue (conduites de vidange, drainage, etc...).



Figure 15 : Vue du cabanon de suivi de la retenue (chambre à vanne)

- Deux évacuateurs de crues sont présents sur la retenue : ouvrages de surverse été et hiver, évacuant les eaux vers le thalweg en aval de la chambre à vanne. Un évacuateur de crue décennal existe également sur la retenue, de type déversoir, situé au Sud-Est du lac.



Figure 16 : Vue du déversoir au Sud-Est du lac



## 9.2 Analyse structurale, relevés stratigraphiques

Le substratum affleurant à divers endroits dans la zone d'étude, il a pu être réalisé une analyse structurale du site. Le secteur étant cependant bien métamorphisé, la stratification principale S0, n'a pu être observée que sur un affleurement. Par conséquent, les relevés concernent uniquement les plans de schistosité des formations affleurantes.

Nous avons procédé à 21 levés au niveau des affleurements rocheux, à proximité du projet.

Ces levés sont synthétisés dans le tableau ci-dessous, et leur localisation est précisée sur le plan de localisation des relevés en annexe 6.

N° levé géologique	Situation	Formation	Schistosité	
G1	Chemin faisant le tour du lac à l'Est	Grès schisteux	N122 – 42° NE	
G2			N93 – 30° N	
G3	Au niveau de l'exutoire à l'Est		N22 – 37° W	
G4	Affleurement au-dessus du chemin à l'Est		N50 – 32° NE	
G5			N116 – 78° SW	
G6			N80 – 70° S	
G7			N82 – 72° N	
G8	Affleurement situé au-dessus de la piste d'accès à l'Ouest du lac		Schiste noir	N124 – 54° NE
G9			Grès schisteux	N174 – 80° E
G10				N82 – 10° N
G11		N62 – 20° NW		
G12		N82 – 38° N		
G13		N32 – 18° NW		
G14		N56 – 42° NW		
G15		N54 – 82° NW		
G16		N164 – 16° SW		
G17		N142 – 48° NE		
G18	Le long du chemin à l'Ouest du lac	N26 – 18° W		
G19		N35 – 50° W		
G20		N4 – 38° W		
G21		N50 – 10° NW		

Une valeur sur la stratification S0 (G22) a pu être relevée sur un banc gréseux à l'Ouest du lac au niveau de G20, elle montre un pendage d'Ouest en Est, N22 – 48° E.

L'ensemble des mesures réalisées permet de faire les constats suivants :

- un axe principal de schistosité de direction Sud-Nord en moyenne,
- une valeur S0 d'Ouest en Est, indiquant le flanc d'un pli synclinal axé Nord – Sud.

Les relevés structuraux indiquent la présence de 3 axes de schistosités, représentés sur le diagramme de la figure 6 ci-après :

- Axe 1 (rouge) : avec un pendage du Sud au Nord, il s'agit de l'axe principal de la schistosité des grès schisteux; 17 mesures (G1 à G4, G7, G8, G10 à G15 et G17 à G21) ont été relevées ;
- Axe 2 (bleu) : avec un pendage du Nord au Sud, il s'agit de l'axe secondaire des grès schisteux noirs ; 3 mesures (G5, G6 et G16) ont été relevées ;
- Axe 3 (vert) : N174 – 80° E, il s'agit de la schistosité d'un banc de schistes noirs dans la formation des grès schisteux ; 1 mesure (G9) a été relevée.

Les trois familles d'axes ont été déterminées à partir de la ligne de plus grande pente en fonction de l'orientation du plan.

Le dernier axe n'ayant qu'une mesure, ne suffit pas à affirmer l'existence de cette famille.

L'ensemble des mesures réalisées est présenté ci-dessous sur les diagrammes de type Wulff hémisphère inférieur, avec à gauche les plans de schistosités et à droite les pôles de ces plans.

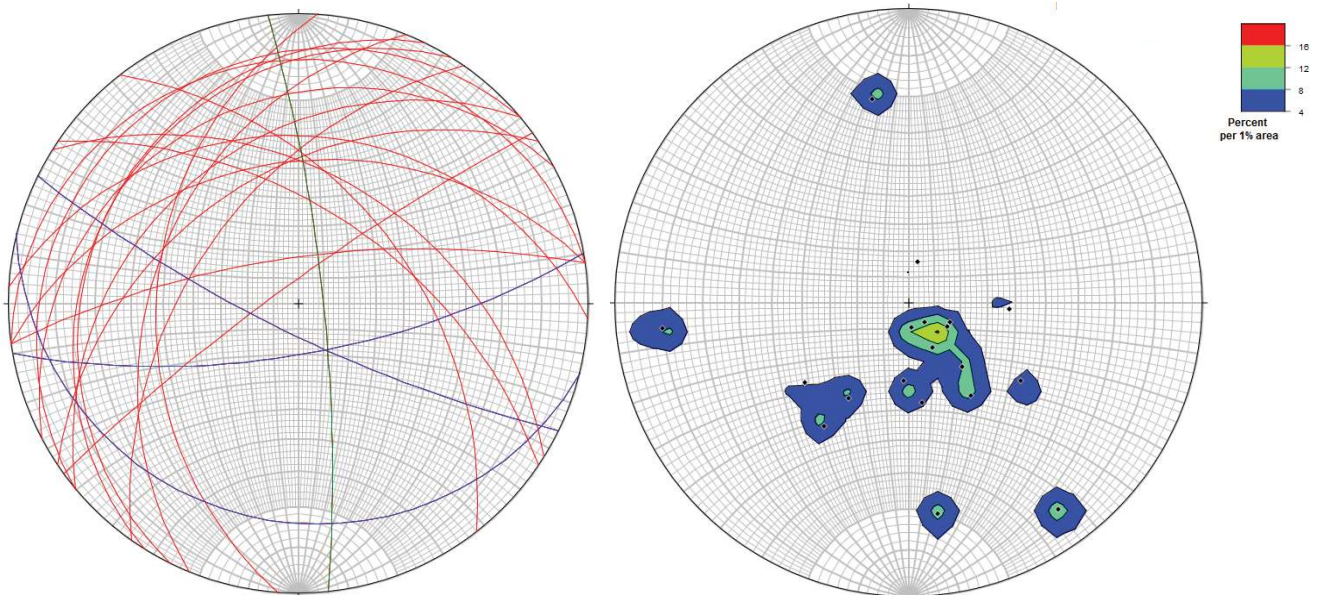


Figure 17 : Diagramme de Wulff des relevés structuraux réalisés

Un relevé complémentaire de la schistosité a été effectué en 2019 au sein de la fouille FP101, située dans la zone Nord du projet d'extension (au niveau de la butte de la piste du Plan du Bouquet) : N106- 30°N. Cette mesure s'intègre bien dans l'axe 1 des plans de schistosité relevés sur le reste du site.

Les photographies ci-dessous présentent quelques affleurements observés lors de ces relevés :



Figure 18 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G4





Figure 19 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G3 (exutoire)

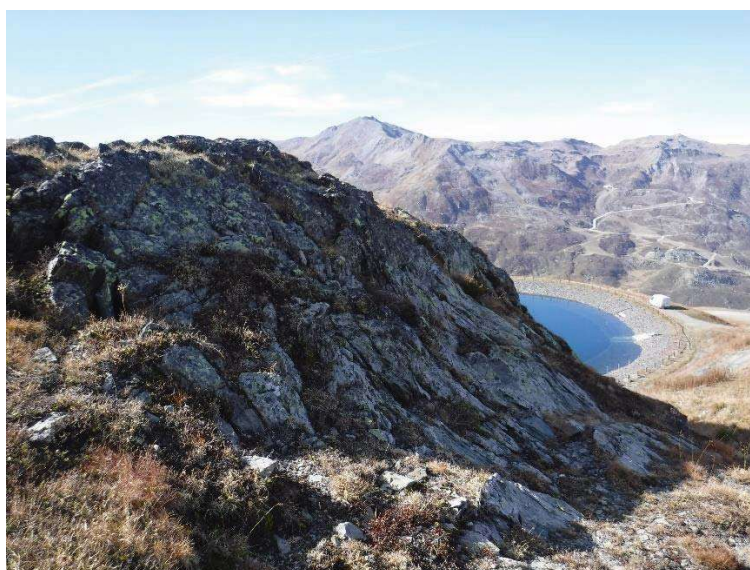


Figure 20 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G5 (promontoire Est)

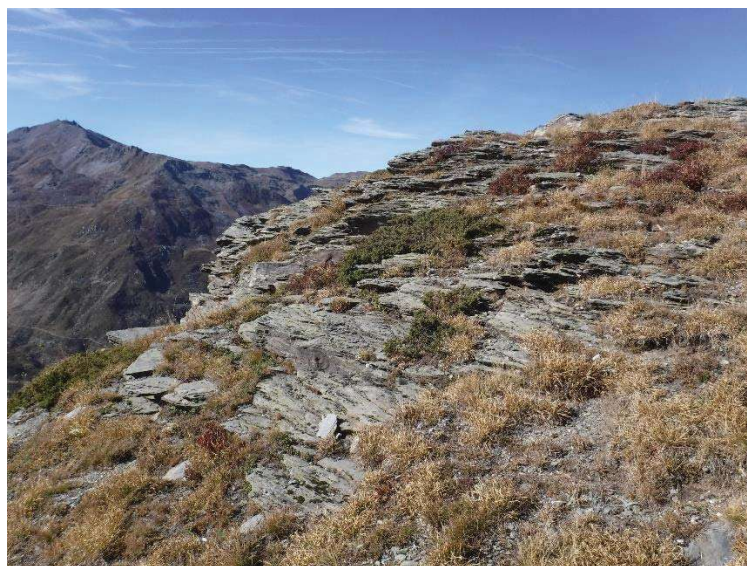


Figure 21 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G11 (escarpements Ouest)





Figure 22 : Photographie de l'affleurement rocheux au niveau du relevé G20 (bord de piste côté Ouest)

### 9.3 Programme des investigations in-situ et en laboratoire – phase G2-AVP

Les principaux objectifs des investigations étaient les suivants :

- évaluer les caractéristiques physiques et mécaniques des terrains,
- déterminer les résistances des terrains et notamment leur portance au niveau de l'assise de la digue,
- apprécier la présence d'éventuelles circulations d'eaux ou d'une nappe,
- évaluer les conditions de remplissage des matériaux pour la constitution des digues,

Compte tenu de ces objectifs fixés, le programme des investigations in-situ et en laboratoire réalisé en phase G2-AVP a été le suivant :

- **Réalisation de 15 fouilles à la pelle mécanique**, numérotées **FP1 à FP15**, et descendues entre 0.10 m (refus sur rocher) et 3.30 m de profondeur/TN, afin de :
  - reconnaître visuellement la nature des sols,
  - préciser la profondeur du substratum schisto-gréseux,
  - évaluer visuellement la proportion d'éléments très grossiers (blocs),
  - identifier l'état hydrique général des terrains naturels et les éventuelles circulations d'eau,
  - prélever les échantillons nécessaires aux essais de laboratoire.

Les coupes des fouilles à la pelle sont présentées en annexe 3.

- **Réalisation de 8 sondages au pénétromètre dynamique lourd**, descendus au refus entre 1.20 m et 7.50 m de profondeur. Ces sondages, notés **PD1 à PD8**, ont été implantés autour du lac existant au niveau de la digue et sur la piste d'accès en aval du lac ; les objectifs de ces sondages étaient de :
  - préciser la position de la transition entre les formations meubles et le substratum,
  - établir les caractéristiques géomécaniques de ces terrains, pour les calculs de portance, de stabilité et de tassement de la digue.

Les résultats de l'ensemble des sondages et essais in-situ sont regroupés en annexe 3.

- **Réalisation d'une série d'essais de laboratoire :** compte tenu des objectifs de caractérisation physique et mécanique des sols, le programme des essais en laboratoire a été le suivant :
  - Teneurs en eau : 15 unités
  - Identification complète de type GTR : 5 unités
  - Essai Proctor normal avec CBR : 2 unités
  - Essai Los Angeles (LA) : 2 unités
  - Essais Micro Deval (MDE) : 2 unités

Les résultats de l'ensemble des essais de laboratoire sont regroupés en annexe 4.

- **Réalisation de 6 profils de sismique réfraction** de 60 m de longueur environ, notés SR1 à SR6, et réalisés avec des tirs à la masse. Les objectifs de ces profils géophysiques étaient de :
  - préciser la position du toit du substratum rocheux,
  - évaluer la rippabilité des matériaux pour les terrassements en déblais.

Les résultats de la reconnaissance géophysique sont regroupés en annexe 5.

Les sondages ont été implantés en fonction de la position du projet, et des contraintes liées à la topographie locale ou aux ouvrages existants.

La cote altimétrique en m NGF des sondages a été estimée à partir de notre nivellement et des plans topographiques fournis.

Les sondages ont été repérés sur le plan d'implantation fourni en annexe 2.

Le tableau indiquant la cote altimétrique de chaque tête de sondage (cote m NGF), la profondeur atteinte et leur cote d'arrêt est présenté en annexe 8.

#### 9.4 Programme des investigations in-situ et en laboratoire – phase G2-PRO

Compte tenu de la modification de l'emprise du projet et de l'extension du lac en direction du Nord au niveau de la piste existante (plans et coupes indice G en date du 02/04/2019), des sondages complémentaires ont été réalisés pour préciser le modèle géotechnique dans cette zone. Par ailleurs, des essais en laboratoire complémentaires ont été réalisés pour préciser les conditions de réemploi des déblais schisteux du site.

Compte tenu de ces objectifs fixés, le programme des investigations in-situ et en laboratoire réalisé en phase G2-PRO a été le suivant :

- **Réalisation de 8 fouilles à la pelle mécanique**, numérotées **FP101 à FP108**, et descendues entre 0.80 m (refus sur rocher) et 2.90 m de profondeur/TN, afin de :
  - reconnaître visuellement la nature des sols dans la zone Nord du projet d'extension,
  - préciser la profondeur du substratum schisto-gréseux,
  - évaluer visuellement la proportion d'éléments très grossiers (blocs),
  - identifier l'état hydrique général des terrains naturels et les éventuelles circulations d'eau.

Les coupes des fouilles à la pelle sont présentées en annexe 3.

- **Réalisation d'essais de laboratoire :**
  - Essais de fragmentabilité : 2 unités

Les résultats de l'ensemble des essais de laboratoire sont regroupés en annexe 4.

## 9.5 Lithologie et caractéristiques géomécaniques

A partir de l'ensemble des informations géotechniques et géophysiques disponibles, nous présentons ci-dessous la synthèse du contexte géotechnique et hydrogéologique du site de la retenue. Deux coupes géotechniques interprétatives sont présentées en annexe 7.

Nous distinguons les formations suivantes :

- **Les remblais actuels**, issus des déblais dans la zone du lac, qui peuvent être dissociés en 2 sous-ensembles :

**[R1] Remblais amont** : schistes noirs en plaquettes à matrice argilo-graveleuse noire : ces matériaux ont été rencontrés à l'amont du lac existant, et correspondraient à des matériaux déplacés lors de la création du lac ou lors de l'aménagement des pistes.

**[R2] Remblais de digues** : schistes noirs en plaquettes à matrice argilo-graveleuse : ces matériaux de nature similaire aux remblais [R1] constituent les digues mises en place au Nord-Ouest et Sud-Ouest du lac, sur une hauteur maximale de 7 m. La piste actuelle au Sud-Ouest du lac apparaît avoir été réalisée en remblais lors de son déplacement pour contourner la digue du lac.

- **[1] Les formations superficielles :**

Ces formations sont constituées d'argile limoneuse marron à blocs de schistes +/- gréseux, et correspondent généralement à des moraines ou à des éboulis. Cet horizon est rencontré principalement au niveau des zones non remaniées au Sud et à l'Est du site sur une épaisseur de 1 à 2 m, ainsi qu'au Nord du lac actuel, au sein des fouilles FP3, FP106 et FP108 sous les remblais. La distinction entre ces matériaux morainiques et la frange d'altération schisteuse est parfois délicate, du fait de la proportion parfois équivalente en blocs et matrice argileuse.

- **[2] La frange altérée des schistes, schistes gréseux et grès :**

Il s'agit de la partie supérieure du substratum rocheux, altérée, qui présente des faciès schisteux à schisto-gréseux. L'altération se traduit parfois par la présence d'une fraction fine limoneuse à argileuse entre les strates, d'un débit en plaquettes et/ou la possibilité d'extraction au moyen de la pelle à chenilles.

- **[3] Les schistes et schistes gréseux, peu altérés ou sains :**

Il s'agit du substratum rocheux peu altéré à sain, qui présente également des faciès schisteux et schisto-gréseux. Les observations de surface ainsi que les résultats de la sismique réfraction indiquent toutefois une certaine fracturation du massif rocheux (diaclasses, remplissages de quartz,...).



Cet horizon a été rencontré au droit des fouilles FP4, FP5, FP6, FP7, FP9, FP10, FP11 et FP15, à partir de 0.10 m à 2.30 m de profondeur/TN. Au Nord du lac actuel, cet horizon a été rencontré au droit des fouilles FP101, FP103 à FP108 à partir de 0.80 m à 2.40 m/TN.

Les observations de surface et les différents sondages montrent que la transition entre les faciès schisteux et gréseux est progressive ; il semble donc peu probable qu'une zone de faille ou de brèche accompagne ce contact.

Les photographies suivantes illustrent les différents matériaux rencontrés au sein des fouilles FP2, FP3 et FP5. Des photographies des fouilles FP4, FP6, FP10 et FP12 sont également présentées en annexe 3.



Figure 23 : Photographies de la fouille FP2 et des matériaux extraits



Figure 24 : Photographies de la fouille FP3 et des matériaux extraits



Figure 25 : Photographies de la fouille FP5 et des matériaux extraits

Les sondages au pénétromètre dynamique mettent en évidence des valeurs de résistance de pointe globalement moyennes à élevées dans les remblais des digues actuelles [R2], avec des variations de résistance observées sur l'ensemble de la digue. On observe notamment des valeurs de résistance de pointe globalement plus faibles au droit du sondage PD3 au Sud-Ouest, et des pics plus élevés en PD1, PD2 et PD4 dû à la présence de blocs au sein des remblais.

Les valeurs de résistance de pointe sont globalement moyennes avec des pics ponctuels au sein des matériaux morainiques supposés, puis moyennes à très élevées dans la frange altérée des schistes [2], avec un refus de battage atteint au toit du substratum rocheux [3]. Au droit des sondages PD7 et PD8, le refus de battage a probablement été atteint sur des blocs de taille importante au sein des matériaux morainiques ou éboulis [1].

Le tableau ci-dessous présente la synthèse de ces valeurs en fonction des horizons :

Formation	Résistance dynamique de pointe $q_d$ en MPa
[R2] Remblais de digue	$2.5 < q_d < 44.3$
[1] Formation superficielle : moraines ou éboulis	$4.9 < q_d < 59.2$
[2] Frange altérée : schiste altéré en plaquettes ou blocs	$4.9 < q_d < 36.6$
[3] substratum rocheux peu altéré à sain	$q_d > 50$ (refus)

Il convient de noter que les sondages au pénétromètre dynamique constituent un mode d'investigation « aveugle » et qu'il est par conséquent difficile d'attribuer une correspondance précise entre la lithologie des sols et les résistances mécaniques mesurées.

En particulier, la différenciation entre les moraines, éboulis, schistes altérés et les remblais de la digue (issus de ces derniers matériaux) est délicate compte tenu de la similarité entre ces formations.

## 9.6 Conditions hydrogéologiques

Aucune arrivée d'eau n'a été notée pendant les sondages, mais il s'agit d'informations instantanées, ne traduisant pas les fluctuations possibles des circulations d'eaux en fonction des saisons.



Il est à noter la présence de fossés de drainage des eaux pluviales en amont du site, côté Ouest du lac, ainsi qu'en aval le long de la piste d'accès, indiquant des ruissellements plus ou moins importants venant de l'amont du terrain.

Des circulations d'eau sont également possibles en fonction des saisons à l'interface entre les formations de recouvrement et le substratum rocheux, ou au sein même de celui-ci à la faveur de niveaux altérés, fissurés ou déstructurés.

Il existe trois piézomètres autour de la retenue actuelle, dont la cote a été estimée à partir des plans topographiques. Les relevés de leur niveau d'eau sont réalisés mensuellement par la SEVABEL. Les dernières mesures réalisées en septembre et novembre 2018 (transmises lors de notre visite sur site par la SEVABEL) sont récapitulées dans le tableau ci-dessous :

Piézomètre	Cote estimée des têtes de piézomètres	Profondeur du niveau d'eau (m) : 17/09/2018	Cote du niveau d'eau (m NGF) : 17/09/2018	Profondeur du niveau d'eau (m) : 16/10/2018	Cote du niveau d'eau (m NGF) : 16/10/2018
P1	2 362,43	10,57	2 351,86	10,58	2 351,85
P2	2 362,50	> 10,09	< 2352,41	> 10,09	< 2352,41
P3	2 362,78	11,28	2 351,50	> 11,40	< 2351,38

Le graphique ci-dessous, extrait du rapport de VTA de 2013/2014 présente le suivi de ces piézomètres durant la période d'aout 2011 à septembre 2013.

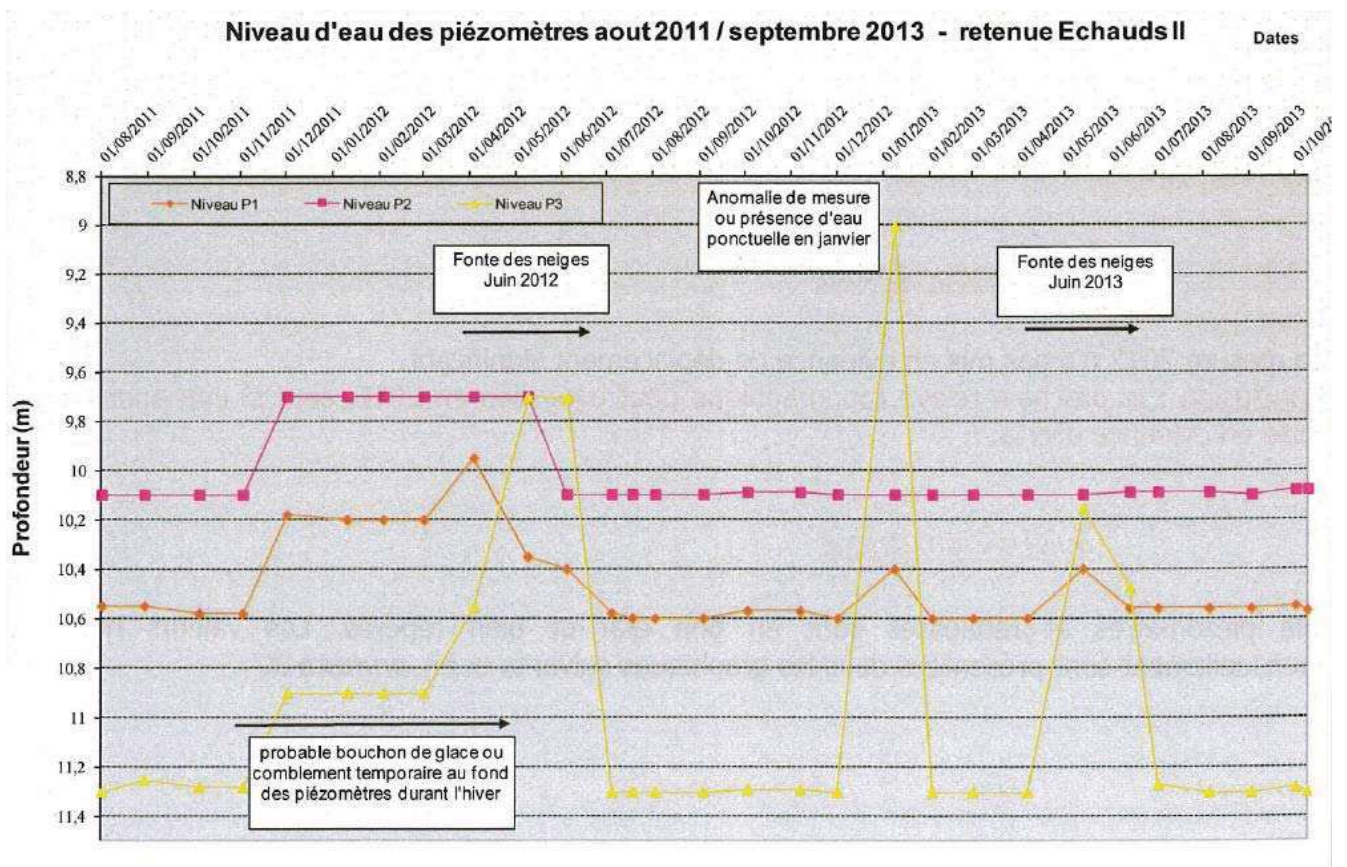


Figure 26 : Niveau d'eau des piézomètres entre aout 2011 et sept. 2013 (source : Rapport de VTA 2013/2014, ABEST)

Ce graphique permet d'identifier un niveau d'eau assez stable variant entre 9.7 m et 11.3 m de profondeur sur une période de 2 ans, avec des pics correspondant aux périodes de fonte des neiges.



## 9.7 Essais en laboratoire

Les résultats des essais en laboratoire sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Echantillon	Lithologie	Teneur en eau W naturelle (%)	VBS	Dmax (mm)	Passant à 0.08 mm (%)	Classe GTR	Indice Portant Immédiat IPI ( $\gamma_d$ )	Teneur en eau optimale $W_{OPN}$ (%) <i>Fraction 0/20 mm</i>	Poids volumique sec optimal $pd_{OPN}$ (kN/m <sup>3</sup> ) <i>Fraction 0/20 mm</i>
FP1 – 1.0 m / TN	[R1] Schiste noir altéré à matrice argileuse	18.8	0.11	80	6.0	C1B3	9.8 (1.68)	15.9	17.1
FP3 – 2.0 m / TN	[1] Blocs de schiste à matrice limoneuse	21.4	0.09	100	14.9	C1B5th	4.3 (1.70)	14.7	17.8
FP3 – 2.8 m / TN	[2] Schiste noir altéré	14.3	0.09	80	8.4	R6 / D3	-	-	-
FP8 – 1.0 m / TN	[2] Schiste noir altéré	12.5	0.07	80	8.7	R6 / D3	-	-	-
FP9 – 0.5 m / TN	[2] Schiste altéré	9.4	0.21	80	6.9	R6 / C1B4	-	-	-

Concernant l'essai Proctor réalisé sur l'échantillon FP1, il est présenté dans le tableau précédent le résultat des mesures sur la fraction 0/20 uniquement. En effet, il est à noter que l'estimation des résultats sur la fraction 0/D (donnée en annexe 4) n'est qu'indicative, la fraction 20/D étant supérieure à 30%. Concernant l'échantillon FP3, présentant une fraction 0/D inférieure à 30%, une estimation des paramètres  $W_{OPN}$  et  $pd_{OPN}$  peut être faite selon la norme NFP 94 093.

Deux essais de fragmentabilité FR ont été engagés en compléments des résultats initiaux, sur la fraction 40/80 mm, de façon à obtenir la sous-classe GTR pour les déblais schisteux ; les résultats sont indiqués dans le tableau ci-dessous.

Echantillon	Lithologie	MDE	LA	FR	Classe GTR
FP10 – 1.3 m / TN	[2] Schiste altéré en plaquettes	96	65	86.5	<b>R63</b> (fragmentable ou altéré)
FP11 – 1.0 m / TN	[2] Schiste gréseux en plaques épaisses	80	51	1.5	<b>R62</b> (dureté moyenne)

La différence de fragmentabilité entre les deux échantillons peut s'expliquer par un degré de métamorphisation différent, et une minéralogie variable. Les matériaux plus schisteux se présentant en plaquettes correspondront globalement à une classe R<sub>63</sub>, tandis que les matériaux en bancs plus compacts et plus gréseux auront des caractéristiques plus proches d'une classe R<sub>62</sub>.

Le détail des résultats de ces essais en laboratoire est donné en annexe 4.

En ce qui concerne les teneurs en eau, nous disposons de :

- 5 mesures dans les remblais actuels (remblais en amont du site et remblais de la digue) : elles sont comprises entre 11.4 % et 19.4 % ;
- 5 mesures dans les moraines et éboulis (supposés) : elles sont comprises entre 7.7 % et 14.5 % ;
- 5 mesures dans la frange d'altération schisteuse : elles sont comprises entre 5.3 % et 25.8 %.

## 9.8 Reconnaissances géophysiques

Le bureau d'études INNOGEO est intervenu en tant que sous-traitant de CONFLUENCE pour réaliser une campagne de prospection géophysique de type sismique réfraction.

Cette campagne s'est déroulée le 16 octobre 2018, elle a comporté 6 profils de 60 m de linéaire, comprenant chacun 12 capteurs espacés de 5 m.

Les principaux objectifs de cette campagne étaient les suivants :

- identifier la profondeur du substratum rocheux,
- évaluer la rippabilité des futurs déblais rocheux.

Les résultats de cette campagne sont présentés en détails dans le rapport INNOGEO Réf. 110-2018-038-01.A du 29/10/18, qui figure en annexe 5.

Nous présentons ci-dessous un résumé des informations géophysiques collectées, que nous avons exploitées dans le cadre de l'établissement de notre synthèse géotechnique et des profils géotechniques.

Quatre gammes de vitesses ont été mises en évidence :

- 500 m/s, correspondant aux **terrains de surface, éboulis, ou aux remblais entreposés en amont du site**, avec des épaisseurs de l'ordre de 1 à 2 m au droit des profils SR1, SR3 et SR4, jusqu'à environ 7 m pour le profil SR2 au droit des remblais amont ;
- 800 m/s, correspondant aux **remblais de la digue actuelle**, avec une épaisseur de l'ordre de 2.5 à 5 m au droit du profil SR6, et de l'ordre de 6 à 7 m au droit du profil SR5 ;
- 1100 à 1400 m/s, correspondant à la frange altérée du massif rocheux, avec des épaisseurs de l'ordre de 3 à 10 m.
- 1950 à 2300 m/s, correspondant au rocher légèrement altéré et/ou fracturé à sain ; le toit de cet horizon varie entre 5 et 17 m de profondeur au droit des profils réalisés.

La comparaison de ces informations avec les résultats des sondages proches montre que la distinction entre les terrains blocailleux denses (remblais, moraines, etc) et la frange altérée du rocher reste effectivement difficile.

Par ailleurs, des terrains estimés altérés vis-à-vis des vitesses sismiques ont été parfois compacts au point d'atteindre le refus avec la pelle mécanique, en raison notamment du creusement en fouille ponctuelle et non en front de taille.

En ce qui concerne la rippabilité des terrains dans les futurs déblais, on peut exploiter les profils SR1 à SR6 :

- Déblais Est, profils SR3 et SR4 : sous un recouvrement de quelques mètres de matériaux meubles, le rocher altéré serait rencontré sur environ 5 m d'épaisseur avec des vitesses de l'ordre de  $v = 1400$  m/s, puis on atteindra le rocher légèrement fracturé avec  $v = 2250$  m/s.
- Déblais Nord, profil SR1 et SR2 : un recouvrement de remblais et moraines serait rencontré sur une épaisseur variant entre 1 m en contrebas du talus au Nord du lac, à 7 m au sommet des remblais amont. Puis la formation d'altération schisteuse sera atteinte avec  $v = 1100$  m/s à 1300 m/s, sur une épaisseur de l'ordre de 6 m à 10 m. Le rocher légèrement altéré ou fracturé serait ensuite rencontré avec  $v = 1950$  à 2300 m/s.

- Les éventuels déblais réalisés au niveau des digues existantes (Ouest et Sud, profils SR5 et SR6) rencontreraient une épaisseur de remblais variant entre 2 et 5 m, puis l'altération du rocher avec  $v = 1100$  à  $1300$  m/s. Le rocher peu ou légèrement altéré pourrait être rencontré soit rapidement au niveau des escarpements rocheux au Sud-Ouest, soit à partir d'une profondeur de 6 à 12 m selon l'emprise et la profondeur des terrassements. Les éventuels déblais à réaliser au droit des escarpements rencontreront immédiatement l'altération schisteuse, voire le rocher légèrement altéré à faible profondeur.

Il convient de noter que la rippabilité des terrains ne peut être estimée uniquement à partir des résultats de la sismique réfraction. Selon l'engin de terrassement utilisé, les matériaux de la formation de schistes altérés [2] peuvent rencontrer des difficultés pour extraire les déblais, et les travaux devront prévoir l'utilisation du BRH ou d'une dent de déroctage.

Les profondeurs et épaisseurs évoquées ci-dessus sont des estimations et ne sauraient constituer des valeurs précises.

## 10 SYNTHÈSE GEOTECHNIQUE

Le tableau ci-dessous présente la synthèse des caractéristiques physiques et mécaniques des différentes formations mises en évidence dans le secteur du projet, et que nous utiliserons pour les calculs de dimensionnement des ouvrages.

Les valeurs retenues sont celles que nous considérons être représentatives des sols ; elles résultent d'une estimation en fonction :

- de la représentativité des échantillons utilisés par rapport à l'ensemble des matériaux qui seront effectivement mobilisés in-situ ;
- de la représentativité des essais pour la détermination du comportement en grandeur réelle ;
- de la sensibilité des résultats des calculs par rapport à chaque paramètre ;
- de l'approche de calcul retenue.

Formation	Poids volumique humide $\gamma_h$ (kN/m <sup>3</sup> )	Sollicitations courte durée		Sollicitations longue durée		Résistance dynamique de pointe $q_d$ (MPa)
		Cohésion $C_{cu}$ (kPa)	Angle de frottement $\phi_{cu}$ (°)	Cohésion effective $C'$ (kPa)	Angle de frottement effectif $\phi'$ (°)	
[R1] et [R2] remblais amont et remblais de digue (actuels et futurs)	20	3	35	0	35	5 à 15
[1] Formations superficielles : argile limoneuse à blocs	20	10	25	3	30	10
[2] Frange altérée des schistes et schistes gréseux	21	-	-	10	35	5 à 20
[3] Substratum Schisteux à gréseux peu altéré à sain	22	-	-	20	40	> 50



**Remarques :**

- Compte tenu de la similitude de comportement physique et mécanique des **faciès schisteux et schisto-gréseux**, nous les regroupons volontairement dans cette synthèse car ces deux faciès passent progressivement de l'un à l'autre sans discontinuité franche ; d'autre part leurs faibles écarts n'engendrent pas de comportement différent vis-à-vis des ouvrages projetés. Seuls les possibilités de leur réemploi peuvent varier, en lien avec leur fragmentabilité différente.
- **Remblais de la future digue** : les caractéristiques  $C'$  et  $\phi'$  proposées résultent de notre estimation, en considérant que les futurs remblais du projet de digue seront similaires aux remblais constituant la digue actuelle [R1]. En effet, ces matériaux sont probablement issus des déblais du site (schistes à schistes gréseux [2] ou [3]), tout comme les futurs remblais de digue. Une proportion d'argile limoneuse à blocs [1] est susceptible d'être également réutilisés ; dans ce cas, on veillera à procéder à un mélange de ces sols avec les déblais issus des schistes +/- altérés, afin de conserver systématiquement une fraction grossière importante. Dans ces conditions, nous avons retenu un angle de frottement  $\phi' = 35^\circ$  (toujours obtenu par expérience pour des tels remblais contrôlés), sans cohésion. L'origine schisteuse de ces remblais d'apport conduit à l'existence lors de sollicitations accidentelles brèves d'une faible cohésion « d'imbrication ».

En l'absence d'essais en laboratoire spécifiques à ce stade, les paramètres de cisaillement  $C$  et  $\phi$  ont été estimés, à partir de notre expérience et des résultats des investigations physiques et mécaniques disponibles. Ils devront être confirmés ou modifiés aux stades ultérieurs du projet (phases Projet puis Exécution).

En ce qui concerne la nappe et les circulations d'eaux, on retiendra les principaux points suivants :

- le niveau d'eau au droit du projet sera considéré à la cote **2352 m NGF** sur l'emprise du lac actuel, d'après le suivi piézométrique effectué par l'exploitant.

## 11 CONTEXTE SISMIQUE

### 11.1 Cadre réglementaire

Quatre documents officiels régissent la prévention du risque sismique :

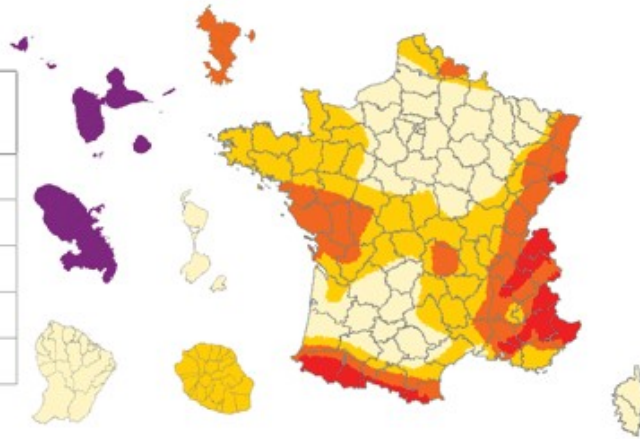
- décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010, relatif à la prévention du risque sismique,
- décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010, relatif à la délimitation des zones de sismicité,
- arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique,
- arrêté du 19 juillet 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique.

La France est découpée en 5 zones de sismicité ; ce zonage fait l'objet du décret n°2010-1255 du 22 octobre 2010. Le tableau ci-dessous donne les accélérations maximales de référence  $a_{gr}$  au niveau du sol rocheux de référence, en fonction de la zone de sismicité :

Numéro de zone	Sismicité	Valeur $a_{gr}$ (m/s <sup>2</sup> )
1	Très faible	0.4
2	Faible	0.7
<b>3</b>	<b>Modérée</b>	<b>1.1</b>
4	Moyenne	1.6
5	forte	3.0

L'extrait du zonage sismique est illustré par la carte suivante :

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr}$ (m/s <sup>2</sup> )
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3



La commune LES BELLEVILLE est située en zone sismique 3. L'accélération  $a_{gr}$  à prendre en compte est donc la suivante :

$$a_{gr} = 1.1 \text{ m/s}^2$$

## 11.2 Catégorie d'importance de l'ouvrage

Les éléments communiqués sur la catégorie de ce projet sont les suivants :

Catégorie d'ouvrage au regard des populations et des biens situés en aval	Ouvrage n'intéressant pas la sécurité publique
<b>Catégorie d'ouvrage au sens du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015</b>	<b>Ouvrage de classe C</b>
Classe d'ouvrage	Classe de conséquence sur les personnes et les ouvrages = CC2 Catégorie géotechnique de l'ouvrage = 2

Pour ce projet situé en zone de sismicité 3 et de classe d'ouvrage C, des préconisations s'imposent donc vis-à-vis du risque sismique.

## 11.3 Valeurs de calcul des forces sismiques

Les valeurs de calcul des forces sismiques d'inertie  $k_h$  et  $k_v$  sont évaluées de la façon suivante, en analyse pseudo-statique :

$$k_h = 0.5 \cdot \alpha \cdot S \cdot W$$

$$k_v = \pm 0.5 k_h, \text{ si le rapport } a_{vg}/a_g \text{ est supérieur à } 0.6$$

$$k_v = \pm 0.33 k_h, \text{ si le rapport } a_{vg}/a_g \text{ n'est pas supérieur à } 0.6 \text{ (sans objet en France)}$$

Avec :

- $\alpha$  : rapport de la valeur de calcul de l'accélération du sol pour un sol de classe A ( $a_g$ ) à l'accélération de la pesanteur  $g$   $\alpha = a_g/g$
- $a_{vg}$  : valeur de calcul de l'accélération du sol en direction verticale
- $a_g$  : valeur de calcul de l'accélération du sol pour le sol de classe A
- $S$  : paramètre caractéristique de la classe de sol
- $W$  : poids de la masse en mouvement

Les paramètres  $a_{vg}/a_g$  sont donnés dans le tableau suivant, en fonction de la zone de sismicité :

Numéro de zone	Sismicité	$a_{vg}/a_g$
1	Très faible	0.8
2	Faible	
3	<b>Modérée</b>	
4	Moyenne	0.9
5	forte	

Remarque : il s'agit des valeurs figurant dans l'annexe nationale NF EN 1998-1/NA (avec renvoi à l'arrêté du 19 juillet 2011), et qui diffèrent de la NF EN 1998-1

L'accélération horizontale de calcul  $a_g$  au niveau d'un sol rocheux est égale à  $a_{gr}$  multipliée par le coefficient d'importance  $\gamma_I$  :

$$a_g = a_{gr} * \gamma_I$$

D'après le document « barrages et séismes – version définitive octobre 2014 » (Rapport rédigé à la demande du MEDDE – DGPR), les valeurs retenues d'accélération maximale  $a_g$  pour un barrage sont les suivantes :

Zone de sismicité	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A
1	0,4	0,5	0,7	0,9
2	0,7	0,9	1,2	1,5
3	1,1	1,4	1,9	2,4
4	1,6	2,0	2,8	3,5
5	3,0	3,5	4,3	6,6

Tableau 7-1 - Accélération horizontales pour le SES (en  $m/s^2$ )

Ici dans le cas d'une catégorie d'ouvrage C (au sens du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015), en zone sismique 3, le paramètre  $a_g$  est de 1.4.

Dans le cas de bâtiments ou d'ouvrages de catégorie d'importance supérieure ou égale à II, et dans le cas de pentes supérieures à 15°, et de butte ou versant de hauteur supérieure à 30 m, un coefficient d'amplification topographique de l'amplification sismique doit être pris en compte. Ce coefficient est égal à :

- $\geq 1.2$  dans le cas de versants et pentes isolées,
- $\geq 1.4$  pour des buttes avec une largeur en crête notablement inférieure à la largeur en base et si la pente est supérieure à 30°, et supérieur ou égal à 1.2 dans les cas contraires,
- $\geq 1.2$  pour des buttes avec une largeur en crête notablement inférieure à la largeur en base et si la pente est inférieure ou égale à 30°,

Le site étudié étant localisé sur un versant de pente globale inférieure à 15°, du fait de sa situation topographique en cuvette, ce coefficient n'a pas été appliqué.

Le paramètre caractéristique de la classe de sol S est donné dans le tableau suivant, en fonction de la classe de sol et de la zone de sismicité :

paramètre caractéristique de la classe de sol S	Zone de sismicité	
	1 à 4	5
	S	
<b>A</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>B</b>	1.35	1.2
<b>C</b>	1.5	1.15
<b>D</b>	1.6	1.35
<b>E</b>	1.8	1.4



Les classes de sol sont évaluées à partir du tableau fourni ci-après :

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$V_{s, 30}$ (m/s)	$N_{SPT}$ (coups/30 cm)	$C_U$ (kPa)
A	<b>Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.</b>	>800		
B	Dépôts raides de sable, de graviers ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.	360-800	>50	>250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.	180-360	15-50	70-250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes.	<180	<15	<70
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de $v_s$ de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s.			
S <sub>1</sub>	Dépôts composés, ou contenant, une couche d'au moins 10 m d'épaisseur d'argiles molles/vases avec un indice de plasticité élevé (PI > 40) et une teneur en eau importante.	<100 (valeur indicative)		10-20
S <sub>2</sub>	Dépôts de sols liquéfiables d'argiles sensibles ou tout autre profil de sol non compris dans les classes A à E ou S <sub>1</sub> .			

Il convient de classer le site selon la valeur moyenne de la vitesse des ondes de cisaillement,  $v_{s, 30}$ , si elle est disponible. Dans le cas contraire, il convient d'utiliser la valeur des  $N_{SPT}$ .

Il convient de calculer la vitesse moyenne des ondes de cisaillement,  $v_{s, 30}$ , conformément à l'expression suivante :

$$V_{s, 30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

avec  $h_i$  et  $v_i$  désignent l'épaisseur (en mètres) et la célérité des ondes de cisaillement (à un niveau de distorsion inférieur ou égal à  $10^{-5}$ ) de la  $i$ -ème formation ou couche, sur un total de  $N$  existant sur les 30 m supérieurs.

Pour ce projet qui nécessite des préconisations vis-à-vis du risque sismique, il est proposé ci-après une classification provisoire des sols, par extrapolation des sondages peu profonds disponibles et de notre connaissance du secteur.

**Pour ce projet il est proposé de retenir la classe A.** Cette classe devra être confirmée au stade ultérieur du projet (étude exécution G3), à l'appui par exemple :

- de sondages profonds,
- et/ou d'une prospection géophysique permettant de déterminer les vitesses  $V_s$  (MASW, etc...).

Les valeurs de calcul de forces sismiques pour ce projet sont données à titre d'exemple dans ce tableau :

classe de sol	A
zone sismique	3
classe de l'ouvrage	C
coefficient topo	1
$a_{gr}$	1,1
$\gamma^I$	
$a_g$	1,4
$\alpha$	0,143
S	1,000
kh	0,071
kv	0,036

#### 11.4 Risque de liquéfaction

En ce qui concerne le risque de liquéfaction, les éléments réglementaires sont les suivants :

- le projet est situé en zone de sismicité 3, le risque de liquéfaction doit donc être pris en considération ; toutefois au vu du contexte géologique identifiant le substratum rocheux à faible profondeur voire affleurant, ce risque est inexistant.

## 12 STABILITE GENERALE DE L'OUVRAGE

Cette retenue s'inscrit dans un contexte d'assise rocheuse, avec une stratification et une schistosité qui ne sont globalement pas défavorables, d'axe compris entre N4 et N241, avec un pendage orienté en moyenne du Sud vers le Nord (cf. plan donné en annexe 6). Il convient de noter que les plans de schistosité relevés présentent une grande variation d'axes et de pendage, pouvant parfois être opposés sur certaines zones. Ces variations sont dues au contexte métamorphique et plissé.

Toutefois, les plans de schistosité et de stratification observés ne sont potentiellement défavorables que localement au droit du projet, et n'impliqueront pas d'instabilité générale. Seules des instabilités locales peuvent être à prévoir sur des pans de schistosité inclinés selon un angle proche du talus en déblai (par exemple au niveau du relevé G4, à l'Est du déversoir), avec présence de blocs instables qu'il conviendra de purger lors des terrassements.

En l'absence de zones de failles avérées, et compte tenu de la configuration topographique de la retenue sur une ancienne dépression naturelle, on peut estimer que la stabilité générale de l'ouvrage est acquise.

## 13 CALCULS DE STABILITE DES TALUS DES DIGUES

### 13.1 Actions et situations

Les actions suivantes prises en compte pour mener à bien ces calculs de stabilité sont les suivantes :

- **Action permanente :**
  - poids propre de remblai de la digue
  - poids de l'eau dans la retenue, si défavorable
  - neige (10 kPa)
- **Action variable :**
  - surcharge d'entretien, engin en crête de talus (10 kPa)
  - circulation de véhicules sur la piste d'accès (10 kPa)
- **Action accidentelle :**
  - séisme
  - poussée hydrostatique de l'eau dans les remblais
  - les actions accidentelles ne sont pas à considérer de façon concomitante.

Nous considérons ensuite les 5 situations de la vie de l'ouvrage suivantes :

- **Etat actuel :**
  - Combinaison quasi-permanente
  - Poids propre du remblai
- **Fin de construction :**
  - Combinaison quasi-permanente
  - Poids propre du remblai
- **Retenue à son niveau normal :**
  - Combinaison quasi-permanente
  - Surcharges permanentes et variables
- **Séisme**
  - Combinaison accidentelle
  - Surcharges permanentes + Séisme
- **Rupture de la géomembrane et vidange rapide :**
  - Combinaison accidentelle
  - Surcharges permanentes + actions hydrauliques dans le remblai
  - On considère un dysfonctionnement de l'étanchéité par géomembrane et du complexe drainant associé, avec infiltration d'eau instantanée dans la digue : le niveau d'eau part à l'amont de la cote normale du plan d'eau (2372.15 m NGF) pour rejoindre progressivement son assise, dans la moitié aval du remblai.



### 13.2 Méthode et logiciel de calculs

Les calculs de stabilité sont réalisés avec le logiciel GEOSTAB qui permet de calculer le coefficient de sécurité de talus, éventuellement renforcés par des clous, tirants, géotextiles,... Les surfaces de rupture étudiées peuvent être circulaires, en spirales logarithmiques, non circulaires avec un ou des plans prolongés à l'amont par un coin de poussée et à l'aval par un coin de butée ou par des spirales logarithmiques ou par des cercles. Les méthodes de calcul sont BISHOP pour les surfaces circulaires (et CARTER pour les surfaces non circulaires).

Pour une surface de rupture potentielle donnée, le coefficient de sécurité peut être défini comme étant le rapport entre la résistance au cisaillement disponible et celle mobilisée pour assurer l'équilibre limite. Le logiciel étudie une multitude de surfaces de rupture potentielle et présente les surfaces qui conduisent au coefficient de sécurité minimum.

### 13.3 Prise en compte de la sismicité

La vérification de la stabilité des talus est effectuée en utilisant la méthode pseudo-statique, consistant à appliquer des efforts horizontaux et verticaux proportionnels au poids des terrains. Les coefficients sismiques sont présentés au paragraphe 11.3.

### 13.4 Coefficients de sécurité

Les calculs justificatifs ont été conduits selon :

- les préconisations de la norme NF P 94-270 de juillet 2009. La stabilité de l'ouvrage relevant de l'état limite de type GEO est conduite selon l'approche 3 qui correspond à la combinaison « A2+M2+R3 » en stabilité générale et mixte. Les calculs sont par conséquent conduits, en méthode partielle, en introduisant des pondérations (ou des coefficients de sécurité partiels) sur les actions et sur les paramètres de calculs et en recherchant un coefficient de sécurité  $\Gamma_{\min} \geq 1,0$ . Les surfaces de rupture étudiées sont des cercles.
- et ont été complétées par les recommandations du groupe de travail « Justification des barrages et des digues en remblais » - Comité Français des Barrages et réservoirs : Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblais – recommandations octobre 2015.

Les pondérations issues de la Norme NF P 94-270 sont présentées ci-après :

	Action ou paramètre	Symbole	Approche 3 GEO	
			Situation normale d'exploitation	Situation accidentelle (séisme)
A1/ A2	Surcharge permanente défavorable	$\gamma_{Gsup}$	1.0	1.0
	Surcharge variable défavorable	$\gamma_{Qsup}$	1.3	0
M1/ M2	Poids volumique $\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0
	Angle de frottement $\tan \phi'$	$\gamma_{\phi'}$	1.25	1.25
	Cohésion $c'$	$\gamma_{c'}$	1.25	1.25
	Cohésion non drainée $C_u$	$\gamma_{cu}$	1.4	1.4
R3	Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	$\gamma_{R;e}$	1.0	1.0
	Modèle	$\gamma_{R;d}$	1.2	1.1

Pour cet ouvrage classé « sensible », un coefficient de méthode est ensuite appliqué aux résultats : 1.2 en situation quasi-permanente, 1.1 en situation accidentelle.

Les pondérations issues des recommandations du CFBR sont les suivantes :

	Action ou paramètre	Symbole	Approche 3 GEO	
			Situation normale d'exploitation	Situation extrême sismique ou défaillance
A1 /A 2	Surcharge permanente défavorable	$\gamma_{Gsup}$	Pas de préconisation	Pas de préconisation
	Surcharge variable défavorable	$\gamma_{Qsup}$	Pas de préconisation	Pas de préconisation
M 1/ M 2	Poids volumique $\gamma$	$\gamma_\gamma$	1.0	1.0
	Angle de frottement $\tan \phi'$	$\gamma_{\phi'}$	1.25	1.0
	Cohésion $c'$	$\gamma_{c'}$	1.25	1.0
	Cohésion non drainée $C_u$	$\gamma_{cu}$	Pas de préconisation	Pas de préconisation
R3	Résistance globale au cisaillement sur une surface de rupture	$\gamma_{R;e}$	1.0	1.0
	Modèle	$\gamma_{R;d}$	1.2	1.1

Nous avons donc appliqué les pondérations recommandées par le CFBR (Guide Recommandations pour la justification de la stabilité des barrages et des digues en remblai, octobre 2015), en les complétant par l'approche 3 de l'Eurocode 7 NF P 94-270 de juillet 2009 pour les paramètres qui ne sont pas précisés par le CFBR :

- Coefficient de sécurité 1.4 sur la cohésion non drainée, pour les vérifications de type court terme (accidentel : séisme et vidange rapide)
- Coefficients de sécurité sur les actions :
  - Combinaison normale d'exploitation :
    - Permanentes : 1.0
    - Variables défavorables : 1.3
  - Combinaison extrême sismique de défaillance (accidentelle)
    - Permanentes : 1.0
    - Variables défavorables : 0

Les calculs de stabilité en phase définitive sont réalisés en considérant les paramètres géomécaniques à long terme :

- $\gamma_h$  : poids volumique humide,
- $c'$  : cohésion effective,
- $\phi'$  : angle de frottement effectif.

L'action de la neige a été considérée comme une action permanente, afin qu'elle soit aussi prise en compte lors des vérifications accidentelles (ce n'est pas le cas pour les surcharges variables) ; bien évidemment, différents cas de charge de neige peuvent exister, il a été pris ici une surcharge de 10 kPa en hypothèse.

### 13.5 Paramètres géomécaniques et approche paramétrique

Les calculs de stabilité sont réalisés en considérant les paramètres géomécaniques :

- de type CD (consolidé drainé) en combinaison quasi-permanente : état actuel, phases provisoires de terrassement, en exploitation hivernale ;
- de type CU (consolidé non drainé) en combinaison accidentelle sous séisme ou remontée des niveaux d'eau. Ces combinaisons se produisent après la fin de la construction du nouveau remblai, qui est donc consolidé, mais la rapidité de la situation ne permet pas d'effet de drainage.

Nous avons également évalué la sensibilité des résultats des calculs de stabilité lorsque la retenue est pleine, en fonction de l'évolution de certains de ces paramètres géomécaniques, selon le principe suivant :

- minoration des paramètres d'angle de frottement puis de cohésion pour les remblais de digue :
  - cohésion  $C'$  : diminution de 5 kPa pour les remblais, sans objet ici ( $c'=0$ ) ;
  - angle de frottement  $\phi'$  : diminution de  $5^\circ$  pour les remblais.

Il s'agit d'évaluer la sensibilité de chaque paramètre, indépendamment l'un de l'autre.

- Puis on reproduit à nouveau ces calculs de stabilité en diminuant simultanément les caractéristiques, dans les proportions décrites ci-dessus.
- On analyse ensuite la variation des coefficients de sécurité et finalement la sensibilité vis-à-vis des paramètres géomécaniques.



### 13.6 Coupes types étudiées

La stabilité des talus du projet est étudiée selon 4 profils, suivant les deux coupes AA' et BB' transmises et indiquées sur le plan de masse ci-dessous, et selon les pentes de talus indiquées au stade actuel du projet, soit :

- 3H/2V pour les talus externes en déblais, côté Est du site,
- 5H/2V pour les talus internes en déblais,
- 2H/1V pour les talus externes de la digue en remblais, avec une risberme intermédiaire de 5 m de large.

A noter : Compte tenu de la hauteur du remblai au niveau de la coupe B\_1, la stabilité ne sera vérifiée qu'avec une risberme de 2 m minimum de largeur. Cette risberme pourra être réalisée localement dans cette zone, pour des hauteurs de remblai de plus de 20 m entre la crête et le pied de digue.

Nous fournissons ci-dessous le repérage de ces coupes et un extrait de chacune, sans échelle :

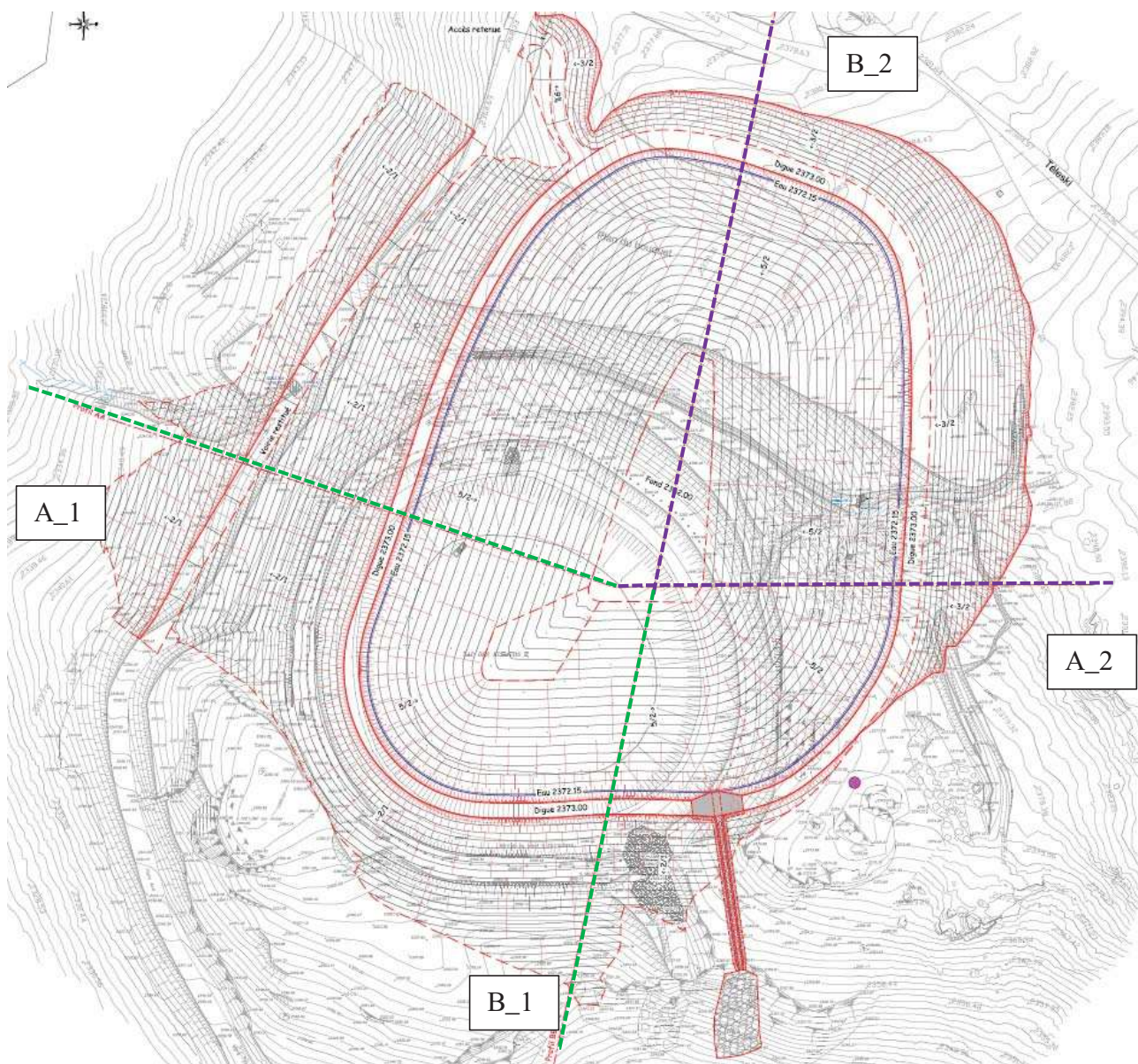
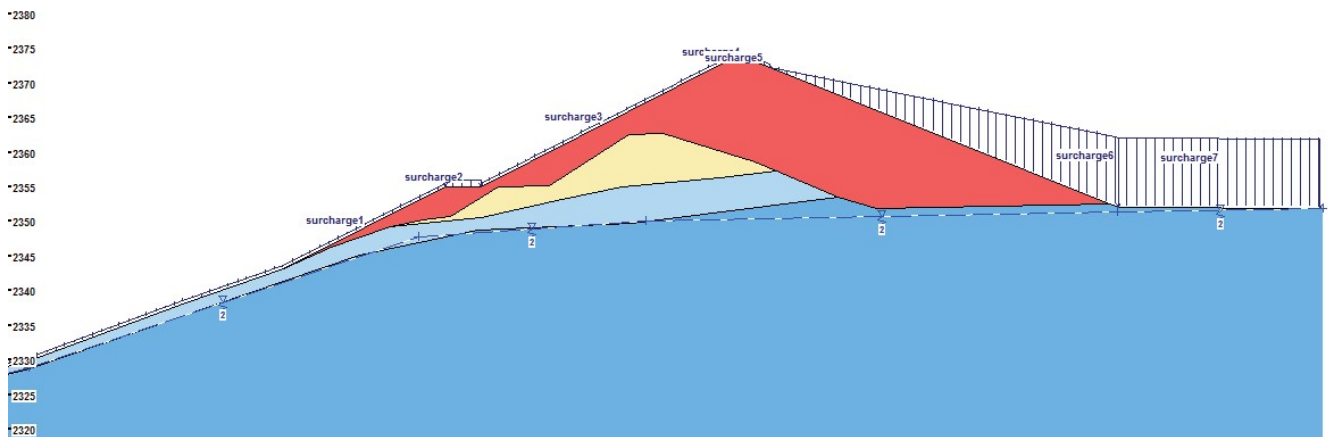
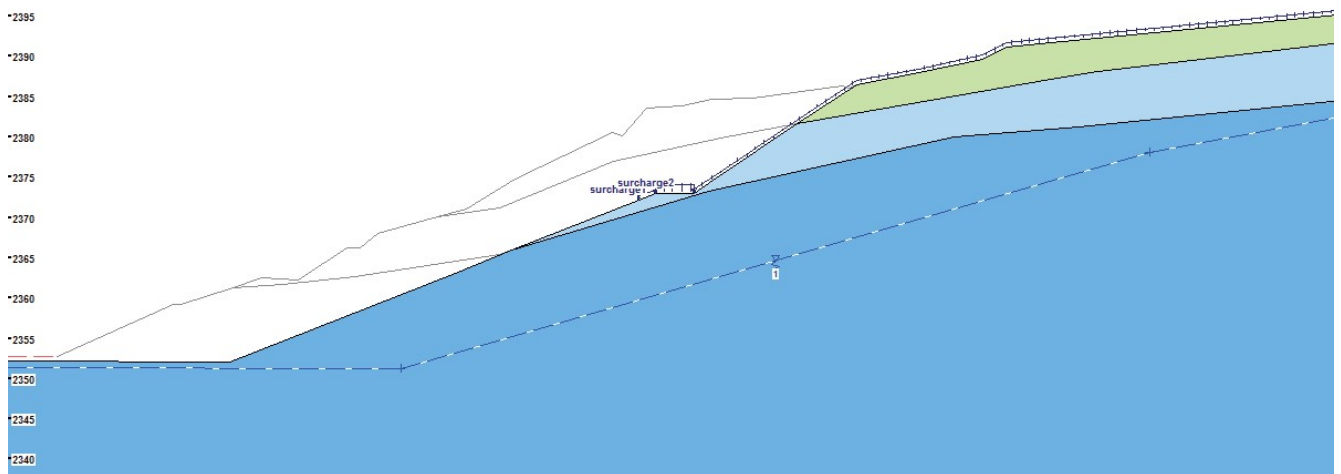


Figure 27 : Plan de repérage des coupes types étudiées

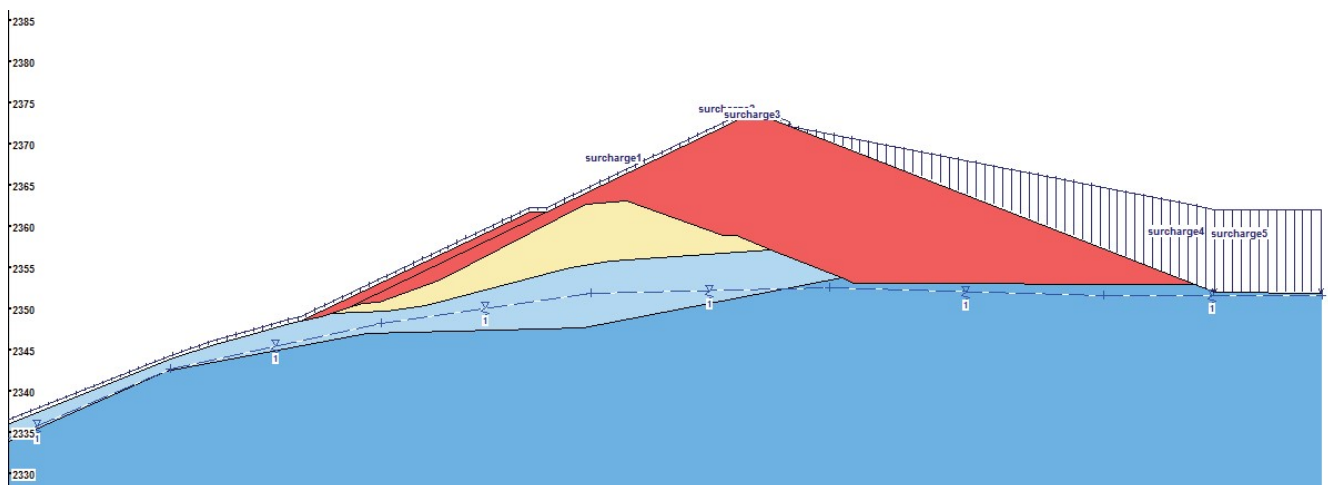
Nous présentons ci-après des extraits des profils géotechniques des coupes types étudiées.



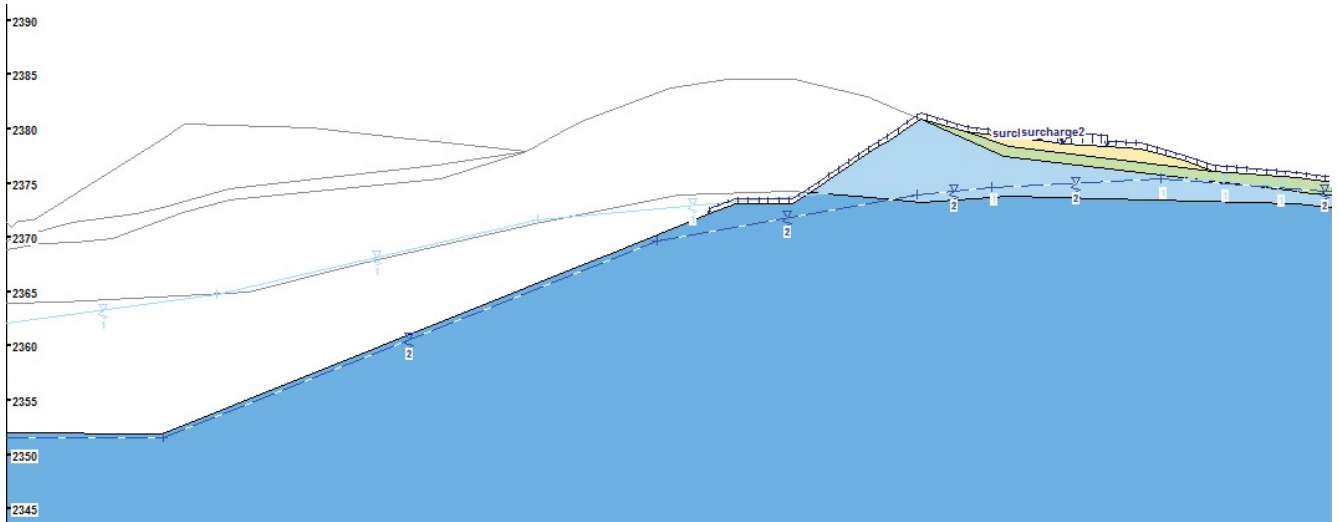
Coupe A 1 (aval)



Coupe A 2 (amont)



Coupe B 1 (aval)



Coupe B 2 (amont)

### 13.7 Résultats – coupe A\_1

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

Coupe	Phase	Combinaison	Coefficient de sécurité obtenu Fs	Réf figure
Coupe A_1 - Talus interne	Fin de construction	Quasi permanente	1.35	1a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.34	1b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.57	1c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.58	1d
	Fuite et vidange rapide	Accidentelle	1.04	1e
Coupe A_1 - Talus externe stabilité générale	Fin de construction	Quasi permanente	1.14	2a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.11	2b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.35	2c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.24	2d
	Fuite et vidange rapide	Accidentelle	1.12	2e
Coupe A_1 - Talus externe Digue	Fin de construction	Quasi permanente	1.00	3a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.04	3b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.25	3c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.26	3d
	Fuite et vidange rapide	Accidentelle	1.02	3e

Les résultats des calculs de stabilité pour la coupe type sont présentés en Annexe 9.

Ces résultats montrent que la stabilité est assurée, pour l'ensemble des situations.



### 13.8 Résultats – coupe A\_2

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

Coupe	Phase	Combinaison	Coefficient de sécurité obtenu Fs	Réf figure
Coupe A_2 - Talus interne	Fin de construction	Quasi permanente	1.57	4a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.56	4b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.82	4c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.73	4d
Coupe A_2 - Talus interne talus haut	Fin de construction	Quasi permanente	1.04	5a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.01	5b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.22	5c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.21	5d

Les résultats des calculs de stabilité pour la coupe type sont présentés en Annexe 9.

Ces résultats montrent que la stabilité est assurée, pour l'ensemble des situations.

### 13.9 Résultats – coupe B\_1

Pour ce profil, il a été modélisé une risberme à mi-hauteur du talus de 22 m de hauteur (non prévue sur les plans actuels).

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

Coupe	Phase	Combinaison	Coefficient de sécurité obtenu Fs	Réf figure
Coupe B_1 - Talus interne	Fin de construction	Quasi permanente	1.44	6a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.28	6b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.67	6c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.68	6d
	Fuite et vidange rapide	Accidentelle	1.16	6e
Coupe B_1 - Talus externe stabilité générale	Fin de construction	Quasi permanente	1.04	7a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.07	7b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.29	7c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.23	7d
	Fuite et vidange rapide	Accidentelle	1.08	7e

Les résultats des calculs de stabilité pour la coupe type sont présentés en Annexe 9.

Ces résultats montrent que la stabilité est assurée, pour l'ensemble des situations.

### 13.10 Résultats – coupe B\_2

Les résultats sont synthétisés dans les tableaux ci-dessous :

Coupe	Phase	Combinaison	Coefficient de sécurité obtenu Fs	Réf figure
Coupe B_2 - Talus interne	Fin de construction	Quasi permanente	1.16	8a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.14	8b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.39	8c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.22	8d
Coupe B_2 - Talus interne talus haut	Fin de construction	Quasi permanente	1.43	9a
	Retenue niveau normal	Quasi permanente	1.32	9b
	Séisme allégeant	Accidentelle	1.60	9c
	Séisme pesant	Accidentelle	1.57	9d

Les résultats des calculs de stabilité pour la coupe type sont présentés en Annexe 9.

Ces résultats montrent que la stabilité est assurée, pour l'ensemble des situations.

### 13.11 Conclusions sur la stabilité des talus

Au stade actuel de la phase projet, les résultats des calculs de stabilité permettent d'indiquer les conclusions suivantes :

**- Concernant les talus extérieurs en remblais :**

Au vu de la hauteur importante de ces talus et du contexte topographique du site, une pente de 2H/1V apparaît satisfaisante pour la stabilité de la digue. La création d'une risberme de 5 m de largeur permet de tendre vers une pente globale à 3H/1V, assurant la stabilité générale de la digue.

Au niveau du profil B\_1, la réalisation des remblais avec une pente de 2H/1V nécessitera la création d'une risberme localement, pour les zones de remblais de plus de 20 m de hauteur entre la crête et le pied de la digue.

**- Concernant les parties en déblais du projet :**

Les déblais concerneront principalement le substratum schisteux à schisto-gréseux [3] et la frange altérée du substratum [2]. Les talus internes, d'une hauteur de 21 m, pourront être réalisés avec une pente de 5H/2V.

Les talus à réaliser en déblais côté Est pourront respecter une pente de 3H/2V, compte-tenu des formations rocheuses [2] et [3] concernées.

Les talus à réaliser en déblais côté Nord concerneront des formations rocheuses [2] et [3], ainsi que la formation superficielle d'éboulis et les remblais amont [R1] sur des épaisseurs globalement faibles à moyennes (de l'ordre de 1 m à 3 m de profondeur d'après les sondages FP1, FP2, FP101 à FP108, et jusqu'à 7 m environ en crête du talus en amont du lac actuel d'après les profils sismiques SR1 et SR2).

**- Stabilité des talus en déblais rocheux :**

Dans les secteurs Nord et Est de la retenue, les talus vont intercepter le substratum. Bien que la stratification ne soit globalement pas défavorable vis-à-vis de l'orientation de ces talus, et que la fracturation et l'altération ne dépassent pas quelques mètres de profondeur, on ne peut pas exclure le risque que les terrassements dégagent localement des dièdres ou plans instables. Il sera nécessaire de suivre ces terrassements dès qu'ils atteindront le substratum rocheux, afin d'évaluer ces risques d'instabilités et les moyens de les conforter (purge, masque drainant, blocage de pied, épinglage, etc...).

### 13.12 Influence de la minoration des caractéristiques géomécaniques

Afin d'appréhender l'influence des paramètres géotechnique, une analyse paramétrique a été menée en faisant varier la cohésion et l'angle de frottement des remblais, pour le profil-type B\_1 (le plus défavorable). On s'intéresse ici à la situation de la retenue à son niveau normal – Combinaison quasi-permanente, puis en combinaisons accidentelles : séisme ou vidange rapide.

Pour le talus externe de la digue (stabilité générale) du profil type B 1, on constate :

Dans les remblais, minoration de ...	F <sub>initial</sub>	F <sub>minoration.</sub>	Diminution
Combinaison quasi-permanente – Retenue niveau normal			
... $\varphi'$ de 5°	1.07	0.98	-8%
Combinaison accidentelle – Séisme allégeant			
... C <sub>cu</sub> de 3 kPa	1.29	1.26	-2%
... $\varphi_{cu}$ de 5°		1.21	-6%
... $\varphi_{cu}$ de 5° et de C <sub>cu</sub> de 3 kPa simultanément		1.15	-11%
Combinaison accidentelle – Séisme pesant			
... C <sub>cu</sub> de 3 kPa	1.23	1.23	< -1%
... $\varphi_{cu}$ de 5°		1.21	-2%
... $\varphi_{cu}$ de 5° et de C <sub>cu</sub> de 3 kPa simultanément		1.16	-6%
Combinaison accidentelle – Fuite et vidange rapide			
... C <sub>cu</sub> de 3 kPa	1.08	1.06	-2%
... $\varphi_{cu}$ de 5°		1.04	-4%
... $\varphi_{cu}$ de 5° et de C <sub>cu</sub> de 3 kPa simultanément		1.03	-5%

Les résultats de ces calculs de stabilité sont présentés en Annexe 10.

On peut en conclure que la stabilité des digues reste assurée. La baisse des coefficients de sécurité n'est pas brutale, et correspond encore à un état d'équilibre compte tenu des coefficients partiels de sécurité appliqués.

La granulométrie et la compacité des matériaux permettent de considérer que les hypothèses initiales relatives aux angles de frottement sont raisonnables et qu'une diminution de l'ordre de 5° constitue une bonne sécurité sur leurs variations.

La cohésion reste toujours un paramètre délicat à estimer, mais on constate qu'une minoration de 3 kPa de la cohésion à court-terme (donc abaissée à 0) impacte peu la stabilité.

Finalement, cette approche paramétrique permet de considérer que les hypothèses géomécaniques utilisées sont acceptables et permettent de conserver une marge satisfaisante sur la sécurité dans l'éventualité où elles auraient été surestimées par rapport aux caractéristiques réellement représentatives in-situ.



## 14 REMBLAI : STABILITE AU POINCONNEMENT ET TASSEMENT

Le projet d'extension du lac des Echauds II va engendrer le rehaussement global des digues d'environ 10.5 m, pour la création de talus de digues d'environ 18 m de hauteur maximale.

L'assise des digues en remblais est très satisfaisante, il s'agit soit de la frange altérée des schistes, soit des digues en remblais de la retenue actuelle, soit du substratum peu altéré compact. Par ailleurs, les terrains en place ont déjà subis les contraintes apportées par l'ouvrage actuel construit en 2003.

Dans ces conditions, les terrassements en remblais prévus dans le cadre de l'extension de la retenue n'engendrent aucun risque vis-à-vis de la portance et du tassement de leur assise. Le niveau de charge (10.5 m à 18 m, soit environ 140 à 360 kPa) est inférieur à la résistance de ces terrains.

Il convient toutefois de noter la compacité moyenne à faible observée au droit du sondage PD3, ainsi que les niveaux de plus faible compacité au droit des sondages PD1, PD2 et PD4 en profondeur. Des sondages complémentaires devront être réalisés avant la mise en place des remblais au droit de la digue actuelle, afin de vérifier la bonne portance de ces matériaux en assise de remblais.

Il faut également porter une attention particulière au point suivant :

- **Maîtrise des tassements des remblais d'épaulement sous leur poids propre** : il est indispensable de garantir l'absence de tassements des futurs remblais sous leur poids propre, en particulier dans les zones où ils serviront de support au DEDG (Dispositif d'Étanchéité et de Drainage par Géosynthétiques) ; en effet, en cas de tassements, et notamment différentiels après la pose du DEDG, ils pourraient conduire à des efforts de tractions préjudiciables, pouvant engendrer leur rupture. Les recommandations pour leur mise en œuvre sont spécifiées ci-après, au paragraphe 15.

## 15 ANALYSE ET RECOMMANDATIONS POUR LES TERRASSEMENTS

### 15.1 Terrassements en déblais

Compte tenu de la topographie du site et de la géométrie du projet au stade actuel, l'extension de la retenue nécessitera la réalisation de terrassements en déblais dont les hauteurs pourront atteindre 8 m à 28 m au maximum (notamment au niveau de la piste de ski au Nord). Le volume de déblais prévu par le projet d'extension est de 189 500 m<sup>3</sup>.

Sur la base de nos coupes géotechniques interprétatives, les terrassements en déblais concerneront les formations superficielles (éboulis, moraines), puis la frange altérée de schistes, schistes gréseux et le substratum rocheux dans un état plus ou moins altéré, ainsi que des horizons de remblais situés au Nord du site.

Les déblais des formations meubles pourront être réalisés avec les moyens d'extractions courants, mais pourraient nécessiter des engins de très forte puissance, notamment compte tenu de la présence de blocs de grande dimension. Des moyens d'extraction de type BRH devront être prévus pour les formations rocheuses (voire des travaux de minage en cas de refus au BRH).

On proscriera toute surcharge en tête des talus en déblais.

## 15.2 Réalisation des remblais

Les remblais constitueront principalement des épaulements au niveau des remblais des digues actuelles et des formations rocheuses en place au Sud-Ouest, pour des hauteurs pouvant atteindre environ 25 m entre le pied des digues du projet et la crête, sur des longueurs de digues de l'ordre de 100 m environ. Le volume de remblais prévu par le projet d'extension est de 136 900 m<sup>3</sup>

Ces remblais seront mis en œuvre après un décapage des terrains de couverture (terre végétale, éboulis et remblais peu compacts) sur une épaisseur de 1.0 m minimum. Pour des pentes supérieures à 20%, un système de redans ou bêche en pied devra être réalisé pour permettre sa bonne tenue sur le terrain naturel.

**L'assise des remblais** pourra s'effectuer au contact des remblais actuels et des assises naturelles ; les éventuels faciès limono-terreux à blocs devront être purgés ; la création des redans d'accrochage, permettra d'assurer la qualité de cette assise (ancrage d'environ 0.50 m). Les redans présenteront les caractéristiques suivantes :

- largeur 2 à 4 m ;
- espacement altimétrique : 3 m.

Afin de garantir la qualité du compactage des remblais y compris près des parements, nous recommandons leur mise en œuvre selon la technique du remblai excédentaire : surlargeur de remblai, reprofilée après compactage.

La réutilisation des matériaux de déblais pour les remblais des nouvelles digues sera possible selon les prescriptions du paragraphe ci-dessous.

## 15.3 Conditions de réutilisation des matériaux

### • Formation superficielle (moraines ou éboulis principalement) [1] :

Il sera nécessaire de procéder à des opérations de tri et/ou concassage/minage et/ou criblage, car ces formations comportent une fraction grossière importante (blocs de diamètre pouvant être supérieur à 1m), incompatible en l'état avec l'élaboration de remblais nobles. Afin de garantir la qualité des remblais, il sera nécessaire de trier les blocs : seuil à  $D_{max} = 300$  mm maximum.

Lorsqu'une fraction terreuse, argileuse ou limoneuse-terreuse associée à des blocs sera ponctuellement rencontrée, celle-ci sera triée et évacuée (ou mise en œuvre en aménagement périphérique de modelage). Leur utilisation en remblai de digue est exclue.

Les essais en laboratoire réalisés sur un échantillon prélevé dans la fouille FP3 à 2.0 m / TN indiquent une classe C1B5 dans un état th (inutilisable en l'état th - très humide).

On peut envisager le réemploi des matériaux C1B5 en remblais avec les prescriptions suivantes :

- en respectant les préconisations du GTR,
- dans des conditions météorologiques favorables,
- sous réserve d'un état hydrique satisfaisant lors des travaux (état h, m ou s).

- **Remblais amont [R1] :**

En ce qui concerne les remblais entreposés au Nord du site, au sein desquels il sera réalisé des terrassements en déblais, il sera nécessaire de procéder à des opérations de tri pour envisager leur réemploi.

Les essais en laboratoire réalisés sur un échantillon prélevé dans la fouille FP1 à 1.0 m / TN indiquent une classe C1B3, réutilisable en remblai et généralement insensible à l'eau.

On peut s'attendre à disposer d'une partie de matériaux réutilisables en l'état, mais des volumes significatifs nécessiteront des opérations spécifiques : tri des blocs grossiers, suppression des fractions argileuses, limoneuses ou parfois même terreuses. Des opérations d'homogénéisation de ces matériaux sont aussi à prévoir, pour garantir un réemploi de qualité. Les modalités de mise en œuvre devront être définies lorsque les classifications GTR seront réalisées au démarrage du chantier sur des mélanges représentatifs.

Au vu des éléments mis à disposition à ce stade du projet, il n'est pas prévu de déblais dans les remblais de la digue actuelle.

- **Schistes et schistes gréseux très altérés à peu altérés [2] et [3] :**

Les déblais les plus conséquents seront réalisés au sein des matériaux rocheux, très altérés [2] à compacts [3]. Ils concerneront les terrassements pour l'approfondissement de la retenue, et pour l'extension dans la zone Nord et Est du site, majoritairement composée des formations [2] et [3].

La fraction saine des schistes et schistes gréseux conduira à un matériau très graveleux comportant peu de fines, et ne posant pas de problèmes particuliers de mise en œuvre. La fraction altérée du substratum schisteux est susceptible de présenter ensuite une fraction fine plus importante sous l'effet du compactage, mais sans sensibilité particulière à l'eau.

Les essais en laboratoire réalisés sur les échantillons prélevés dans la frange altérée du substratum schisteux à shisto-gréseux (fouilles FP3, FP8 et FP9) indiquent une classe D3 à C1B4.

Les sols de classe D3 sont réutilisables en remblais en l'état, et insensibles à l'eau. Les sols de classe C1B4 comportent une fraction fine rendant ces sols sensibles à l'eau et sujets au matelassage dans le cas d'un état hydrique humide.

Les matériaux R<sub>62</sub> à R<sub>63</sub> sont réutilisables en remblai. Les conditions dépendent de la nature et de l'état du sol obtenu en chantier, et de leur sous classe R<sub>62</sub> (roches de dureté moyenne) à R<sub>63</sub> (roches fragmentables ou altérées). Ces derniers peuvent conduire à des matériaux de classes très variables.

Les essais LA et MDE réalisés montrent que les blocs constituant ces formations sont moyennement fragmentables (R<sub>62</sub>) ou très fragmentables (R<sub>63</sub>) ; la granulométrie de ces formations est susceptible d'évoluer au cours du compactage.

Les **essais de fragmentabilité réalisés** sur deux faciès différents au sein de la frange altérée du substratum [2] donnent des résultats différents en fonction du faciès et du degré de métamorphisation des échantillons. Les matériaux issus de la fouille FP10 présentent un état altéré en plaquettes fines et relativement friables, donnant une classe R<sub>63</sub>, soit une fragmentabilité importante. En revanche, les matériaux extraits de la fouille FP11 présentent un faciès de schiste plus gréseux en plaques épaisses, conduisant à une classe R<sub>62</sub>, soit une fragmentabilité moyenne.



Dans le cas d'une sous-classe R<sub>63</sub> pour des matériaux issus de niveaux fortement altérés et métamorphisés en plaquettes, les conditions de réemploi seront plus ou moins contraignantes, mais nous estimons que même lorsqu'ils évolueront vers des matériaux meubles sensibles à l'eau, leur faible teneur en eau en place permettra de les réutiliser après l'extraction, sous réserve de bien maîtriser leur protection vis-à-vis des intempéries et des circulations d'eaux superficielles.

Dans le cas d'une sous-classe R<sub>62</sub> pour des matériaux issus de niveaux peu altérés de faciès schisto-gréseux, les conditions de réemploi seront moins contraignantes, et leur granulométrie moins susceptible d'évoluer avec le compactage.

Compte tenu de la granulométrie des schistes plus ou moins gréseux à l'extraction (présence de blocs supérieurs à 300 mm parfois), leur réemploi sera direct, en veillant à trier les blocs qui présenteraient un diamètre supérieur à 300 mm (on pourra au besoin les fragmenter pour respecter cette condition : pelle puissante ou BRH, minage) ; une vigilance particulière sera portée sur les risques de matelassage pour les schistes altérés lorsqu'ils sont humides.

Pour conclure, on privilégiera le réemploi en remblais des déblais rocheux présentant le faciès le plus gréseux.

## 15.4 Couche de forme du DEG

Le parement des talus intérieurs de la retenue et le fond de la retenue elle-même, qui seront au contact du complexe d'étanchéité - drainage par géomembrane-géocomposite, nécessitera des opérations de suppression des éléments les plus grossiers et/ou anguleux, afin d'éviter tout risque de détérioration du complexe (suppression des éventuels blocs et éléments grossiers liés aux anciens remblais ou sols support, reprofilage du rocher, etc...). En cas de mise en évidence de poches décomprimées ou de mauvaise qualité, elles seront purgées et substituées par des remblais élaborés sur site à partir des déblais ou emprunts.

Les matériaux de couche de forme du DEG devront être soigneusement choisis, afin d'obtenir une granulométrie homogène, sans les éléments les plus grossiers et/ou anguleux, afin d'éviter tout risque de détérioration du complexe (suppression des éventuels blocs et éléments grossiers, reprofilage du rocher, etc...).

Le dimensionnement de ce dispositif de confinement (pente de talus, granulométrie, stabilité, etc...) ne fait pas partie de notre mission.

## 15.5 Recommandations générales

**D'une façon plus générale**, les recommandations suivantes s'imposeront :

- Etablir une caractérisation de l'état hydrique des matériaux des futurs remblais et de leurs caractéristiques physiques au démarrage du chantier, afin d'établir le meilleur mouvement de terres : teneurs en eau, analyses GTR, essais Proctor, etc... Ces choix seront complétés par des mesures régulières en phase chantier.
- Programmer des opérations de tri des différents types de matériaux lors de la réalisation des déblais en fonction de leurs teneurs en eau, puis de procéder à une optimisation de leurs mélanges lors des mises en remblais : il s'agira en effet de compenser simultanément les états

hydriques plutôt humides par ceux plutôt secs, et homogénéiser les granulométries. Ces choix seront effectués à l'appui d'une campagne de mesures de teneurs en eau au démarrage des travaux, complétées par des mesures régulières en phase chantier.

- Vérifier que les déblais rocheux aient des caractéristiques mécaniques suffisantes pour permettre l'élaboration de matériaux nobles : couche de forme, support du DEDG, couche drainante, etc...
- Ce phasage s'accompagnera de précautions générales :
  - terrassements par conditions météorologiques favorables ;
  - mise en œuvre d'une énergie de compactage adaptée à la granulométrie et aux moyens de compactage ;
  - fermeture des terrassements en cas d'épisodes pluvieux de faibles durées, arrêt strict des terrassements en cas de conditions météorologiques durablement défavorables.
- Les objectifs à obtenir dans les remblais sont :
  - objectif q4 :
    - une masse volumique moyenne supérieure à 95 % de l'OPN :
      - $\rho_{dm} \geq 95 \% \rho_{dOPN}$
    - une masse volumique moyenne en fond de couche à 92 % de l'OPN :
      - $\rho_{dfc} \geq 92 \% \rho_{dOPN}$
  - une portance des remblais, mesurée régulièrement pendant la construction, **EV2 > 40 MPa** et un rapport de compactage  **$k=EV2/EV1 < 2.2$** .
- Dans la pratique, il sera indispensable de procéder à la détermination des références OPN (densité, teneur en eau) et des conditions de compactage pour chaque famille représentative, par plusieurs planches d'essais. Ces références serviront de base aux contrôles, après validation par l'équipe de maîtrise d'œuvre.

L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la réalisation des remblais et des couches de formes.

**En cas de mise en évidence de zones de circulations d'eau souterraines, des dispositifs de drainage devront être réalisés, leur conception devra être évaluée sur site.**

## 16 TRAVAUX DE DRAINAGE

### 16.1 Contexte

Les circulations d'eau qui peuvent affecter l'ouvrage sont principalement les suivantes :

- circulations d'eau superficielles à semi-profondes (à l'interface couverture/rocher) en provenance du bassin versant, au Nord-Ouest de la retenue ;
- fuites éventuelles en provenance de la retenue.

On retiendra donc la nécessité d'assurer un drainage de ces eaux par :

- drainage important des talus en déblais, et notamment à la jonction terrains de couverture/rocher ;
- drainage continu et efficace en sous-face du DEDG sur les talus internes et en fond de retenue.

## 16.2 Eaux en provenance du bassin versant

Dans l'objectif de prévenir des circulations d'eau en périphérie et au niveau de l'assise de cette retenue, nous recommandons de prévoir les ouvrages suivants :

- Fossés collectant les eaux superficielles dans le secteur Nord et Est de la retenue : ces fossés devront être continus, et positionnés à la transition terrains de couverture / substratum rocheux (encastrement 0,5 m minimum au rocher), afin de collecter le maximum des eaux immédiatement en amont de la piste ceinturant l'ouvrage. Ils devront être étanches, de type enrochement bétonné.
- Eperons drainants dans le secteur Nord-Est de la retenue, afin de capter les eaux sur les talus internes en déblais ; il faut envisager 10 à 20 éperons, dont la position exacte devra être précisée à l'ouverture des fouilles.
- Tranchée drainante continue au pied des talus internes de la retenue, afin d'intercepter les écoulements superficiels à semi-profonds qui seront interceptés par le drainage en sous-face du DEDG.
- Tranchée drainante de décharge en sous-face du DEDG au niveau du fond de la retenue.

Outre le maillage régulier de ces travaux de drainage, il faut prévoir quelques éperons ou masques complémentaires qui viendront drainer des zones de suintements spécifiques, découvertes à l'occasion des terrassements.

## 16.3 Couches de forme du DEDG

Les matériaux de couche de forme du DEDG devront être soigneusement élaborés à partir des déblais rocheux du site, concassés et criblés si nécessaire, afin d'obtenir une granulométrie homogène.

Leur mise en œuvre devra être soignée. La pente des talus ne devra pas excéder 2H/1V.

Le dimensionnement de ce dispositif de confinement (pente de talus, granulométrie, stabilité, etc...) ne fait pas partie de notre mission.

## 16.4 Recommandations générales

Le suivi des travaux de terrassement permettra de valider ou d'adapter si nécessaire ces dispositions.

Les différents travaux de drainage évoqués ci-dessus devront être réalisés au fur et à mesure des travaux de terrassement, car les risques d'instabilités engendrés par ces circulations d'eau peuvent intéresser également les phases provisoires de terrassements.

De plus, cela présente également l'avantage majeur d'observer pendant plusieurs semaines leur efficacité avant la mise en place du complexe d'étanchéité-drainage par géomembrane-géocomposite. Il est alors encore aisé de compléter les dispositifs drainants.



## 17 VOIRIES

### 17.1 Conception générale

Il est prévu la circulation de véhicules de type 4x4 sur le chemin de liaison dans le talus de la digue côté Ouest du projet. Dans le cadre de futurs chantiers en amont du lac, ce chemin d'accès servira également à la circulation périodique de poids lourds (type 38T).

Les calculs de justification de la stabilité de la digue ont pris en compte une surcharge variable de circulation PL de 20 kPa sur ce chemin de digue, la circulation de véhicules lourds ne crée donc pas d'instabilité de la digue (sous réserve de respecter les préconisations de réalisation et compactage des remblais de digue donnés ci-avant dans le présent rapport).

Afin de protéger la piste de la dégradabilité des remblais en matériaux rocheux R63 et R62 de la digue, il conviendra de mettre en œuvre une couche de forme de 30 cm en matériaux D3 pour des voiries lourdes PL qui devront être insensibles à l'eau.

Des essais à la plaque devront être réalisés pour vérifier la portance après décapage des terrains supports de la couche de forme (qualité de l'arase) et valider ou adapter l'épaisseur de la couche de forme à constituer.

A l'issue de cette série d'essais à la plaque, si la portance des sols supports s'avérait mauvaise ( $EV2 \leq 15-20$  MPa), il serait alors nécessaire de prévoir un reconditionnement du fond de forme (compactage), voire localement quelques purges (blocs, zones décomprimées, zones humides, etc...).

Pour des voiries lourdes PL, les critères de réception par essai à la plaque seront les suivants :

Fond de forme :	$EV2 \geq 15-20$ MPa
Couche de remblai intermédiaire éventuelle:	$EV2 \geq 30$ MPa et $EV2/EV1 < 2.2$ .
Couche de forme :	$EV2 \geq 80$ MPa et $EV2/EV1 < 2.2$ .

Remarque importante : si les sols constituant la PST se trouvent dans un état hydrique très humide (th) lors de la réalisation des terrassements, on se situerait alors dans le cas d'une PST0 AR0, et il serait alors indispensable d'engager des dispositifs lourds pour permettre la réalisation des plates-formes : purges, cloutage, drainages, etc...

### 17.2 Recommandations générales

L'ensemble des terrassements devra être réalisé conformément au Guide Technique pour la Réalisation des remblais et des couches de formes.

Les moyens de compactage et les épaisseurs de couche unitaire devront être adaptés à la granulométrie et à l'état hydrique des matériaux et aux conditions météorologiques.

Le diamètre des plus gros éléments ne devra pas être supérieur au 2/3 de l'épaisseur de la couche compactée.

On prévoira une planche d'essai au démarrage des travaux pour évaluer précisément les modalités de compactage.

En cas de conditions météorologiques défavorables, les terrassements devront être interrompus compte tenu de la sensibilité des terrains constituant l'arase ; des opérations de purge pourront aussi être nécessaires et/ou de cloutage à la reprise des travaux. On veillera à fermer les plates-formes en cas de prévision météorologique défavorable.

Les terrassements seront réalisés en technique « rétro » dans le but d'éviter la détérioration du sol support.

## **18 PROGRAMME DES INVESTIGATIONS ET CONTROLES EN PHASE TRAVAUX**

Nous recommandons la réalisation de différentes investigations et contrôles, en phase de préparation puis lors du déroulement des travaux, dont la nature, et les objectifs sont précisés ci-dessous :

### **18.1 Phase de préparation des travaux**

- Lectures de l'ensemble des équipements piézométriques : vérification des hypothèses hydrogéologiques.
- Campagne de mesures de teneurs en eau, identifications de type GTR et Proctor :
  - leur objectif est de préciser les teneurs en eau au démarrage des terrassements, les classes GTR, afin d'affiner les conditions de réemploi : mélange de différents matériaux, tri et stockage provisoire, aération, etc...
- Planche d'essai : plusieurs planches d'essais devront être effectuées, et on attachera un soin particulier à leurs conditions de réalisation et aux résultats obtenus, qui permettront de fixer :
  - les conditions de mise en œuvre des remblais,
  - les objectifs de densité et de portance à obtenir.

Elles devront être renouvelées en cas de changement notable des modalités de compactage de l'entreprise (type de compacteur, épaisseur des couches).

Elles comporteront le suivi des épaisseurs et du nombre de passes, les portances, les teneurs en eau et les densités.

### **18.2 Phase de réalisation des travaux**

- Contrôle du compactage et de la portance des remblais par suivis des Q/S, essais à la plaque, pénétromètres dynamiques,
- Contrôle des matériaux par mesures de teneurs en eau, classes GTR et densités par essais à la bêche.
- Poursuite des suivis piézométriques.
- Contrôle des dispositifs de drainage (évolution des débits des drains, présence de fines, etc...)

Ces différents contrôles doivent bien évidemment être complétés par des constats et contrôles visuels réguliers, assurés par l'entreprise, le Maître d'œuvre et le géotechnicien chargé d'une mission de type G4.

## 19 AUSCULTATION DE L'OUVRAGE EN SERVICE

L'auscultation de l'ouvrage en service devra comporter au minimum :

- La mise en place de piézomètres au niveau de la digue nouvelle et leurs suivis, avec par exemple des équipements automatisés.
- La poursuite des suivis topographiques.
- Le contrôle des dispositifs de drainage (évolution des débits des drains, présence de fines, etc...).

L'ensemble des ouvrages de drainage doit faire l'objet d'un programme très détaillé de suivi et d'entretien, garant du bon fonctionnement de l'ouvrage à long terme.

## 20 RECOMMANDATIONS GENERALES

Les analyses et recommandations du présent rapport sont basées sur les résultats des sondages, dont l'emplacement est précisé sur le plan d'implantation fourni en Annexe 2. **Nous rappelons que des variations rapides, tant en planimétrie qu'en altimétrie, entre ces sondages restent possibles**, ce qui peut nécessiter des adaptations au niveau de l'exécution des travaux. L'extrapolation entre les sondages doit donc par conséquent être réalisée avec prudence.

**Dans le cas où le projet ferait l'objet de modifications**, ou si les hypothèses utilisées dans le cadre du présent rapport étaient remises en cause par des informations collectées durant les travaux, nous devons en être informés afin de modifier les solutions énoncées dans le présent rapport.

Compte tenu des recommandations évoquées précédemment pour garantir la qualité des travaux de terrassement, **nous attirons l'attention sur la nécessité de réaliser ces travaux en période estivale.**

La remise de ce rapport et ses annexes correspond à l'achèvement de notre mission d'étude géotechnique de conception phase projet G<sub>2-PRO</sub> qui nous a été confiée. Il est prévu que nous réalisons pour le maître d'Ouvrage une mission de supervision géotechnique des travaux de type G4 telle qu'envisagée initialement. Cette mission est indispensable, elle portera au minimum sur les aspects suivants :

- contrôle des études et suivis d'exécution G3 à la charge de l'entreprise,
- réception des fonds de fouille,
- contrôle des talus en déblais,
- contrôle et adaptation des investigations complémentaires et contrôles réalisés par l'entreprise dans le cadre de ses contrôles internes et externes,
- validation ou adaptation des hypothèses géotechniques présentées dans le présent rapport,
- etc...

La justification du DEDG ne fait pas partie de notre mission, elle est assurée par le Maître d'œuvre.

La conception hydraulique du projet d'extension de la retenue ne relève pas de notre mission (seuil de déversement, gestion des eaux en cas de déversement, etc...).



**ANNEXE 1 : Missions géotechniques normalisées  
Selon la norme NF P 94-500 de novembre 2013**

(3 pages)

## ANNEXE EXTRAIT DE LA NORME FRANCAISE SUR LES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (NF P 94 500 de novembre 2013)

### CLASSIFICATION DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE TYPES

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étapes 1 à 3) doit suivre les étapes de conception et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géotechniques. Le maître d'ouvrage ou son mandataire doit faire réaliser successivement chacune de ces missions par une ingénierie géotechnique. Chaque mission s'appuie sur des données géotechniques adaptées issues d'investigations géotechniques appropriées.

#### **ÉTAPE 1 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE PRÉALABLE (G1)**

*Cette mission exclut toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre de la mission d'étude géotechnique de conception (étape 2). Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire. Elle comprend deux phases :*

##### **Phase Étude de Site (ES)**

Elle est réalisée en amont d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour une première identification des risques géotechniques d'un site.

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique du site et l'existence d'avoisinants avec visite du site et des alentours.
- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant pour le site étudié un modèle géologique préliminaire, les principales caractéristiques géotechniques et une première identification des risques géotechniques majeurs.

##### **Phase Principes Généraux de Construction (PGC)**

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire, d'esquisse ou d'APS pour réduire les conséquences des risques géotechniques majeurs identifiés. Elle s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport de synthèse des données géotechniques à ce stade d'étude (première approche de la ZIG, horizons porteurs potentiels, ainsi que certains principes généraux de construction envisageables (notamment fondations, terrassements, ouvrages enterrés, améliorations de sols).

#### **ÉTAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE CONCEPTION (G2)**

*Cette mission permet l'élaboration du projet des ouvrages géotechniques et réduit les conséquences des risques géotechniques importants identifiés. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'oeuvre ou intégrée à cette dernière.*

Elle comprend trois phases :

##### **Phase Avant-projet (AVP)**

Elle est réalisée au stade de l'avant-projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport donnant les hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade de l'avant-projet, les principes de construction envisageables (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions générales vis-à-vis des nappes et des avoisinants), une ébauche dimensionnelle par type d'ouvrage géotechnique et la pertinence d'application de la méthode observationnelle pour une meilleure maîtrise des risques géotechniques.

##### **Phase Projet (PRO)**

Elle est réalisée au stade du projet de la maîtrise d'œuvre et s'appuie obligatoirement sur des données géotechniques adaptées suffisamment représentatives pour le site.

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un dossier de synthèse des hypothèses géotechniques à prendre en compte au stade du projet (valeurs caractéristiques des paramètres géotechniques en particulier), des notes techniques donnant les choix constructifs des ouvrages géotechniques (terrassements, soutènements, pentes et talus, fondations, assises des dallages et voiries, améliorations de sols, dispositions vis-à-vis des nappes et des avoisinants), des notes de calcul de dimensionnement, un avis sur les valeurs seuils et une approche des quantités.

##### **Phase DCE / ACT**

Elle est réalisée pour finaliser le Dossier de Consultation des Entreprises et assister le maître d'ouvrage pour l'établissement des Contrats de Travaux avec le ou les entrepreneurs retenus pour les ouvrages géotechniques.

- Établir ou participer à la rédaction des documents techniques nécessaires et suffisants à la consultation des entreprises pour leurs études de réalisation des ouvrages géotechniques (dossier de la phase Projet avec plans, notices techniques, cahier des charges particulières, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister éventuellement le maître d'ouvrage pour la sélection des entreprises, analyser les offres techniques, participer à la finalisation des pièces techniques des contrats de travaux.

### ÉTAPE 3 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES DE RÉALISATION (G3 et G 4, distinctes et simultanées)

#### ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

*Cette mission permet de réduire les risques géotechniques résiduels par la mise en oeuvre à temps de mesures correctives d'adaptation ou d'optimisation. Elle est confiée à l'entrepreneur sauf disposition contractuelle contraire, sur la base de la phase G2 DCE/ACT.*

Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Étude

- Définir si besoin un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment établissement d'une note d'hypothèses géotechniques sur la base des données fournies par le contrat de travaux ainsi que des résultats des éventuelles investigations complémentaires, définition et dimensionnement (calculs justificatifs) des ouvrages géotechniques, méthodes et conditions d'exécution (phasages généraux, suivis, auscultations et contrôles à prévoir, valeurs seuils, dispositions constructives complémentaires éventuelles).
- Élaborer le dossier géotechnique d'exécution des ouvrages géotechniques provisoires et définitifs : plans d'exécution, de phasage et de suivi.

##### Phase Suivi

- Suivre en continu les auscultations et l'exécution des ouvrages géotechniques, appliquer si nécessaire des dispositions constructives prédéfinies en phase Étude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des travaux et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Établir la prestation géotechnique du dossier des ouvrages exécutés (DOE) et fournir les documents nécessaires à l'établissement du dossier d'interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO)

#### SUPERVISION GÉOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

*Cette mission permet de vérifier la conformité des hypothèses géotechniques prises en compte dans la mission d'étude et suivi géotechniques d'exécution. Elle est à la charge du maître d'ouvrage ou son mandataire et est réalisée en collaboration avec la maîtrise d'oeuvre ou intégrée à cette dernière.*

Elle comprend deux phases interactives :

##### Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Donner un avis sur la pertinence des hypothèses géotechniques de l'étude géotechnique d'exécution, des dimensionnements et méthodes d'exécution, des adaptations ou optimisations des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, du plan de contrôle, du programme d'auscultation et des valeurs seuils.

##### Phase Supervision du suivi d'exécution

- Par interventions ponctuelles sur le chantier, donner un avis sur la pertinence du contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur (G3), du comportement tel qu'observé par l'entrepreneur de l'ouvrage et des avoisinants concernés (G3), de l'adaptation ou de l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur (G3).
- donner un avis sur la prestation géotechnique du DOE et sur les documents fournis pour le DIUO.

### DIAGNOSTIC GÉOTECHNIQUE (G5)

Pendant le déroulement d'un projet ou au cours de la vie d'un ouvrage, il peut être nécessaire de procéder, de façon strictement limitative, à l'étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques, dans le cadre d'une mission ponctuelle. Ce diagnostic géotechnique précise l'influence de cet ou ces éléments géotechniques sur les risques géotechniques identifiés ainsi que leurs conséquences possibles pour le projet ou l'ouvrage existant.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Étudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans la globalité du projet ou dans l'étude de l'état général de l'ouvrage existant.
- Si ce diagnostic conduit à modifier une partie du projet ou à réaliser des travaux sur l'ouvrage existant, des études géotechniques de conception et/ou d'exécution ainsi qu'un suivi et une supervision géotechniques seront réalisés ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique (étape 2 et/ou 3).



**SCHEMAS D'ENCHAINEMENT DES MISSIONS TYPES  
D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE**







Enchaînement des missions G1 à G4	Phases de la maîtrise d'oeuvre	Mission d'ingénierie géotechnique (GN) et Phase de la mission		Objectifs à atteindre pour les ouvrages géotechniques	Niveau de management des risques géotechniques attendu	Prestations d'investitions géotechniques à réaliser
Étape 1 : Étude géotechnique préalable (G1)		Étude géotechnique préalable (G1) Phase Étude de Site (ES)		Spécificités géotechniques du site	Première identification des risques présentés par le site	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
	Étude préliminaire, esquisse, APS	Étude géotechnique préalable (G1) Phase Principes Généraux de Construction (PGC)		Première adaptation des futurs ouvrages aux spécificités du site	Première identification des risques pour les futurs ouvrages	Fonction des données existantes et de la complexité géotechnique
Étape 2 : Étude Géotechnique de conception (G2)	AVP/APD	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Avant-projet (AVP)		Définition et comparaison des solutions envisageables pour le projet	Mesures préventives pour la réduction des risques identifiés, mesures correctives pour les risques résiduels avec détection au plus tôt de leur survenance	Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	PRO	Étude géotechnique de conception (G2) Phase Projet (PRO)		Conception et justifications du projet		Fonction du site et de la complexité du projet (choix constructifs)
	DCE/ACT	Étude géotechnique de conception (G2) Phase DCE / ACT		Consultation sur le projet de base / Choix de l'entreprise et mise au point du contrat de travaux		
Étape 3 : Études géotechniques de réalisation (G3/G4)		A la charge de l'entreprise	A la charge du maître d'ouvrage			
	EXE/VISA	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Étude (en interaction avec la phase suivi)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision de l'étude géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision du suivi)	Étude d'exécution conforme aux exigences du projet, avec maîtrise de la qualité, du délai et du coût	Identification des risques résiduels, mesures correctives, contrôle du management des risques résiduels (réalité des actions, vigilance, mémorisation, capitalisation des retours d'expérience)	Fonction des méthodes de construction et des adaptations proposées si des risques identifiés surviennent
DET/AOR	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3) Phase Suivi (en interaction avec la phase Étude)	Supervision géotechnique d'exécution (G4) Phase Supervision du suivi géotechnique d'exécution (en interaction avec la phase Supervision de l'étude)	Exécution des travaux en toute sécurité et en conformité avec les attentes du maître d'ouvrage	Fonction du contexte géotechnique observé et du comportement de l'ouvrage et des avoisinants en cours de travaux		
À toute étape d'un projet ou sur un ouvrage existant	Diagnostic	Diagnostic géotechnique (G5)		Influence d'un élément géotechnique spécifique sur le projet ou sur l'ouvrage existant	Influence de cet élément géotechnique sur les risques géotechniques identifiés	Fonction de l'élément géotechnique étudié

**ANNEXE 2 : Plan d’implantation des sondages à l’échelle 1/1000**

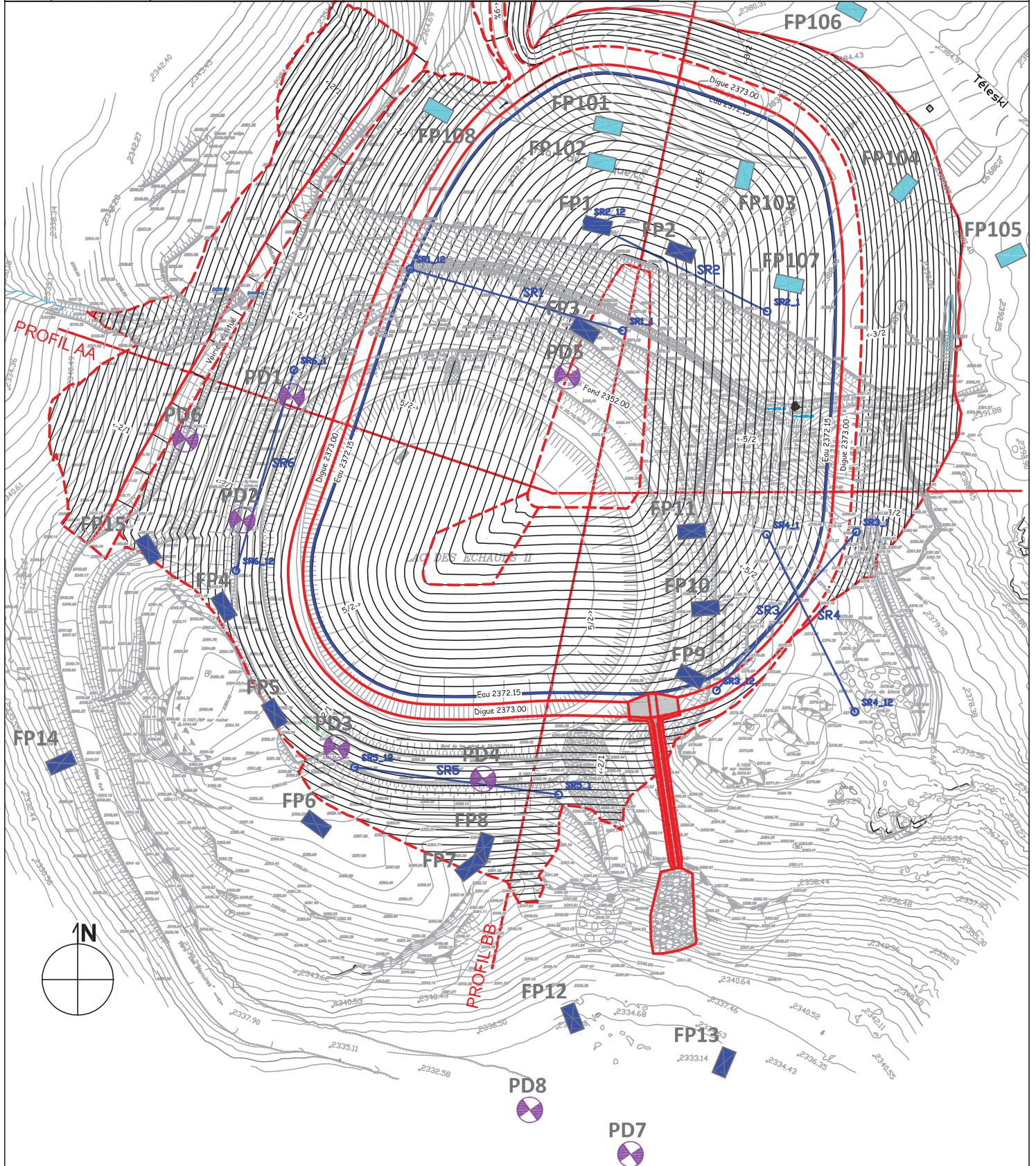
(1 page, format A3)

Projet	1807277	Extension du lac des Echauds II SEVABEL - LES MENUIRES (73)		
Echelle	1/1000	Plan d'implantation des sondages		
	Date			
C	21/06/2019	L. GUIBERT	PY.VECCHIO	Ajout sondages complémentaires G2PRO
A	04/01/2019	L. GUIBERT	PY.VECCHIO	Modifications des emprises et coupes
0	29/11/2018	L. GUIBERT	PY.VECCHIO	Emission du document
Indice	Date	Rédacteur	Vérificateur	Observations

### Légende

-  PDI - Sondage au pénétromètre dynamique lourd
-  FPI - Fouille à la pelle mécanique - G2AVP
-  FPI - Fouille à la pelle mécanique - G2PRO
-  Profil géotechnique interprétatif
-  SR1 Profil de sismique réfraction
-  Emprise fond du lac et digue

Echelle : 1/1000





**ANNEXE 3 : Résultats des sondages et essais in-situ**

(31 pages)

**Fouille à la pelle : FP1**

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois	
2377	0	Remblais : Schiste noir en plaquettes à matrice argileuse Dmax : ~ 40 cm		1 m	18,80	6				0,11		9,80	C1B3		
2376	1			3 m	14,80										
2375	2														
	3	<b>3,00 m</b>													

Arrêt à 3.00 m

**Observations** : Pas d'eau.

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018  
Cote NGF : 2380.35 m  
Matériel : Pelle 20 tonnes



1/100 **Fouille à la pelle : FP2** EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	Ieneur des parois
2380	0	Remblais : Schiste noir en plaquettes à matrice argileuse graveleuse noire Dmax : 50 cm (humide)		1 m	19,40									
2379	1													
2378	2													
	3			2,50 m	15,80									

Arrêt à 3.20 m (éboulement)

**Observations :** Pas d'eau.





1/100 Fouille à la pelle : FP3 EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	Icône des pays
2369	0 - 1	Remblais : Schiste noir à matrice argilo-graveleuse 1,60 m		1 m	11,40									
2368	1 - 2	Blocs de schiste gréseux gris à ocre, à matrice argilo-limoneuse marron (moraines ?) 2,80 m		2 m	21,40	14,90			100	0.09		4.30	C1B5TH	
2367	2 - 3	Schiste altéré en plaquettes plus ou moins friables 3,30 m		2.80 m	14,30	8,40			80	0.09			D3/R6	

Arrêt à 3.30 m

**Observations :** Pas d'eau.  
Blocs de diamètre > 1.00 m vers 2.00 m de profondeur.

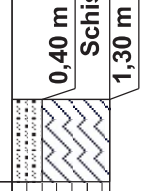
Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018  
Cote NGF : 2362,10 m  
Matériel : Pelle 20 tonnes  
X :  
Y :

Fouille à la pelle : FP4

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	tenue des parois
2362	0	Terre végétale et blocs												
2361	1	Schiste gris altéré en plaquettes très fines												



Refus à 1,30 m sur schiste plus compact

**Observations :** Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2363.09 m

Matériel : Pelle 20 tonnes

X :

Y :

Projet 1807277

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Fouille à la pelle : FP5

EXGTE 3.20/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
2363	0	Terre végétale												
2362	1	Schiste gréseux en bancs (5 et 15 cm d'épaisseur en moyenne), gris, à passages plus friables et plus schisteux												

0,15 m

1,20 m

Refus à 1.20 m sur schiste compact

**Observations :** Pas d'eau.

Présence de blocs de diamètre > 1.50 m.





Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2357.85 m

Matériel : Pelle 20 tonnes

X :

Y :

Projet 1807277

1/100

Fouille à la pelle : FP6

EXGTE 3.20/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
	0	Terre végétale												

0,15 m

Schiste gris bleuté, en plaquettes très fines, indurées mais qui se débitent en plaques

0,45 m

Refus à 0.45 m sur rocher compact

**Observations** : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018  
Cote NGF : 2353.44 m  
Matériel : Pelle 20 tonnes

Projet 1807277

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Fouille à la pelle : FP7

EXGTE 3.20/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
0		Terre végétale												
		Schiste gréseux compact gris												

0,05 m  
0,10 m

Refus à 0.10 m sur rocher compact

Observations : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Projet 1807277

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2353.32 m

Matériel : Pelle 20 tonnes

X :

Y :

1/100

Fouille à la pelle : FP8

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	tenue des parois
2353	0	Terre végétale												
	0,10 m			1 m	12,50	8,70			80	0,07			D3/R6	
2352	1	Remblais : Schiste noir en plaquettes, à matrice argilo-graveleuse		1,60 m	16,60									
2351	2	Argile marron à blocs de schiste (Dmax : ~ 0.80 m)		2,50 m	14,50									

proportion en blocs plus importante côté aval à partir de 1.60 m

2,90 m

Arrêt à 2.90 (éboulements)

Observations : Pas d'eau.





Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2363.27 m  
Matériel : Tractopelle

X :

Y :

Projet 1807277

1/100

Fouille à la pelle : FP9

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]		Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	tenue des pentes
					0,50 m	1 m									
2363	0	Schiste en plaquettes à matrice argileuse marron-clair  Schiste gris		0,50 m	9,40	6,90				80	0,21			C1B4/R6	
2362	1		1,10 m	1 m	7,70										

1,70 m

Refus à 1.70 m dans le rocher compact

**Observations** : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Projet 1807277

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2362.26 m

Matériel : Tractopelle

X :  
Y :

1/100

Fouille à la pelle : FP10

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	tenue des parois
2362	0	Schiste en plaquettes à matrice argilo-graveleuse marron noir 0,60 m		0,60 m	10,60									
	1			1,10 m	9,10									

Schiste altéré en plaquettes (friables)

1,30 m

Refus à 1.30 m sur rocher

Observations : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echaulds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2363.14 m

Matériel : Tractopelle

X :

Y :

Projet 1807277

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Fouille à la pelle : FP11

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	tenue des parois
2363	0	Schiste gréseux gris-clair dur en plaques épaisses		0,50 m	5,30									

0,70 m

Refus à 0.70 m dans le rocher compact

Observations : Pas d'eau.





Ingénierie géotechnique

Projet 1807277

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2335.82 m

Matériel : Pelle 20 tonnes

X :  
Y :

1/100

Fouille à la pelle : FP12

EXGTE 3.21/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	tenue des parois
2335	0	Terre végétale												
2334	1	Argile limoneuse marron à graviers et cailloux		1,80 m	13,00									
2334	2	Argile graveleuse à débris de schiste altéré marron-noir		2,50 m	13,50									
2333		Schiste très altéré noir à matrice argileuse (charbonneux)												

Arrêt à 2.90 m

**Observations :** Pas d'eau.



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100		Fouille à la pelle : FP13										EXGTE 3.21/GTE		
Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	tenue des parois
2334	0	Terre végétale												
	1	0,15 m Argile graveleuse à cailloux gris-noir		1,50 m	8,90									
2333	2	1,80 m Schiste très altéré noir		2,60 m	10,90									
		2,80 m												

Arrêt à 2.80 m

**Observations :** Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2341.11 m

Matériel : Tractopelle

X :

Y :

Projet 1807277

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Fouille à la pelle : FP14

EXGTE 3.20/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
2341	0	Terre végétale												
	1	0,15 m Schiste très altéré à matrice argileuse marron (remblais ?)  0,60 m Schiste noir altéré en plaquettes fines, friables  1,10 m												

Arrêt à 1.10 m

Observations : Pas d'eau.





Ingénierie géotechnique

Projet 1807277

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUJRES (73)

Date : 11/10/2018

Cote NGF : 2351.81 m

Matériel : Tractopelle

X :  
Y :

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

EXGTE 3.21/GTE

Fouille à la pelle : FP15

1/100

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	tenue des parois
2351	0	Terre végétale												
2350	2	Schiste très altéré marron-noir à matrice argileuse humide		2 m	25,80									

Refus à 2.30 m sur schiste plus compact

**Observations** : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUÏRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2362.16 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

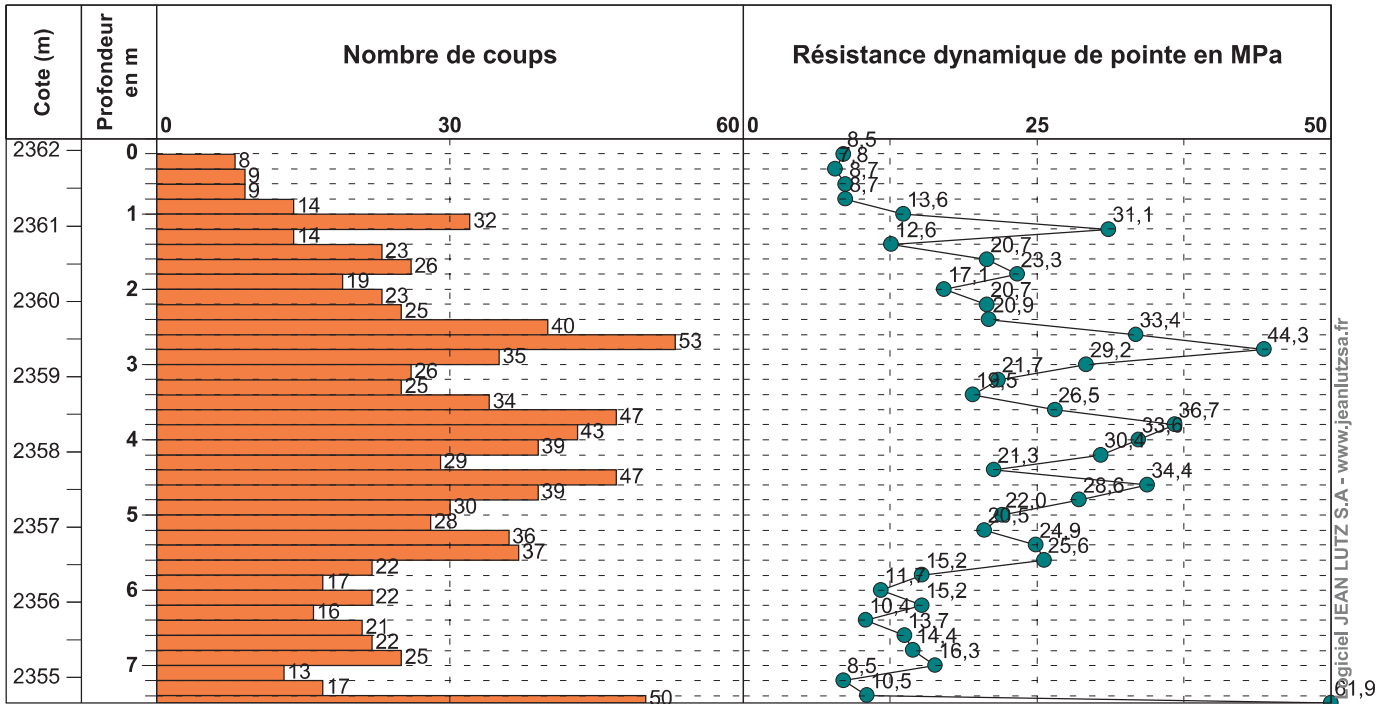
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD1

EXGTE 3.20/GTE



Refus à 7.50 m

**Observations :** Sondage sec de 0 à 2.70 m ; éboulé à 2.70 m.

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUIRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2361.95 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

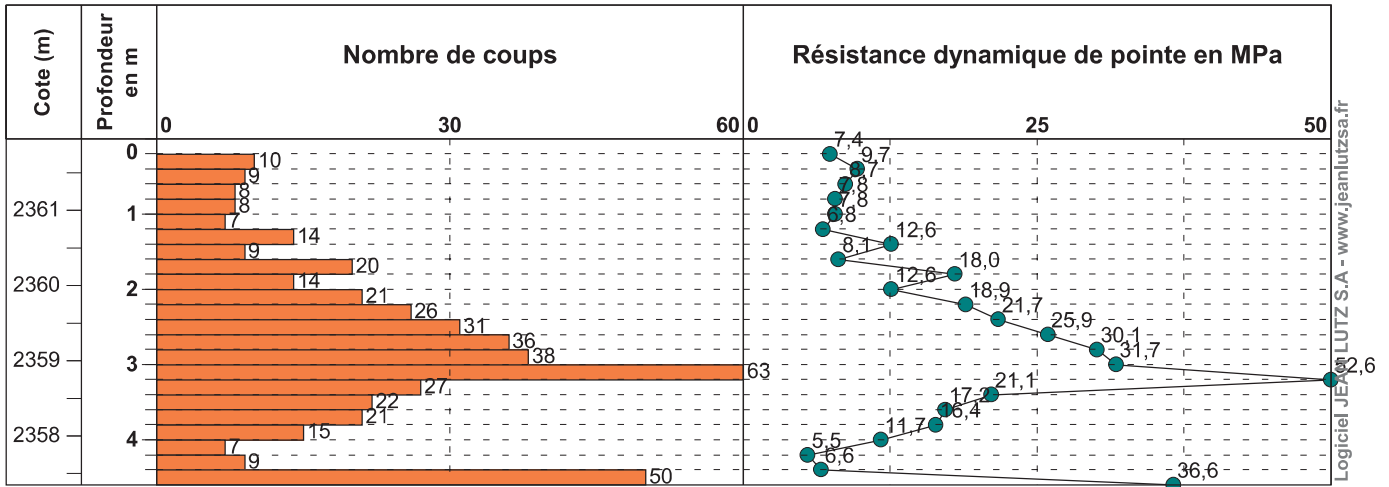
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD2

EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A. - www.jeanlutzsa.fr

Refus à 4.60 m

**Observations :** Pas d'eau.





Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUIRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2361.95 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

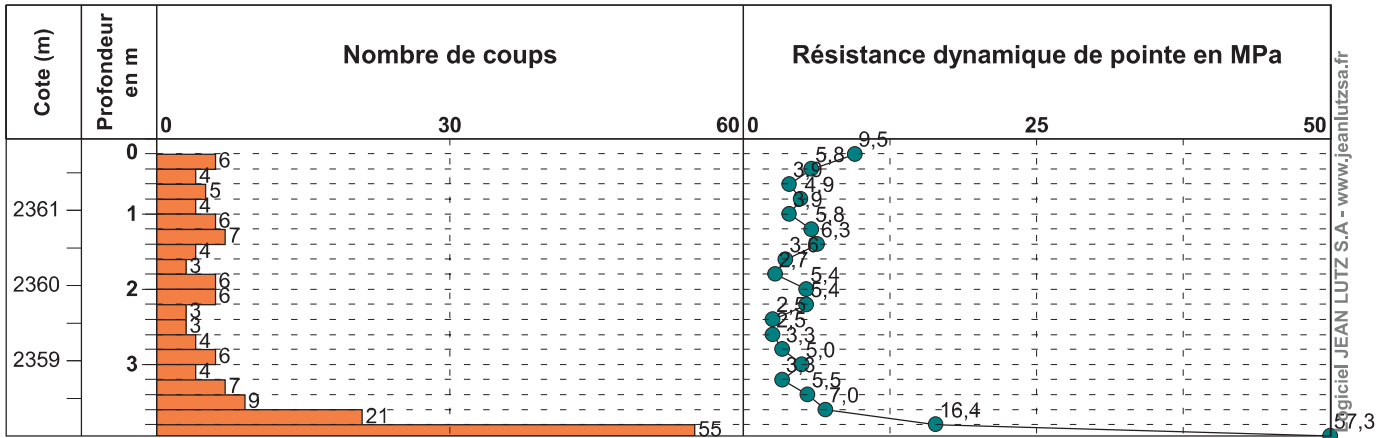
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD3

EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Refus à 3.95 m

**Observations :** Sondage sec de 0 à 0.50 m ; éboulé à 0.50 m.



Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUÏRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2362.00 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

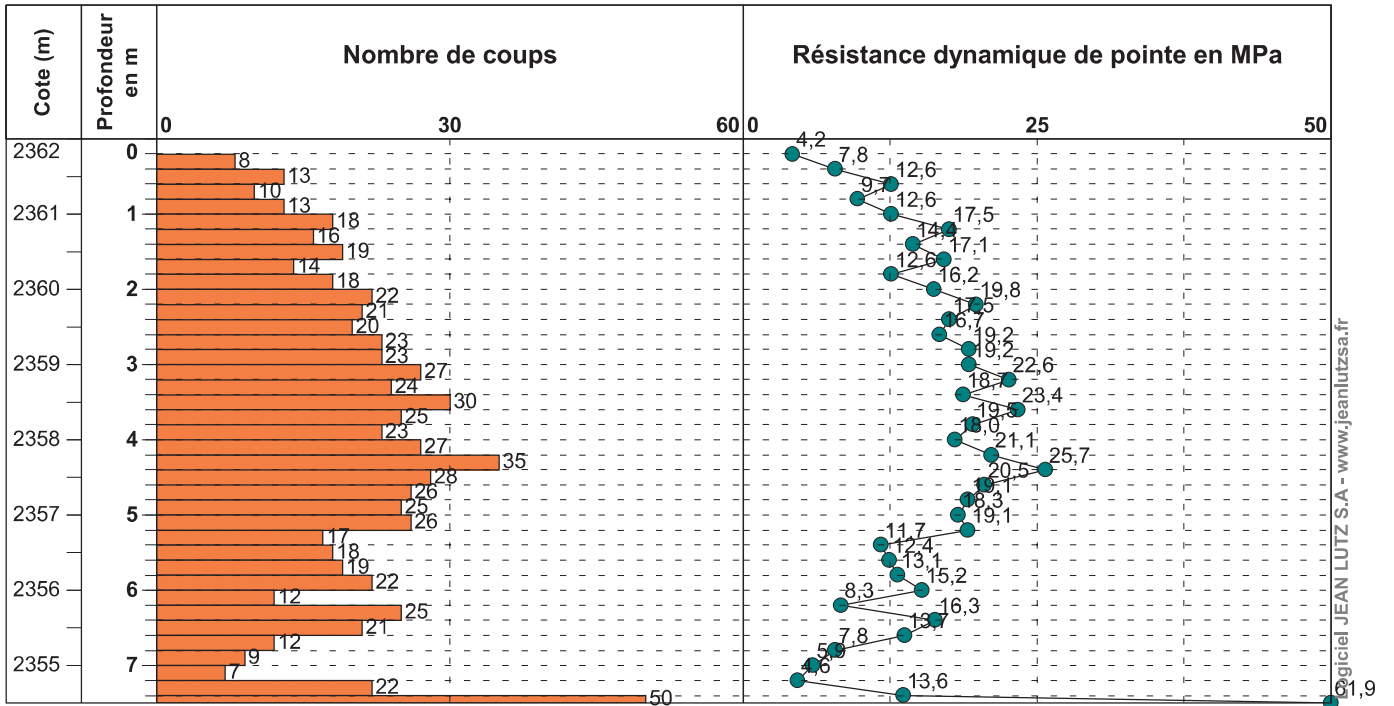
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD4

EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

Refus à 7.50 m

**Observations** : Sondage sec de 0 à 0.60 m ; éboulé à 0.60 m.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2361.87 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

Y :

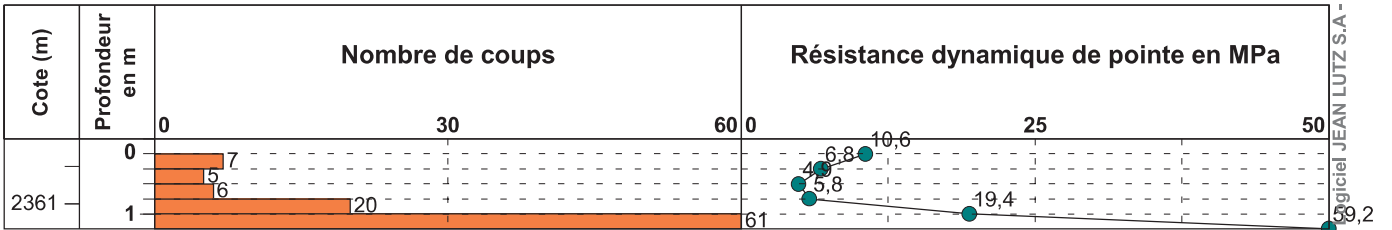
Hauteur de chute : 0,75 m

Officiel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD5

EXGTE 3.20/GTE



Refus à 1.20 m

Observations : Sondage sec de 0 à 0.60 m ; éboulé à 0.60 m.





Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUIRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2353,06 m

X :

Masse du mouton : 63,5 kg

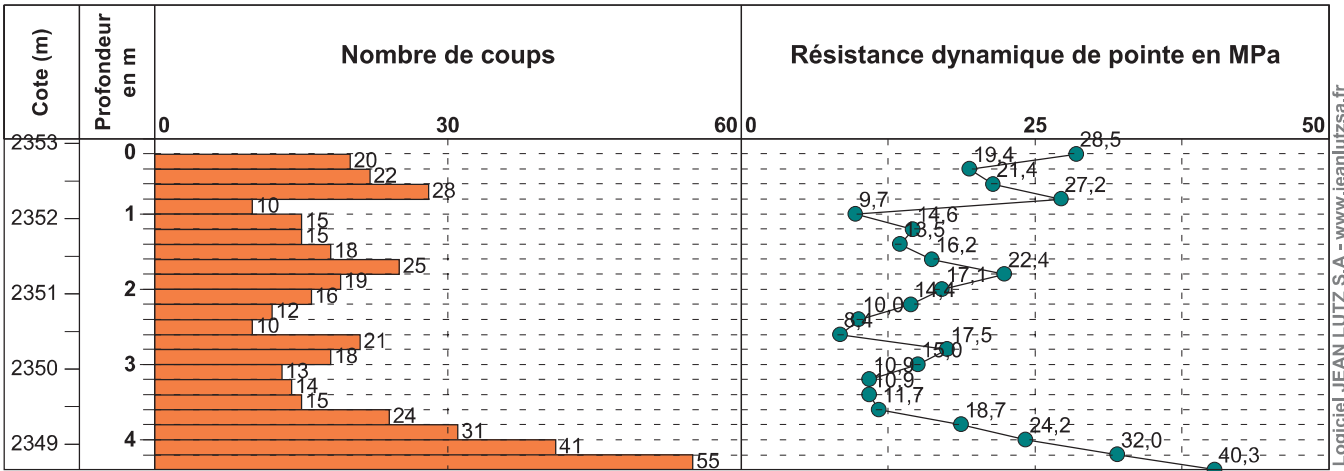
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD6

EXGTE 3.20/GTE



Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeantutzsa.fr

Refus à 4.40 m

Observations : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUÏRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2327.23 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

Y :

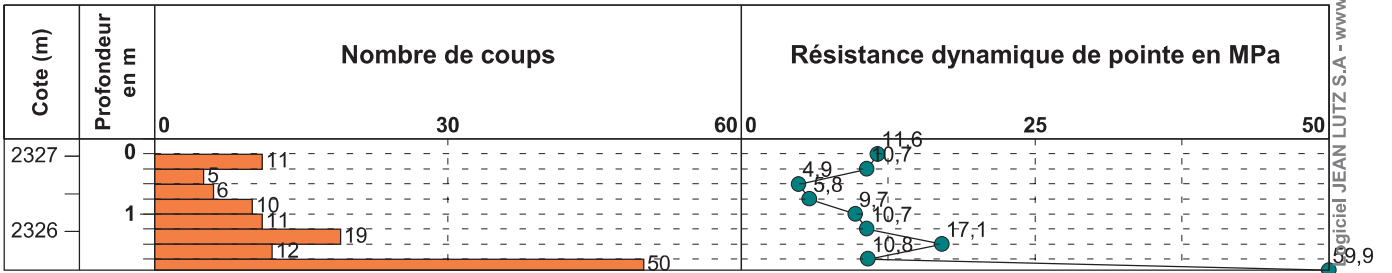
Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD7

EXGTE 3.20/GTE

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr



Refus à 1.75 m sur bloc

**Observations :** Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

### Lac des Echauds II SEVABEL LES MENUIRES (73)

Projet 1807277

Date : 25/10/2018

Cote NGF : 2328.17 m

X :

Masse du mouton : 63.5 kg

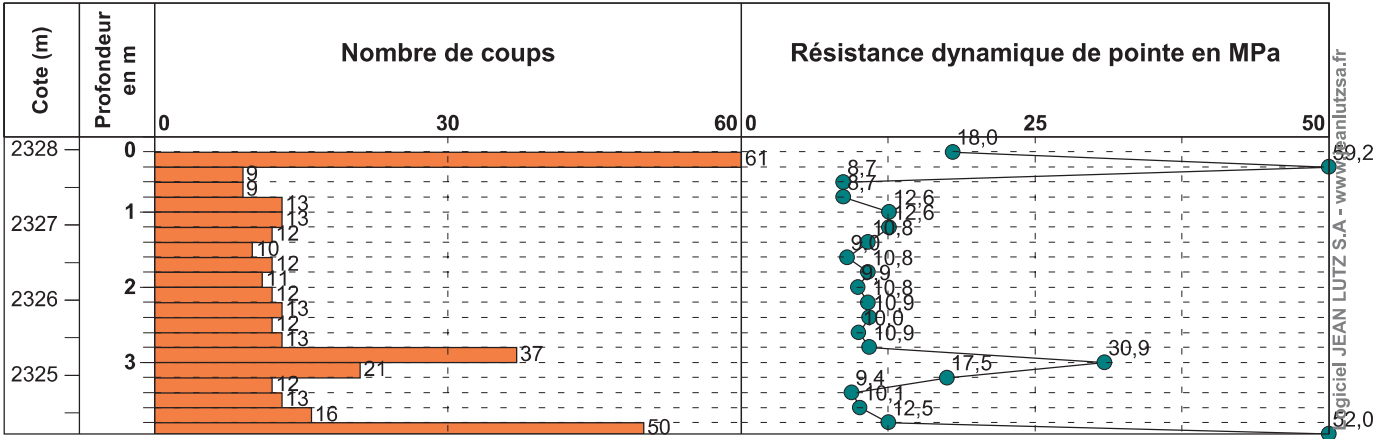
Y :

Hauteur de chute : 0,75 m

1/100

### Sondage au pénétromètre dynamique lourd : PD8

EXGTE 3.20/GTE



Refus à 3.95 m (sur bloc ?)

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

**Observations :** Pas d'eau.

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Date : 18/06/2019

Cote NGF : 2377,10 m



Ingénierie géotechnique

Matériel : Pelle 5 T

X :

Y :

1/100

Fouille à la pelle : FP101

EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
2377	0	Schiste noir en plaquettes qui se débitent facilement avec intercalations argileuses												Bonne
2376	1													

Refus à 1,50 m

Observations : Pas d'eau.



Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Date : 18/06/2019  
Cote NGF : 2376,20 m  
Matériel : Pelle 5 T



EXGTE 3.22/GTE

Fouille à la pelle : FP102

1/100

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois	Moyenne
2376	0	Terre végétale													
2375	1														
2374	2	Schiste gris-noir en petites plaquettes à matrice argileuse légèrement humide (remblai ou moraines)													

Arrêt à 2,90 m

Observations : Pas d'eau.

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Cote NGF : 2382,50 m  
Matériel : Pelle 5 T

Date : 18/06/2019

X :  
Y :





1/100 **Fouille à la pelle : FP103** EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
2382	0	Schiste altéré gris en plaquettes et matrice argileuse												Bonne
	1													
2381	2	Schiste altéré gréseux en blocs												Moyenne

Refus à 2,40 m sur schiste plus compact

**Observations** : Pas d'eau.

		<b>Lac des Echauds II</b> <b>SEVABEL</b> <b>LES MENUIRES (73)</b>										Cote NGF : 2388,90 m Matériel : Pelle 5 T		X : Y :		Projet 1807277-1	
		Date : 18/06/2019															
<b>Fouille à la pelle : FP104</b>												<b>EXGTE 3.22/GTE</b>					
Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	Tenue des parois	Moyenne		
	0	Schiste en plaquettes et blocs  0,80 m															
Refus à 0,80 m sur schiste compact																	
<b>Observations</b> : Pas d'eau.																	

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Cote NGF : 2393,50 m  
Matériel : Pelle 5 T

Date : 18/06/2019

X :  
Y :




Ingénierie géotechnique

1/100

Fouille à la pelle : FP105

EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois	Moyenne
2393	0 1	Schiste altéré en plaquettes et blocs  1,00 m													

Refus à 1,00 m sur schiste compact

**Observations** : Pas d'eau.



Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Cote NGF : 2382,60 m  
Matériel : Pelle 5 T

Date : 18/06/2019

X :  
Y :



Ingénierie géotechnique

1/100

Fouille à la pelle : FP106

EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IpI	Classification GTR	Teneur des parois
2382	0	Remblai : limon graveleux marron  Limon graveleux à blocs												Moyenne
2381	1													Bonne

Refus à 1,70 m sur rocher schisteux compact

**Observations** : Pas d'eau.



Ingénierie géotechnique

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Date : 18/06/2019

Cote NGF : 2386,90 m

Matériel : Pelle 5 T

Projet 1807277-1

Logiciel JEAN LUTZ S.A - www.jeanlutzsa.fr

1/100

Fouille à la pelle : FP107

EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	Teneur des parois	Moyenne
	0	Terre végétale													
		Schiste noir en plaquettes et cailloutis (remblai ?)													

0,30 m

0,80 m

Refus à 0,80 m sur rocher

**Observations** : Pas d'eau.

Lac des Echauds II  
SEVABEL  
LES MENUIRES (73)

Cote NGF : 2365,10 m  
Matériel : Pelle 5 T

Date : 18/06/2019

X :  
Y :



1/100

Fouille à la pelle : FP108

EXGTE 3.22/GTE

Cote (m)	Profondeur (en m)	Lithologie	Eau	Echantillon	Wn [%]	Passant à 80 µm [%]	Passant à 2 mm [%]	Passant à 50 mm [%]	Dmax [mm]	VBS	Ip	IPI	Classification GTR	Teneur des parois	Mauvaise	Moyenne
2365	0	Remblai : Schiste en plaquettes à matrice argileuse gris-noir  Argile limoneuse marron à plaquettes schisteuses et cailloutis														
2364	1															

0,90 m

1,50 m

Refus à 1,50 m sur schiste compact

Observations : Pas d'eau.



**Fouille FP4**





**Fouille FP4**





**Fouille FP6**





**Fouille FP10**





**Fouille FP12**