

Commune de Les Deux Alpes



Projet de retenue d'altitude
de La Mura

ANNEXES II

Pièces utiles à la compréhension du dossier

novembre 2019

Pièces utiles à la compréhension du dossier

Pièce 1 - Arrêté préfectoral n° 94-4816 du 1er septembre 1994

Pièce 2 - Étude géologique et géotechnique du site de la retenue - Sage

Pièce 3 - Étude hydrologique du site de la Mura & du Grand Plan du Sautet - P.Y. Fafournoux

Pièce 4 - Étude hydraulique des déversoirs de crues de la retenue - P.Y. Fafournoux

Pièce 5 - Étude d'identification des risques en cas de rupture de la digue - P.Y. Fafournoux

Pièce 6 - Expertise d'analyse et validation de l'étude hydraulique - Hydrétudes

Pièce 7 - Rapport hydrogéologique Grand nord - BURGEAP

Pièce 8 - Schéma de conciliation neige de culture Cle Drac & Romanche - volet 2 alpes

Pièce 9 - Formulaire simplifié Natura 2000

Pièce 10 - Concertation- Mémoires en réponse à la DDT 38 - octobre 2018

Pièce 11 - Concertation- Mémoires en réponse à la DDT 38 - mars 2019

Pièce 12 - Concertation- Mémoires en réponse à la DDT 38 - juillet 2019

Pièce 13 - Concertation- Mémoires en réponse à la MRAE - novembre 2019

Pièce 14 - Avis de la DRAC - juin 2018

Commune de Les Deux Alpes

**ARRÊTÉ PRÉFECTORAL
N° 94-4816
DU 1^{ER} SEPTEMBRE 1994**

Annexe PU 1

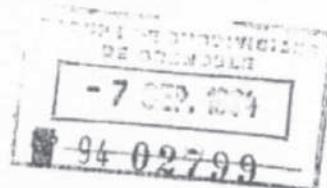
MLMIC198
PREFECTURE DE L'ISERE

DIRECTION DES RELATIONS
AVEC LES COLLECTIVITES LOCALES
ET DU CADRE DE VIE

BUREAU DES INSTALLATIONS CLASSEES.
ET DES CARRIERES

MR/NA

REPUBLIQUE FRANCAISE



A R R E T E N° 94-4813

Dossier n° 25 022

LE PREFET DE L'ISERE,
Chevalier de la Légion d'Honneur

VU la loi n° 76-663 du 19 Juillet 1976 relative aux Installations Classées pour la protection de l'Environnement, modifiée ;

VU le décret n° 53-578 du 20 Mai 1953, modifié ;

VU le décret n° 77-1133 du 21 Septembre 1977, pris pour application de la loi précitée, et du titre Ier de la loi n° 64-1245 du 16 décembre 1964 relative au régime et à la répartition des eaux et à la lutte contre leur pollution modifié ;

VU le dossier présenté le 7 Juin 1993 et complété le 22 Septembre 1993 par M. le Président du District des Deux Alpes en vue d'être autorisé à mettre en service sur le territoire de la commune de MONT DE LANS au lieudit "Les Crêtes de la Sea" une usine de production de neige artificielle comprenant une centrale de compression d'air de 1800 KW (soit 4 compresseurs de 450 KW chacun) ;

VU l'avis de l'Inspecteur des Installations Classées en date du 27 Septembre 1993 ;

VU l'arrêté d'ouverture d'enquête n° 93-5822 en date du 27 Octobre 1993 ;

VU le procès-verbal de l'enquête publique ouverte le 16 Novembre 1993 et close le 16 Décembre 1993 les déclarations y consignées et les certificats d'affichage ;

VU le mémoire en réponse fourni par le requérant ;

VU l'avis de M. AWENENGO-DALBERTO, Commissaire-enquêteur, en date du 29 Décembre 1993 ;

VU l'avis du Conseil Municipal de MONT DE LANS en date du 8 Décembre 1993 ;

VU l'avis du Chef du Service Départemental de la Protection Civile, en date du 17 Février 1994 ;

VU l'avis du Directeur Départemental des Affaires Sanitaires et Sociales de l'Isère en date du 26 Novembre 1993 ;

VU l'avis du Directeur Départemental de l'Équipement en date du 14 Décembre 1993 ;

.../...

VU l'avis du Directeur Départemental des Services d'Incendie et de Secours en date du 25 Janvier 1994 ;

VU la lettre en date du 8 Mars 1994 invitant le demandeur à se faire entendre par le Conseil Départemental d'Hygiène et lui communiquant les propositions de l'Inspecteur des Installations Classées ;

VU l'arrêté de prorogation n° 94-1575 bis en date du 1 Avril 1994 ;

VU l'avis du Conseil Départemental d'Hygiène en date du 31 Mars 1994 ;

VU la lettre en date du **17 MAI 1994** communiquant au requérant le projet d'arrêté statuant sur sa demande ;

~~VU la réponse du pétitionnaire en date de~~

CONSIDERANT que l'établissement projeté est soumis à autorisation pour activité visée sous n°361-B 1er de la nomenclature des Installations Classées pour une centrale de compression d'air d'une puissance de 1800 KW ;

A R R E T E

ARTICLE 1er - M. le Président du District des DEUX ALPES est autorisé à mettre en service, sur le territoire de la commune de MONT DE LANS, au lieudit "Les Crêtes de la Sea" une usine de production de neige artificielle comprenant une centrale de compression d'air de 1800 KW soit 4 compresseurs de 450 KW chacun).

Sous réserve des prescriptions particulières ci annexées.

ARTICLE 2 - L'exploitant devra, en outre, se conformer strictement aux dispositions édictées par le Livre II du Code du travail et aux décrets réglementaires et arrêtés pris pour son application dans l'intérêt de l'hygiène et de la sécurité des travailleurs, notamment au décret du 10 Juillet 1913 visant les mesures générales de protection et de salubrité.

ARTICLE 3 - (L'établissement devra être ouvert dans le délai de trois années à partir de la notification). Dans le cas contraire, le permissionnaire avisera le Préfet, par lettre recommandée, en indiquant, le cas échéant, les raisons de force majeure qui seraient de nature à expliquer ce retard. Il en sera de même s'il veut reprendre son exploitation après une interruption de deux années consécutives.

ARTICLE 4 - Conformément aux dispositions de l'article 18 du décret du 21 septembre 1977 susvisé, des prescriptions additionnelles pourront être prescrites par arrêtés complémentaires pris sur proposition de l'inspection des Installations Classées et après avis du Conseil Départemental d'Hygiène.

ARTICLE 5 - La présente autorisation ne dispense pas le bénéficiaire de satisfaire, le cas échéant, aux prescriptions de la réglementation en vigueur en matière de voirie et de permis de construire.

ARTICLE 6 - Conformément aux dispositions de l'article 20 du Décret du 21 Septembre 1977 susvisé, tout exercice d'une activité nouvelle classée, toute transformation, toute extension de l'exploitation devra, avant sa réalisation, être portée à la connaissance du Préfet avec tous ses éléments d'appréciation.

.../...

Tout transfert dans un autre emplacement d'une installation soumise à autorisation devra faire l'objet d'une demande préalable d'autorisation au Préfet. De même, en cas de cessation d'activité, l'exploitant est tenu d'en faire la déclaration, dans un délai de 30 jours, au Préfet de l'Isère, Service des Installations Classées.

ARTICLE 7 - L'intéressé ne pourra exercer ses activités tant qu'il n'aura pas satisfait à la totalité des conditions imposées par le présent arrêté.

ARTICLE 8 - Un extrait du présent arrêté sera tenu à la disposition de tout intéressé et sera affiché à la porte de la Mairie pendant une durée minimum d'un mois.

Le même extrait sera affiché en permanence de façon visible dans l'installation par les soins du bénéficiaire de l'autorisation.

Un avis sera inséré par les soins du Préfet de l'Isère et aux frais de l'exploitant, dans deux journaux locaux ou régionaux diffusés dans tout le département.

ARTICLE 9 - Le présent arrêté doit être conservé et présenté à toute réquisition.

ARTICLE 10 - le Secrétaire Général de la Préfecture de l'Isère le Maire de MONT DE LANS et l'Inspecteur des Installations Classées sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté qui sera notifié au District intéressé.

GRENOBLE, le **1 SEP. 1994**

POUR AMPLIATION

Le Chef de bureau délégué



Michèle DUCROS

LE PREFET,

Pour le Préfet,
et par délégation

Le Secrétaire Général,

Didier LAUGA

VU pour être annexé à mon arrêté
en date de ce jour.



GRENOBLE, le

Pour le Préfet

Le Chef de Bureau *Delgado*

1 SEP. 1994

Michèle DUCROS

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES APPLICABLES

AU DISTRICT DES DEUX ALPES

*Article 1er -
Dispositions administratives*

1°) - Le District des Deux Alpes 38860 Les Deux Alpes est autorisé à exploiter sur le territoire de la commune de Mont de Lans au lieu-dit : "La Séa" une usine de fabrication de neige artificielle située à l'altitude 2189 m comprenant les installations classées et installations annexes suivantes :

NATURE DES ACTIVITES	VOLUME DES ACTIVITES	RUBRIQUES	CLASSEMENT	COEFF DE REDEV
- Installations de compression d'air fonctionnant à une pression >1 bar	Puissance absorbée : 1800 KW (4 X 450 KW) 1ère phase : 900 KW 2ème phase : 900 KW	361 B 1°	A	-
- Canons à neige	1ère phase : 48 2ème phase : non déterminés	-	-	-

2°) - L'autorisation est accordée sous réserve des prescriptions du présent arrêté qui sont applicables immédiatement.

**Article 2 - Prescriptions générales applicables
à l'ensemble de l'usine**

1°) - GÉNÉRALITÉS

1.1. - Implantation et exploitation

L'usine de fabrication de neige artificielle et ses installations annexes (canons à neige) sera située, installée et exploitée conformément à la demande et documents annexés sous réserve du respect des dispositions du présent arrêté.

1.2. - Modification

Toute modification envisagée par l'exploitant aux installations, à leur mode d'utilisation ou à leur voisinage, de nature à entraîner un changement notable des éléments du dossier de demande d'autorisation sera portée, avant sa réalisation, à la connaissance du Préfet avec tous les éléments d'appréciation.

2°) - BRUITS ET VIBRATIONS

2.1. - Toutes les installations seront construites, équipées et exploitées de façon que son fonctionnement ne puisse être à l'origine de bruits ou vibrations susceptibles de compromettre la santé ou la sécurité du voisinage, ou constituer une gêne pour sa tranquillité.

2.2. - Les prescriptions de l'arrêté ministériel du 20.08.85 modifié par l'AM du 01.03.93 sont applicables. En particulier le niveau d'évaluation ne devra pas excéder du fait de l'établissement les seuils fixés dans le tableau ci-dessous (en dB (A)).

	JOUR 6h30-21h30	NUIT 21h30 à 6h30
En limite de la zone construite ou constructible	55	45

2.3. - L'usage de tous appareils de communication par voie acoustique (sirènes, avertisseurs, haut-parleurs, etc ...) gênant pour le voisinage est interdit, sauf si leur emploi est exceptionnel et réservé à la prévention et au signalement d'incidents graves ou d'accidents.

2.4. - Les machines fixes susceptibles d'incommoder le voisinage par les trépidations seront isolées par des dispositifs antivibratiles efficaces.

3°) - POLLUTION ATMOSPHERIQUE

3.1. - Il est interdit d'émettre dans l'atmosphère des fumées, des buées, des suies, des poussières ou des gaz susceptibles d'incommoder le voisinage et de nuire à la sécurité publique.

4°) - EAUX

4.1. - Alimentation en eau

L'alimentation en eau de l'usine de fabrication de neige artificielle s'effectuera à partir du lac artificiel du Grand Plan du Sautet. Celle-ci ne devra pas avoir d'incidence sur l'alimentation en eau de la station des Deux Alpes (quantité et qualité).

En particulier :

- L'usage d'additifs par la fabrication de neige artificielle est interdit.
- L'exploitation des installations ne devra à aucun moment affecter les réserves incendie de la station ainsi que la station de traitement de l'eau.

Par ailleurs, la société devra établir chaque année :

- un bilan de fonctionnement des installations en précisant le jour, la période, des canons à neige en action, ...
- un bilan des débits d'eau consommée.

Ces documents devront être adressés annuellement (avant le 31.05) à l'Inspection des Installations Classées ainsi qu'à la DDASS .

4.2. - Eaux résiduaires

En cas de rejet, dans le milieu naturel, les eaux résiduaires devront satisfaire aux conditions ci-après :

- la température sera inférieure à 30° C
- le pH sera compris entre 5,5 et 8,5
- la teneur en hydrocarbures sera inférieure à 5 mg/l (si norme NFT 90202) ou 20 mg (si norme NFT 90203)

4.3. - Pollutions accidentelles

Toutes dispositions seront prises pour qu'il ne puisse y avoir en cas d'accident se produisant dans l'enceinte de l'usine déversement direct de matières dangereuses ou insalubres vers le milieu naturel. En particulier les transformateurs et les compresseurs devront être associés à une cuvette de rétention étanche de capacité suffisante.

Les eaux susceptibles d'être polluées accidentellement doivent pouvoir être isolées de leur déversement normal et être envoyées soit vers une station de traitement soit vers un bassin de rétention.

5°) - DECHETS

5.1. - Toute incinération à l'air libre de déchets de quelque nature qu'ils soient est interdite.

5.2. - Toutes précautions (fréquence d'enlèvement, aire étanche, ...) seront prises pour que les dépôts de déchets ne soient pas à l'origine d'une gêne pour le voisinage, notamment par des odeurs, ou d'une pollution des eaux superficielles ou souterraines.

5.3. - L'exploitant éliminera ou fera éliminer ses déchets dans des conditions propres à garantir la protection de l'environnement et, en tout état de cause, dans des installations autorisées à cet effet au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement. Il veillera à ce que le procédé et la filière mis en oeuvre soient adaptés à ses déchets ou résidus. Il devra être en mesure de le justifier à tout instant auprès de l'inspecteur des installations classées et, à ce titre, obtenir et archiver tout justificatif, document nécessaire, notamment dans le cadre de l'arrêté ministériel du 4 Janvier 1985.

6°) - RISQUES D'INCENDIE ET D'EXPLOSION

6.1. - Conception

Le local de l'usine à neige sera conçu et aménagé de façon à s'opposer efficacement à la propagation d'un incendie.

6.2. - Accès

Ce local devra en temps normal être accessible facilement par les services de secours.

6.3. - Matériel électrique

L'installation électrique et le matériel utilisés seront appropriés aux risques inhérents aux activités exercées.

L'équipement des installations électriques pouvant présenter un risque d'explosion doit être conforme à l'arrêté ministériel du 31.03.80 (JO du 30.04.80).

6.4. - Moyens de secours

L'établissement devra disposer de moyens internes de lutte contre l'incendie adaptés aux risques à défendre, et au moins :

- d'extincteurs à anhydride carbonique de 5 kg (ou équivalent) près des tableaux et machines électriques
- d'extincteurs à poudre de 5 kg (ou équivalent) de type 55 B près des installations de stockage et l'utilisation de liquides et gaz inflammables.

Les extincteurs seront placés en des endroits signalés et parfaitement accessibles.

- de sable en quantité suffisante avec pelles.

6.5. - Exploitation

a) - Vérifications périodiques

Le matériel électrique et les moyens de secours contre l'incendie feront l'objet de vérifications périodiques. Il conviendra en particulier, de s'assurer du bon fonctionnement permanent de tous les organes nécessaires à la mise en oeuvre des dispositifs de sécurité. Les rapports de contrôles seront tenus à la disposition des Installations Classées.

b) - Consignes

Des consignes écrites seront établies pour la mise en oeuvre des moyens d'intervention de lutte contre l'incendie, pour l'évacuation du personnel et pour l'appel aux moyens extérieurs de défense contre l'incendie. Ces consignes seront portées à la connaissance du personnel concerné. Elles comporteront en plus du numéro unique habituel (18) le numéro du CODIS (76.96.68.66).

Un protocole d'intervention devra être établi pour ce cas très particulier d'isolement susceptible de bénéficier de moyens de secours spécialisés.

Un exemplaire des consignes de sécurité et du protocole d'intervention devra être adressé à la DDSIS 21 Avenue Victor Hugo BP 48 38172 Seyssinet Pariset ainsi qu'aux sapeurs pompiers des Deux Alpes.

7°) - AUTRES DISPOSITIONS

7.1. - Accident ou incident

Tout accident ou incident susceptible de porter atteinte aux intérêts visés à l'article 1er de la loi du 19 Juillet 1976 doit être déclaré dans les meilleurs délais à l'Inspecteur des Installations Classées.

Sauf exception dûment justifiée, en particulier pour des motifs de sécurité, il est interdit de modifier en quoi que ce soit l'état des installations où a eu lieu l'accident ou l'incident tant que l'inspecteur des installations classées n'en a pas donné l'autorisation et, s'il y a lieu, après l'accord de l'autorité judiciaire.

7.2. - Contrôle et analyse

L'inspecteur des Installations Classées pourra demander que des contrôles, des analyses et des prélèvements soient effectués par un organisme indépendant, dont le choix sera soumis à son approbation s'il n'est pas agréé à cet effet dans le but de vérifier le respect des prescriptions du présent arrêté ; les frais occasionnés par ces études seront supportés par l'exploitant.

Il pourra également demander la mise en place et l'exploitation aux frais de l'exploitant d'appareils pour le contrôle des émissions ou des concentrations des matières polluantes dans l'environnement.

7.3. - Enregistrements, rapports de contrôle et registres

Tous les enregistrements, rapports de contrôle et registres mentionnés dans le présent arrêté seront conservés respectivement durant un an, deux ans, et cinq ans à la disposition de l'inspecteur des installations classées qui pourra, par ailleurs, demander que des copies ou synthèses de ces documents lui soient adressées.

7.4. - Normes

En cas de modification de l'une des normes rendues applicables par le présent arrêté, l'homologation de la norme modifiée entraînera substitution des dispositions de cette dernière à celles de la norme précédente.

Article 3 - Prescriptions Particulières

1°) - Compression d'air

1.1. - Les récipients d'air comprimé concernés (déshuileurs, refroidisseurs, ...) devront satisfaire à la réglementation des appareils à pression (décret du 18.01.1943).

Les dispositions générales de l'article 2 du décret du 18 Janvier 1943 sont applicables au réseau d'air comprimé.

1.2. - Des filtres maintenus en bon état de propreté devront empêcher la pénétration des poussières dans les compresseurs.

1.3. - Les compresseurs seront pourvus de dispositifs arrêtant automatiquement l'appareil si la pression de gaz devient trop faible à son alimentation ou si la pression à la sortie dépasse la valeur fixée. Un autre dispositif automatique empêchera la mise en marche des compresseurs ou assurera leur arrêt en cas d'alimentation insuffisante en eau.

1.4. - L'arrêt des compresseurs devra pouvoir être commandé par des dispositifs appropriés judicieusement répartis, dont l'un au moins sera placé à l'extérieur du local où se trouvent implantés les compresseurs.

Ce dispositif devra arrêter également l'ensemble des installations (arrêt d'urgence).

1.5. - Des dispositifs efficaces de purge seront placés sur tous les appareils aux emplacements où des produits de condensation seront susceptibles de s'accumuler.

Toutes mesures seront prises pour assurer l'évacuation des produits de purge et pour éviter que la manoeuvre des dispositifs de purge ne crée des pressions dangereuses pour les autres appareils ou pour les canalisations.

1.6. - Tout incident se produisant dans le local de l'usine à neige (au niveau des compresseurs, transformateurs, ...) devra être signalé immédiatement au local de surveillance de l'usine.

1.7. - Tout incident sur les installations devra pouvoir entraîner la coupure de l'alimentation électrique et donc l'arrêt de toutes les installations. Un bouton d'arrêt d'urgence devra être installé au local de surveillance en plus de celui prévu au § 1.4. ci-avant.

1.8. - Dans les locaux sont interdits les flammes à l'air libre ainsi que tous les appareils susceptibles de produire des étincelles (chalumeaux, appareils de soudage, ...).

Il est notamment interdit de fumer. Cependant, lorsque des travaux nécessitant la mise en oeuvre de flammes ou d'appareils tels que ceux visés ci-dessus doivent être entrepris dans ces zones, ils feront l'objet d'un "permis feu" délivré et dûment signé par l'exploitant ou par la personne qu'il aura nommément désignée. Ces travaux ne pourront s'effectuer qu'en respectant les règles d'une consigne particulière établie sous la responsabilité de l'exploitant.

Cette consigne fixera notamment les moyens de lutte contre l'incendie devant être mis à la disposition des agents effectuant les travaux d'entretien.

2°) - Autres dispositions

Avant la mise en service des installations prévues en 2ème phase, le District des Deux Alpes devra fournir préalablement à l'Inspecteur des Installations Classées :

- une étude indiquant les quantités d'eau utilisées par les installations concernées par la première phase, compte tenu des surfaces enneigées, du temps de fonctionnement, ...
- un bilan ressources/besoins en eau pour la mise en exploitation des installations prévues en 2ème phase, compte tenu des éléments recueillis ci-avant
- un plan sur lequel figurera l'emplacement des canons à neige prévus en 2ème phase.

Commune de Les Deux Alpes

**ÉTUDE GÉOLOGIQUE
ET GÉOTECHNIQUE
DU SITE DE LA RETENUE**

SAGE

Annexe PU 2

COMMUNAUTE DE COMMUNES DES DEUX ALPES

Projet de retenue collinaire de
«LA MURA»
STATION DES DEUX-ALPES

Etude géotechnique

Gières, Révision Février 2006 – RP.2922bis

SAGE
SOCIETE ALPINE DE GEOTECHNIQUE

2, rue de la Condamine – B.P. 17

38610 GIERES

☎ 04.76.44.75.72 📠 04.76.44.20.18

SOMMAIRE

1 – INTRODUCTION	1
2 – SITUATION	2
3 – CONTEXTE GEOLOGIQUE.....	2
4 – PROGRAMME DES RECONNAISSANCES	3
5 – RESULTATS DES RECONNAISSANCES DE SOLS.....	4
5.1. Observations géologiques - Hydrogéologiques	4
5.2. Analyse des risques naturels	5
5.2.1. <i>Présence de gypses</i>	5
5.2.2. <i>Stabilité des pentes</i>	5
5.2.3. <i>Chutes de blocs</i>	5
5.3. Résultats des sondages géophysiques.....	5
5.4. Synthèse des résultats.....	6
6 – IMPLICATIONS SUR LA CONCEPTION DE LA RESERVE D'EAU	7
6.1. Terrassement de la cuvette	7
6.2. Talus des déblais de la cuvette	7
6.3. Digue.....	8
6.4. Drainage de la cuvette.....	9
6.5. Emploi des matériaux en remblais.....	9
6.6. Protection du complexe d'étanchéité	9
6.7. Sécurisation du projet.....	9
6.8. Prise en compte de la sismicité.....	10
6.9. Avis sur la stabilité des terrains du vallon de la Selle dans le cas d'une simulation de rupture de digue.....	10
7 – CONCLUSIONS	11

■ ■ ■

1 – INTRODUCTION

Demandeur :

Communauté de communes des DEUX ALPES - 38860 LES DEUX ALPES.

Objet :

La présente étude est relative à un projet de construction d'une **retenue d'eau collinaire d'une capacité de 350 000 m³ environ sur la station des DEUX-ALPES.**

Les objectifs de cette étude sont les suivants :

- Détermination de la structure géologique des terrains de fondations,
- Evaluation des risques naturels,
- Implications sur le projet de retenue collinaire (*pentés des talus de remblais et de déblais, drainage, fondation et stabilité de la digue*),

Cette étude correspond à une mission de type **G12** au sens de la classification des missions géotechniques types de l'Union Syndicale Géotechnique.

Documents consultés :

- Carte géologique du B.R.G.M. – Feuille Saint-Christophe en Oisans au 1/50.000.
- Plan photogrammétrique au 1/5000.
- Plan et coupes du projet au 1/500 établi par le bureau SAGE INGENIERIE.

2 – SITUATION

Le projet se situe dans la dépression de la Brèche de la Mura vers 2800 m d'altitude située immédiatement à l'Est du Lac Noir (*cf. figures N°1 –2 plans de situation*). Le site correspond à un plateau composé d'une multitude de petites dépressions occupées par des petits lacs de diamètre 5 à 3 m environ.

3 – CONTEXTE GEOLOGIQUE

D'après la carte géologique (*feuille «Saint-Christophe en Oisans au 1/50 000 agrandie au 1/10000 figure 3*), l'ensemble du site est constitué par des formations gneissiques séparées à l'Ouest de formations du Trias par une faille ; ces formations du Trias comprenant essentiellement des dolomies, des calcaires du « Muschelkak », et des cargneules.

4 – PROGRAMME DES RECONNAISSANCES

Le programme d'investigation comprend :

- des observations géologiques et hydrogéologiques,
- des relevés des indices d'instabilité éventuels,
- **5 profils sismiques – PS1 à PS5** (*longueur = 60 m / profondeur d'investigation = 0 à 10/15 mètres*).

L'implantation et les résultats de l'ensemble de ces sondages sont présentés en annexe (*plan d'implantation – figure N°5*).

Il est à noter qu'aucun sondage à la pelle n'a pu être réalisé dans l'emprise de la réserve en raison de la présence du substratum rocheux affleurant (refus à la pelle).

5.1. Observations géologiques – Hydrogéologiques

Des observations géologiques de surface ont permis de mettre en évidence la structure géologique suivante (figure N°4):

- des gneiss plus ou moins riches en biotites qui forment l'ossature de la brèche de la Mura. Ces gneiss sont recoupés par un réseau de failles orientées sensiblement N-S qui sont à l'origine de dépressions qui ont été comblées par les formations du Trias. Ces gneiss sont à la fois très massifs et fracturés.
- des cargneules (*roches tendres jaunâtres*) du Trias. Elles affleurent en limite Ouest du site (*côté Lac Noir*). Au sein de ce Trias, ces cargneules sont associées à des calcschistes qui affleurent légèrement plus à l'Ouest sur la rive gauche du Lac Noir. Il est possible qu'on puisse les retrouver sous les cargneules voire des dolomies. Les cargneules sont assez massives comme le montrent les affleurements autour du Lac Noir.

Le contact entre les gneiss et les cargneules s'effectue suivant un plan N12 faiblement penté de 10° vers l'Ouest. Les gneiss présentent une foliation orientée entre N155 à NS pentée de 55° à 70° vers le N.O. On a relevé des familles de fractures ou cassures :

- N140 penté de 60° vers le N.E., débit décimétrique,
- N 70 penté de 75° vers le S.E., plans irréguliers ouverts.

Du point de vue de l'Hydrogéologie, le site est caractérisé par la présence de petites rétentions d'eau qui s'assèchent partiellement ou totalement l'été. Cela montre que le substratum est globalement massif, peu perméable. Dans le vallon de la Selle, on a relevé en pied du versant situé à l'aplomb des deux brèches de la Mura et de St-Christophe, une source pérenne qui circule probablement au sein d'une fracture.

5.2. Analyse des risques naturels

Pour ce site de retenue collinaire, il a été analysé les risques éventuels :

- de présence de gypses en profondeur pouvant générer des effondrements (*dolines*),
- de glissements de terrain,
- et de chutes de blocs.

5.2.1. Présence de gypses

Aucune doline ou indice pouvant faire penser à la présence de gypses n'ont été relevés sur l'ensemble du site.

5.2.2. Stabilité des pentes

Au niveau du site, aucun indice de glissement de terrain ou d'instabilité de masse rocheuse n'a été relevé. Une analyse de la falaise rocheuse située sous le projet de réserve a été effectuée jusqu'au niveau du vallon de la selle. Aucun indice d'instabilité n'a été relevé.

5.2.3. Chutes de blocs

Le site n'est soumis à aucun risque de chute de blocs.

5.3. Résultats des sondages géophysiques

Malgré la présence du substratum gneissique affleurant, nous avons cherché à caractériser plus précisément ces gneiss. Pour cela, nous avons réalisé 5 profils sismiques de longueur 60 m. Les résultats présentés en annexe (figure 6) sont les suivants :

Globalement, les sondages ont permis de mettre en évidence la présence de deux couches :

- ➔ Une couche très superficielle de gneiss fracturés de 1 à 3 m selon les endroits caractérisée par des vitesses sismiques V_p comprises entre :

- $650 < V_p < 1470$ m/s

Cependant, les résultats sont pessimistes. En effet, ces faibles vitesses indiqueraient que les terrassements de cette couche puissent être réalisés par une grosse pelle, ce qui n'est pas le cas.

→ Le substratum gneissique massif présentant des vitesses sismiques élevées :

- $3520 < V_p < 4480$ m/s

On peut observer que localement, entre les deux couches, il a été mis en évidence la présence de lentilles de très faible épaisseur, caractérisées par des vitesses assez fortes : $2000 < V_p < 2512$ m/s.

5.4. Synthèse des résultats

Globalement, le projet est fondé au sein d'un substratum rocheux gneissique très dur légèrement fracturé en surface, stable, peu perméable en profondeur. Les cargneules affleurantes en limite Ouest du projet sont assez massives et ne présentent pas d'anomalie particulière.

6 – IMPLICATIONS SUR LA CONCEPTION DE LA RESERVE D'EAU

Le projet prévoit la réalisation d'une retenue collinaire, au stade de cet avant-projet induisant :

- La mise en œuvre d'une digue de 16 m de hauteur maximale par rapport au pied de talus environ en travers de la brèche.
- La création de la cuvette par un surcreusement et un façonnage du plateau.

Le chemin de digue sera calé autour de la cote 2814.40 avec un fond de la retenue situé à 2801.20.

6.1. Terrassement de la cuvette

L'analyse des profils de terrassement conduisent aux remarques suivantes :

- Les matériaux concernés par le projet de déblai correspondent essentiellement à des gneiss très durs en grande partie massifs sauf au niveau de la tranchée d'amenée d'eau à l'usine où les terrassements intéresseront des cargneules, éventuellement des calcschistes voire des dolomies.
- Au vu des vitesses sismiques enregistrées dans ces terrains, l'ensemble des terrassements de la cuvette sera réalisé par minage avec l'utilisation de la technique de pré-découpage. Quant à la tranchée d'amenée d'eau, son creusement nécessitera l'emploi d'une pelle de forte puissance dans les cargneules du minage dans les autres formations.

6.2. Talus des déblais de la cuvette

L'ensemble des talus de déblais de la cuvette sera réalisé selon une pente maximale de 45%. Les talus rocheux pourront nécessiter éventuellement un confortement ponctuel (*clouage, enrochements maçonnés...*) après minage, compte tenu des hétérogénéités observées et des pendages assez variables mesurés sur les gneiss. Les adaptations seront effectuées lors du suivi de chantier.

En ce qui concerne la tranchée une étude de type G2 sera effectuée lors d'une phase d'étude ultérieure (avant la réalisation du DCE) pour préciser les conditions de terrassement et de stabilité.

6.3. Digue

De hauteur 15m environ, la digue sera fondée au sein des gneiss très durs après la purge d'une couverture de gneiss plus fracturés sur une épaisseur supérieure ou égale à 1m.

Compte tenu des caractéristiques des matériaux de la future digue (*matériaux 0/400 issus du minage du substratum rocheux*) :

$$C' = 0, \phi' = 40^\circ$$

La digue pourra être réalisée en adoptant des pentes de talus qui ne devront pas dépasser 26.5° (*côté aval*) de manière à justifier d'un coefficient de stabilité de 1.5 ($\tan 45^\circ / \tan 26.5^\circ$).

Afin d'assurer une stabilité parfaite, nous avons choisi de réaliser la digue en supposant un désordre majeur sur la membrane d'étanchéité. Pour cela, nous avons prévu la mise en œuvre d'un tapis drainant prolongé par une cheminée drainante à 45° de 0.80 m d'épaisseur sur 5 m de hauteur au sein de la digue (*cf. coupe en travers en annexe*). Des calculs de stabilité ont été effectués en prenant aussi en compte les paramètres sismiques suivants :

Hypothèses de calculs :

- nappe (*cf. profil de calcul en annexe*)
- zone sismique faible : 1A, classe ouvrage C, site S0 $\tau=1$, $a= 1.5 \text{ m/s}^2$
- $\sigma_h = 0.076$, $\sigma_v = +/- 0.031$
- méthode des coefficients partiels + coefficients de pondération
- F_{mini} recherché : 1
- Coefficients partiels :
- en statique : 1.3 sur $\tan \phi$, 1.125 sur la méthode
- au séisme : 1.2 sur $\tan \phi$, 1 sur la méthode
- caractéristiques des matériaux : remblais $c= 0$, $\phi' = 40^\circ$,
- tapis drainant : $c= 0$, $\phi' = 45^\circ$

Résultats :

- En statique : $F_{\text{mini}} > 1.12$
- Avec séisme : $F_{\text{mini}} > 1.13$ (*séisme ascendant*), 1.16 (*séisme descendant*).
- **On constate que même en supposant un effacement accidentel de la membrane d'étanchéité lors d'un séisme, la digue est stable.**

6.4. Drainage de la cuvette

Compte tenu des venues d'eau ponctuelles possibles au sein de fractures, il sera disposé un géotextile drainant de type Géodrain sur le talus de la cuvette. Les eaux seront recueillies au sein d'un drain périphérique.

Les zones de venues d'eau pourront aussi être traitées à l'aide soit de masques drainants d'épaisseur 0.40 m au niveau de la cuvette soit d'éperons drainants au niveau de la tranchée. En première estimation, ces éperons seront de profondeur 1.50 m, de longueur 10 m et de largeur 1m disposés tous les 4 m d'axe à axe. Il sera prévu un remplissage des éperons et des masques en matériaux concassés 10/30.

Enfin, en fond de cuvette, il sera mis en œuvre un tapis drainant de 0.30 m d'épaisseur et une tranchée drainante périphérique équipée d'un drain diamètre 200 et remplie de gravettes roulées 10/30.

6.5. Emploi des matériaux en remblais

Lors des travaux, avant le commencement de la mise en œuvre des remblais des digues, un essai Proctor sera réalisé sur les matériaux 0/400 issus du minage de la cuvette.

Les remblais seront mis en place par couches de 0.60 m soigneusement compactées. Un contrôle du compactage sera effectué au cours de la montée de la digue. Les matériaux seront mis en œuvre à 95% de l'optimum Proctor.

Des essais en laboratoire complémentaires seront effectués en début de chantier.

6.6. Protection du complexe d'étanchéité

Compte tenu de la perméabilité des terrains encaissants, une étanchéité par membrane PVC ou équivalent devra être mise en œuvre. Elle sera protégée du support par un géotextile antipoinçonnant de masse surface de 1200 gr au minimum.

6.7. Sécurisation du projet

Après la mise en service de la réserve, la stabilité de la digue devra être surveillée. Il sera prévu la mise en œuvre :

- 3 à 4 piézomètres au travers de la digue ancrés dans le substratum gneissique avec suivi des niveaux d'eaux soit manuel soit automatique.
- Un contrôle de fuite de la membrane d'étanchéité,

6.8. Prise en compte de la sismicité

D'après les données obtenues auprès du laboratoire LGIT (Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique), la zone est très faiblement sismique (*cf. carte de la sismicité en annexe*). Aucune faille sismique n'a été recensée au voisinage du site.

6.9. Avis sur la stabilité des terrains du vallon de la Selle dans le cas d'une simulation de rupture de digue

Dans le cas d'une simulation de rupture de digue, la lame d'eau ne provoquerait pas d'instabilité de la falaise rocheuse située en aval de la digue.

Une fois, la lame d'eau parvenue dans le fond du vallon, elle engendrerait une mobilisation des dépôts d'éboulis renfermant parfois des gros blocs (ces éboulis sont peu argileux) jusqu'au niveau du vallon où ce dernier devient profondément encaissé dans le substratum rocheux en amont de ST-CHRISTOPHE vers la cote 1640 (St Christophe en Oisans étant situé vers la cote 1440).

La mobilisation des éboulis en coulées caillouteuses sera malgré tout limitée par le fait que la pente longitudinale du vallon est globalement faible avec des zones de très faibles pentes.

6.8. Prise en compte de la sismicité

D'après les données obtenues auprès du laboratoire LGIT (Laboratoire de Géophysique Interne et Tectonophysique), la zone est très faiblement sismique (*cf. carte de la sismicité en annexe*). Aucune faille sismique n'a été recensée au voisinage du site.

6.9. Avis sur la stabilité des terrains du vallon de la Selle dans le cas d'une simulation de rupture de digue

Dans le cas d'une simulation de rupture de digue, la lame d'eau ne provoquerait pas d'instabilité de la falaise rocheuse située en aval de la digue.

Une fois, la lame d'eau parvenue dans le fond du vallon, elle engendrerait une mobilisation des dépôts d'éboulis renfermant parfois des gros blocs (ces éboulis sont peu argileux) jusqu'au niveau du vallon où ce dernier devient profondément encaissé dans le substratum rocheux en amont de ST-CHRISTOPHE vers la cote 1640 (St Christophe en Oisans étant situé vers la cote 1440).

La mobilisation des éboulis en coulées caillouteuses sera malgré tout limitée par le fait que la pente longitudinale du vallon est globalement faible avec des zones de très faibles pentes.

7 – CONCLUSIONS

Les reconnaissances de sols effectuées dans le cadre du projet de réserve d'eau ont permis de mettre en évidence les données suivantes :

- L'ensemble de l'ouvrage est globalement fondé au sein d'un substratum rocheux gneissique affleurant.
- Le site est limité à l'Ouest par des cargneules compactes et des calcschistes,
- Aucun indice d'instabilité n'a été relevé.
- La zone est très faiblement sismique.

Une étude complémentaire de type G2 sera effectuée lors d'une phase d'étude ultérieure (*avant le DCE*) pour vérifier les conditions de réalisation et de stabilité des fouilles de la tranchée d'amenée d'eau à l'usine. Un suivi géotechnique (mission G4) sera réalisé lors des travaux.

SAGE se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire et assistance dans le cadre de cette étude.

Figures 6

Site : LES 2 ALPES
Profil : PS1

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème

Est

Ouest

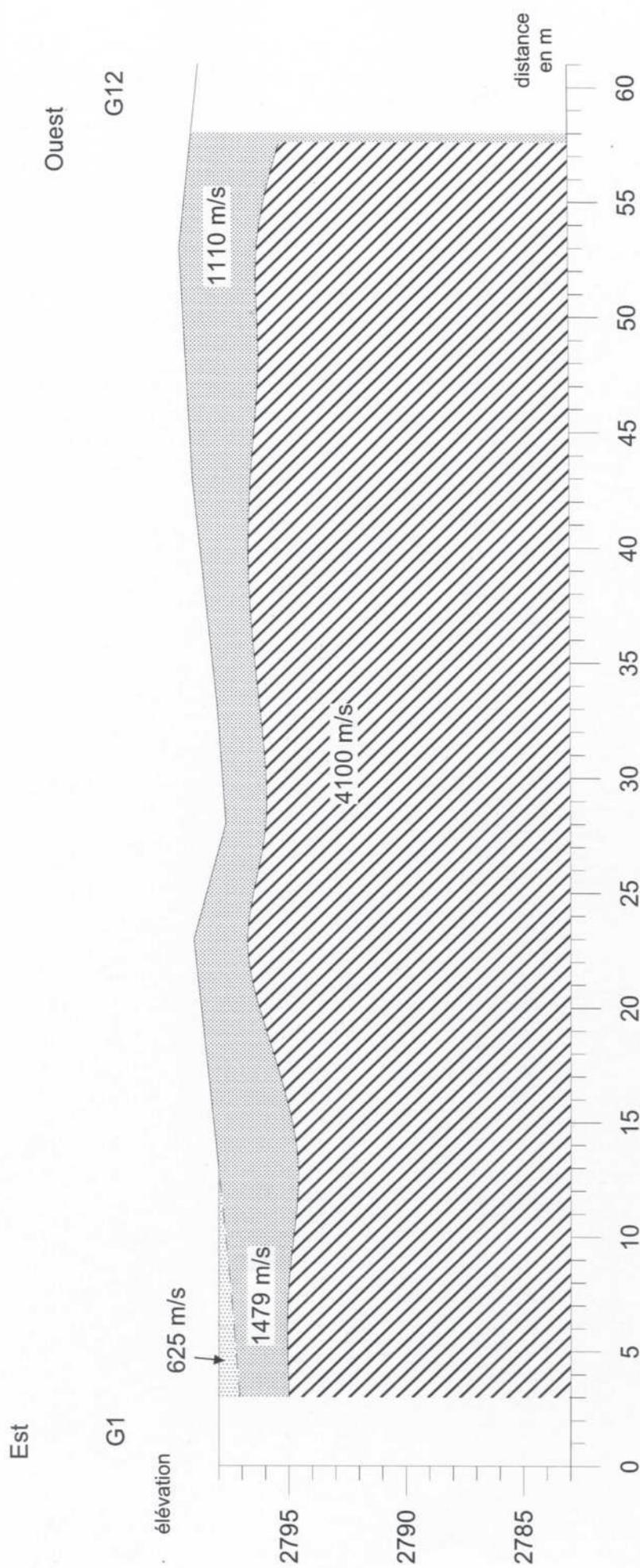
G1

G12



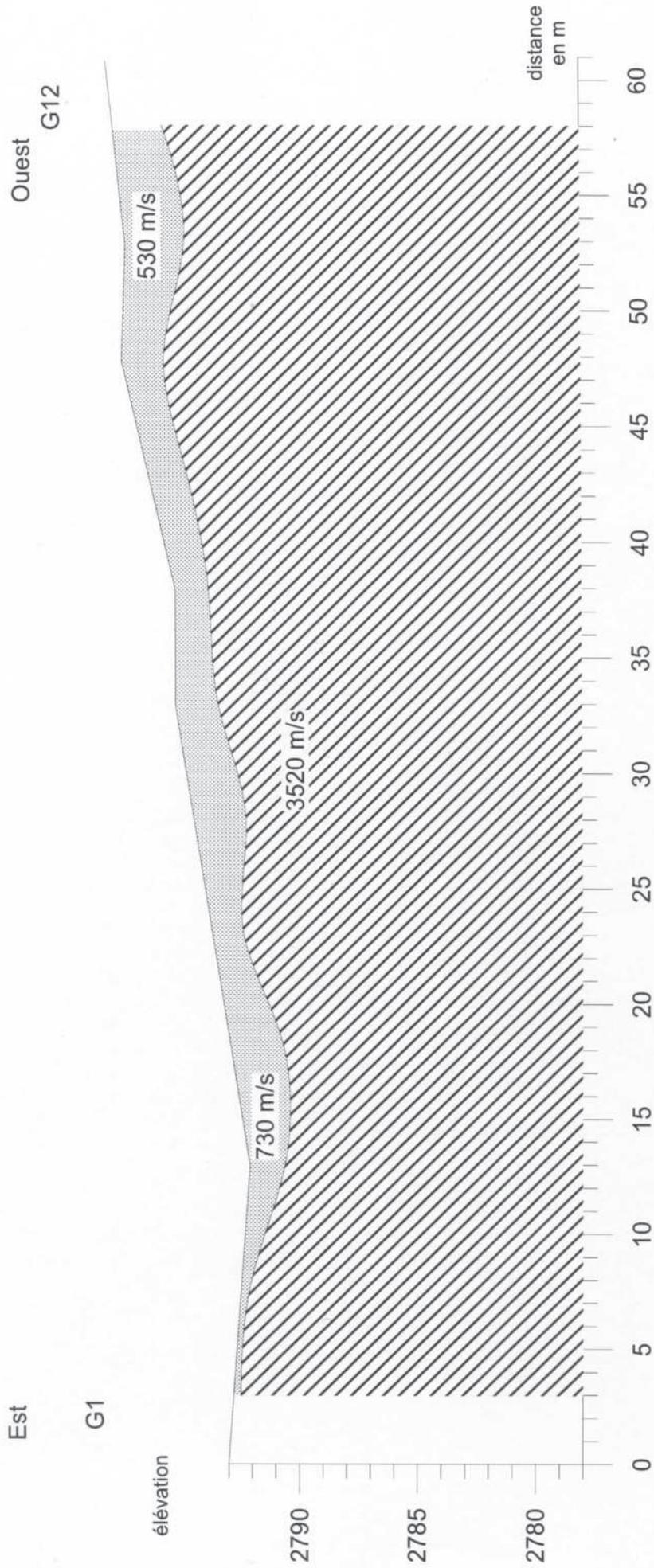
Site : LES 2 ALPES
Profil : PS2

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème



Site : LES 2 ALPES
Profil : PS3

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème



Site : LES 2 ALPES
Profil : PS3

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème



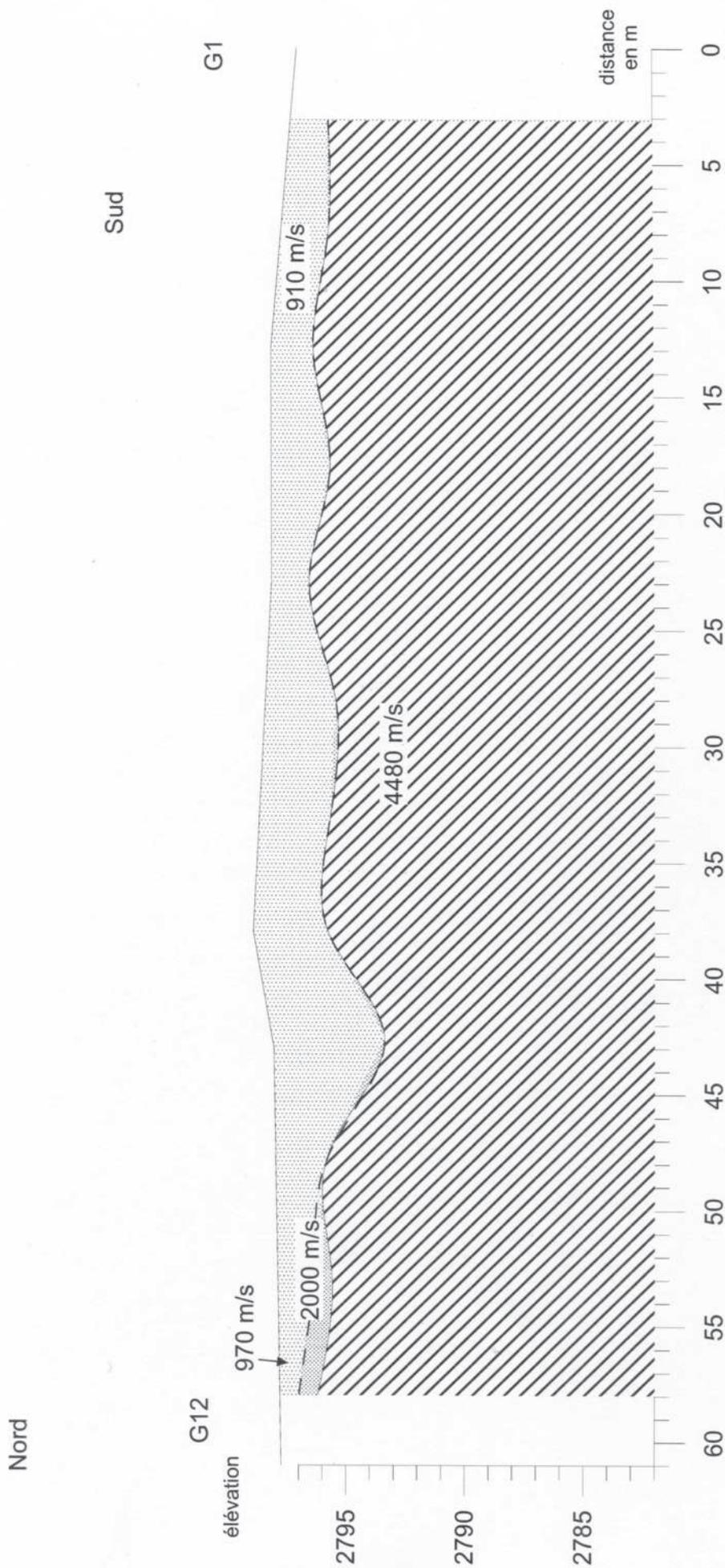
Site : LES 2 ALPES
Profil : PS4

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème



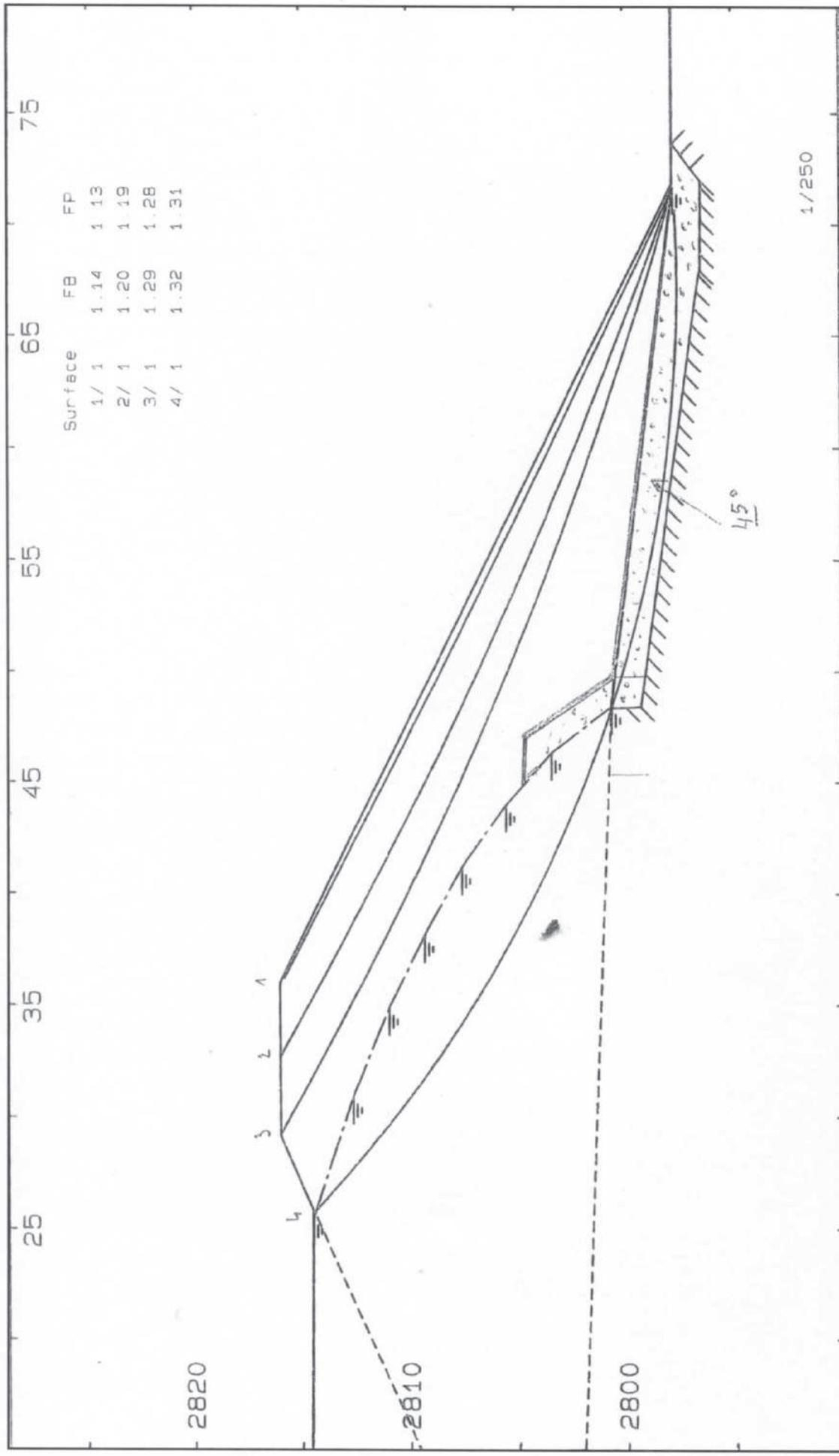
Site : LES 2 ALPES
Profil : PS5

Date : Avril 2004 Ech : 1/250ème



Figures 7

Résultats des calculs de stabilité



1/250

LES 2 ALPES

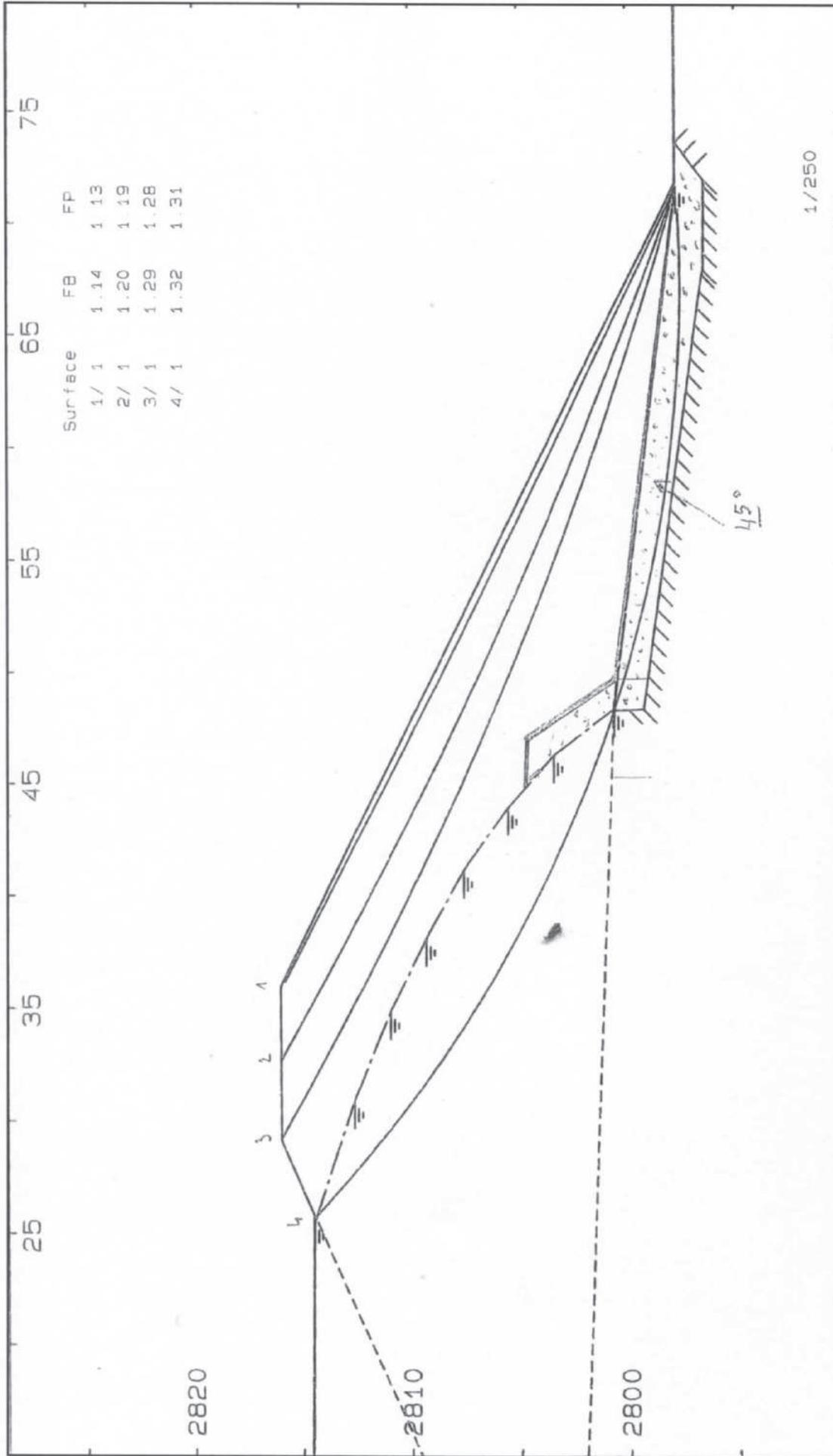
RESERVE D'EAU DE LA MURA

SEISME ASCENDANT

SAGE

2 rue de la Condamine
 BP17 - 38610 GIERES (F)
 Tel 04 76 44 31 15 Fax 04 76 44 20 18

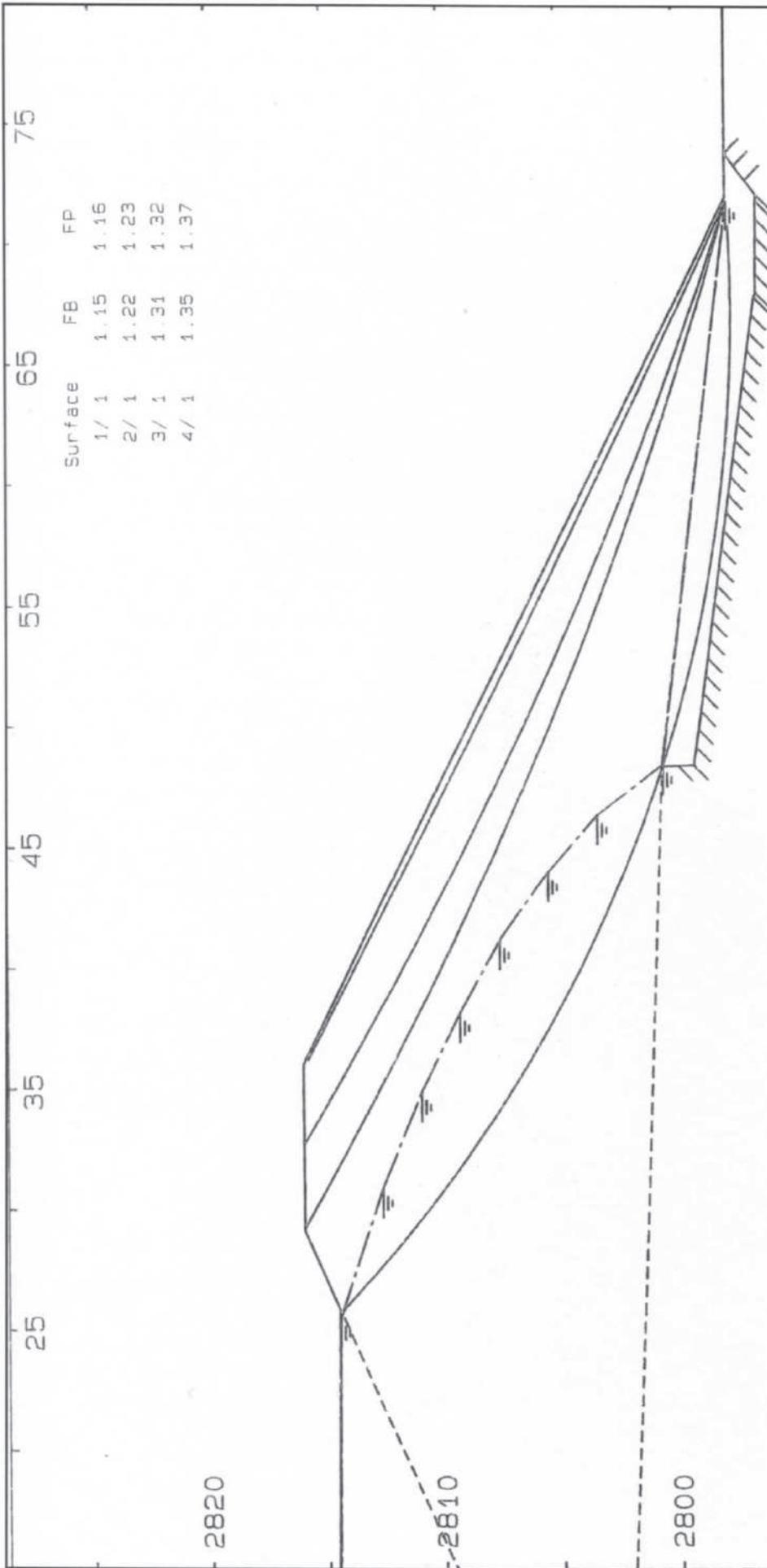
STAB - C/SOL ENGINEERING



LES 2 ALPES
 RESERVE D'EAU DE LA MURA
 SEISME ASCENDANT

SAGE
 2 rue de la Condamine
 BP17 - 38610 GIERES (F)
 Tel. 04.76.44.31.15 Fax 04.76.44.20.18
 STAB - C/SOL ENGINEERING

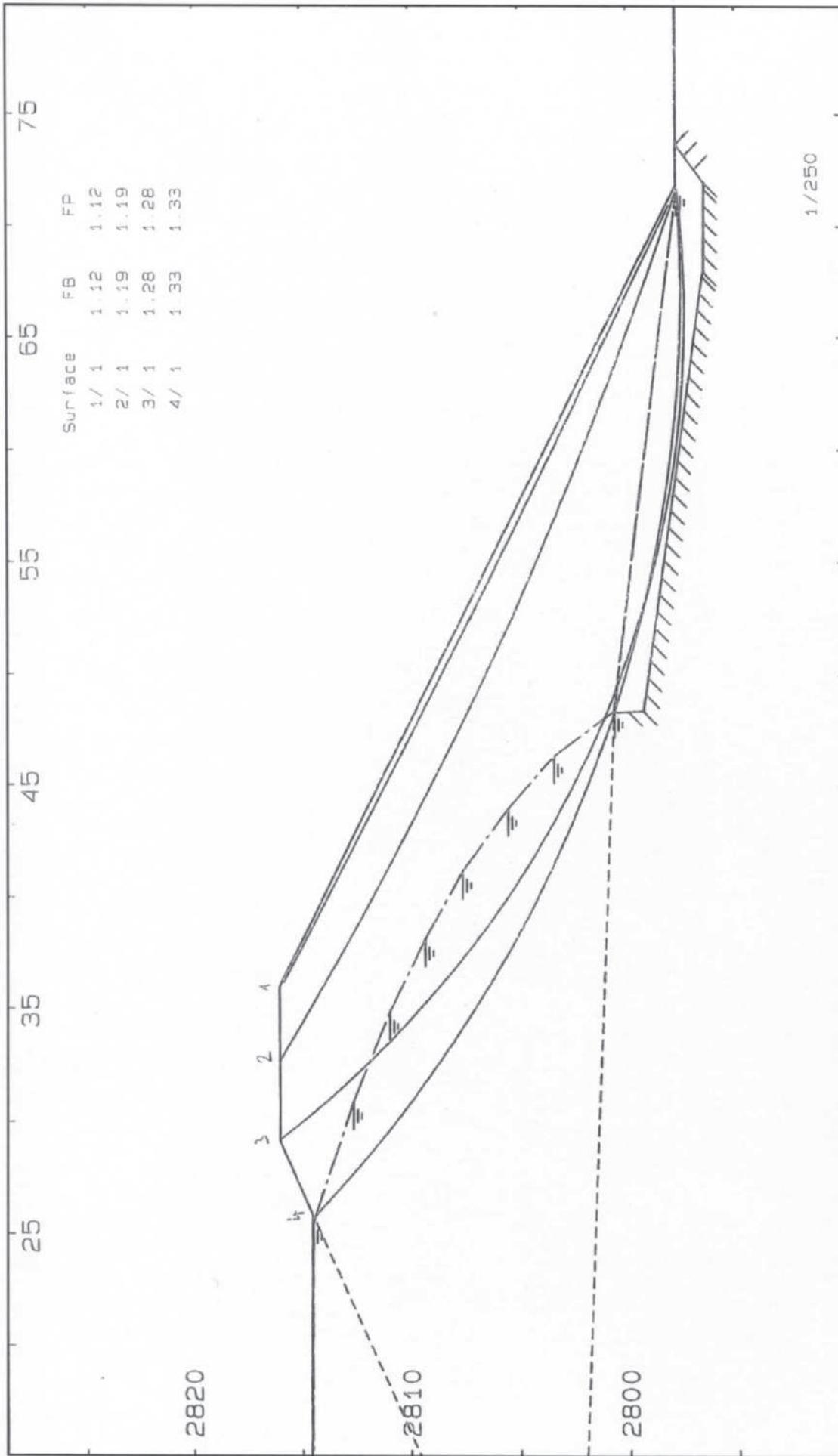
1/250



1/250

LES 2 ALPES
 RESERVE D'EAU DE LA MURA
 SEISME DESCENDANT

SAGE
 2 rue de la Condamine
 BP17 - 38610 GIERES (F)
 Tel 04.76.44.31.15 Fax 04.76.44.20.18
 STAB - c/SOL ENGINEERING



1/250

LES 2 ALPES

RESERVE D'EAU DE LA MURA
STATIQUE

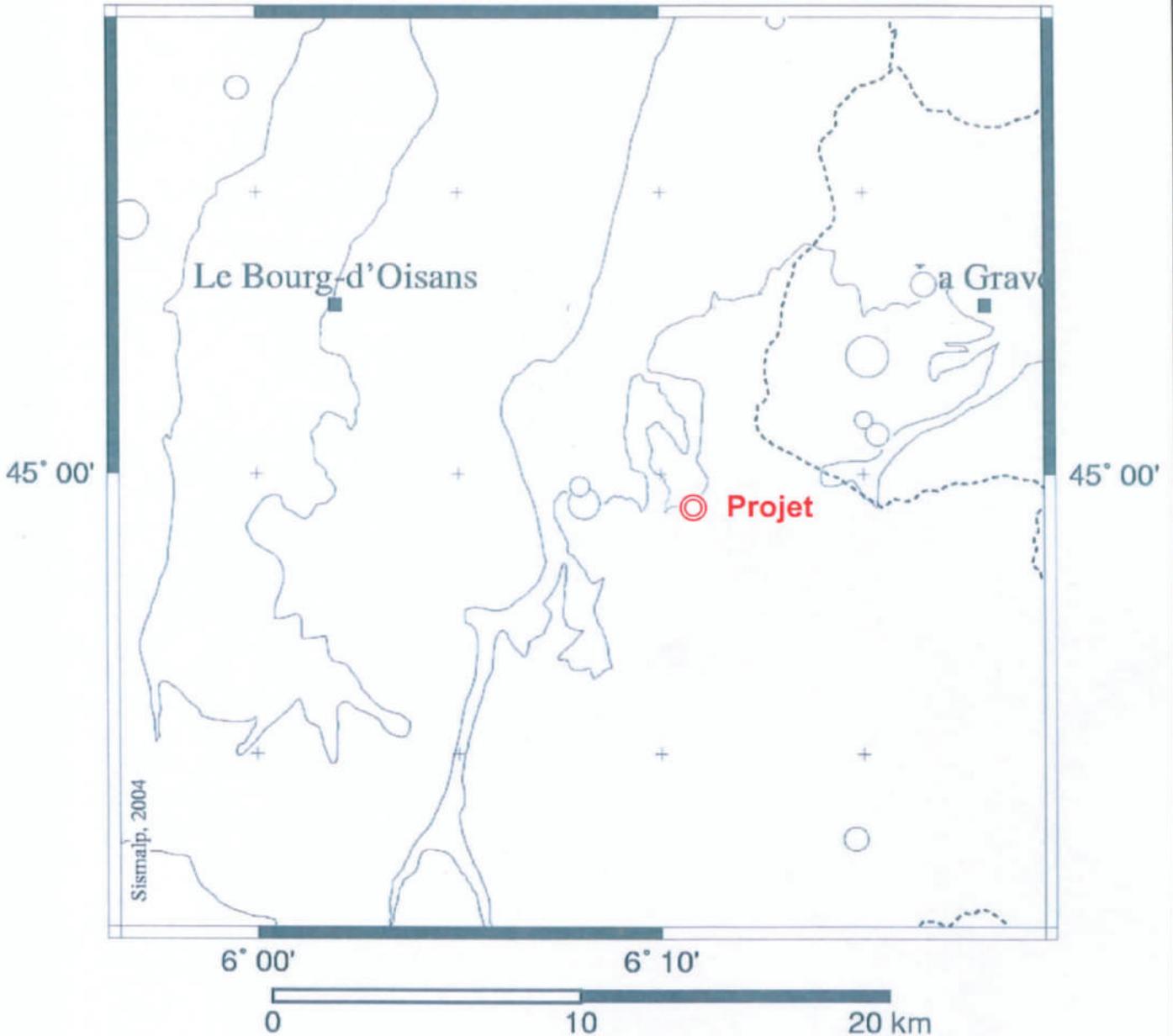
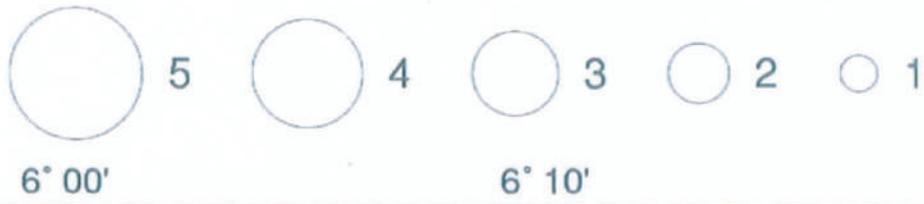
SAGE
2 rue de la Condamine
BP17 - 38610 GIERES (F)
Tel 04.76.44.31.15 Fax 04.76.44.20.18
STAB - c/SOL ENGINEERING

Figures 8

Carte de la sismicité de la région

Station des Deux Alpes

Création d'une réserve d'eau
Lieudit "La Brèche de la Mura"



Carte de la sismicité de la région

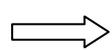
Figure 8



RP 2922

Figures

Figure 1

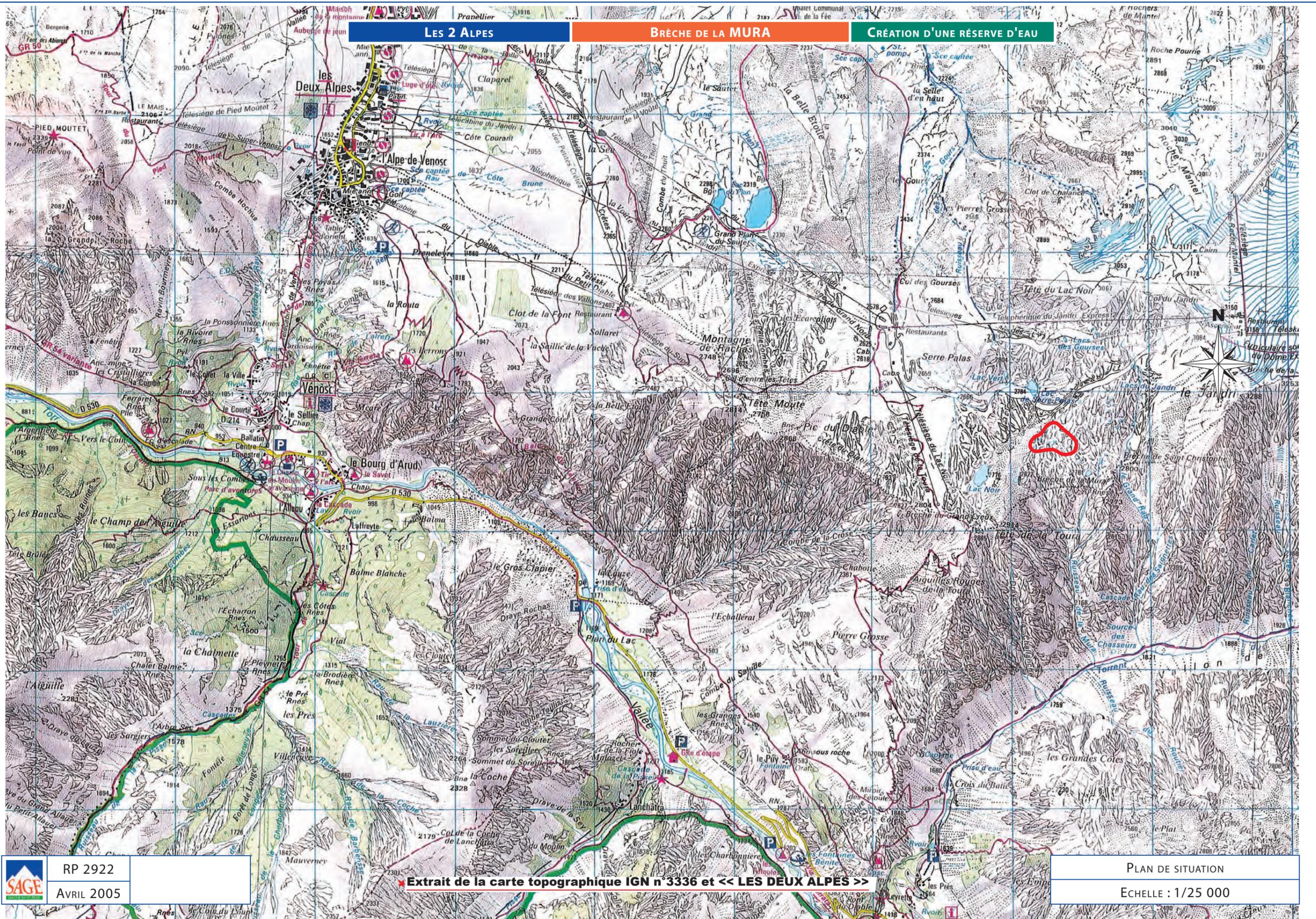


Plan de localisation au 1/25000^{ème}

LES 2 ALPES

BRÈCHE DE LA MURA

CRÉATION D'UNE RÉSERVE D'EAU



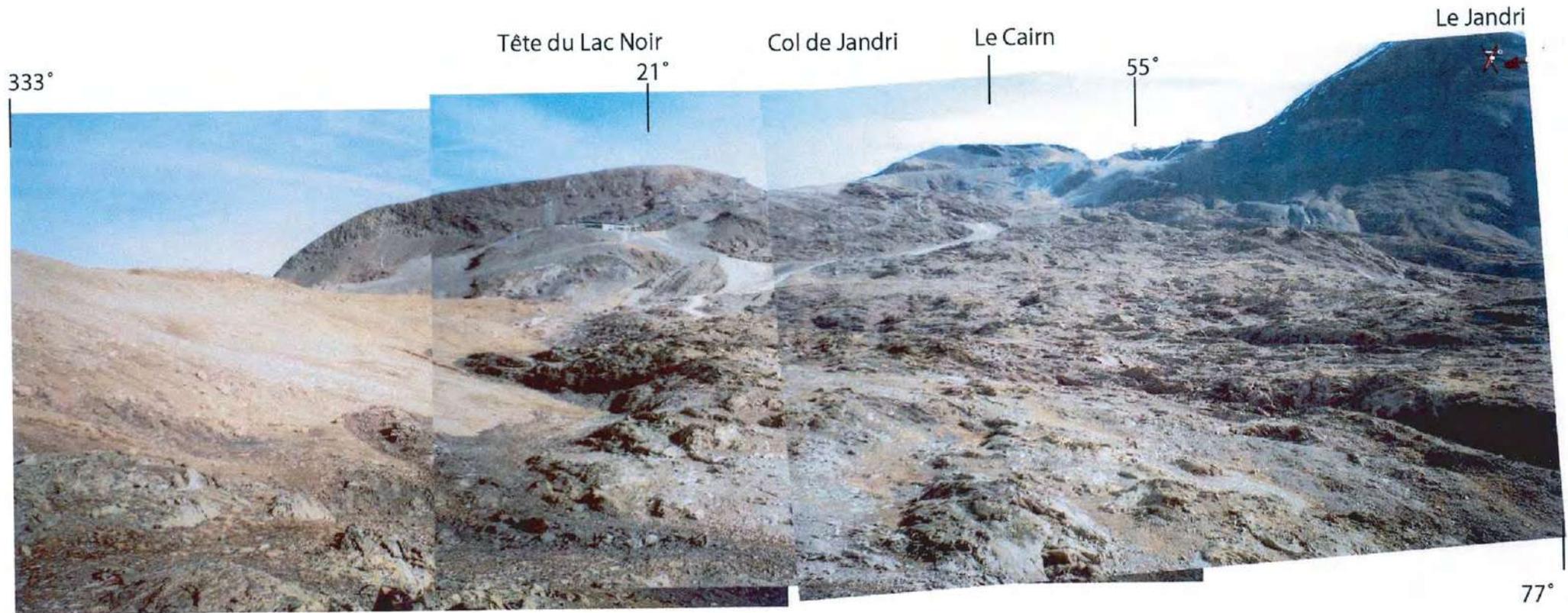
RP 2922
AVRIL 2005

Extrait de la carte topographique IGN n°3336 et << LES DEUX ALPES >>

PLAN DE SITUATION
Echelle : 1/25 000

Station des Deux Alpes

Création d'une réserve d'eau
Lieudit "La Brèche de la Mura"



333°

77°



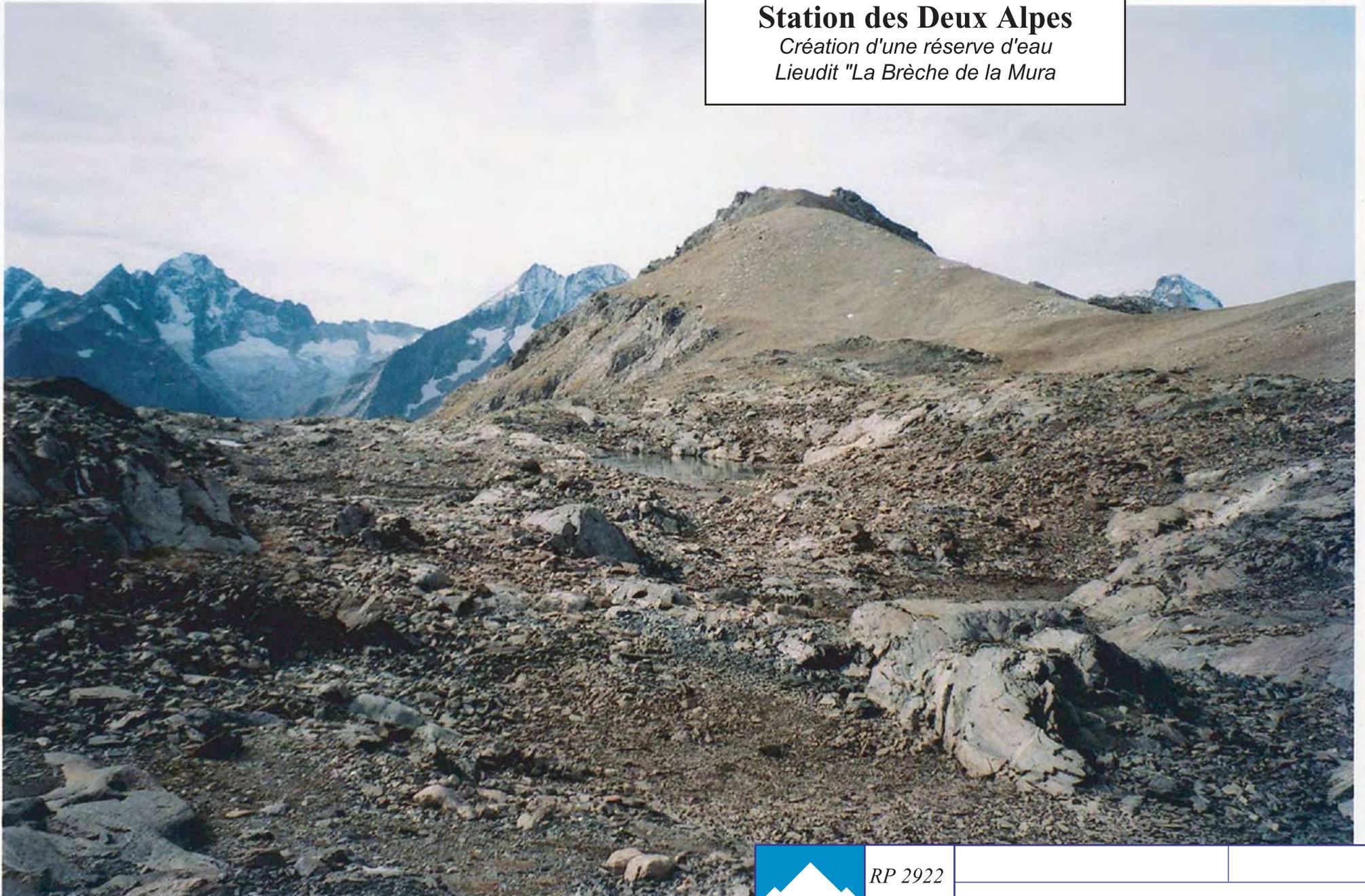
RP 2922

Avril 2005

Vue générale du site

Station des Deux Alpes

*Création d'une réserve d'eau
Lieudit "La Brèche de la Mura"*



RP 2922

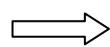
Avril 2005

Vue de la zone Ouest

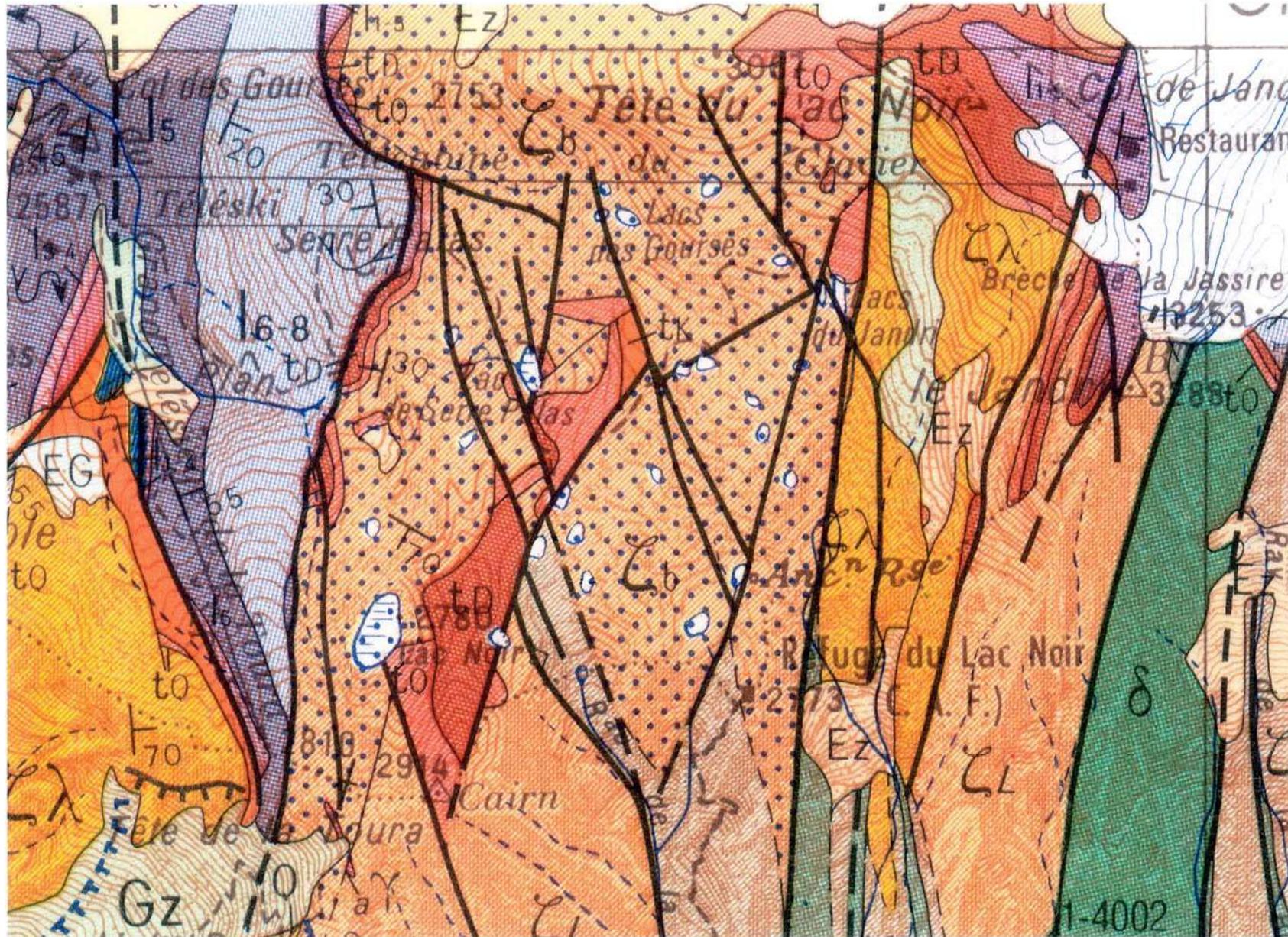


RP 2922

Figure 2



Extrait de la carte géologique au 1/10000^{ème}





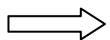
RP 2922

Annexes



RP 2922

Annexe 1



Plan masse et implantation des sondages au 1/1000^{ème}

DEPARTEMENT DE L'ISERE

STATION DES 2 ALPES

" Brèche de la Mura "

Etude lac collinaire

PLAN DE MASSE

ANNEXE N°1

Echelle 1/500

RP 2922



Société Alpine de Géotechnique
2, rue de la Condamine
Z.I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél.: 04.76.44.75.72
Fax: 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com

Etabli par	DATE	DESCRIPTION
L. MINGRAT	12/06/06	Plan de masse Brèche de la Mura (Point Repère 5001)
F. VALLON	05/02/13	Plan de masse Brèche de la Mura

NOTA :
*Coordonnées : Rattaché au plan photogr. 1/5000
(Point Repère 5001) Dossier : 2833-02
Date : 08 Octobre 2002
*Nivellement : Rattaché au plan photogr. 1/5000
(Point Repère 2005)

S.E.L.A.S. DUBOIN - BURNIER Géomètres Experts Associés
Séjour Social : 03, av. de la Libération 73000 MOUTRIERES
Tél. : 04 79 30 51 42 / Fax : 04 79 31 07 57
E-mail : seldubois@selas.com
Rue Secondaire : 05, av. des Chamois Alpha 73000 ALBERTVILLE
Tél. : 04 79 30 51 41 / Fax : 04 79 30 79 43
E-mail : edubois@selas.com
Rue Secondaire : 07, rue du Parc B.P. 95 73000 ST JEAN DE MAURIENNE
Tél. : 04 79 30 51 42 / Fax : 04 79 30 79 43
E-mail : edubois@selas.com

Niveau chemin de digue: 2814.40
Niveau de Plus Hautes Eaux: 2813.70
Niveau évacuation: 2812.70

- Déblais
- Remblais
- Profil sismique
- Mare temporaire

Cunette de dérivation des eaux du bassin versant

COURBE PLAN STEREO 1/5.000

Point	X	Y	Z
S1	203498.64	306004.22	2813.84
S2	203314.97	305817.22	2816.06
S3	203573.91	306113.39	2820.54



VALLON DE LA SELLE RIVE DROITE

ETALEMENT DE LA LAME D'EAU VERS LA BRECHE DE ST CHRISTOPHE LORS DE LA CRUE

DEVERSOIR DE CRUE A enrochement maçonné L=30m, PHE/2813.70, seuil 2812.70

ETALEMENT DE LA LAME D'EAU DANS LA BRECHE DE LA MURA

VALLON DE LA SELLE RIVE DROITE

ETALEMENT DE LA LAME D'EAU LORS DE LA CRUE

DEVERSOIR DE CRUE B enrochement maçonné L=30m, PHE 2813.70, seuil 2812.70

LAC NOIR

FOND MOYEN 2801.20m

Fond cunette 2799.5m

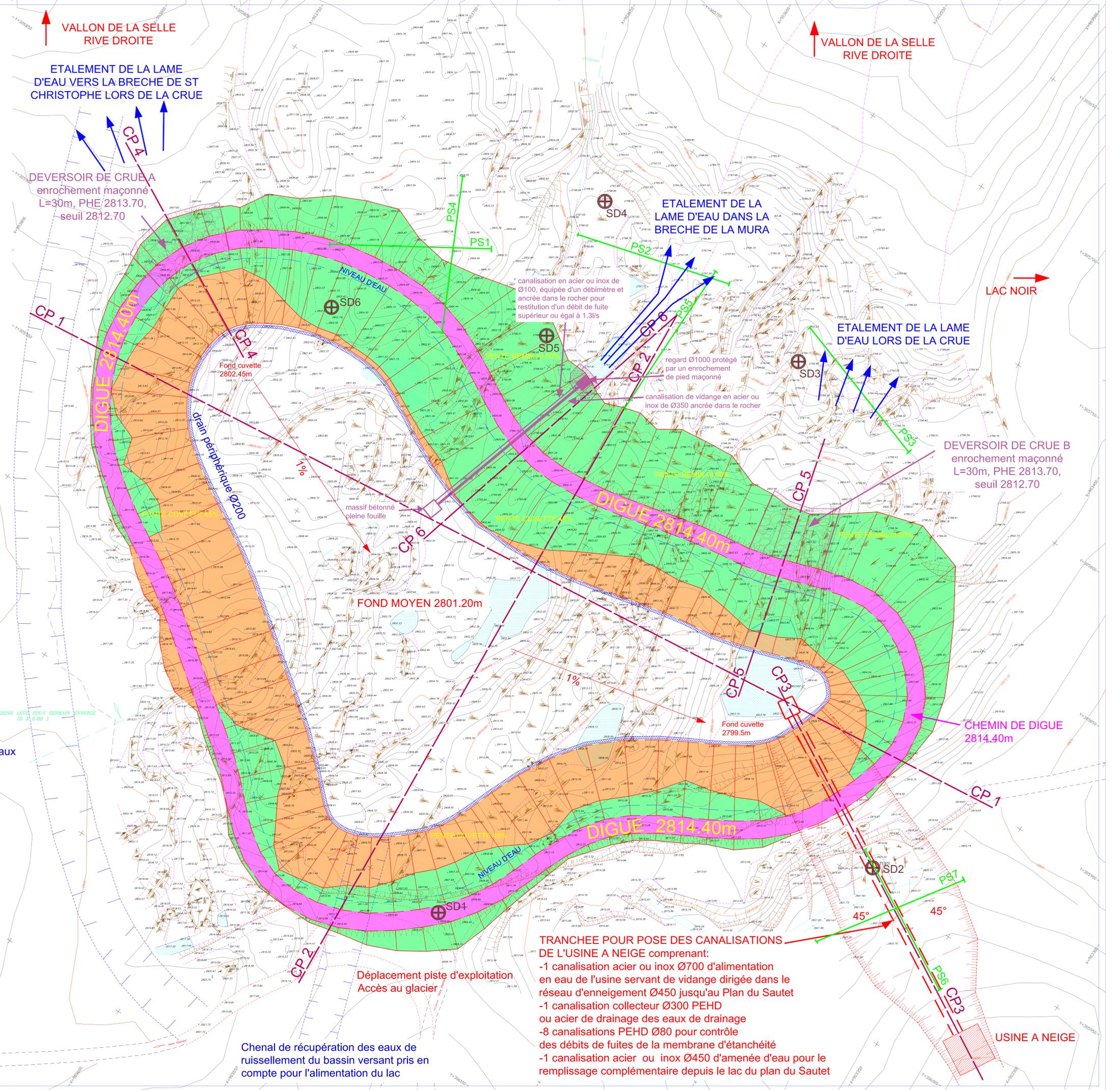
CHEMIN DE DIGUE 2814.40m

Déplacement piste d'exploitation Accès au glacier

Chenal de récupération des eaux de ruissellement du bassin versant pris en compte pour l'alimentation du lac

TRANCHEE POUR POSE DES CANALISATIONS DE L'USINE A NEIGE comprenant:

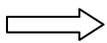
- 1 canalisation acier ou inox Ø700 d'alimentation en eau de l'usine servant de vidange dirigée dans le réseau d'enneigement Ø450 jusqu'au Plan du Sautet
- 1 canalisation collecteur Ø300 PEHD ou acier de drainage des eaux de drainage
- 8 canalisations PEHD Ø80 pour contrôle des débits de fuites de la membrane d'étanchéité
- 1 canalisation acier ou inox Ø450 d'amenée d'eau pour le remplissage complémentaire depuis le lac du plan du Sautet





RP 2922

Annexe 2



Résultats des reconnaissances géophysiques

Site : LES 2 ALPES
Profil : PS1

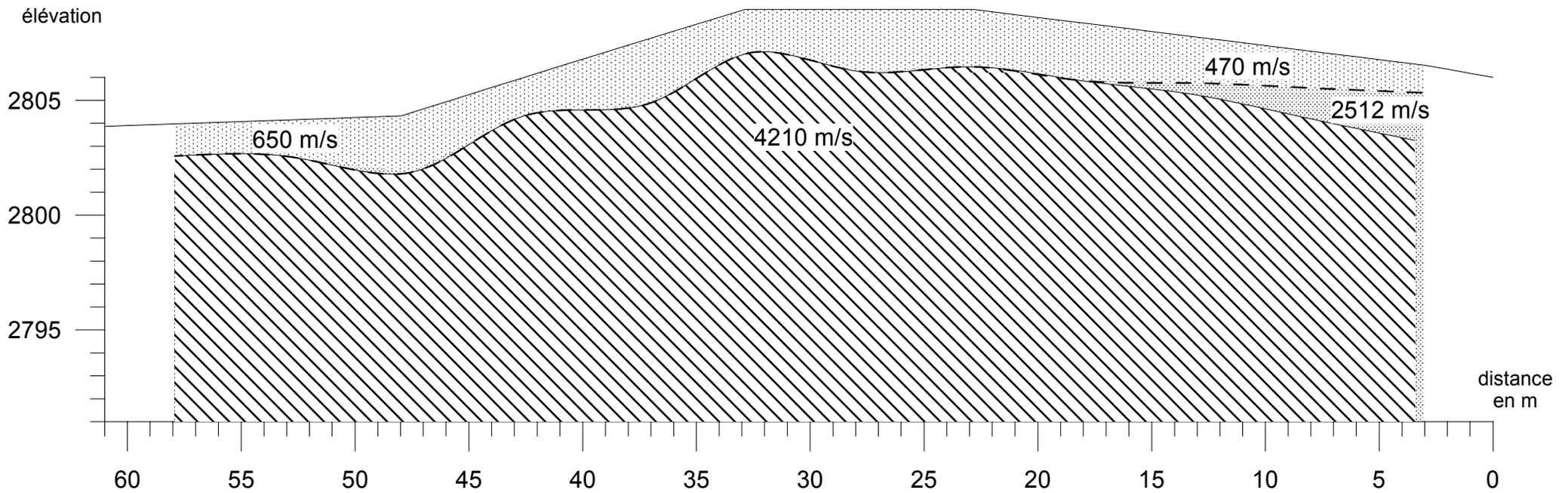
Date : Avril 2004 Ech : 1/250^{ème}

Est

Ouest

G12

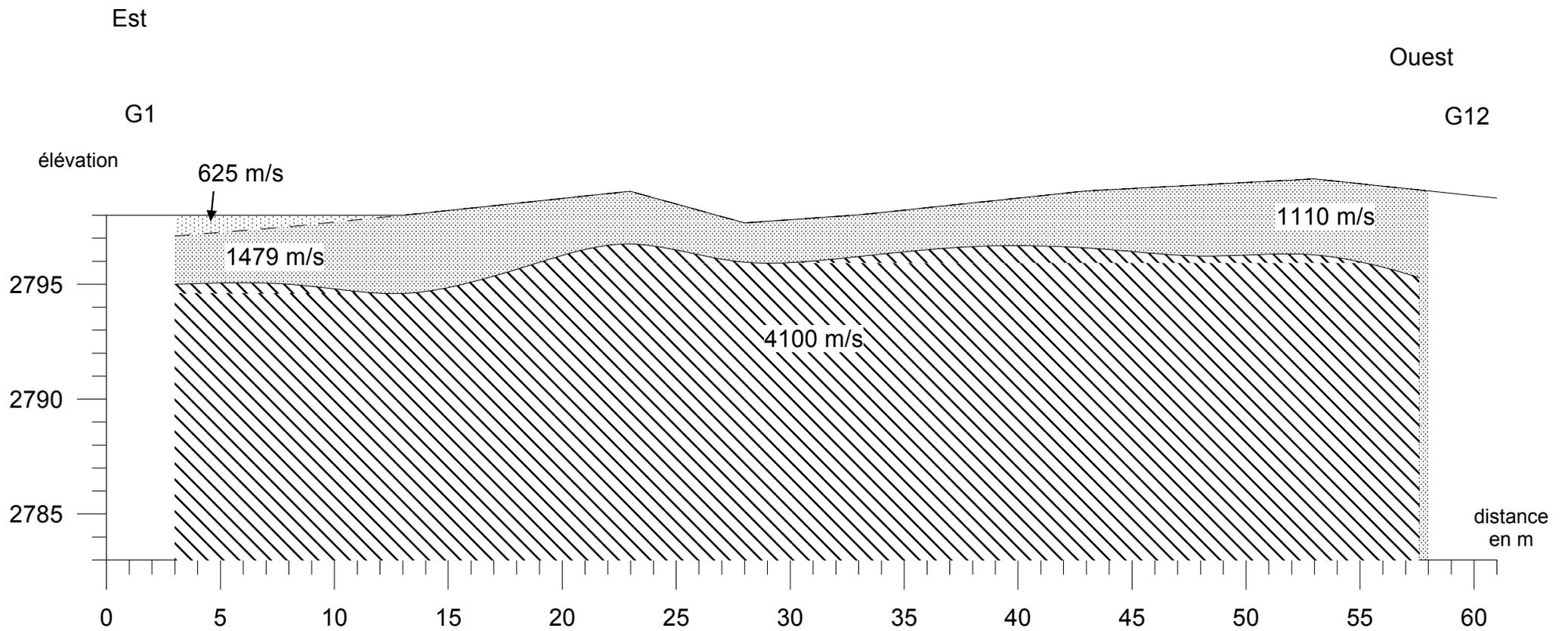
G1



Site : LES 2 ALPES

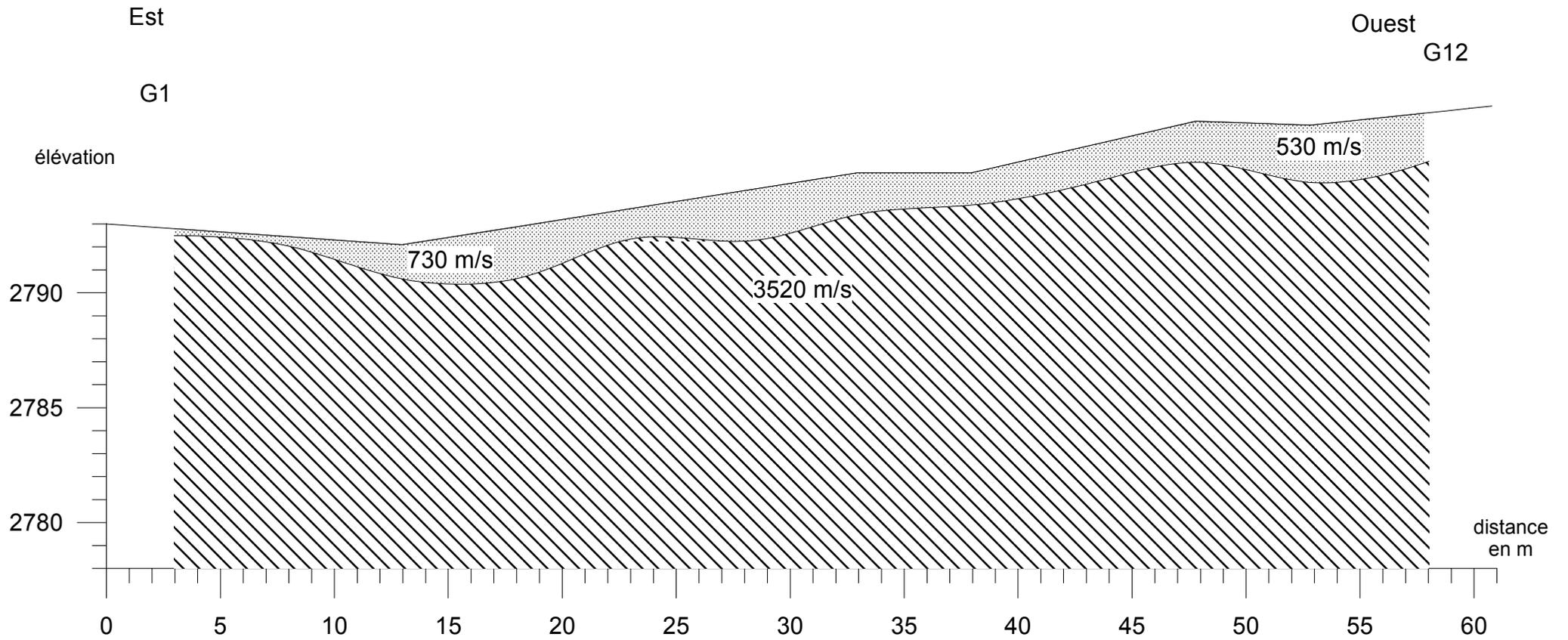
Profil : PS2

Date : Avril 2004 Ech : 1/250^{ème}



Site : LES 2 ALPES
Profil : PS3

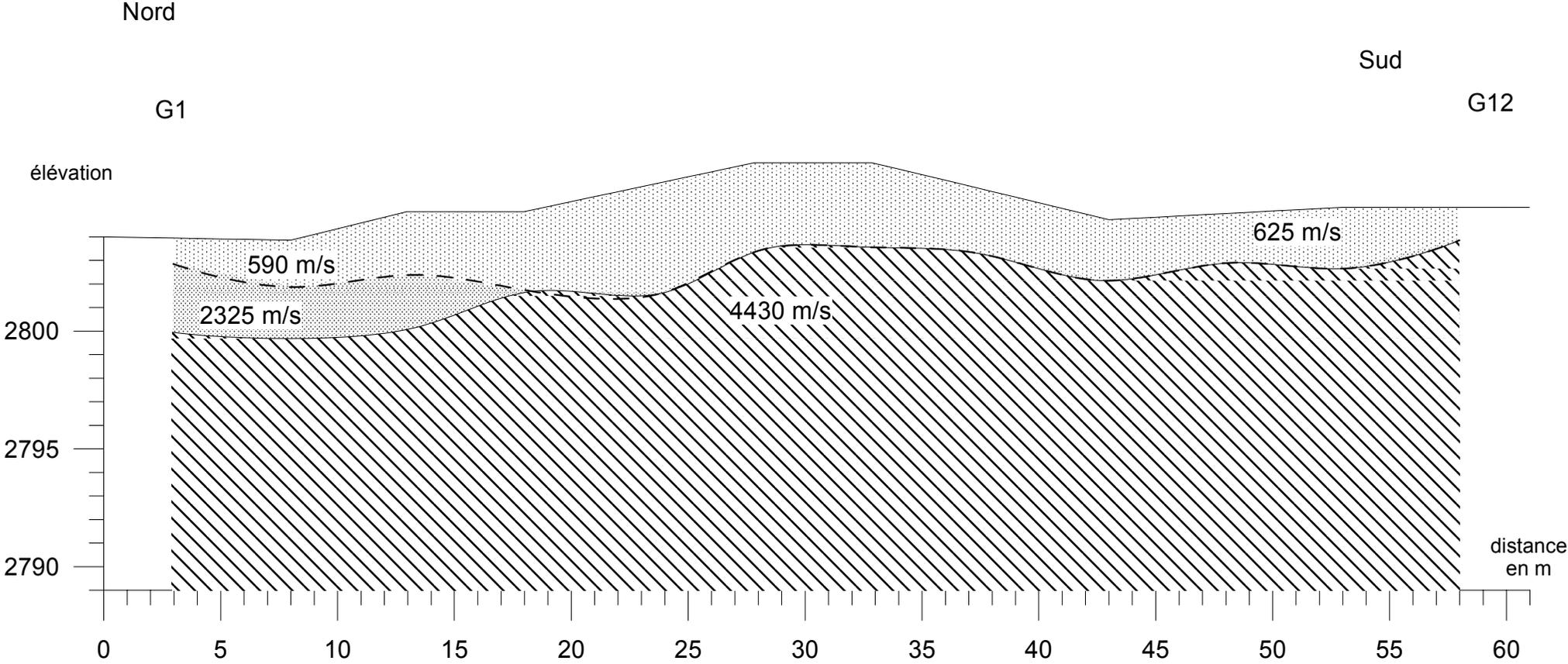
Date : Avril 2004 Ech : 1/250^{ème}



Site : LES 2 ALPES

Profil : PS4

Date : Avril 2004 Ech : 1/250^{ème}



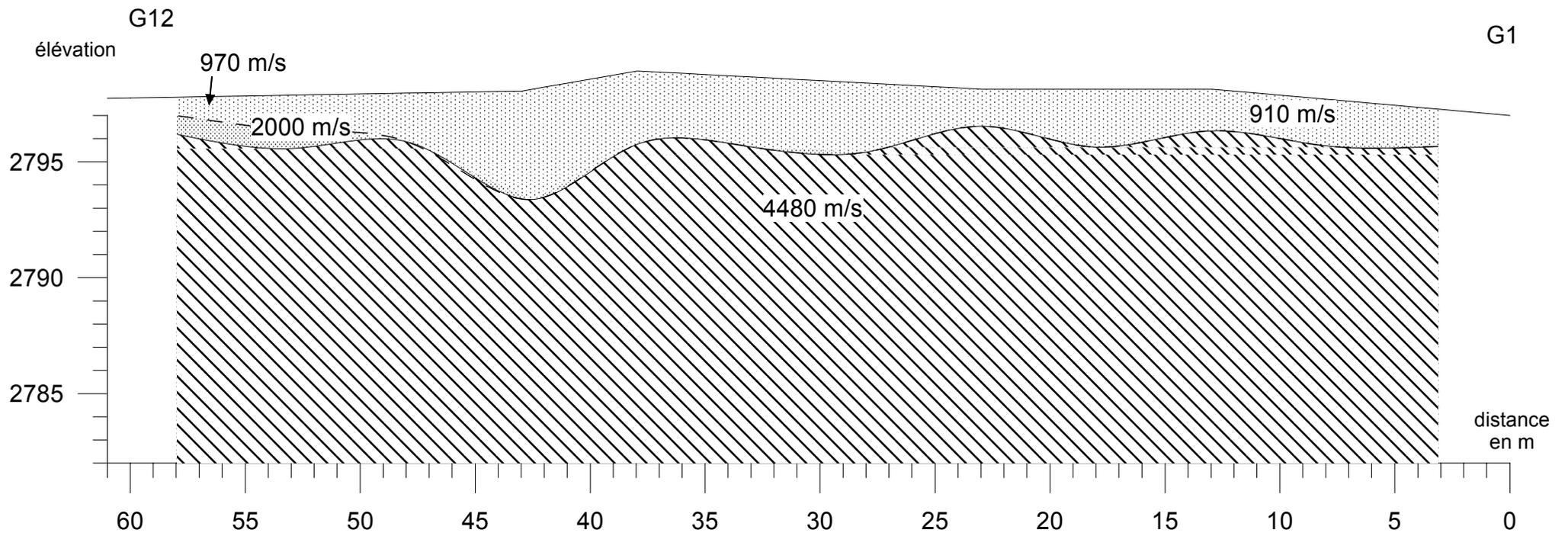
Site : LES 2 ALPES

Profil : PS5

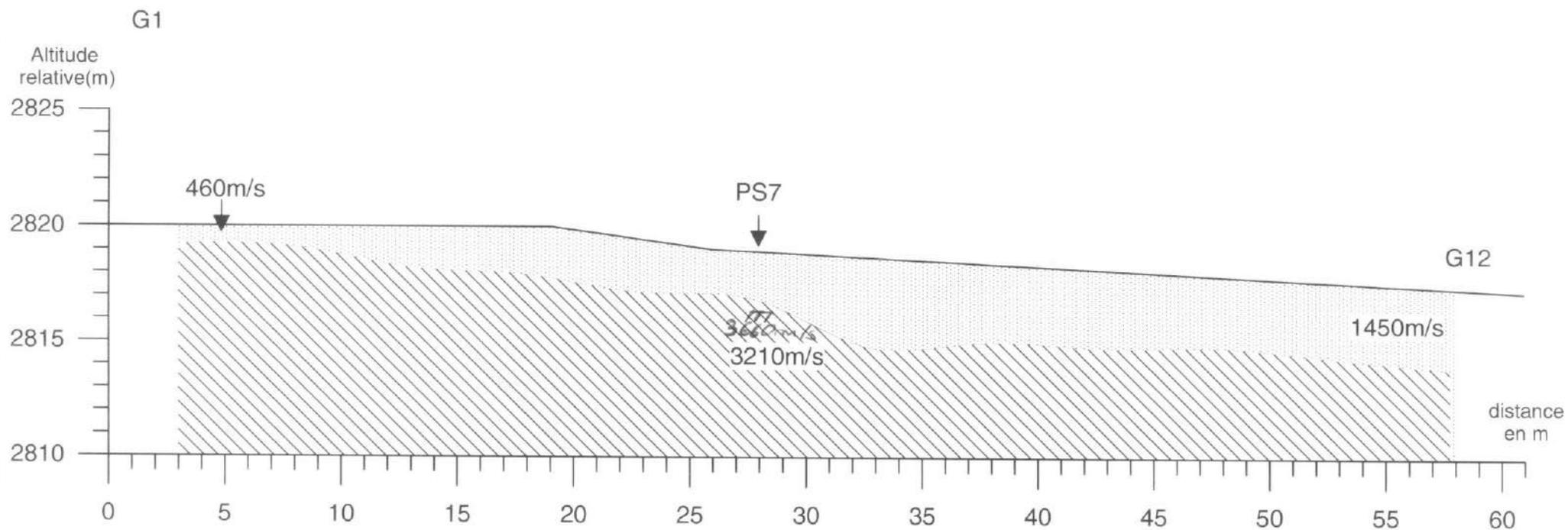
Date : Avril 2004 Ech : 1/250^{ème}

Nord

Sud

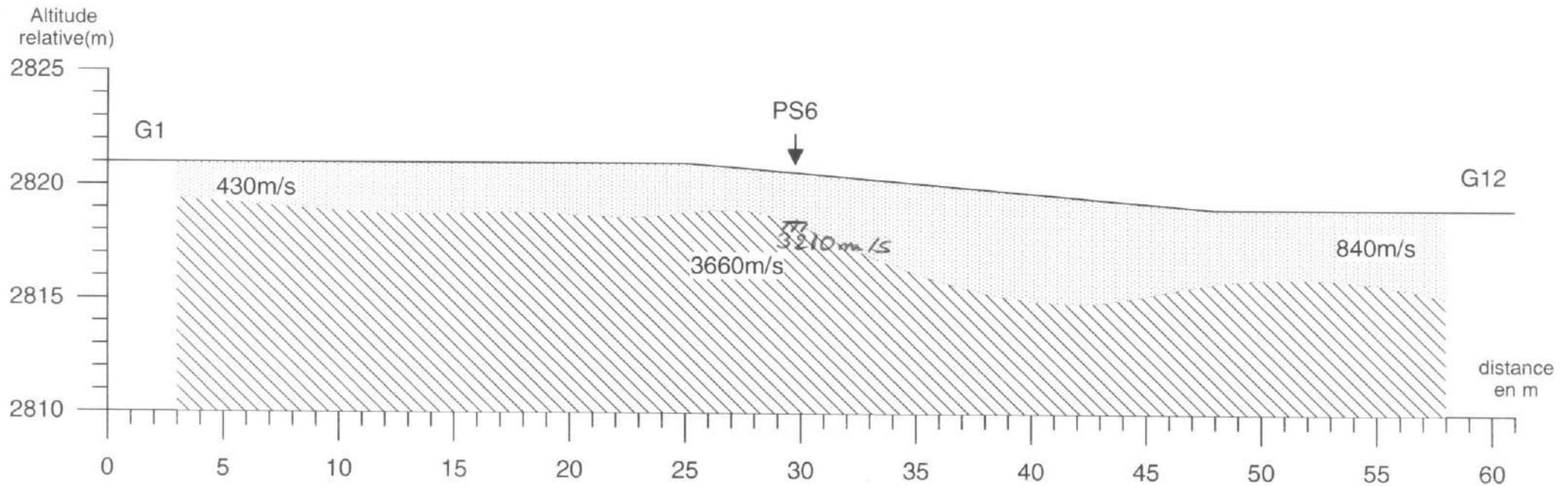


LES DEUX ALPES
Réserve de la Mura
Profil géophysique PS6
RP 2922 Ech : 1/250ème



Société Alpine de Géotechnique
2 rue de la Condamine
Z.I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél.: 04.76.44.75.72 Fax: 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com

LES DEUX ALPES
Réserve de la Mura
Profil géophysique PS7
RP 2922 Ech : 1/250^{ème}

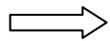


Société Alpine de Géotechnique
2 rue de la Condamine
Z.I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél.: 04.76.44.75.72 Fax: 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com

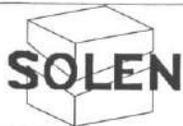


RP 2922

Annexe 3



Résultats des sondages destructifs



GEOTECHNIQUE - ENVIRONNEMENT
INGENIERIE - ESSAIS - CONTROLES

SOLEN - 23 rue Paul Hérault
LANCEY 38190 VILLARD-BONNOT
Tel. : 04.38.72.93.93 Fax : 04.38.72.93.92

SONDAGE DESTRUCTIF

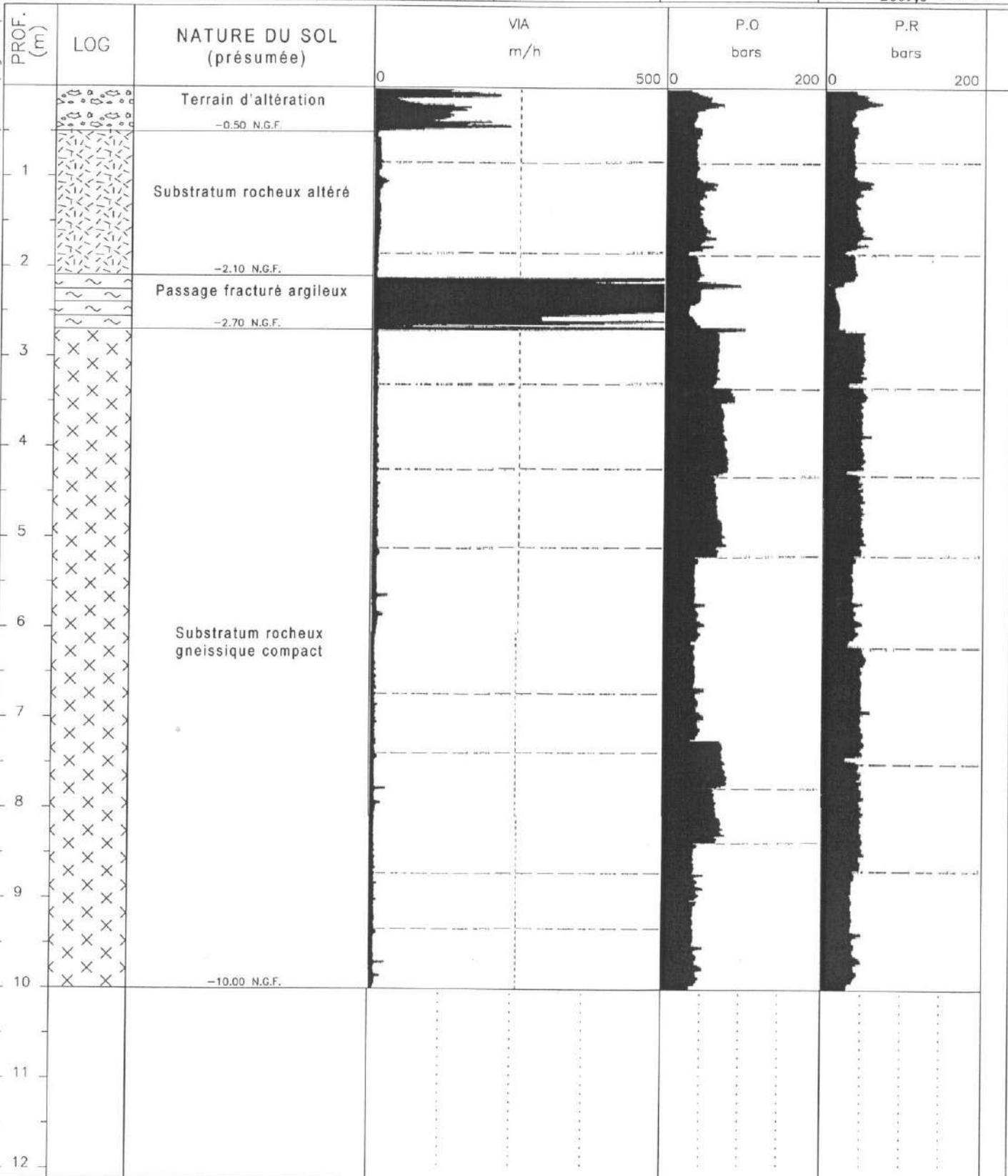
Sondage	de	a	diam	fluide
DESTRUCTIF	0 m	10 m	0 mm	AIR

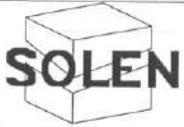
Chantier: LES 2 ALPES (38)
RESERVE DE LA MURA

D 1

Dossier : G06158GR Date : 04/10/05 Incl.: 0 deg X = Y = Z = 2809,6 N.G.F.

DOSSIER : c:\calculs\log2000\G06158GR.DBL
 MUJELLE : PAKAMZV.MUJ
 PL - 19/08/03
 SULEN Geotechnique
 version 1.3
 LUGZUUU





GEOTECHNIQUE - ENVIRONNEMENT
INGENIERIE - ESSAIS - CONTROLES

SOLEN - 23 rue Paul Héroult
LANCEY 38190 VILLARD-BONNOT
Tel. : 04.38.72.93.93 Fax : 04.38.72.93.92

SONDAGE DESTRUCTIF

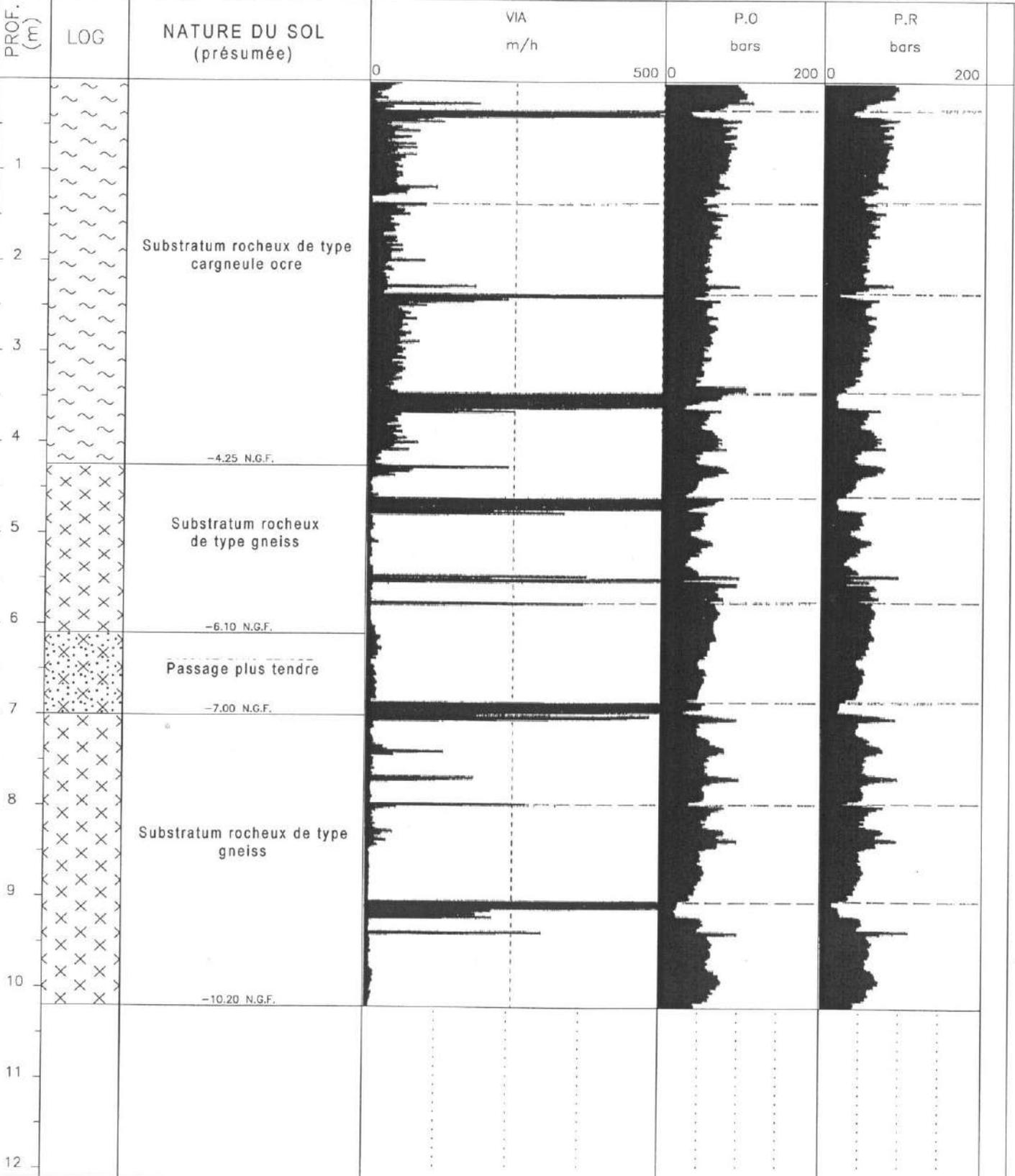
Sondage	de	a	diam	fluide
DESTRUCTIF	0 m	10.2 m	0 mm	AIR

Chantier: LES 2 ALPES (38)
RESERVE DE LA MURA

D2

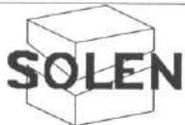
Dossier : G06158GR Date : 05/10/05 Incl.: 0 deg X = Y = Z = 2821,2 N.G.F.

DOSSIER : c:\calculs\log2000\G06158GR.DBL
MUJELLE : PARAMZV.MUJ
PL - 19/08/03
LUGZUUU - Version 1.3 - SOLEN Geotechnique



OPERATEUR :

ATELIER SONDAGE : FRASTE



GEOTECHNIQUE - ENVIRONNEMENT
INGENIERIE - ESSAIS - CONTROLES

SOLEN - 23 rue Paul Héroult
LANCEY 38190 VILLARD-BONNOT
Tel. : 04.38.72.93.93 Fax : 04.38.72.93.92

SONDAGE DESTRUCTIF

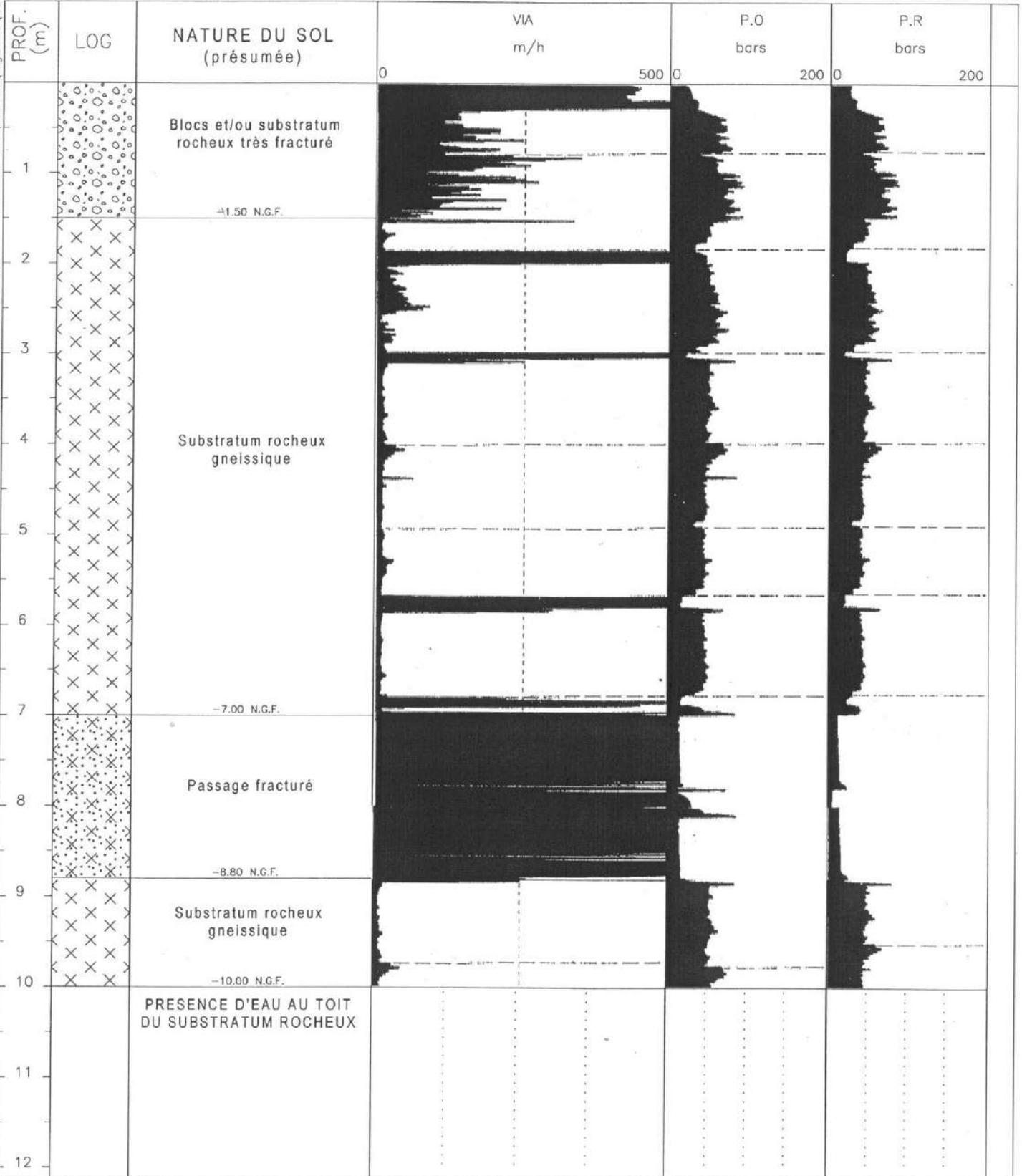
Sondage	de	a	diam.	fluide
DESTRUCTIF	0 m	10 m	0 mm	AIR

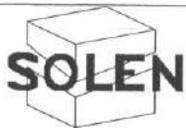
Chantier: LES 2 ALPES (38)
RESERVE DE LA MURA

D4

Dossier : G06158GR Date : 06/10/05 Incl.: 0 deg X = Y = Z = 2798,5 N.G.F.

DOSSIER : c:\calculs\log2000\G06158GR.D3L
MUDELL : PAVAMZV.MUD
PL - 19/06/03
SULEN Geotechnique
Version 1.3





GEOTECHNIQUE - ENVIRONNEMENT
INGENIERIE - ESSAIS - CONTROLES

SOLEN - 23 rue Paul Héroult
LANCEY 38190 VILLARD-BONNOT
Tel. : 04.38.72.93.93 Fax : 04.38.72.93.92

SONDAGE DESTRUCTIF

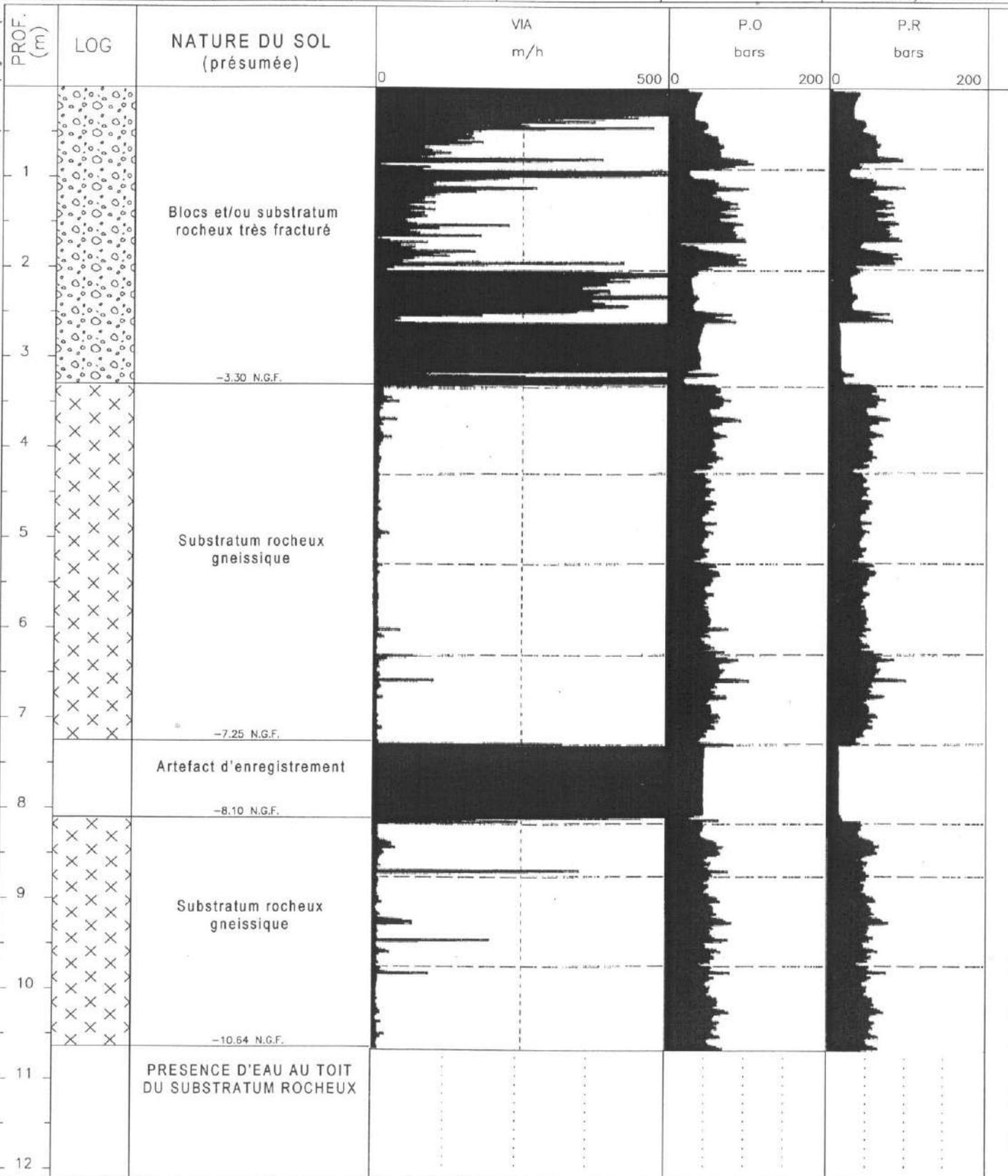
Sondage	de	a	diam.	fluide
DESTRUCTIF	0 m	10.67 m	0 mm	AIR

Chantier: LES 2 ALPES (38)
RESERVE DE LA MURA

D6

Dossier : G06158GR Date : 06/10/05 Incl.: 0 deg X = Y = Z = 2802,1 N.G.F.

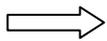
DOSSIER : c:\calculs\log2000\G06158GR.DBL
 MUDELE : PARAM.ZV.MUJ
 PL - 19/08/03
 LUGZUUU - Version 1.3 - SOLEN Geotechnique





RP 2922

Annexe 4



Coupes – Détails des ouvrages au 1/500^{ème}

DEPARTEMENT DE L'ISERE

STATION DES 2 ALPES

" Brèche de la Mura "

Etude lac collinaire

COUPES - DETAILS DES OUVRAGES

ANNEXE N°4

Echelle 1/500

RP 2922



Société Alpine de Géotechnique
2, rue de la Condamine
Z.I. de Mayencin
B.P. 17 - 38610 GIERES
Tél.: 04.76.44.75.72
Fax: 04.76.44.20.18
sage@sage-ingenierie.com

Etabli par	DATE	DESCRIPTION
L. MINGRAT	12/06/06	PROFILS EN TRAVERS BRECHE DE LA MURA
F. VALLON	05/02/13	PROFILS EN TRAVERS BRECHE DE LA MURA

NOTA :

*Coordonnées : Rattaché au plan fotogr. 1/5000 (Point Repère 5001) Dossier : 2833-02 Date : 08 Octobre 2002

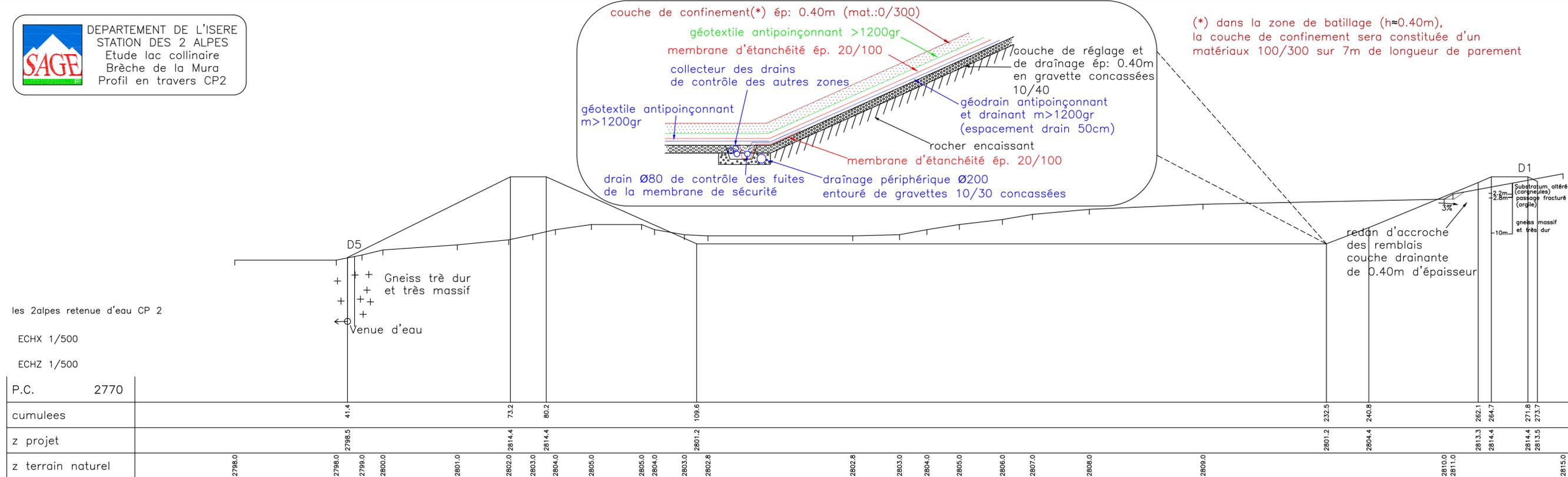
*Nivellement : Rattaché au plan fotogr. 1/5000 (Point Repère 2005)

S.E.L.A.S. DUBOIN - BURNIER Géomètres Experts Associés

Siège Social : 183, av. de la Libération 73600 MOUTIERS
Tél. : 04.79.24.15.42 / Fax : 04.79.24.07.57
E-mail : duboin.burnier.mout@wanadoo.fr
Bur. Secondaire : 60, av. des Chasseurs Alpins 73200 ALBERTVILLE
Tél. : 04.79.32.10.61 / Fax : 04.79.37.79.43
E-mail : duboin.burnier.ab@wanadoo.fr
Bur. Secondaire : 327, rue St Pierre B.P.75 73302 ST JEAN DE MAURIEINE
Tél. : 04.79.64.06.01 / Fax : 04.79.59.87.99
E-mail : duboin.burnier.sj@wanadoo.fr



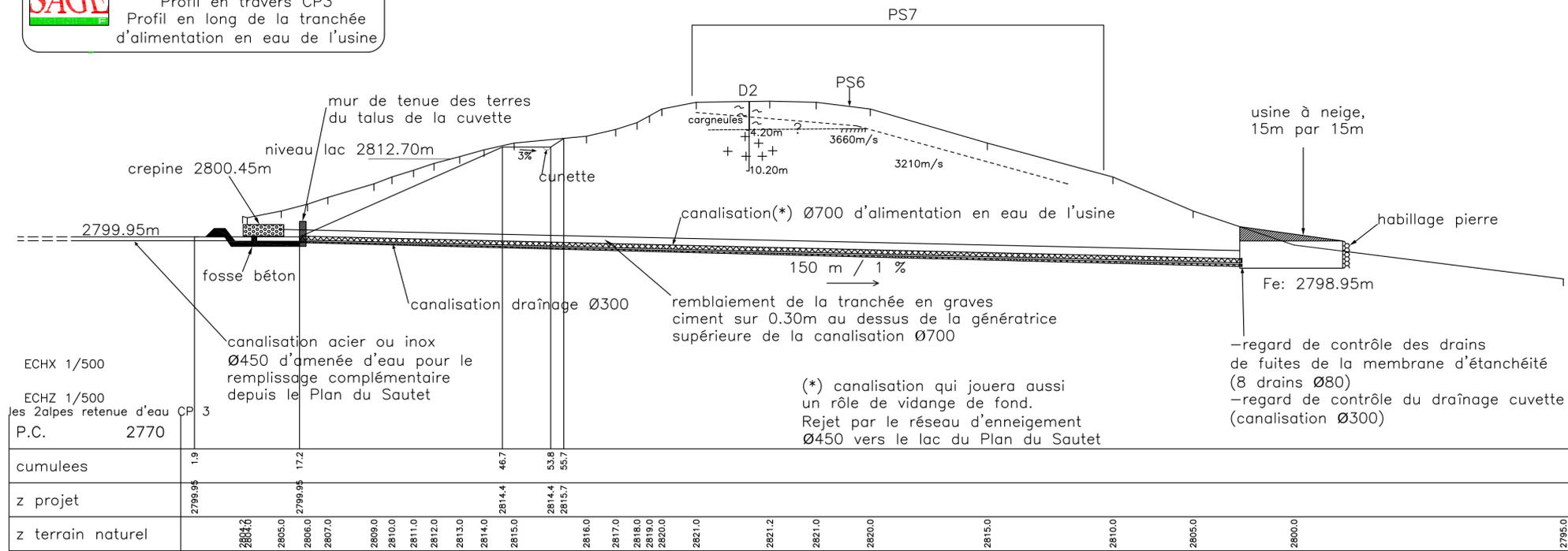
DEPARTEMENT DE L'ISERE
STATION DES 2 ALPES
Etude lac collinaire
Brèche de la Mura
Profil en travers CP2



16



DEPARTEMENT DE L'ISERE
STATION DES 2 ALPES
Etude lac collinaire
Brèche de la Mura
Profil en long de la tranchée d'alimentation en eau de l'usine



15



RP 2922

Annexe 5

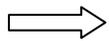


Tableau récapitulatif des éléments à fournir
pour le suivi d'une digue de classe B

DIGUE DE CLASSE B

Modalités de l'examen technique de la revue de sureté (12/2013) - 10 ans

Modalités d'exécution de l'examen
Détail des opérations de l'examen prévues
Calendrier

Examen technique de la revue de sureté (12/2013) - 10 ans

Examen technique complet de l'ouvrage y compris les parties noyées ou difficilement accessibles sans moyens spéciaux
Examen des ouvrages et réseaux de tiers dans la digue

Revue de sureté (12/2013) - 10 ans

Risques pris en compte : surverse, rupture, inondation, ...
Niveaux des risques pris en comptes
Mesures de réduction des risques
Accidents ou incidents d'exploitation courante
Cinétique des accidents potentiels
Zones d'effets des accidents potentiels
Description de l'ouvrage : génie civil, fondation
Description de l'environnement de l'ouvrage
Organisation en toute circonstance
Connaissance de son exploitation
Ensemble des données de surveillance accumulées pendant la vie de l'ouvrage

Etude de danger (12/2012) - 10 ans

Risques pris en compte : surverse, rupture, inondation, ...
Niveaux des risques pris en comptes
Mesures de réduction des risques
Accidents ou incidents d'exploitation courante
Cinétique des accidents potentiels
Zones d'effets des accidents potentiels
Cartographie des zones à risques
Description de l'ouvrage : génie civil, fondation
Description de l'environnement de l'ouvrage
Organisation en toute circonstance
Connaissance de son exploitation

Diagnostic de sureté initial (31/12/2009)

Examen visuel de la digue et des ouvrages englobés (après entretien végétation)
Identification des irrégularités visibles de la crête de la digue
Liste des examens complémentaires à effectuer rapidement pour s'assurer de la sécurité de l'ouvrage
Mesures de remédiation nécessaires aux insuffisances constatées

Dossier d'ouvrage (31/12/2009)

Connaissance configuration exacte, de la fondation, des ouvrages annexes et de tiers, son environnement hydrologique, géomorphologique et géologique
Connaissance de son exploitation
Description de l'organisation d'exploitation et surveillance toute circonstance
Consignes écrites instructions de surveillance en toute circonstance
Rapports de visites techniques approfondies
Dispositions spécifiques en périodes de crue
Rapports de visites post crues
Dispositions à prendre en cas d'événement particuliers et d'anomalies de comportement
Etudes préalables à la construction de l'ouvrage
Rapports de visites de surveillance programmée
Si confortement ou construction :
Etudes préalables
Etudes de dimensionnement et de stabilité
Etude de danger, le cas échéant
Comptes rendus réception des fouilles et de chantier
Décomptes de travaux et bordereaux de livraison
Plans d'exécutions
Notices de fonctionnement et d'entretien des instruments incorporés
Rapport de fin d'exécution du chantier

Consignes (31/12/2009)

Dispositions relatives aux visites de surveillance programmées
Dispositions relatives aux visites techniques approfondies
Dispositions spécifiques de la surveillance des ouvrages en crue

Visite technique approfondie (30/06/2009) - 1 an

Visite détaillée de l'ouvrage
Constatations
Désordres relevés et leur origine
Suites à donner en matière de surveillance, d'entretien, de diagnostic ou de confortement

Dispositions surveillance en crue (31/12/2009)

moyens d'anticipation arrivée et déroulement crue
états de vigilance et mobilisation pour surveillance ouvrage
règles de gestion des organes hydrauliques
conditions des incidents pendant la crue
modalités de transmission des infos

Visite surveillance post-crue (31/12/2009)

Visite de l'ouvrage après la crue
Parcours effectué
Surveillance exécutée pendant la crue
Incidents constatés et incidents d'exploitations
Comportement de l'ouvrage
Evénements particuliers et dispositions prises avant et après
Travaux exécutés pendant la crue (interventions d'urgence)

Visite surveillance programmée (31/12/2009)

Visites de l'ouvrage
Périodicité
Parcours effectué
Depuis la précédente visite :
Surveillance, entretien et exploitation effectuée
Incidents constatés et incidents d'exploitations
Comportement de l'ouvrage
Evénements particuliers et dispositions prises avant et après
Essais des ouvrages hydrauliques
Travaux en régie entreprise



RP 2922

Annexe 6



Calculs de stabilité des digues au niveau d'eau le plus haut

Numéro d'affaire : 2922

Titre du calcul : Stabilité de La Mura

Lieu : Les 2 Alpes

Commentaires :

Système d'unités : kN,kPa,kN/m3

γ_w : 10.0

Couches de sols

	Nom	γ	φ	c	Δc	qs clous	pl	KsB
1	Remblais	20.00	40.00	0.00	0.00	-	-	-
2	Drainant	19.00	45.00	0.00	0.00	-	-	-

Points

	X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y		X	Y
1	26.20	2816.00	2	33.20	2816.00	3	69.20	2798.50	4	100.00	2798.50	5	0.00	2804.70	6	45.40	2801.30	7	0.00	2803.20
8	45.80	2799.80	9	65.20	2797.00	10	69.20	2797.00	11	70.90	2798.40	12	46.90	2801.30	13	44.20	2805.10	14	42.70	2805.10

Segments

	Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2		Point 1	Point 2	
1	1	2	2	2	3	3	3	11	4	1	5	5	6	7	6	6	8	7	8	9	
8	9	10	9	10	11	10	11	4	11	3	12	12	12	13	13	13	14	14	14	6	14

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : Retenue vide - Fin de construction (1) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

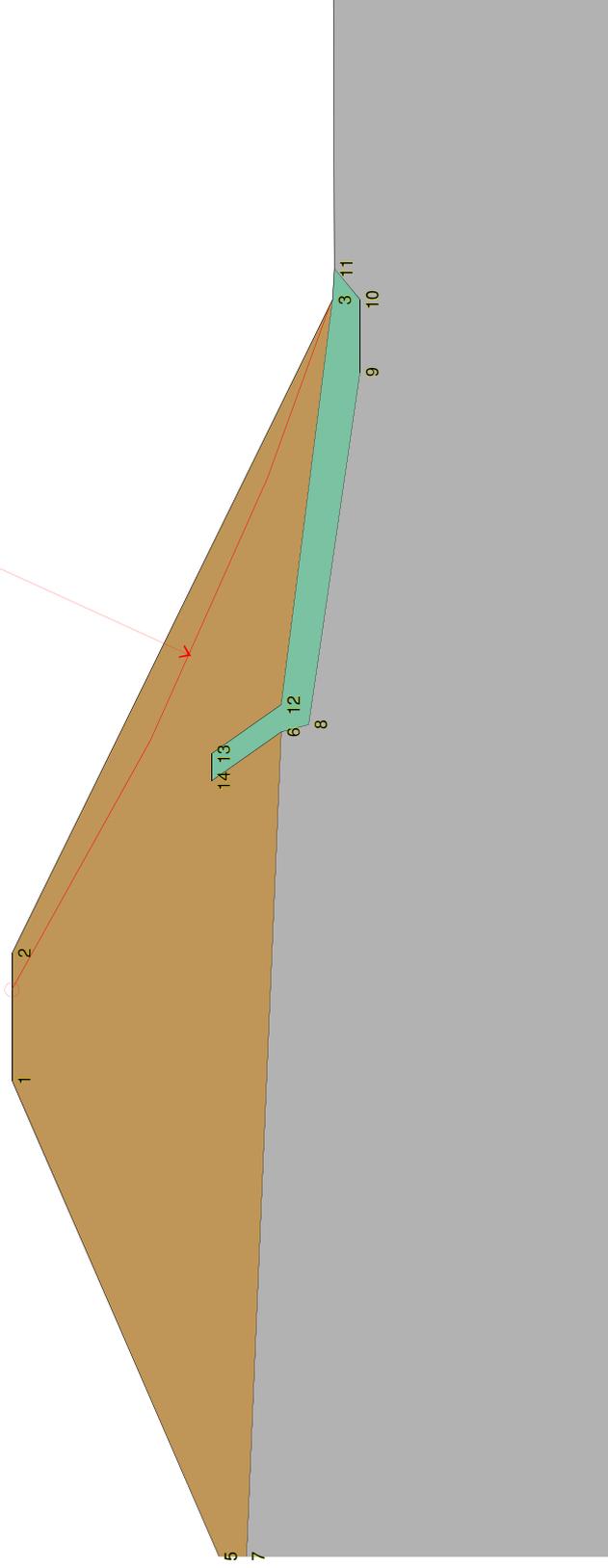
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Recommandation Cfr - digue en remblais - normal

Echelle:400

0 5m

F_{min} = 1.42



1 Remblais
2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 13:37:17

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : Retenue pleine (2) / Situation : Exploitation normale (1)

Méthode de calcul : Bishop

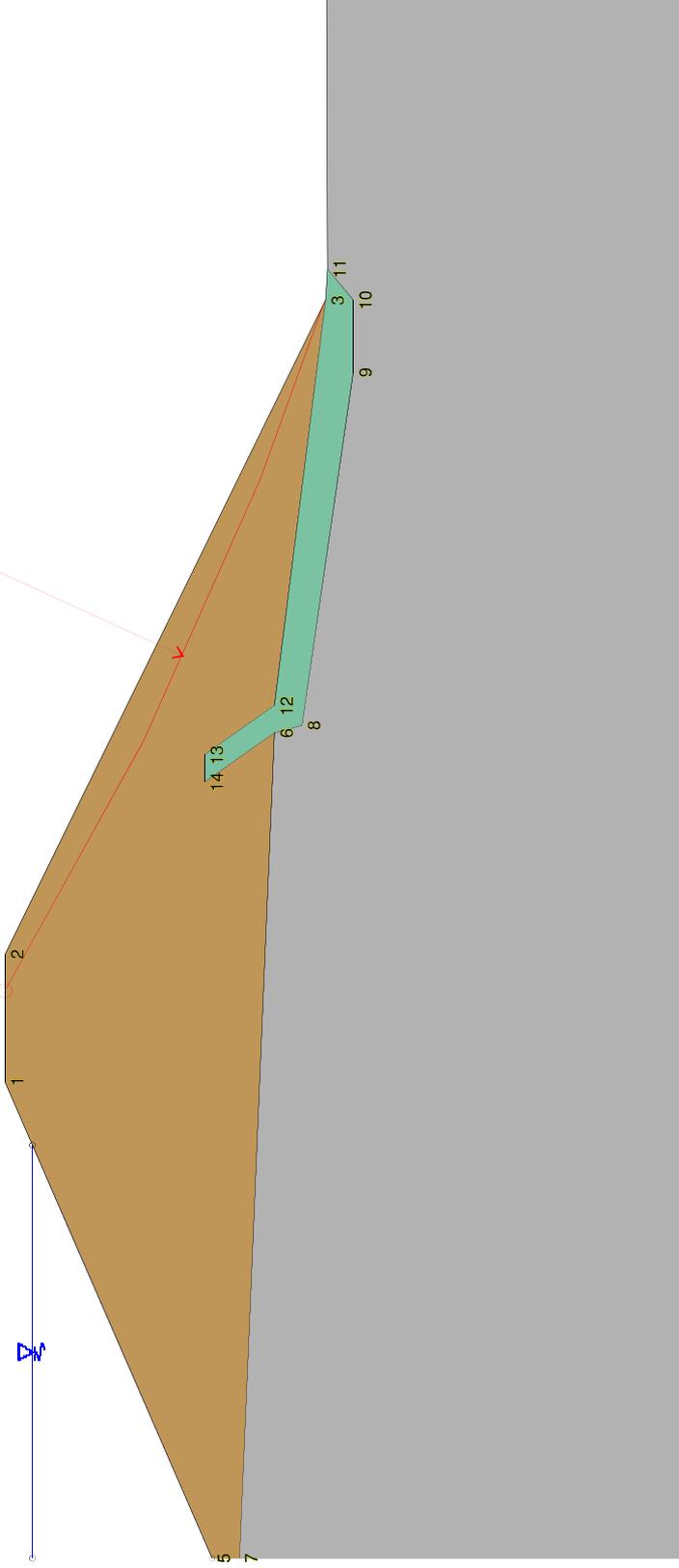
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Recommandation Cfr - digue en remblais - normal

Echelle:400

5m

F_{min} = 1.42



1 Remblais
2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 13:37:48

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : Retenue pleine (2) / Situation : Séisme pesant (2)

Prise en compte d'un séisme: ah/g= 0.078 av/g= 0.039

Méthode de calcul : Bishop

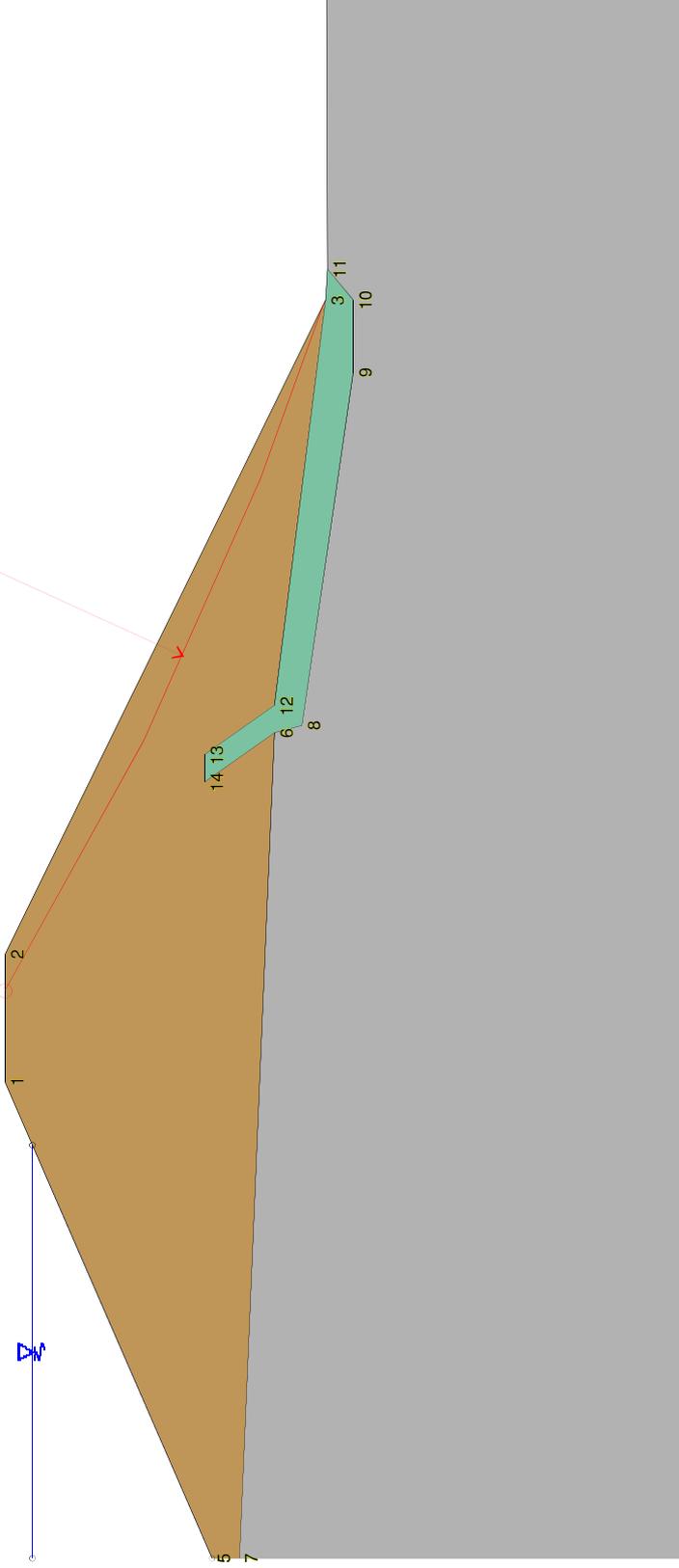
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Reco Cfbr - digue en remblais - extreme ou acciden

Echelle:400

5m

F_{min} = 1.48



1 Remblais
2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 13:38:09

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : Retenue pleine (2) / Situation : Séisme allégeant (3)

Prise en compte d'un séisme: ah/g= 0.078 av/g= -0.039

Méthode de calcul : Bishop

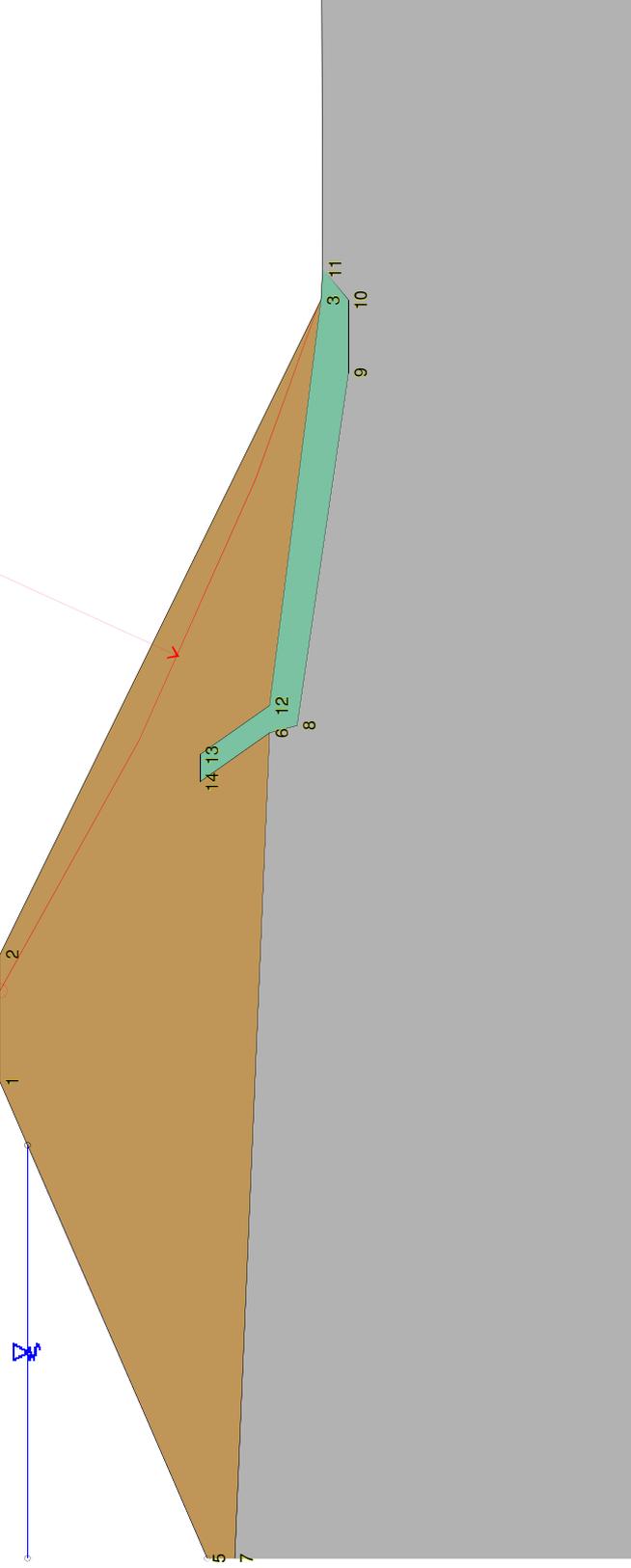
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Reco Cfbr - digue en remblais - extreme ou accident

Echelle:400

5m

F_{min} = 1.46



- 1 Remblais
- 2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 13:38:41

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c(kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : PHE (3) / Situation : Situation (1)

Méthode de calcul : Bishop

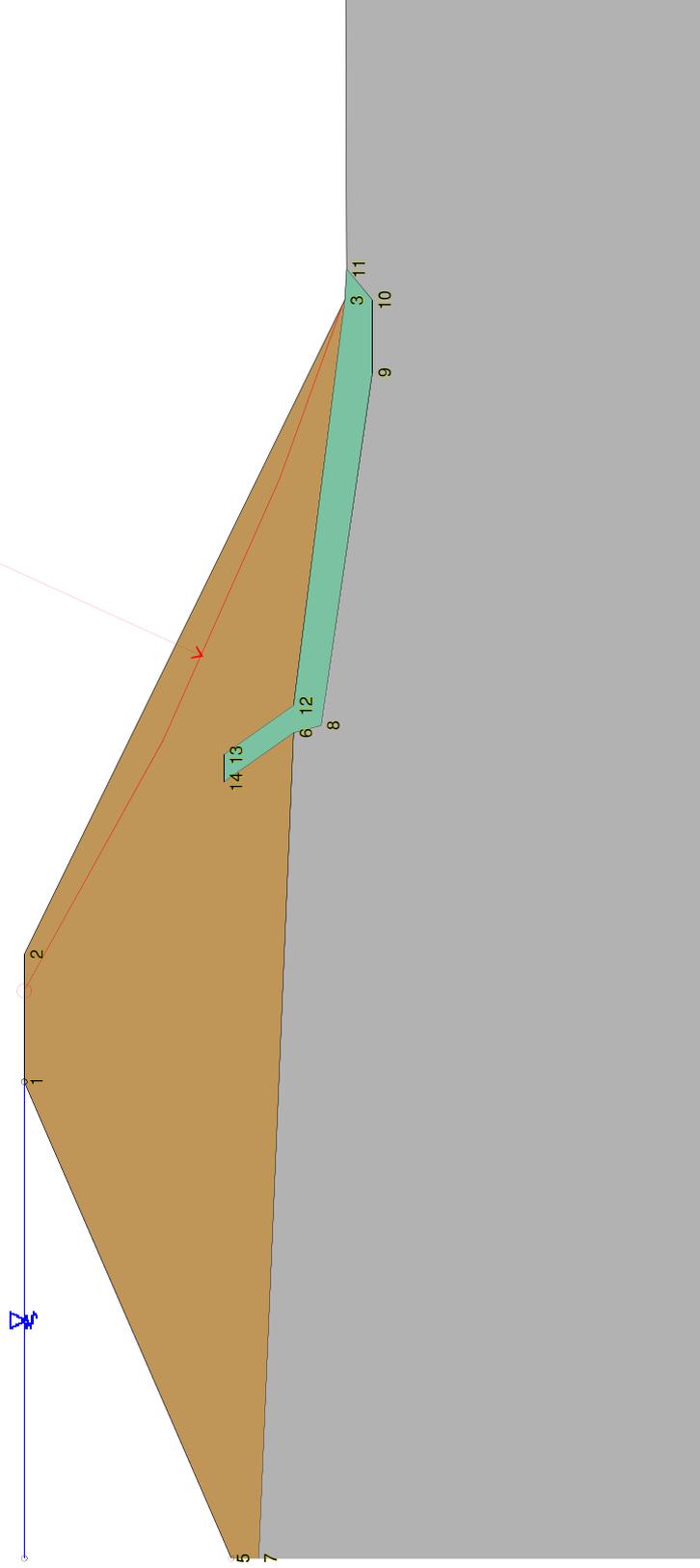
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Reco Cibr - digue en remblais - transitoire ou PHE

Echelle:400

5m

F_{min} = 1.62



1 Remblais
2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 13:39:57

Sol n°	1	2
γ (kN/m ³)	20.00	19.00
φ (°)	40.00	45.00
c (kPa)	0.00	0.00
Δc (kPa/m)	0.00	0.00

Phase : Rupture étanchéité (4) / Situation : Situation

Méthode de calcul : Bishop

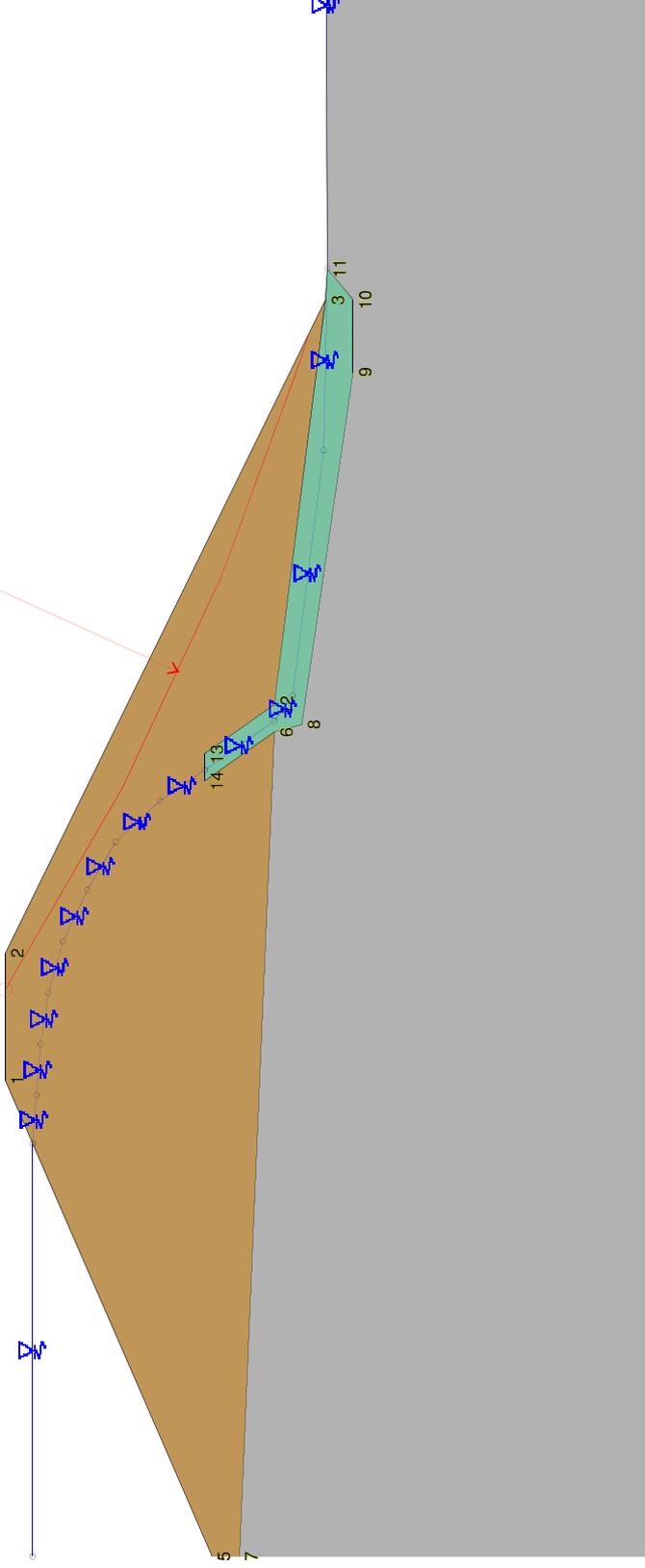
Système d'unités : kN,kPa,kN/m³

Pondérations : Reco Cfrb - digue en remblais - extreme ou acciden

Echelle:400

5m

F_{min} = 1.78



- 1 Remblais
- 2 Drainant

TALREN 4 v2.0.4



2922 / Stabilité de La Mura

C:\Users\b.servant.PORT_DELL2010\Desktop\La Mura\La Mura.prj

Etude réalisée par :
SAGE INGENIERIE

Imprimée le : 01/02/13 à 14:04:09



RP 2922

Annexe 7



Classification des missions géotechniques types selon l'USG



- Classification des Missions Géotechniques Types
- Conditions générales des missions géotechniques





CONDITIONS GENERALES DES MISSIONS D'INGENIERIE GEOTECHNIQUE (Version 2006)

1. Cadre de la mission

Par référence à la norme NF P 94-500 sur les missions d'ingénierie géotechnique (en particulier extrait de 2 pages du chapitre 4 joint à toute offre et à tout rapport), il appartient au maître d'ouvrage et à son maître d'oeuvre de veiller à ce que toutes les missions d'ingénierie géotechnique nécessaires à la conception puis à l'exécution de l'ouvrage soient engagées avec les moyens opportuns et confiées à des hommes de l'Art.

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique suit la succession des phases d'élaboration du projet, chacune de ces missions ne couvrant qu'un domaine spécifique de la conception ou de l'exécution. En particulier :

- les missions d'étude géotechnique préliminaire de site (G11), d'étude géotechnique d'avant projet (G12), d'étude géotechnique de projet (G2), d'étude et suivi géotechniques d'exécution (G3), de supervision géotechnique d'exécution (G4) sont réalisées dans l'ordre successif ;
- exceptionnellement, une mission confiée à notre société peut ne contenir qu'une partie des prestations décrites dans la mission type correspondante après accord explicite, le client confiant obligatoirement le complément de la mission à un autre prestataire spécialisé en ingénierie géotechnique ;
- l'exécution d'investigations géotechniques engage notre société uniquement sur la conformité des travaux exécutés à ceux contractuellement commandés et sur l'exactitude des résultats qu'elle fournit ;
- toute mission d'ingénierie géotechnique n'engage notre société sur son devoir de conseil que dans le cadre strict, d'une part, des objectifs explicitement définis dans notre proposition technique sur la base de laquelle la commande et ses avenants éventuels ont été établis, d'autre part, du projet du client décrit par les documents graphiques ou plans cités dans le rapport ;
- toute mission d'étude géotechnique préliminaire de site, d'étude géotechnique d'avant projet ou de diagnostic géotechnique exclut tout engagement de notre société sur les quantités, coûts et délais d'exécution des futurs ouvrages géotechniques. De convention expresse, la responsabilité de notre société ne peut être engagée que dans l'hypothèse où la mission suivante d'étude géotechnique de projet lui est confiée ;
- une mission d'étude géotechnique de projet G2 engage notre société en tant qu'assistant technique à la maîtrise d'oeuvre dans les limites du contrat fixant l'étendue de la mission et la (ou les) partie(s) d'ouvrage(s) concerné(s).

La responsabilité de notre société ne saurait être engagée en dehors du cadre de la mission d'ingénierie géotechnique objet du rapport. En particulier, toute modification apportée au projet ou à son environnement nécessite la réactualisation du rapport géotechnique dans le cadre d'une nouvelle mission.

2. Recommandations

Il est précisé que l'étude géotechnique repose sur une investigation du sol dont la maille ne permet pas de lever la totalité des aléas toujours possibles en milieu naturel. En effet, des hétérogénéités, naturelles ou du fait de l'homme, des discontinuités et des aléas d'exécution peuvent apparaître compte tenu du rapport entre le volume échantillonné ou testé et le volume sollicité par l'ouvrage, et ce d'autant plus que ces singularités éventuelles peuvent être limitées en extension. Les éléments géotechniques nouveaux mis en évidence lors de l'exécution, pouvant avoir une influence sur les conclusions du rapport, doivent immédiatement être signalés à l'ingénierie géotechnique chargée de l'étude et suivi géotechniques d'exécution (mission G3) afin qu'elle en analyse les conséquences sur les conditions d'exécution voire la conception de l'ouvrage géotechnique.

Si un caractère évolutif particulier a été mis en lumière (notamment glissement, érosion, dissolution, remblais évolutifs, tourbe), l'application des recommandations du rapport nécessite une validation à chaque étape suivante de la conception ou de l'exécution. En effet, un tel caractère évolutif peut remettre en cause ces recommandations notamment s'il s'écoule un laps de temps important avant leur mise en œuvre.

3. Rapport de la mission

Le rapport géotechnique constitue le compte-rendu de la mission d'ingénierie géotechnique définie par la commande au titre de laquelle il a été établi et dont les références sont rappelées en tête. A défaut de clauses spécifiques contractuelles, la remise du rapport géotechnique fixe la fin de la mission.

Un rapport géotechnique et toutes ses annexes identifiées constituent un ensemble indissociable. Les deux exemplaires de référence en sont les deux originaux conservés : un par le client et le second par notre société. Dans ce cadre, toute autre interprétation qui pourrait être faite d'une communication ou reproduction partielle ne saurait engager la responsabilité de notre société. En particulier l'utilisation même partielle de ces résultats et conclusions par un autre maître d'ouvrage ou par un autre constructeur ou pour un autre ouvrage que celui objet de la mission confiée ne pourra en aucun cas engager la responsabilité de notre société et pourra entraîner des poursuites judiciaires.

Extrait de la norme NF P 94-500 révisée en 2006

4. Classification et enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Tout ouvrage est en interaction avec son environnement géotechnique. C'est pourquoi, au même titre que les autres ingénieries, l'ingénierie géotechnique est une composante de la maîtrise d'œuvre indispensable à l'étude puis à la réalisation de tout projet.

Le modèle géologique et le contexte géotechnique général d'un site, définis lors d'une mission géotechnique préliminaire, ne peuvent servir qu'à identifier des risques potentiels liés aux aléas géologiques du site. L'étude de leurs conséquences et leur réduction éventuelle ne peut être faite que lors d'une mission géotechnique au stade de la mise au point du projet : en effet les contraintes géotechniques de site sont conditionnées par la nature de l'ouvrage et variables dans le temps, puisque les formations géologiques se comportent différemment en fonction des sollicitations auxquelles elles sont soumises (géométrie de l'ouvrage, intensité et durée des efforts, cycles climatiques, procédés de construction, phasage des travaux notamment).

L'ingénierie géotechnique doit donc être associée aux autres ingénieries, à toutes les étapes successives d'étude et de réalisation d'un projet, et ainsi contribuer à une gestion efficace des risques géologiques afin de fiabiliser le délai d'exécution, le coût réel et la qualité des ouvrages géotechniques que comporte le projet.

L'enchaînement et la définition synthétique des missions types d'ingénierie géotechnique sont donnés dans les tableaux 1 et 2. Les éléments de chaque mission sont spécifiés dans les chapitres 7 à 9. Les exigences qui y sont présentées sont à respecter pour chacune des missions, en plus des exigences générales décrites au chapitre 5 de la présente norme. L'objectif de chaque mission, ainsi que ses limites, sont rappelés en tête de chaque chapitre. Les éléments de la prestation d'investigations géotechniques sont spécifiés au chapitre 6.

Tableau 1 – Schéma d'enchaînement des missions types d'ingénierie géotechnique

Étape	Phase d'avancement du projet	Missions d'ingénierie géotechnique	Objectifs en termes de gestion des risques liés aux aléas géologiques	Prestations d'investigations géotechniques *
1	Étude préliminaire Étude d'esquisse	Étude géotechnique préliminaire de site (G11)	Première identification des risques	Fonction des données existantes
	Avant projet	Étude géotechnique d'avant-projet (G12)	Identification des aléas majeurs et principes généraux pour en limiter les conséquences	Fonction des données existantes et de l'avant-projet
2	Projet Assistance aux Contrats de Travaux (ACT)	Étude géotechnique de projet (G2)	Identification des aléas importants et dispositions pour en réduire les conséquences	Fonction des choix constructifs
3	Exécution	Étude et suivi géotechniques d'exécution (G3)	Identification des aléas résiduels et dispositions pour en limiter les conséquences	Fonction des méthodes de construction mises en œuvre
		Supervision géotechnique d'exécution (G4)		Fonction des conditions rencontrées à l'exécution
Cas particulier	Étude d'un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques	Diagnostic géotechnique (G5)	Analyse des risques liés à ce ou ces éléments géotechniques	Fonction de la spécificité des éléments étudiés

* NOTE : A définir par l'ingénierie géotechnique chargée de la mission correspondante

Tableau 2 - Classification des missions types d'ingénierie géotechnique

L'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique doit suivre les étapes d'élaboration et de réalisation de tout projet pour contribuer à la maîtrise des risques géologiques. Chaque mission s'appuie sur des investigations géotechniques spécifiques. Il appartient au maître d'ouvrage ou à son mandataire de veiller à la réalisation successive de toutes ces missions par une ingénierie géotechnique.

ETAPE 1 : ÉTUDES GÉOTECHNIQUES PRELABLES (G1)

Ces missions excluent toute approche des quantités, délais et coûts d'exécution des ouvrages géotechniques qui entre dans le cadre d'une mission d'étude géotechnique de projet (étape 2). Elles sont normalement à la charge du maître d'ouvrage.

ETUDE GEOTECHNIQUE PRELIMINAIRE DE SITE (G11)

Elle est réalisée au stade d'une étude préliminaire ou d'esquisse et permet une première identification des risques géologiques d'un site :

- Faire une enquête documentaire sur le cadre géotechnique spécifique du site et l'existence d'avoisnants.
- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir un rapport avec un modèle géologique préliminaire, certains principes généraux d'adaptation du projet au site et une première identification des risques.

ETUDE GEOTECHNIQUE D'AVANT PROJET (G12)

Elle est réalisée au stade d'avant projet et permet de réduire les conséquences des risques géologiques majeurs identifiés :

- Définir 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, certains principes généraux de construction (notamment terrassements, soutènements, fondations, risques de déformation des terrains, dispositions générales vis-à-vis des nappes et avoisnants).

Cette étude sera obligatoirement complétée lors de l'étude géotechnique de projet (étape 2).

ETAPE 2 : ÉTUDE GÉOTECHNIQUE DE PROJET (G2)

Elle est réalisée pour définir le projet des ouvrages géotechniques et permet de réduire les conséquences des risques géologiques importants identifiés. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage et peut être intégrée à la mission de maîtrise d'œuvre générale.

Phase Projet

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Fournir une synthèse actualisée du site et les notes techniques donnant les méthodes d'exécution proposées pour les ouvrages géotechniques (notamment terrassements, soutènements, fondations, dispositions vis-à-vis des nappes et avoisnants) et les valeurs seuils associées, certaines notes de calcul de dimensionnement niveau projet.
- Fournir une approche des quantités/délais/coûts d'exécution de ces ouvrages géotechniques et une identification des conséquences des risques géologiques résiduels.

Phase Assistance aux Contrats de Travaux

- Etablir les documents nécessaires à la consultation des entreprises pour l'exécution des ouvrages géotechniques (plans, notices techniques, cadre de bordereau des prix et d'estimatif, planning prévisionnel).
- Assister le client pour la sélection des entreprises et l'analyse technique des offres.

ETAPE 3 : EXECUTION DES OUVRAGES GEOTECHNIQUES (G3 et G4, distinctes et simultanées)

ÉTUDE ET SUIVI GÉOTECHNIQUES D'EXECUTION (G3)

Se déroulant en 2 phases interactives et indissociables, elle permet de réduire les risques résiduels par la mise en œuvre à temps de mesures d'adaptation ou d'optimisation. Elle est normalement confiée à l'entrepreneur.

Phase Etude

- Définir un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier dans le détail les ouvrages géotechniques : notamment validation des hypothèses géotechniques, définition et dimensionnement (calculs justificatifs), méthodes et conditions d'exécution (phasages, suivis, contrôles, auscultations en fonction des valeurs seuils associées, dispositions constructives complémentaires éventuelles), élaborer le dossier géotechnique d'exécution.

Phase Suivi

- Suivre le programme d'auscultation et l'exécution des ouvrages géotechniques, déclencher si nécessaire les dispositions constructives prédéfinies en phase Etude.
- Vérifier les données géotechniques par relevés lors des excavations et par un programme d'investigations géotechniques complémentaire si nécessaire (le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats).
- Participer à l'établissement du dossier de fin de travaux et des recommandations de maintenance des ouvrages géotechniques.

SUPERVISION GEOTECHNIQUE D'EXECUTION (G4)

Elle permet de vérifier la conformité aux objectifs du projet, de l'étude et du suivi géotechniques d'exécution. Elle est normalement à la charge du maître d'ouvrage.

Phase Supervision de l'étude d'exécution

- Avis sur l'étude géotechnique d'exécution, sur les adaptations ou optimisations potentielles des ouvrages géotechniques proposées par l'entrepreneur, sur le programme d'auscultation et les valeurs seuils associées.

Phase Supervision du suivi d'exécution

- Avis, par interventions ponctuelles sur le chantier, sur le contexte géotechnique tel qu'observé par l'entrepreneur, sur le comportement observé de l'ouvrage et des avoisnants concernés et sur l'adaptation ou l'optimisation de l'ouvrage géotechnique proposée par l'entrepreneur.

DIAGNOSTIC GEOTECHNIQUE (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.

- Définir, après enquête documentaire, un programme d'investigations géotechniques spécifique, le réaliser ou en assurer le suivi technique, en exploiter les résultats.
- Etudier un ou plusieurs éléments géotechniques spécifiques (par exemple soutènement, rabattement, causes géotechniques d'un désordre) dans le cadre de ce diagnostic, mais sans aucune implication dans d'autres éléments géotechniques.

Des études géotechniques de projet et/ou d'exécution, de suivi et supervision, doivent être réalisées ultérieurement, conformément à l'enchaînement des missions d'ingénierie géotechnique, si ce diagnostic conduit à modifier ou réaliser des travaux.

Commune de Les Deux Alpes

**ÉTUDE HYDROLOGIQUE
DU SITE DE LA MURA
& DU GRAND PLAN DU SAUTET**

P.Y. FAFOURNOUX

Annexe PU 3

ANNEXE II : ETUDE HYDROLOGIQUE

Annexe II a : Etude hydrologique de la retenue de La Mura

Annexe II b : Etude hydrologique de la retenue du Grand Plan du Sautet

ANNEXE II a

ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE DE LA MURA

ETUDE DES APPORTS NATURELS

P.Y. FAFOURNOUX
INGENIEUR CONSEIL
Lotissement « Le Verger de Criel »
Rue du Haut Criel
38500 VOIRON

Etude FRA-2003-005

Janvier 2003
Révisée le 04/04/2005

SOMMAIRE

RESUME ET CONCLUSIONS	1
1. REGIME HYDROLOGIQUE MOYEN DU BASSIN VERSANT EN AMONT DE LA MURA	2
1.1 EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS	2
1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DES DEBITS ET DES VOLUMES D'EAU ECOULES.....	2
2. DEBIT RESERVE ET SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE	3
2.1 DEBIT RESERVE ET DEBIT DE REFERENCE.....	3
2.2 SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE	3
2.2.1 Remplissage en année moyenne	3
2.2.2 Remplissage en année sèche	3
3. CRUES EXCEPTIONNELLES, CRUE DE PROJET ET OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	4
3.1 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUES DECENNALES ET CENTENNALES	4
3.2 DETERMINATION DE LA CRUE DE PROJET	5
3.3 AUTRES OUVRAGES HYDRAULIQUES.....	5

RESUME ET CONCLUSIONS

La présente étude hydrologique a été effectuée afin d'estimer les apports moyens d'eau dans la retenue projetée, ainsi que les débits d'étiage et les débits de crues exceptionnelles.

La retenue projetée au lieu-dit La Mura se situe en aval d'un bassin versant d'une surface de 40 hectares. En fonction des besoins en eau, sa capacité utile est évaluée à 300 000 m³.

Les apports moyens annuels sont estimés à 418 000 m³.

La retenue sera équipée d'un dispositif de passage du débit réservé.

La valeur minimale du débit réservé est de 1,3 l/s.

Le volume correspondant à restituer en aval est de 42 000 m³.

Compte tenu de la variabilité interannuelle des pluies, en années exceptionnellement sèches, le taux de remplissage de la retenue pourra descendre à 75 %.

Les débits de crues exceptionnelles ont été évalués à :

crue décennale : 2,8 m³/s
crue centennale : 8,1 m³/s

Compte tenu la situation de la retenue en surplomb au-dessus de la vallée de la Selle, il est proposé de retenir pour la crue de projet le débit créé par la Pluie Maximale Probable (P.M.P.), dont la valeur est de 200 mm en 15 minutes.

La valeur de la crue de projet avant laminage dans la future retenue est de 90 m³/s.

La retenue sera également équipée d'une vidange de sécurité, permettant la vidange complète de la retenue en huit jours environ (inférieurs aux 10 jours règlementaires).

L'implantation et le calage en altimétrie des déversoirs et du rejet de la vidange de sécurité devront être examinés soigneusement.

Le 8 janvier 2003

L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

1. REGIME HYDROLOGIQUE MOYEN DU BASSIN VERSANT EN AMONT DE LA MURA

1.1 EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS

Le régime hydrologique du bassin versant en amont de la retenue de La Mura été estimé à partir des débits spécifiques mensuels de trois torrents proches :

- La Bonne à Pont Battant, qui draine un bassin versant d'une surface de 143 km²,
- La Romanche à Plan de l'Alpe, qui draine un bassin versant d'une surface de 45 km².
- La Sarenne à Huez, draine un bassin versant d'une surface de 28,2 km².

Le tableau ci-dessous indique les valeurs en l/s/ km² des débits spécifiques de ces trois torrents.

Débit spécifique (l/s/km ²)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
La Bonne à Pont-Battant	14,6	14,1	16,4	29,9	61,3	74,8	50,6	28,9	25,8	31,0	27,3	17,6	32,7
La Romanche à Plan de l'Alpe	4,0	4,0	4,0	12,0	48,0	104,0	110,0	77,0	43,0	23,0	11,0	6,0	37,2
La Sarenne à Huez	9,2	9,9	20,6	43,3	86,5	70,9	66,7	35,5	25,2	25,9	21,6	14,5	36,5

Compte-tenu de la très petite surface du bassin versant et de l'altitude élevée de la future retenue, une bonne estimation des débits spécifiques mensuels peut être obtenue en retenant pour les débits spécifiques les valeurs suivantes :

- pour les mois de décembre à mars : les valeurs minima (la Romanche à Plan de l'Alpe),
- pour les mois d'avril à novembre : les moyennes des valeurs des trois torrents.

Les valeurs mensuelles adoptées des modules spécifiques pour le bassin versant en amont de La Mura, les débits et les volumes écoulés (en milliers de mètres cubes) sont donnés ci-dessous :

Valeurs	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Module (l/s/km ²)	4,0	4,0	4,0	28,4	65,3	83,2	75,7	47,1	31,3	26,6	20,0	6,0	33,0
Débit (l/s)	1,6	1,6	1,6	11,4	26,1	33,3	30,3	18,8	12,5	10,7	8,0	2,4	13,2
Volume (1000m ³)	4,3	3,9	4,3	29,4	69,9	86,3	81,1	50,5	32,5	28,5	20,7	6,4	418

1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DES DEBITS ET DES VOLUMES D'EAU ECOULES

La variabilité interannuelle des débits résulte de la variabilité des pluies. Entre les années humides et les années sèches, le rapport peut être de 2.

La surface du bassin versant étant petite, le sol ne permet pas une régulation des débits et le seul paramètre contribuant à la régulation est la température, en transformant les précipitations en neige. La régulation ne se fait alors qu'à l'échelle saisonnière. On admettra :

- qu'en année sèche, le débit annuel est égal à 65 % du débit moyen interannuel, soit 9 l/s et le volume annuel des écoulements est estimé à 275 000 m³,
- qu'en année humide, le débit annuel est égal à 135 % du débit moyen interannuel, soit 18 l/s et le volume annuel des écoulements est estimé à 550 000 m³.

2. DEBIT RESERVE ET SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE

2.1 DEBIT RESERVE ET DEBIT DE REFERENCE

Le débit réservé qui devra être laissé en aval de la retenue projetée doit être égal au minimum à 10 % du débit moyen interannuel, soit 1,3 l/s.

Le débit réservé passera dans la retenue et contribuera au renouvellement de l'eau stockée.

Le débit d'étiage mensuel quinquennal sec (débit de référence » noté $QMNA_5$) est calculé avec un module spécifique de 2,0 l/s/ km², avec une plage d'incertitude entre 1,5 et 2,5 l/s/km², soit :

$$QMNA_5 = 0,8 \text{ l/s} \quad (\text{plage d'incertitude entre } 0,6 \text{ et } 1,0 \text{ l/s}).$$

2.2 SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE

2.2.1 Remplissage en année moyenne

Pour un volume d'eau utile de la retenue de 315 000 m³, le remplissage de la retenue s'effectuera pendant la fonte des neiges, d'avril à août. La retenue sera remplie à la fin août à concurrence du niveau de sécurité -2,00 m/niveau du déversoir.

Le tableau ci-dessous indique pour chaque mois les apports, les volumes à restituer pour le débit réservé, le cumul des apports réellement disponibles et les volumes en excès déversés.

Volume (m ³)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m ³)	4,3	3,9	4,3	29,4	69,9	86,3	81,1	50,5	32,5	28,5	20,7	6,4	418
Réservé (1000 m ³)	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	42
Cumul (1000 m ³)	0,8	1,5	2,3	28,4	94,9	117,8	255,5	302,5	331,6	356,6	374,0	376,0	376,0
Excès (1000 m ³)	-	-	-	-	-	-	-	-	16,6	25,0	17,4	2,0	61,0

Une première campagne d'enneigement artificiel pourra être effectuée à partir de la mi-novembre, On ne peut espérer faire de remplissage complémentaire de janvier à mars.

Au total, 320 000 m³ seront retenus, soit 76 % des apports naturels.

2.2.2 Remplissage en année sèche

Les apports mensuels en année sèche sont estimés à 65 % des apports moyens.

Le tableau ci-dessous indique pour chaque mois les apports, les volumes à restituer pour le débit réservé, le cumul des apports réellement disponibles et les volumes en excès déversés.

Volume (m ³)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m ³)	2,8	2,5	2,8	19,1	45,5	56,1	52,7	32,8	21,1	18,6	13,5	4,2	271,7
Réservé (1000 m ³)	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41
Cumul (1000 m ³)	- 0,7	- 1,3	- 2,0	13,7	55,7	108,5	157,7	187,1	204,8	219,9	230,0	230,7	230,7
Excès (1000 m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Le débit réservé doit être assuré, même si les apports sont inférieurs au volume à restituer.

La quantité d'eau restituée est cependant minime. La retenue ne sera remplie qu'à 77 %.

Au total sur l'année, 226 000 m³ seront prélevés, soit 83 % des apports naturels (272 000 m³).

3. CRUES EXCEPTIONNELLES, CRUE DE PROJET ET OUVRAGES HYDRAULIQUES

3.1 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUES DECENNALES ET CENTENNALES

L'estimation des débits de crues a été faite avec plusieurs méthodes basées sur la connaissance des données pluviométriques disponibles dans l'étude du Cemagref « Analyse des fortes pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes du Sud-Est de la France » (Grenoble - 1982).

Cette étude fournit les statistiques concernant la pluie décennale centrée journalière $P_{(10c/24h)}$, le gradex des pluies centrées de durée 24 heures $G_{(c/24h)}$ et le paramètre B de Montana.

Pluies décennales et gradex des pluies pour cinq postes météorologiques proches

Département	Postes météorologiques (Cemagref - Décembre 1982)	Altitude (m)	$P_{(10c/24h)}$ (mm)	$G_{(c/24h)}$ (mm)	B
05	Le Chazelet (La Grave)	1780	74,2	10,2	0,61
38	Besse-en-Oisans	1470	80,7	11,0	0,68
38	Ornon - La Pallud	950	104,4	16,1	0,70
38	Valjouffrey	980	103,2	15,3	0,73
05	Pelvoux - Les Cloux	1260	81,6	10,7	0,52
	Moyenne	1290	88,8	12,7	0,65

Gradients altimétriques verticaux	Gradient de $P_{(10c/24h)}$	Gradient de $G_{(c/24h)}$
Entre Besse et Le Chazelet	- 22 mm / 1000	- 2,4 mm / 1000 m
Entre Ornon et Le Chazelet	- 36 mm / 1000	- 7,1 mm / 1000 m

Le tableau précédent met en évidence la diminution des pluies en fonction de l'altitude.

Cette situation n'étant pas habituelle, les valeurs moyennes pour la pluie décennale journalière et le gradex journalier ont été retenues, sans correction liée à l'altitude, soit :

$$P_{(10c/24h)} = 88,8 \text{ mm} \quad G_{(c/24h)} = 12,7 \text{ mm}$$

Les débits de crues décennales ont été calculés par une seule méthode :

- la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation $C_{10} = 0,35$

Les débits de crues centennales ont été calculés par deux méthodes :

- la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation $C_{100} = 0,60$
- la méthode du gradex, appliquée à la durée de la crue centennale.

Les valeurs obtenues sont :

$$\begin{array}{ll} Q_{10} = & 2,8 \text{ m}^3/\text{s} & \text{Plage d'incertitude : } 2 \text{ à } 4 \text{ m}^3/\text{s} \\ Q_{100} = & 8,1 \text{ m}^3/\text{s} & \text{Plage d'incertitude : } 6 \text{ à } 12 \text{ m}^3/\text{s} \end{array}$$

3.2 DETERMINATION DE LA CRUE DE PROJET

Détermination de la pluie de projet

La retenue projetée étant en surélévation par rapport au terrain naturel et en surplomb par rapport à la vallée de la Selle, le risque de rupture la digue doit être limité au maximum possible.

Il est proposé de retenir comme valeur de la crue de projet la crue maximale probable.

Le débit de cette crue est calculé pour la Pluie Maximale Probable (P.M.P.).

La valeur de la P.M.P. retenue est de 200 mm, précipitation observée en 15 minutes en Bavière.

Détermination de la crue de projet

Le débit de cette crue est calculé pour la Pluie Maximale Probable (P.M.P.), ruisselant sur un sol totalement imperméabilisé (coefficient d'imperméabilisation $C_{\max} = 1,00$).

Le débit calculé avec cette hypothèse est égal à **90 m³/s**.

Le volume ruisselé correspondant est de 80 000 m³.

Dimensionnement des déversoirs

Cette crue pouvant survenir à un moment où la retenue est remplie, il convient de disposer d'une réserve de hauteur permettant de stocker une partie de la crue (effet de « laminage ») et d'un ou plusieurs déversoirs de sécurité pour évacuer le débit excédentaire.

Le dimensionnement du déversoir de crue fera l'objet d'une étude spécifique.

3.3 AUTRES OUVRAGES HYDRAULIQUES

Dimensionnement de la vidange de sécurité

La retenue sera équipée d'une vidange de sécurité.

Compte tenu de la hauteur de la retenue, il est recommandé de disposer d'un système de vidange de fond permettant d'assurer la vidange de la retenue en dix jours au maximum.

Le débit maximum de vidange sera de 36 000 m³/jour, soit un débit continu de 0,420 m³/s.

Implantation et calage des ouvrages hydrauliques

L'implantation et le calage en altimétrie des déversoirs et du rejet de la vidange de sécurité devront être examinés soigneusement dans le cadre de l'élaboration du projet.

Ces points ne font pas partie de la présente mission.

Le 8 janvier 2003

L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

ANNEXE II b

ETUDE HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE DE LA MURA

ETUDE DES APPORTS COMPLEMENTAIRES DEPUIS LA RETENUE DU GRAND PLAN DU SAUTET

P.Y. FAFOURNOUX
INGENIEUR CONSEIL
Lotissement « Le Verger de Criel »
Rue du Haut Criel
38500 VOIRON

Etude FRA-2005-002

Janvier 2005
Révisée le 04/04/2005

SOMMAIRE

RESUME ET CONCLUSIONS	1
1. REGIME HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE DU GRAND PLAN D'EAU DU SAUTET	2
1.1 EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS	2
1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DES DEBITS ET DES VOLUMES D'EAU ECOULES.....	2
2. DEBIT RESERVE ET SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE	3
2.1 DEBIT RESERVE ET DEBIT DE REFERENCE.....	3
2.2 POSSIBILITE DE REMPLISSAGE DE LA RETENUE DE LA MURA DEPUIS LE GRAND PLAN DU SAUTET	3
2.2.1 Remplissage en année moyenne	3
2.2.1.1 Remplissage direct de la retenue de la Mura	3
2.2.1.2 Apport complémentaire depuis la retenue du Grand Plan du Sautet : année moyenne.....	3
2.2.2 Remplissage en année sèche	4
2.2.2.1 Remplissage direct de la retenue de La Mura.....	4
2.2.2.2 Apport complémentaire depuis la retenue du Grand Plan du Sautet : année sèche.....	4

RESUME ET CONCLUSIONS

Cette étude hydrologique a été effectuée afin d'estimer les apports d'eau moyens annuels à la retenue du Grand Plan du Sautet et d'examiner la possibilité d'alimenter la retenue de La Mura.

Ce plan d'eau se situe en aval d'un bassin versant d'une surface de 235 hectares.

Les apports moyens annuels sont estimés 2 455 000 m³.

83 % des apports se produisent au cours des mois de mai à octobre.

En année quinquennale sèche, les apports sont estimés à 1 600 000 m³, soit 65 % des apports moyens annuels.

En année moyenne et en année sèche, des apports importants sont disponibles de mai à octobre.

Il sera donc possible, avec un apport complémentaire de 150 000 m³, d'envisager de compléter, si nécessaire, le remplissage de la retenue de La Mura.

Le 4 avril 2005

L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

1. REGIME HYDROLOGIQUE DE LA RETENUE DU GRAND PLAN D'EAU DU SAUTET

1.1 EVALUATION DES DEBITS MOYENS MENSUELS

Le régime hydrologique de la retenue du Grand Plan du Sautet été estimé à partir des débits spécifiques mensuels de trois torrents proches :

- La Bonne à Pont Battant, qui draine un bassin versant d'une surface de 143 km²,
- La Romanche à Plan de l'Alpe, qui draine un bassin versant d'une surface de 45 km².
- La Sarenne à Huez, draine un bassin versant d'une surface de 28,2 km².

Le tableau ci-dessous indique les valeurs en l/s/ km² des débits spécifiques de ces trois torrents.

Débit spécifique (l/s/km ²)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
La Bonne à Pont-Battant	14,6	14,1	16,4	29,9	61,3	74,8	50,6	28,9	25,8	31,0	27,3	17,6	32,7
La Romanche à Plan de l'Alpe	4,0	4,0	4,0	12,0	48,0	104,0	110,0	77,0	43,0	23,0	11,0	6,0	37,2
La Sarenne à Huez	9,2	9,9	20,6	43,3	86,5	70,9	66,7	35,5	25,2	25,9	21,6	14,5	36,5

Compte-tenu de la petite surface du bassin versant et de l'altitude élevée de la retenue (2320 m), une bonne estimation des débits spécifiques mensuels est obtenue en retenant pour les débits spécifiques des apports les valeurs suivantes :

- pour les mois de décembre à mars : les valeurs minima (la Romanche à PLAN DE L'ALPE),
- pour les mois d'avril à novembre : les moyennes des valeurs des trois torrents.

Les valeurs mensuelles adoptées pour les modules spécifiques, les débits et les volumes écoulés (en milliers de mètres cubes) dans la retenue du Grand Plan du Sautet sont données ci-dessous :

Valeurs	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Module (l/s/km ²)	4,0	4,0	4,0	28,4	65,3	83,2	75,7	47,1	31,3	26,6	20,0	6,0	33,0
Débit (l/s)	9,4	9,4	9,4	66,7	153,4	195,6	178,0	110,7	73,6	62,6	47,0	14,1	77,5
Volume (1000m ³)	25,2	22,7	25,2	173,0	410,9	507,1	476,7	296,5	190,8	167,7	121,8	37,8	2455

1.2 VARIABILITE INTERANNUELLE DES DEBITS ET DES VOLUMES D'EAU ECOULES

La variabilité interannuelle des débits résulte de la variabilité des pluies.

Entre les années humides et les années sèches, le rapport peut être de l'ordre de 2.

La surface du bassin versant étant petite, le sol ne permet pas une régulation des débits et le seul paramètre contribuant à la régulation est la température, en transformant les précipitations en neige. La régulation ne se fait alors qu'à l'échelle saisonnière. On admettra :

- qu'en année sèche, le débit annuel est égal à 65 % du débit moyen interannuel, 50 l/s et le volume annuel des écoulements est estimé à 1 596 000 m³,
- qu'en année humide, le débit annuel est égal à 135 % du débit moyen interannuel, soit 105 l/s et le volume annuel des écoulements est estimé à 3 315 000 m³.

2. DEBIT RESERVE ET SIMULATION DU REMPLISSAGE DE LA RETENUE

2.1 DEBIT RESERVE ET DEBIT DE REFERENCE

Le débit d'étiage mensuel quinquennal sec, appelé débit de référence, noté $QMNA_5$ a été calculé avec un module spécifique de $2,0 \text{ l/s/km}^2$ (plage d'incertitude entre $1,5$ et $2,5 \text{ l/s/km}^2$), soit :

$$QMNA_5 = 4,7 \text{ l/s} \quad (\text{plage d'incertitude entre } 3,5 \text{ l/s et } 6,0 \text{ l/s}).$$

Le débit de référence représente 6 % du débit moyen annuel.

Le débit réservé qui devra être laissé en aval de la retenue du Grand Plan du Sautet doit être égal au moins à 10 % du débit moyen interannuel, soit $7,7 \text{ l/s}$. Compte tenu du faible intérêt piscicole de l'exutoire de cette retenue, le minimum du débit réservé sera retenu.

2.2 POSSIBILITE DE REMPLISSAGE DE LA RETENUE DE LA MURA DEPUIS LE GRAND PLAN DU SAUTET

2.2.1 Remplissage en année moyenne

Nous reprenons dans ce paragraphe les valeurs issues de l'étude réalisée en 2003.

2.2.1.1 Remplissage direct de la retenue de la Mura

Le tableau ci-dessous indique pour chaque mois les apports, les volumes à restituer pour le débit réservé, le cumul des apports réellement disponibles et les volumes en excès déversés.

REPLISSAGE NATUREL DE LA RETENUE DE LA MURA : ANNEE MOYENNE													
Volume (m^3)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m^3)	4,3	3,9	4,3	29,4	69,9	86,3	81,1	50,5	32,5	28,5	20,7	6,4	418
Réservé (1000 m^3)	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	42
Cumul (1000 m^3)	0,8	1,5	2,3	28,4	94,9	117,8	255,5	302,5	331,6	356,6	374,0	376,0	376,0
Excès (1000 m^3)	-	-	-	-	-	-	-	2,5	32,5	28,5	20,7	6,4	90,7

Une première campagne de neige de culture pourra être effectuée dès le début novembre. Les apports en excès de septembre à décembre seront déversés.

2.2.1.2 Apport complémentaire depuis la retenue du Grand Plan du Sautet : année moyenne

En pompant dans la retenue du Grand Plan du Sautet et en refoulant l'eau jusqu'à la retenue de La Mura, une possibilité de remplissage complémentaire peut être envisagée.

Le tableau suivant indique pour chaque mois les apports, les volumes à restituer pour le débit réservé, le volume maximum des apports disponibles pour un éventuel pompage.

VOLUME D'EAU DIPONIBLE A PARTIR DE LA RETENUE DU GRAND PLAN DU SAUTET : ANNEE MOYENNE													
Volume (m ³)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m ³)	25,2	22,7	25,2	173,0	410,9	507,1	476,1	296,5	190,8	167,7	121,8	37,8	2455
Réservé (1000 m ³)	20,8	18,7	20,8	20,1	20,8	20,1	20,8	20,8	20,1	20,8	20,1	20,8	245
Disponible (1000 m ³)	4,4	2,2	4,4	152,9	390,1	487,0	456,3	275,7	170,7	146,5	101,5	17,3	2210

Pour être sur de disposer d'une retenue complètement remplie au début du mois de novembre, il faut envisager le pompage entre mai et octobre, en fonction des apports réellement disponibles.

2.2.2 Remplissage en année sèche

2.2.2.1 Remplissage direct de la retenue de La Mura

Les apports mensuels en année sèche sont estimés à 65 % des apports moyens.

Le tableau ci-dessous indique pour chaque mois les apports, les volumes à restituer pour le débit réservé, le cumul des apports réellement disponibles et les volumes en excès déversés.

REMPLEISSAGE NATUREL DE LA RETENUE DE LA MURA : ANNEE SECHE													
Volume (m ³)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m ³)	2,8	2,5	2,8	19,1	45,5	56,1	52,7	32,8	21,1	18,6	13,5	4,2	271,7
Réservé (1000 m ³)	3,5	3,1	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	41
Cumul (1000 m ³)	- 0,7	- 1,3	- 2,0	13,7	55,7	108,5	157,7	187,1	204,8	219,9	230,0	230,7	230,7
Excès (1000 m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En hiver, un débit réservé en aval doit être maintenu, même si les apports naturels sont inférieurs au volume à restituer. Le taux de remplissage effectif de la retenue ne sera que 77 %.

Au total, sur une année, 226 000 m³ seront prélevés, soit 83 % des apports naturels (272 000 m³).

2.2.2.2 Apport complémentaire depuis la retenue du Grand Plan du Sautet : année sèche

VOLUME D'EAU DIPONIBLE A PARTIR DE LA RETENUE DU GRAND PLAN DU SAUTET : ANNEE SECHE													
Volume (m ³)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Apport (1000 m ³)	16,4	14,8	16,4	112,4	267,1	329,6	309,9	192,8	124,0	109,0	79,2	24,5	1596
Réservé (1000 m ³)	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	20,5	245
Disponible (1000 m ³)	0	0	0	92,3	246,3	309,5	289,1	172,0	103,9	88,3	59,1	3,8	

L'apport complémentaire par pompage depuis la retenue du Grand Plan du Sautet n'est possible en année sèche que d'avril à fin octobre compte tenu de la contrainte du respect du débit réservé.

Sur cette période d'avril à fin octobre, il sera possible d'obtenir un apport complémentaire de 150 000 m³.

Le 04/04/2005
L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

Commune de Les Deux Alpes

**ÉTUDE HYDRAULIQUE
DES DÉVERSOIRS DE CRUES
DE LA RETENUE**

P.Y. FAFOURNOUX

Annexe PU 4

ANNEXE IV

ETUDE HYDRAULIQUE DE LA RETENUE DE LA MURA

DIMENSIONNEMENT DES DEVERSOIRS DE CRUE

P.Y. FAFOURNOUX
INGENIEUR CONSEIL
Le Verger de Criel
Rue du Haut Criel
38500 VOIRON

Etude FRA-2003-005

Avril 2004
Révisée le 04/04/2005

SOMMAIRE

RESUME ET CONCLUSIONS	1
1. CRUES EXCEPTIONNELLES ET CRUE DE PROJET.....	2
1.1 ESTIMATION DES DEBITS DE CRUES DECENNALES ET CENTENNALES : RAPPEL DES RESULTATS.....	2
1.2 CHOIX DE LA PLUIE ET DE LA CRUE DE PROJET.....	2
2. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DEVERSOIRS DE CRUES.....	3
2.1 SIMULATION DE L'EFFET DU LAMINAGE DES CRUES	3
2.2 PRINCIPAUX RESULTATS DE LA SIMULATION	3
2.3 IMPLANTATION ET CALAGE ALTIMETRIQUE DES DEVERSOIRS DE CRUES	3
ANNEXE N° 1 : TABLEAUX DE CALCULS DES DEVERSOIRS DE CRUES.....	1

RESUME ET CONCLUSIONS

Cette étude a été effectuée pour dimensionner le système de déversoirs de crues de la retenue. Elle complète l'étude hydrologique réalisée en janvier 2003 afin d'apprécier les apports d'eau venant du bassin versant situé en amont de la future retenue.

La retenue projetée à La Mura se situe en aval d'un bassin versant d'une surface de 40 hectares. Sa capacité utile est évaluée à 307 500 m³.
Les apports moyens annuels sont estimés 418 000 m³.

En année moyenne, 20 à 25 % des apports se déverseront en automne.

Les débits de crues exceptionnelles ont été évalués à :

crue décennale : 2,8 m³/s
crue centennale : 8,1 m³/s

Compte tenu la situation de la retenue en surplomb au-dessus de la vallée de la Selle, l'étude hydrologique a recommandé de retenir pour la crue de projet le débit créé par la Pluie Maximale Probable (P.M.P.) de valeur 200 mm en 15 minutes.

Le volume ruisselant arrivant dans la retenue est alors de 80 000 m³.

La valeur de la crue de projet avant laminage dans la retenue peut atteindre 90 à 110 m³/s.

La valeur du débit déversé dépend de la longueur du déversoir.

Pour une longueur de déversoir de 60 m, le débit déversé maximum est de 99 m³/s.

Le 6 avril 2004

L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

1. CRUES EXCEPTIONNELLES ET CRUE DE PROJET

1.1 Estimation des débits de crues décennales et centennales : rappel des résultats

L'estimation des débits de crues a été faite avec plusieurs méthodes basées sur la connaissance des données pluviométriques disponibles dans l'étude du Cemagref « Analyse des fortes pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes du Sud-Est de la France » (Grenoble - 1982).

Cette étude fournit les statistiques concernant la pluie décennale centrée journalière $P_{(10c/24h)}$, le gradex des pluies centrées de durée 24 heures $G_{(c/24h)}$ et le paramètre B de Montana.

Pluies décennales et gradex des pluies pour cinq postes météorologiques proches

Département	Postes météorologiques (Cemagref - Décembre 1982)	Altitude (m)	$P_{(10c/24h)}$ (mm)	$G_{(c/24h)}$ (mm)	B
05	Le Chazelet (La Grave)	1780	74,2	10,2	0,61
38	Besse-en-Oisans	1470	80,7	11,0	0,68
38	Ornon - La Pallud	950	104,4	16,1	0,70
38	Valjouffrey	980	103,2	15,3	0,73
05	Pelvoux - Les Cloux	1260	81,6	10,7	0,52
	Moyenne	1290	88,8	12,7	0,65

Gradients altimétriques verticaux	Gradient de $P_{(10c/24h)}$	Gradient de $G_{(c/24h)}$
Entre Besse et Le Chazelet	- 22 mm / 1000	- 2,4 mm / 1000 m
Entre Ornon et Le Chazelet	- 36 mm / 1000	- 7,1 mm / 1000 m

Les valeurs moyennes pour la pluie décennale journalière et le gradex journalier ont été retenues, sans correction liée à l'altitude, soit :

$$P_{(10c/24h)} = 88,8 \text{ mm}$$

$$G_{(c/24h)} = 12,7 \text{ mm}$$

Les débits de crues décennales ont été calculés par une seule méthode :

- la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation $C_{10} = 0,35$

Les débits de crues centennales ont été calculés par deux méthodes :

- la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation $C_{100} = 0,60$
- la méthode du gradex, appliquée à la durée de la crue centennale.

Les résultats obtenus sont :

Débits de crues décennales et centennales		
Q_{10}	=	2,8 m ³ /s
Q_{100}	=	8,1 m ³ /s
		Plage d'incertitude : 2 à 4 m ³ /s
		Plage d'incertitude : 6 à 12 m ³ /s

1.2 Choix de la pluie et de la crue de projet

La retenue projetée étant en surélévation par rapport au terrain naturel et en surplomb par rapport à la vallée de la Selle, le risque de rupture de la digue doit être limité au maximum.

Il est proposé de retenir comme valeur de la crue de projet la crue maximale probable.

Le débit de cette crue est calculé pour la Pluie Maximale Probable (P.M.P.), ruisselant sur un sol totalement imperméabilisé (coefficient d'imperméabilisation $C_{max} = 1,00$).

La P.M.P. retenue est de 200 mm, valeur observée en 15 minutes en Bavière.

Le volume ruisselé correspondant est de 80 000 m³.

Le débit calculé avec cette hypothèse est égal à 90 m³/s pour une distribution uniforme de la pluie pendant les 15 minutes.

Il peut dépasser cette valeur, si l'intensité de la pluie n'est pas distribuée uniformément.

Les calculs effectués en Annexe n°1 conduisent à une pointe du débit entrant de 111 m³/s.

2. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEME DE DEVERSOIRS DE CRUES

2.1 Simulation de l'effet du laminage des crues

La crue de projet pouvant survenir à un moment où la retenue est remplie, il convient de disposer d'une réserve de hauteur permettant de stocker une partie de la crue (« effet de laminage ») et d'un ou plusieurs déversoirs de sécurité pour évacuer le débit excédentaire.

Ainsi, si la réserve de hauteur d'eau est de 1,00 mètre, pour une surface du plan d'eau de la retenue de 4,0 hectares, le volume stocké dans la tranche de laminage est de 40 000 m³.

Pour déterminer la hauteur d'eau maximale, il faut effectuer les calculs en régime transitoire, en prenant en compte les apports d'eau d'une part et les volumes déversés d'autre part.

Afin de calculer la hauteur d'eau stockée dans la tranche déversante, plusieurs simulations de l'effet du laminage ont été effectuées, en fonction de la longueur totale des déversoirs.

2.2 Principaux résultats de la simulation

Les calculs détaillés, effectués à l'aide du tableur Excel, sont présentés en Annexe n° 1.

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus, pour un débit maximum entrant de 111 m³/s.

Le débit déversé est minimum avec un déversoir de crues longueur 40 m, mais dans ce cas, la cote de la digue doit être calée à 1,84 m au-dessus de la cote du radier du déversoir de crues.

Synthèse des résultats de la simulation du fonctionnement des déversoirs de crues					
Longueur du déversoir (m)	Laminage maximum (m)	Revanche (m)	Cote digue au-dessus du déversoir (m)	Débit déversé (m ³ /s)	Amortissement (%)
40	1,14	0,70	1,84	82	26
50	1,05	0,70	1,75	92	17
60	0,98	0,70	1,68	99	11
70	0,92	0,70	1,62	104	6
80	0,86	0,70	1,56	108	3
90	0,80	0,70	1,50	110	1
100	0,75	0,70	1,45	111	0

2.3 Implantation et calage altimétrique des déversoirs de crues

Le choix de la longueur optimale des déversoirs, leur implantation et le calage en altimétrie de ces ouvrages relèvent de la compétence du Maître d'œuvre. Ces points ne seront donc pas traités ici.

Toutefois, il est recommandé de choisir un ouvrage court qui permettrait d'amortir une fraction du débit maximum de la crue de projet plutôt qu'un ouvrage à déversoir long, n'assurant aucun amortissement.

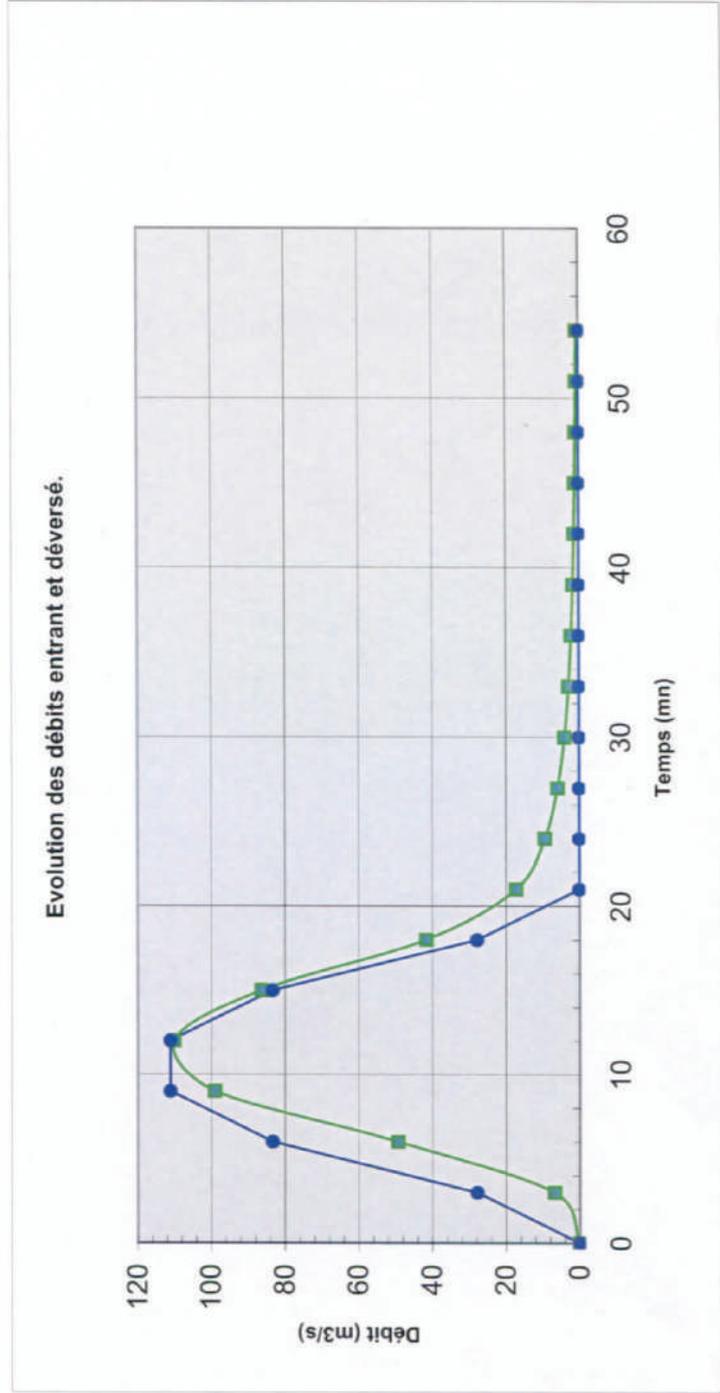
ANNEXE N° 1: TABLEAUX DE CALCULS DES DEVERSOIRS DE CRUES

Déversoir

Longueur du déversoir 90 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	18783	29921	32104	27302	16772	9295	6210	4525	3477	2771	2269	1897	1613	1390	1211	1066	946
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.47	0.75	0.80	0.68	0.42	0.23	0.16	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
Débit déversé (m ³ /s)	0	7	49	99	110	86	42	17	9	6	4	3	2	2	1	1	1	1	1
Volume déversé (m ³)	0	1217	8862	17817	19802	15530	7478	3085	1685	1048	706	502	372	284	223	178	145	120	100
Volume restant (m ³)	0	3783	9921	12104	12302	11772	9295	6210	4525	3477	2771	2269	1897	1613	1390	1211	1066	946	846

Cote digue / déversoir (m) 1.50

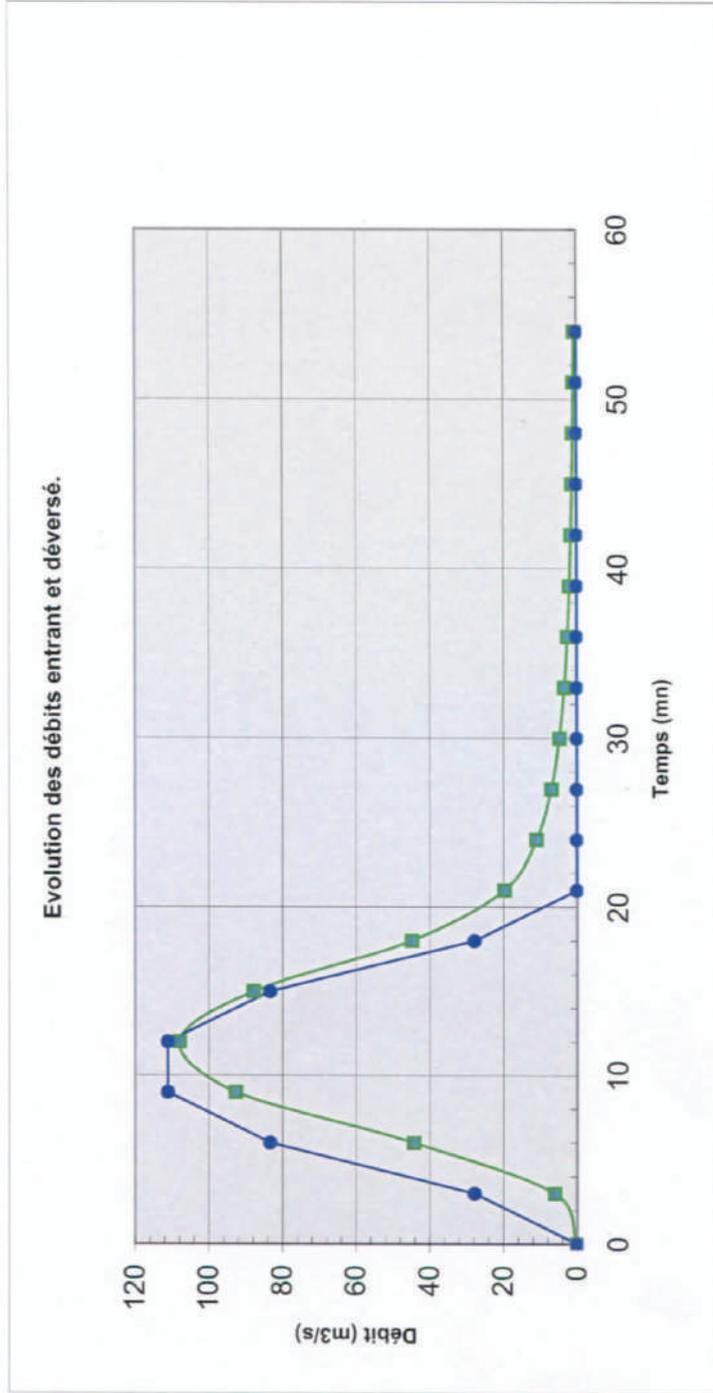


Déversoir

Longueur du déversoir 80 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	18918	30956	34290	29860	19071	11012	7476	5498	4251	3403	2795	2343	1996	1723	1504	1326	1178
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.47	0.77	0.86	0.75	0.48	0.28	0.19	0.14	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03
Débit déversé (m ³ /s)	0	6	44	93	108	88	45	20	11	7	5	3	3	2	2	1	1	1	1
Volume déversé (m ³)	0	1082	7962	16666	19430	15789	8059	3536	1978	1247	848	607	452	347	273	219	179	148	124
Volume restant (m ³)	0	3918	10956	14290	14860	14071	11012	7476	5498	4251	3403	2795	2343	1996	1723	1504	1326	1178	1054

Cote digue / déversoir (m) 1.56

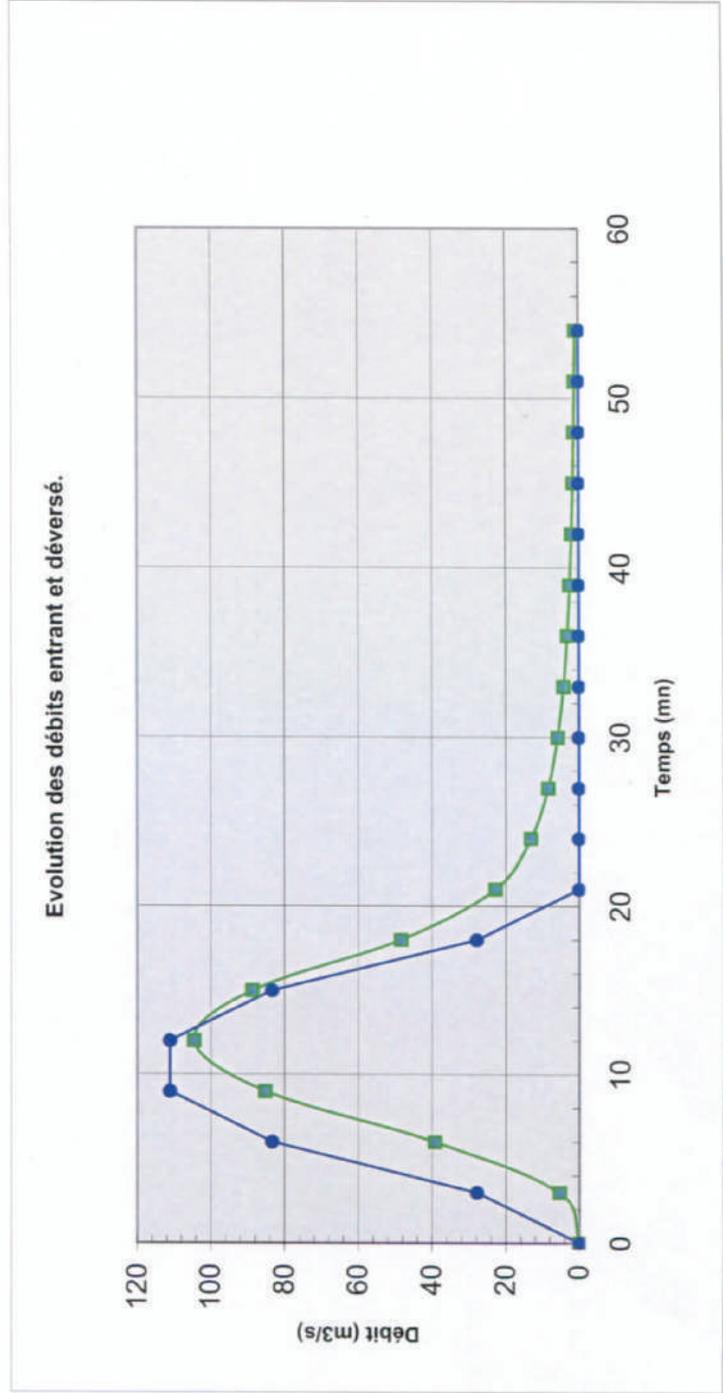


Déversoir

Longueur du déversoir 70 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	19053	32012	36676	32870	21914	13228	9155	6809	5305	4270	3523	2963	2531	2190	1916	1691	1505
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.48	0.80	0.92	0.82	0.55	0.33	0.23	0.17	0.13	0.11	0.09	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04
Débit déversé (m ³ /s)	0	5	39	85	104	89	48	23	13	8	6	4	3	2	2	2	1	1	1
Volume déversé (m ³)	0	947	7042	15335	18807	15956	8686	4074	2345	1504	1035	747	560	432	341	274	225	186	156
Volume restant (m ³)	0	4053	12012	16676	17870	16914	13228	9155	6809	5305	4270	3523	2963	2531	2190	1916	1691	1505	1349

Cote digue / déversoir (m) 1.62

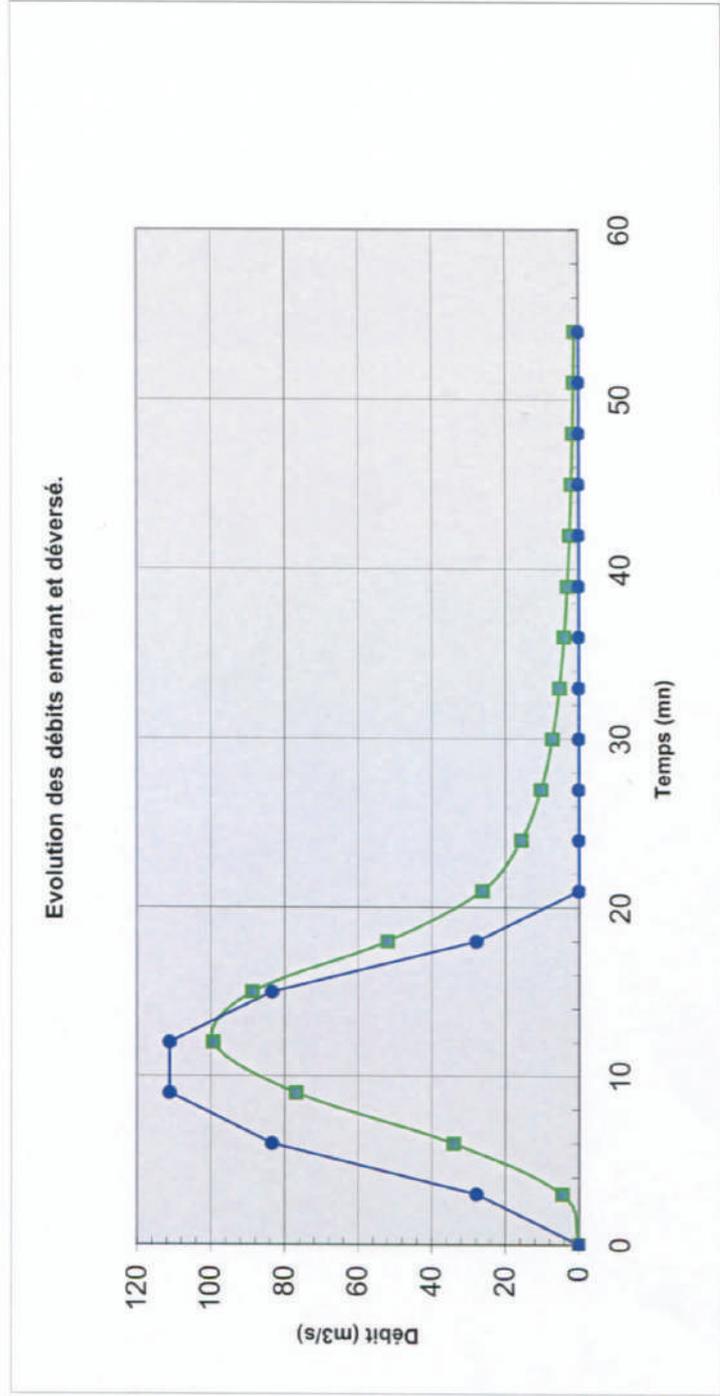


Déversoir

Longueur du déversoir 60 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	19189	33088	39275	36412	25466	16139	11434	8628	6789	5505	4568	3859	3309	2872	2519	2229	1987
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.48	0.83	0.98	0.91	0.64	0.40	0.29	0.22	0.17	0.14	0.11	0.10	0.08	0.07	0.06	0.06	0.05
Débit déversé (m ³ /s)	0	5	34	77	99	89	52	26	16	10	7	5	4	3	2	2	2	1	1
Volume déversé (m ³)	0	811	6100	13813	17863	15946	9327	4706	2806	1839	1284	937	708	550	437	353	290	241	203
Volume restant (m ³)	0	4189	13088	19275	21412	20466	16139	11434	8628	6789	5505	4568	3859	3309	2872	2519	2229	1987	1784

Cote digue / déversoir (m) 1.68

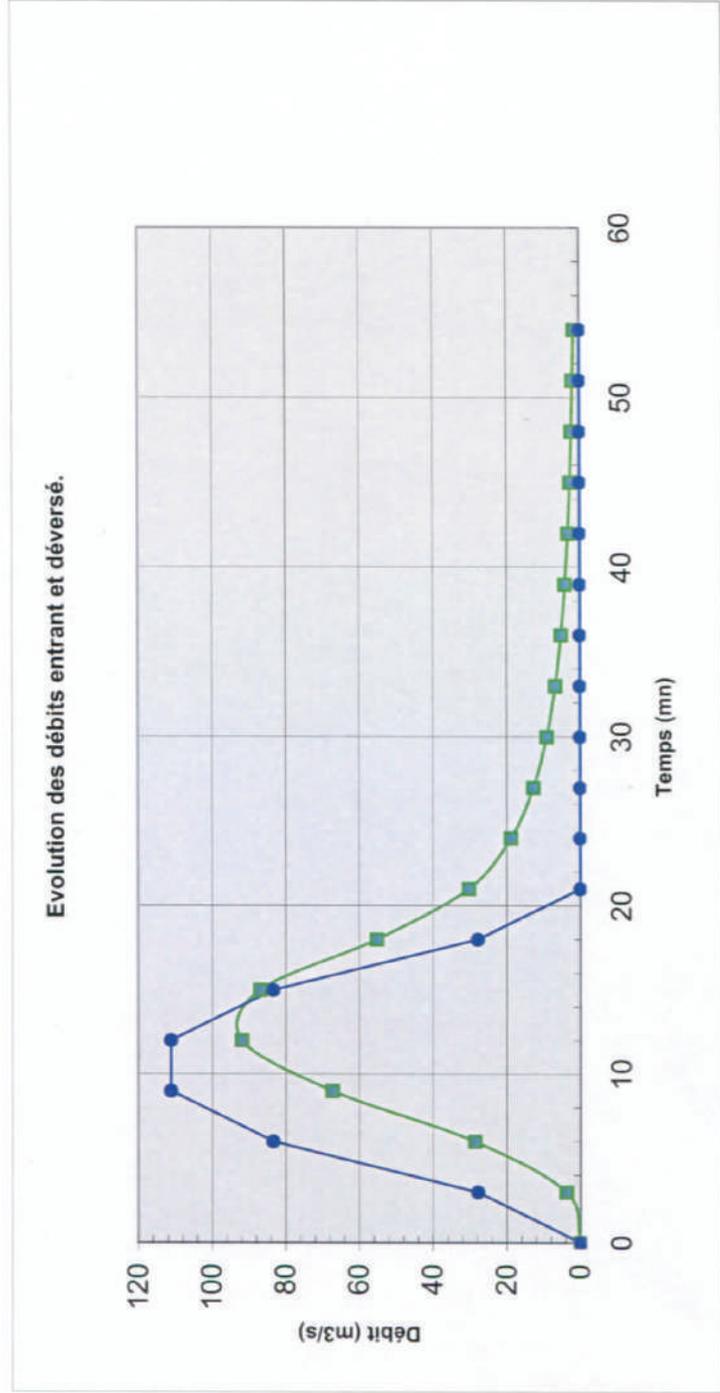


Déversoir

Longueur du déversoir 50 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	19324	34186	42098	40578	29945	20035	14611	11234	8956	7335	6134	5215	4495	3918	3449	3062	2738
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.48	0.85	1.05	1.01	0.75	0.50	0.37	0.28	0.22	0.18	0.15	0.13	0.11	0.10	0.09	0.08	0.07
Débit déversé (m ³ /s)	0	4	29	67	92	87	55	30	19	13	9	7	5	4	3	3	2	2	2
Volume déversé (m ³)	0	676	5137	12089	16519	15633	9911	5424	3378	2277	1621	1202	919	720	576	469	387	324	274
Volume restant (m ³)	0	4324	14186	22098	25578	24945	20035	14611	11234	8956	7335	6134	5215	4495	3918	3449	3062	2738	2464

Cote digue / déversoir (m) 1.75

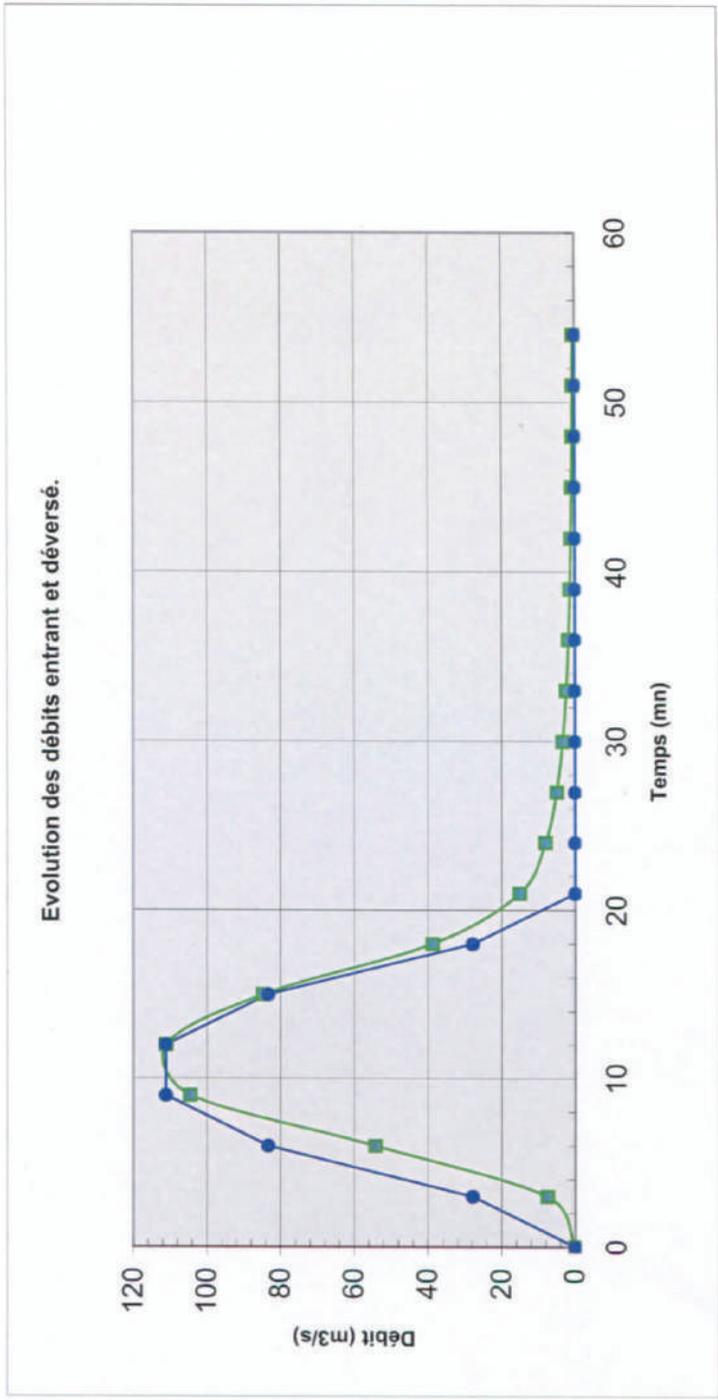


Déversoir

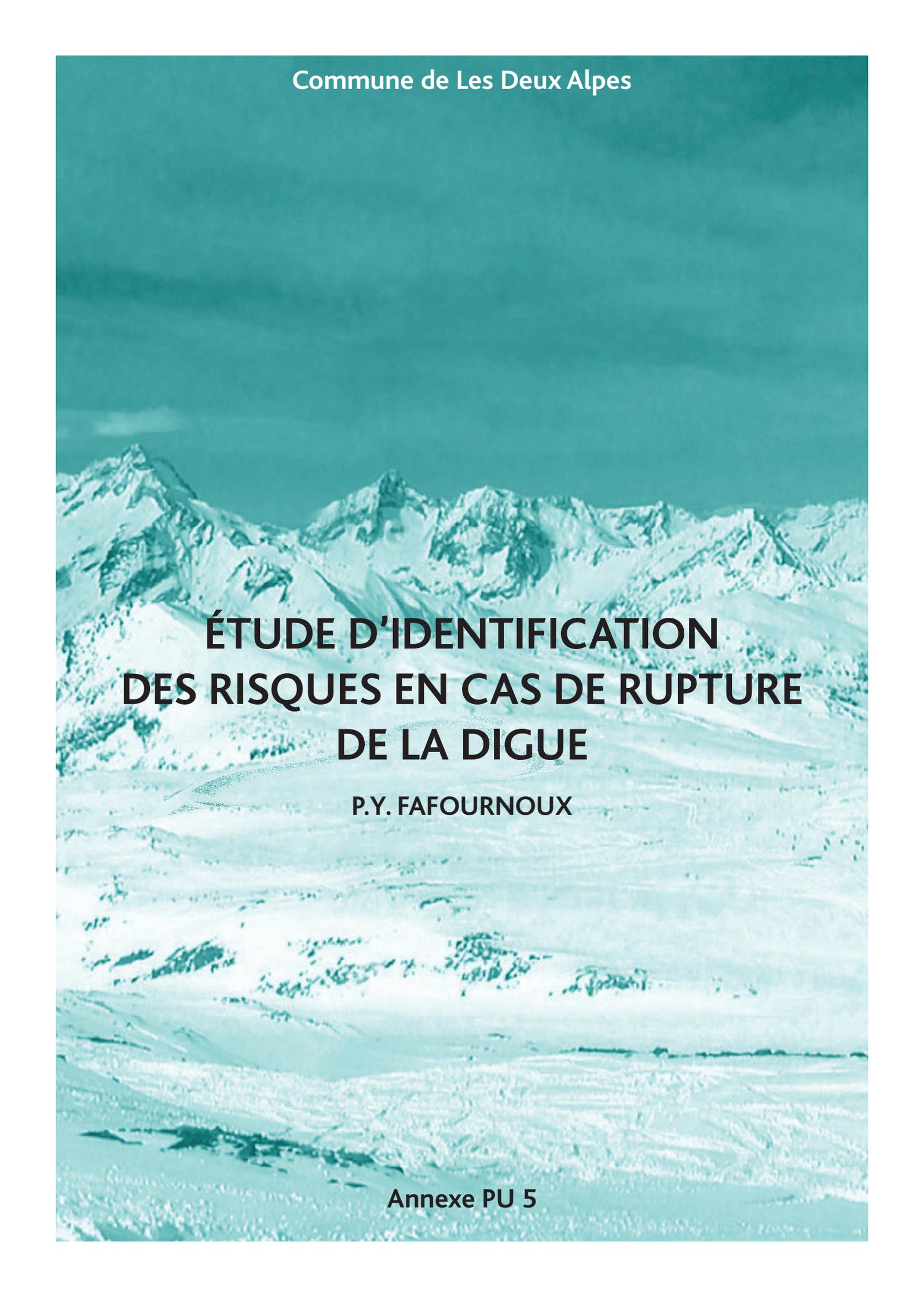
Longueur du déversoir 100 m

Pas de temps (s)	180	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (s)	0	180	360	540	720	900	1080	1260	1440	1620	1800	1980	2160	2340	2520	2700	2880	3060	3240
Temps (mn)	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54
Apport (m ³)	0	5000	15000	20000	20000	15000	5000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Débit entrant (m ³ /s)	0	28	83	111	111	83	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Volume surstocké (m ³)	0	5000	18648	28907	30108	25125	14892	7941	5234	3786	2895	2299	1877	1566	1329	1144	996	876	777
Niveau d'eau (m)	0.00	0.13	0.47	0.72	0.75	0.63	0.37	0.20	0.13	0.09	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02
Débit déversé (m ³ /s)	0	8	54	104	111	85	39	15	8	5	3	2	2	1	1	1	1	1	0
Volume déversé (m ³)	0	1352	9740	18799	19983	15233	6951	2707	1448	891	596	422	311	237	185	148	120	99	83
Volume restant (m ³)	0	3648	8907	10108	10125	9892	7941	5234	3786	2895	2299	1877	1566	1329	1144	996	876	777	694

Cote digue / déversoir (m) 1.45



Commune de Les Deux Alpes



**ÉTUDE D'IDENTIFICATION
DES RISQUES EN CAS DE RUPTURE
DE LA DIGUE**

P.Y. FAFOURNOUX

Annexe PU 5

DEPARTEMENT DE L'ISERE
Communauté de Communes des Deux Alpes

PROJET DE RETENUE D'EAU A LA MURA

Etude d'identification des risques hydrauliques en cas de rupture de la digue

RAPPORT D'ETUDE

Pierre-Yves FAFOURNOUX
Ingénieur Conseil
Le Verger de Criel
Rue du Haut Criel
38500 VOIRON

Conception : Mars 2005
Révision 1 : Mai 2005
Révision 2 : Janvier 2006

Etude FRA-2005-002-A

SOMMAIRE

RESUME ET CONCLUSIONS	1
1. DEROULEMENT DE L'ETUDE DE SECURITE HYDRAULIQUE ET CONTEXTE	3
1.1 TACHES REALISEES	3
1.2 DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DE L'INGENIEUR CONSEIL	3
1.3 TEXTES REGLEMENTAIRES DE REFERENCE	3
2. CARACTERISTIQUES DE LA RETENUE ET DES EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES	3
2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA RETENUE	3
2.2 DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE SECURITE DE LA RETENUE.....	4
2.2.1 <i>Dimensionnement de la vidange de fond</i>	4
2.2.1.1 Vidange normale.....	4
2.2.1.2 Vidange rapide exceptionnelle.....	4
2.2.1.3 Diamètres des conduites de vidange	4
2.2.2 <i>Dimensionnement du déversoir de crue</i>	4
2.2.2.1 Détermination de la crue de projet.....	4
2.2.2.2 Choix de la revanche de sécurité	5
2.2.2.3 Dimensionnement des deux déversoirs de crues.....	5
3. EVALUATION DE L'ONDE DE CRUE DUE A LA RUPTURE DE LA DIGUE	5
3.1 EVALUATION THEORIQUE DU DEBIT MAXIMUM EN CAS DE RUPTURE SOUDAINNE DE LA DIGUE	6
3.1.1 <i>Méthodologie utilisée</i>	6
3.1.1.1 Calcul du débit maximum	6
3.1.1.2 Amortissement du débit maximum en aval de la digue	6
3.1.2 <i>Résultats obtenus</i>	7
3.1.2.1 Déversement coté Torrent du Diable (Vallon de la Selle) et Vénéon.....	7
3.1.2.2 Déversement coté Ruisseau du Grand Plan	7
3.2 EVALUATION DU DEBIT MAXIMUM EN CAS DE RUPTURES PROGRESSIVE ET LENTE DE LA DIGUE.....	8
3.2.1 <i>Rupture progressive : calcul direct par formules</i>	8
3.2.2 <i>Rupture lente : calcul en similitude de Froude de la rupture du barrage naturel de Val Pola</i>	8
3.2.2.1 Hydrogramme de l'onde de rupture lente de la digue seule (similitude de Froude)	9
3.2.2.2 Composition de l'onde de rupture lente et de l'onde de la crue de projet.....	9
4. ESTIMATION DES RISQUES LE LONG DES TORRENTS EN AVAL DE LA RETENUE	10
4.1 DEBITS DES CRUES DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN.....	10
4.2 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE SUR LE TORRENT DU DIABLE	11
4.3 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE AU DROIT DE SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS	11
4.4 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE EN AVAL DE SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS.....	11
4.5 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE SUR LE RUISSEAU DU GRAND PLAN	11
5. PROPOSITIONS POUR MINIMISER LES RISQUES EN CAS DE RUPTURE DE LA DIGUE	13
5.1 LIMITATION DU VOLUME D'EAU MAXIMUM DANS LA RETENUE	13
5.2 SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE ET VEILLE METEOROLOGIQUE.....	13
5.3 PROCEDURES DE VEILLE METEOROLOGIQUE ET DE VIGILANCE RENFORCEE	13
ANNEXE 1 : CALCULS DES DEBITS ENGENDRES PAR LA RUPTURE DE LA DIGUE	1
ANNEXE 2 : CRUES DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN	2
ANNEXE 3 : PHOTOS DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN	3

RESUME ET CONCLUSIONS

Cette étude a été effectuée à la demande et pour le compte de la Communauté de Communes des Deux Alpes.

La retenue projetée se situe au lieu-dit « La Mura », aux DEUX ALPES.
L'Avant Projet a été établi par la Société Alpine de Géotechnique (SAGE INGENIERIE).
Le volume d'eau stocké pour la retenue normale (R.N.) a été estimé à 350 000 m³.

La retenue sera implantée au-dessus de la Brèche de La Mura et elle dominera le Vallon de la Selle.
La retenue sera alimentée principalement par le ruissellement et les eaux de fonte des neiges, toutefois un apport par pompage dans la retenue du Grand Plan du Sautet est envisagé en complément.
La retenue sera équipée de deux conduites de vidange de sécurité, en diamètre minimum DN 350 mm vers le vallon de la Selle et en DN 450 mm vers le plan du Sautet, permettant de vidanger complètement la retenue en 8 jours environ.

Deux déversoirs de crues seront créés dans la digue.

Ce dispositif a été calculé pour la Pluie Maximale Probable (P.M.P.), de valeur 200 mm en 15 minutes, ce qui correspond à une pluie de période de retour supérieure à 10 000 ans (235mm en 24h).
Les dimensions proposées pour le déversoir sont : longueur 60,0 m ; lame d'eau déversante : 1,00 m.
Il sera réalisé en deux ouvrages de 30 mètres de longueur chacun.
Une revanche de sécurité de 0,70 m sera prévue au-dessus des Plus Hautes Eaux (P.H.E.)= au dessus de la lame d'eau déversante.

La rupture d'origine hydraulique de la digue est un accident de probabilité inférieure à 3 pour 1000.
Deux scénarios de rupture ont été envisagés : la rupture progressive et la rupture lente.

En cas de rupture sur le coté sud de la digue, l'eau rejoindra le Torrent du Diable, puis le Vénéon et la Romanche. Le débit maximum provoqué par la rupture progressive de la digue a été estimé à 262 m³/s.
Ce débit maximum s'amortira progressivement en aval.
Il ne sera plus que 185 m³/s à BOURG D'ARUD, soit 92 % du débit de crue centennale du Vénéon.
A Pont-Escoffier, il ne sera plus que de 83 m³/s. A Bourg d'Oisans, il sera de 18 m³/s.
La retenue n'entraînera donc pas de risque nouveau pour les riverains du Vénéon en aval de VENOSC.
Le secteur le plus exposé est le Camping des Fétoules (base de loisirs pour l'hydrospeed).

En cas de rupture sur le coté nord-ouest de la digue, l'eau rejoindra le Ruisseau du Grand Plan.
Le débit maximum sera plus faible, car la totalité de la retenue ne peut se vider de ce coté.
Il a été estimé à 145 m³/s. Au Grand Plan du Sautet, il ne sera plus que de 80 m³/s et au pont de la Route de Cuculet, il sera de 32 m³/s, valeur qui correspond au débit de crue centennale.
Aucune habitation n'est exposée à l'onde de rupture.

Propositions pour minimiser les risques en cas de rupture de la digue

Des précautions particulières devront être prises pour garantir la parfaite tenue de l'ouvrage dans son environnement et diminuer les risques induits par son exploitation. Il est proposé notamment :

- de limiter le volume d'eau stocké en période d'été (de juin à fin Août) au-dessus du sol naturel à 270 000 m³, en ne complétant le remplissage à 350 000 m³ qu'à partir du 1^{er} septembre ;
- de mettre en place une procédure d'inspection régulière de la retenue et de ses équipements,
- de mettre en place une veille météorologique quotidienne, afin de détecter les situations à risques et éventuellement, en cas D'ALERTE ROUGE avec RISQUE DE FORTES PRECIPITATIONS, de vidanger préventivement pour retrouver un volume de 270 000 m³.

Le 16 janvier 2006
L'Ingénieur Conseil
Pierre-Yves FAFOURNOUX

1. DEROULEMENT DE L'ETUDE DE SECURITE HYDRAULIQUE ET CONTEXTE

1.1 TACHES REALISEES

Les tâches réalisées dans le cadre de l'étude ont été les suivantes :

- janvier 2005 : entretien avec le Maître d'Ouvrage et SAGE INGENIERIE,
- mars 2005 : visite des sites,
- mars 2005 : examen de l'Avant Projet établi par SAGE INGENIERIE,
- mai 2005 : vérification technique et rédaction du rapport d'étude,
- janvier 2006 : compléments et précisions sur les temps de propagation de l'onde de rupture et sur les risques d'inondabilité à BOURG D'ARUD.

1.2 DOCUMENTS MIS A DISPOSITION DE L'INGENIEUR CONSEIL

« Avant Projet d'une retenue d'eau à La Mura ». (SAGE INGENIERIE : février 2005).

1.3 TEXTES REGLEMENTAIRES DE REFERENCE

- CIRCULAIRE DU 13 JUILLET 1999 relative à la sécurité des zones situées à proximité ainsi qu'à l'aval des barrages et aménagements hydrauliques face aux risques liés à l'exploitation des ouvrages ; NOR : IND G 99 8001 C (non publiée au JO)
- ARRETE DU 27 AOUT 1999 portant application du décret n° 96-102 du 2 février 1996 et fixant les prescriptions générales applicables aux opérations de création de plans d'eau ou d'étangs soumises à déclaration en application de l'article 10 de la loi n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau et relevant des rubriques 2.7.0 (1°, b) et 2.7.0 (2°, b) de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 du 29 mars 1993 modifié ; NOR : ATE 99 80255 A (JO, 29 août 1999)
- CIRCULAIRE DU 24 DECEMBRE 1999 relative à la modification de la nomenclature relative à l'eau, à la création et la vidange de plans d'eau et à la protection des zones humides ; NOR : ATE 99 00 90017 C (BO Min Env. n° 2000/1, 15 févr. 2000).

2. CARACTERISTIQUES DE LA RETENUE ET DES EQUIPEMENTS HYDRAULIQUES

2.1 CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA RETENUE

D'après les plans de SAGE INGENIERIE, les caractéristiques générales de la retenue sont les suivantes :

Volume d'eau stocké dans la retenue :	350 000 m ³
Hauteur maximale de la digue au-dessus du terrain naturel :	15,00 m
Volume d'eau retenu au-dessus du terrain naturel :	350 000 m ³
Surface en eau à la cote maximale d'exploitation :	42 500 m ²
Etanchéité de la retenue :	membrane synthétique, protégée par une couche d'enrochements,
Organes de sécurité :	2 conduites de vidanges de fond, 2 déversoirs de crues (60 ml).
Situation vis-à-vis de la loi sur l'eau :	plan d'eau soumis à autorisation
Rubriques concernées de la nomenclature :	2.1.0, 2.7.0. et 2.6.2.

2.2 DIMENSIONNEMENT DES ORGANES DE SECURITE DE LA RETENUE

2.2.1 Dimensionnement de la vidange de fond

La retenue collinaire sera équipée de deux vidanges de fond, utilisables en fonctionnement normal et en cas de vidange rapide exceptionnelle.

2.2.1.1 Vidange normale

Compte tenu de la hauteur de la retenue, il est recommandé, pour assurer la bonne tenue d'une digue classique en remblais, de ne pas opérer de vidange rapide et de respecter une vitesse maximale d'abaissement du plan d'eau de 0,30 m par jour.

Le débit maximal de vidange normale sera de 12 000 m³/jour, soit un débit horaire de 500 m³/h.

Nota : la digue étant construite avec une couche d'étanchéité et un réseau de drainage interne, SAGE INGENIERIE considère toutefois que cette vitesse pourra être dépassée exceptionnellement.

2.2.1.2 Vidange rapide exceptionnelle

En cas de nécessité pour des questions de sécurité, la réglementation recommande de pouvoir vidanger la totalité de la retenue en 10 jours.

En vidange continue pendant 10 jours sur 24 heures, le débit de vidange sera de 1500 m³/h.

La vidange exceptionnelle de la retenue implique de dépasser la vitesse d'abaissement du plan d'eau recommandée, ce qui conduit à une vitesse de l'ordre de 1 mètre/jour.

Une expertise de l'état de la digue devra donc être effectuée après toute vidange exceptionnelle.

2.2.1.3 Diamètres des conduites de vidange

Pour évacuer le débit de 1500 m³/h (420 l/s), il est prévu d'installer deux conduites de vidange, l'une de diamètre DN 450 mm, la seconde de diamètre DN 350 mm.

La conduite de vidange normale (DN 450 mm) aboutira dans le lac du Plan du Sautet.

La vitesse moyenne de l'eau dans la conduite sera de 2,0 m/s, donnant un débit de 1150 m³/h (320 l/s).

La conduite de vidange exceptionnelle (DN 350 mm) permettra d'évacuer l'eau vers la Brèche de La Mura. La vitesse de l'eau dans la conduite sera de 2,0 m/s, donnant un débit de 700 m³/h (190 l/s).

Le dispositif permet de vidanger la retenue au débit total de 1850 m³/h, ce qui permettra de vidanger le volume total de la retenue (350 000 m³) en moins de 10 jours (8 jours).

2.2.2 Dimensionnement du déversoir de crue

2.2.2.1 Détermination de la crue de projet

La retenue projetée étant en surélévation par rapport au terrain naturel et en surplomb par rapport à la vallée, le risque de rupture la digue doit être limité au maximum possible.

Il a été proposé de retenir pour crue de projet la crue résultant de la Pluie Maximale Probable (P.M.P.). L'intensité de la Pluie Maximale Probable adoptée est de 200 mm en 15 minutes, précipitation observée en Bavière, donc possible dans les Alpes.

Cette intensité est supérieure à celle de la pluie de période de retour 10 000 ans (235 mm en 24 h).

Le débit de la crue maximale probable a été calculé pour la P.M.P. ruisselant sur un sol totalement saturé en eau (coefficient d'imperméabilisation $C_{max} = 1,00$).

Le volume ruisselant sur le bassin versant en amont de la retenue (40 hectares) est de 80 000 m³.

Le débit maximum de la crue peut atteindre 90 à 110 m³/s, selon la distribution temporelle de la pluie.

Ce débit est aussi la valeur maximale du débit engendré par la P.M.P. sur la surface du bassin versant en amont de la retenue, dans l'état naturel, avant tout aménagement du site.

2.2.2.2 Choix de la revanche de sécurité

Selon la réglementation française, la hauteur de la digue au-dessus des plus hautes eaux (P.H.E.) doit être au minimum de 0,70 m. Cette hauteur s'appelle la revanche de sécurité.

La revanche permet de conserver une marge de sécurité entre la cote des P.H.E. et le sommet de la digue, en cas de vagues dues au vent, d'obstruction du déversoir par des branchages (dans le cas présent zone minérale sans arbre) ou de tassement de la crête de digue.

2.2.2.3 Dimensionnement des deux déversoirs de crues

La crue maximale pouvant survenir à un moment où la retenue est remplie, il convient de disposer d'une réserve de hauteur permettant de stocker une partie de la crue (effet de « laminage ») et d'un déversoir de sécurité pour évacuer le débit excédentaire.

Le projet prévoit la réalisation de deux déversoirs de crue de 30 m de longueur, offrant une longueur totale déversante de 60 m, pour une hauteur de lame déversante de 1,00 m.

Réparti sur la surface du plan d'eau à la cote maximale d'exploitation (soit au moins 40 000 m²), l'effet de laminage permet de retenir la moitié du volume ruisselé et d'écrêter le débit de pointe de la crue de 110 à 100 m³/s. L'hydrogramme de la crue résultant est donné ci-dessous :

HYDROGRAMME DE L'ONDE DE LA CRUE DE PROJET (P.M.P.) APRES LAMINAGE DE LA CRUE										
Temps (minutes)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Débit déversé (m ³ /s)	5	34	77	99	89	52	26	16	10	7

3. EVALUATION DE L'ONDE DE CRUE DUE A LA RUPTURE DE LA DIGUE

La rupture d'une digue de retenue d'eau est un accident assez peu probable.

Selon une étude statistique publiée⁽¹⁾ en 1976 pour l'Europe de l'Ouest et les USA, le ratio du nombre de ruptures de digues et de barrages ramené au nombre total d'ouvrages est descendu depuis 1950 en dessous de 3×10^{-3} .

Pour les ouvrages de hauteur inférieure à 15 mètres, les principales causes de rupture sont :

- à 50 % d'origine hydraulique (déversements, effets des vagues ou de la pluie sur les digues),
- à 30 % d'origine géotechnique (effets des sous pressions ou des tassements internes),
- à 20 % d'origine statique (dimensionnement inadapté des ouvrages).

Sur le plan hydrodynamique, la rupture des grands barrages en béton engendre une onde de crue qui est calculée en supposant l'effacement instantané de la totalité de l'ouvrage retenant l'eau.

Pour les barrages en béton, la rupture crée une onde de crue dont le débit maximum est calculé en supposant l'effacement instantané de l'ouvrage de retenue (« rupture soudaine »).

Pour une digue en remblai compacté, l'expérience montre que la rupture est progressive.

La brèche créée soit par percolation, soit par écoulement de l'eau sur la crête de la digue, s'élargit et le débit croît jusqu'à une valeur maximum, avant de redescendre vers zéro en fin de vidange.

Pour une digue en enrochements, protégée par une membrane d'étanchéité, la tenue des matériaux est meilleure et la vitesse d'ouverture de la brèche est moins rapide que dans le cas d'une digue en remblai compacté : on peut considérer qu'il s'agit d'une « rupture lente ».

Afin d'apprécier les conséquences d'une rupture, trois types de rupture ont été étudiés :

¹ « Statistische Sicherheit der Talsperren ». Wasser, Energie, Luft. Heft n° 5, 1976 (Suisse).

- la « rupture soudaine » de la digue : cette hypothèse permet d'estimer la valeur du débit maximal de l'onde de rupture et d'apprécier l'amortissement de l'onde en aval par une méthode simple ;
- la « rupture progressive » de la digue : cette hypothèse est plus proche de la réalité du risque. Pour le calcul de l'amortissement de l'onde en aval, tant que le débit maximum reste inférieur au débit correspondant de l'onde de rupture soudaine, il n'y a pas d'amortissement. A partir du moment où le débit maximum est égal au débit correspondant de l'onde de rupture soudaine, l'amortissement de l'onde est calculé par la même méthode que pour la rupture soudaine.
- la « rupture lente » de la digue : cette hypothèse permet de donner l'ordre de grandeur du débit maximum probable engendré par la rupture d'une digue construite en enrochements. Dans ce cas, l'amortissement de l'onde en aval n'est pris en compte qu'à partir du moment où le débit maximum est égal au débit correspondant de l'onde de rupture soudaine. Il est alors calculé comme pour le cas de la rupture soudaine.

3.1 EVALUATION THEORIQUE DU DEBIT MAXIMUM EN CAS DE RUPTURE SOUDAIN DE LA DIGUE

La rupture soudaine (ou instantanée) constitue un scénario tout à fait théorique permettant d'apprécier les conséquences maximales de l'onde de submersion créée par la rupture de la digue.

3.1.1 Méthodologie utilisée

La méthodologie utilisées a été établie par le CTGREF. Elle est également employée en Suisse ⁽²⁾. Les retenues d'eau de hauteur supérieure à 10 m et de volume supérieur à 50 000 m³ sont concernées.

3.1.1.1 Calcul du débit maximum

Au droit du barrage, l'onde de submersion est calculée avec les hypothèses suivantes :

- niveau d'eau dans la retenue à la cote des plus hautes eaux,
- forme de la brèche normalisée : trapézoïdale, rectangulaire, parabolique, triangulaire (fruit 2H/1V).

Le débit maximum Q_b est donné par des formules ne prenant en compte que la géométrie de la brèche. Le volume d'eau dans la retenue n'intervient pas dans le calcul.

3.1.1.2 Amortissement du débit maximum en aval de la digue

Le débit maximum Q_{max} en aval de la digue est calculé par une méthode simple.

Entre le barrage et le point de calcul, deux paramètres sont calculés :

- JK^2 , produit de la pente moyenne et du carré du coefficient K de MANNING-STRICKLER du tronçon,
- $X/V^{1/3}$, ratio de la distance à la racine cubique du volume d'eau retenu.

La valeur du coefficient Q_{max}/Q_b est lu dans un abaque en fonction des paramètres JK^2 et $X/V^{1/3}$.

² « Appréciation du danger particulier à l'aide de calculs simplifiés de l'onde de submersion »
Office fédéral des eaux et de la géologie. Workshop Petits barrages. R.W. Müller. (7 mai 2003).

3.1.2 Résultats obtenus

En effectuant le calcul en différents points en aval de la digue, on obtient le débit maximum. Les calculs ont été effectués à l'aide d'un tableur Excel et sont présentés en Annexe 1.

3.1.2.1 Déversement coté Torrent du Diable (Vallon de la Selle) et Vénéon

Débit maximum au droit de la digue

Selon la forme de la brèche normalisée (trapézoïdale, rectangulaire, parabolique, triangulaire), le débit varie de 1425 m³/s à 670 m³/s. La moyenne des résultats est de 980 m³/s.

Débit maximum en aval de la digue

Le débit maximum a été calculé en huit points en aval de la digue, pour un débit initial de 980 m³/s.

Temps de parcours de l'onde de rupture en aval de la digue

Le temps de parcours de l'onde de rupture a été calculé en trois points en aval de la digue, pour le débit initial de 980 m³/s.

Point de calcul	Distance à la digue (m)	Débit maximum (m ³ /s)	Temps de parcours (mn)	Pourcentage du débit initial (%)
Torrent du Diable	1 400	882	2	90
Prise d'eau MCH	2 750	617	3	63
Confluence avec Vénéon	4 250	494	6	50
Barrage du Plan du Lac	7 650	247	18	25
La zone de « sécurité immédiate » délimitée par la distance parcourue en 15 minutes par l'onde de submersion s'étend de la retenue au barrage du Plan du Lac.				
Bourg d'Arud	9 850	173	25	18
Pont Escoffier	15 050	78	51	8
Confluence Romanche	17 750	43	79	4
Bourg d'Oisans	22 000	17	239	2

En aval de la confluence avec le Vénéon, le débit diminue assez vite en raison de la pente de la vallée.

Rappelons qu'il s'agit d'un scénario purement théorique et improbable utilisé uniquement pour calculer l'amortissement de l'onde de rupture et le temps de parcours.

3.1.2.2 Déversement coté Ruisseau du Grand Plan

Débit maximum au droit de la digue

La hauteur d'eau maximale étant de 5 mètres au dessus du terrain naturel, le débit est plus faible.

Selon la forme de la brèche normalisée (trapézoïdale, rectangulaire, parabolique, triangulaire de fruit 2H/1V), le débit varie d'un maximum de 144 m³/s à 68 m³/s.

Les calculs de l'amortissement en aval et du temps de parcours de l'onde ont été faits pour le débit maximum de 144 m³/s.

Point de calcul	Distance à la digue (m)	Débit maximum (m ³ /s)	Temps de parcours (mn)	Pourcentage du débit initial (%)
Grand Plan du Sautet	3 000	79	14	55
La zone de « sécurité immédiate » délimitée par la distance parcourue en 15 minutes par l'onde de submersion s'étend de la retenue au Grand Plan du Sautet.				
Route de Cuculet	6 650	32	36	22
Lac du Chambon	7 650	21	42	14

Rappelons qu'il s'agit d'un scénario purement théorique et improbable utilisé uniquement pour calculer l'amortissement de l'onde de rupture et le temps de parcours.

3.2.1 Rupture progressive : calcul direct par formules

Différentes formules, proposées notamment par des ingénieurs américains, permettent d'obtenir des estimations du temps de formation T_f d'une brèche dans un barrage en remblai compacté et du débit maximum résultant, pour un temps de vidange complète de la retenue en un temps de base égal à 2 T_f . Les calculs sont présentés en Annexe 1.

Coté Vallon de la Selle (Torrent du Diable)

Le temps moyen de formation de la brèche est de **25 minutes**. Le débit maximum est de **262 m³/s**.

Coté Ruisseau du Grand Plan

Le temps moyen de formation de la brèche est de **26 minutes**. Le débit maximum est de **147 m³/s**.

Remarque 1 :

Au Canada, Hydro-Québec effectue les calculs en adoptant 30 minutes pour le temps de formation d'une brèche dans une digue en remblai ou en enrochements (norme HQ SB-80-01-00).

Remarque 2 :

En Allemagne, dans le cadre de la révision de la norme DIN 19 700 concernant les barrages et réservoirs, une série d'études⁽³⁾ sur modèles mathématiques et modèles réduits a été réalisée récemment en prenant le cas du barrage de Rurtal (remblai de hauteur 77 m, retenant un volume d'eau de 202 millions de mètres cubes). L'article cité montre que la formation progressive de la brèche en 15 minutes engendre un débit maximum égal à 20 % du débit correspondant à la rupture soudaine. Le temps de vidange complet de la retenue est supérieur à 2 heures.

3.2.2 Rupture lente : calcul en similitude de Froude de la rupture du barrage naturel de Val Pola

Les estimations suivantes ont été obtenues en utilisant les résultats des expériences faites sur modèles réduits pour l'étude de la rupture du barrage naturel de VAL POLA⁽⁴⁾ en Italie, barrage naturel constitué de déblais rocheux par suite de l'effondrement de l'un des versants de la vallée.

Coté Vallon de la Selle (Torrent du Diable)

Le débit maximum atteint et le temps de vidange totale de la retenue ont été calculés pour la retenue de La Mura avec les lois de la similitude de Froude.

Avec ces hypothèses, le débit maximum se produit à environ 45 minutes après le début de la rupture de la digue, il atteint **58 m³/s** et la vidange totale de la retenue se produit 4 heures 20 (260 minutes).

Coté Ruisseau du Grand Plan

Le débit maximum se produit 45 minutes après le début de la rupture de la digue, il atteint **37 m³/s** et la vidange partielle de la retenue se produit 4 heures (240 minutes).

³ « Risikoaspekte in der DIN 19 700 : eine exemplarische Betrachtung der Rurtalsperre ». N. Huber, M. Niemeyer, J. Köngeter, H. Polczyk. Wasserwirtschaft n° 1-2 / 2005.

⁴ « Une vue d'ensemble des problèmes concernant l'alerte hydraulique causée par le barrage naturel et par le lac qui s'est formé par suite de l'éboulement de Val Pola ». P. Bertacchi, M. Fanelli, U. Maione. La Houille Blanche. n° 5, 1989.

3.2.2.1 Hydrogramme de l'onde de rupture lente de la digue seule (similitude de Froude)

Coté Vallon de la Selle (Torrent du Diable)

Deux simulations ont été faites et les tableaux de calculs sont présentés également en Annexe I.

Simulation 1 : la rupture de la digue se produit au moment du passage de la crue de projet, la retenue d'eau étant remplie au niveau des Plus Hautes Eaux (P.H.E.).

Le barrage étant équipé d'un double déversoir de crue, cette hypothèse est pessimiste.

Le volume d'eau retenu au-dessus du terrain naturel au moment du passage de la crue de projet (c'est à dire en incluant le volume stocké par l'effet de laminage de la crue) est estimé à 400 000 m³, pour une hauteur d'eau initiale de 12,5 m. L'hydrogramme du débit en fonction du temps, à partir du début de la formation de la brèche, est donné dans le tableau ci-dessous :

HYDROGRAMME DE L'ONDE DE CRUE DUE A LA RUPTURE SEULE DE LA DIGUE DE LA MURA (remplissage : 100 %)										
Temps (minutes)	16	33	49	66	82	98	115	131	148	164
Débit déversé (m ³ /s)	19,0	50,1	58,3	54,2	46,1	37,9	31,2	26,3	21,7	17,6

Cette situation ne peut se produire que pendant les mois d'octobre et de novembre.

A cette période de l'année, le remplissage de la retenue est terminé et le soutirage de l'eau pour la neige de culture n'a pas commencé.

Simulation 2 : la rupture se produit en des circonstances moins extrêmes : le volume total d'eau stocké ne représente que les 2/3 du volume maximum (280 000 m³ pour une hauteur d'eau initiale de 10,5 m). L'hydrogramme des débits est donné dans le tableau ci-dessous :

HYDROGRAMME DE L'ONDE DE CRUE DUE A LA RUPTURE SEULE DE LA DIGUE DE LA MURA (remplissage : 70 %)										
Temps (minutes)	15	31	46	62	77	93	108	124	139	155
Débit déversé (m ³ /s)	14,1	37,2	43,3	40,3	34,2	28,2	23,2	19,5	16,1	13,1

3.2.2.2 Composition de l'onde de rupture lente et de l'onde de la crue de projet

En admettant que la rupture de la digue soit déclenchée par le passage de la crue de projet, le débit total en aval est obtenu en composant les hydrogrammes de la crue de projet et de l'onde de rupture. Compte tenu du décalage de temps entre le maximum de la crue de projet et le maximum du débit de l'onde de rupture, il en résulte l'hydrogramme ci-dessous :

HYDROGRAMME RESULTANT DE LA COMPOSITION DE L'ONDE DE LA CRUE DE PROJET ET DE L'ONDE DE CRUE DE RUPTURE LENTE DE LA DIGUE DE LA MURA										
Temps (minutes)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150
Débit déversé (m ³ /s)	108	53	60	56	50	42	35	29	17	13

Le débit maximum de **113 m³/s** est atteint 12 minutes après le début de la formation de la brèche. Un second maximum du à la rupture se produit ensuite après 45 minutes : il est de 60 m³/s, soit 2 m³/s de plus que dans le cas de l'onde de rupture seule (sans concomitance de la crue de projet).

Cette valeur représente le débit maximum raisonnablement probable en cas de rupture lente de la digue à la suite d'une crue exceptionnelle. L'amortissement de l'onde au fur et à mesure de sa progression vers l'aval sera beaucoup plus faible pour une rupture progressive que pour une rupture soudaine. Cette valeur de **113 m³/s** sera retenue sans amortissement jusqu'au pont de LA DANCHERE.

4. ESTIMATION DES RISQUES LE LONG DES TORRENTS EN AVAL DE LA RETENUE

4.1 DEBITS DES CRUES DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN

Afin de comparer le débit maximum de l'onde de rupture avec le débit des torrents en aval, les débits de pointe des crues de périodes de retour de 10 ans à 100 ans du Torrent du Diable, du Vénéon et du Ruisseau du Grand Plan ont été calculés. Les calculs s'appuient sur des formules classiques. Les débits maximaux sont donnés dans le tableau ci-dessous (voir calculs en Annexe 2).

Pour le débit décennal, l'estimation proposée est la moyenne arithmétique des résultats obtenus par cinq méthodes : les quatre premières sont assez proches et prennent en compte comme paramètres principaux la surface du bassin versant, la pluie décennale de durée 24 heures et un coefficient de ruissellement variable selon la méthode utilisée. Ces méthodes sont les suivantes :

- la méthode dite « rationnelle », ou méthode C.I.A.,
- la méthode Crupedix, établie en 1979 pour des bassins versants de 10 à 2 000 km² de surface,
- la méthode Cemagref, application régionalisée de la méthode Crupedix proposée en 1982,
- la méthode Cemagref - L.A.M.A. (Laboratoire de la Montagne Alpine) résulte de travaux plus récents entrepris par ces deux organismes et elle a été publiée en 1991⁽⁵⁾,
- la cinquième méthode résulte de la transposition du débit de pointe décennale observé pour des torrents proches en fonction de la surface du bassin versant élevée à la puissance 0,78.

Pour le débit centennal, l'estimation est la moyenne des résultats obtenus par trois méthodes :

- la méthode rationnelle (ou C.I.A.) appliquée avec la pluie centennale de durée 24 heures,
- la méthode du gradex, développée par Electricité de France,
- la méthode Speed⁽⁶⁾ présentée au XVIII^{ème} Congrès des Grands Barrages en 1994.

Pour le calcul du débit de la crue centennale, il a été admis que l'hypothèse du ruissellement total de l'excédent de la pluie centennale sur la pluie décennale ne s'appliquait que sur une fraction du bassin versant total, en raison de la présence d'importants cônes d'éboulis et de glaciers dans les parties amont des deux bassins versant. Les surfaces prises en compte sont de 70 % du bassin versant du Torrent du Diable et de 75 % pour les bassins versants du Vénéon et du Ruisseau du Grand Plan.

Pour le débit de crue millénaire, l'estimation est faite par la méthode du gradex.

DEBITS MAXIMA DE CRUES DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN (m ³ /s)			
Période de retour de la crue (année)	10	100	1000
Débit maximum (m ³ /s)	Q ₁₀	Q ₁₀₀	Q ₁₀₀₀
LE TORRENT DU DIABLE A SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS	12	40	67
LE VENEON A SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS	67	176	283
LE VENEON A VENOSC (BOURG D'ARUD)	78	200	320
LE RUISSEAU DU GRAND PLAN AU PONT DE CUCULET	8	32	55

⁵ « Synthèse cartographique des connaissances des crues observables dans le Sud Est de la France » .
D.Faure, G.Galéa, N.Mathys, G.Oberlin, J.L..Edouard, H.Vivian. La Houille Blanche n° 5, 1991.

⁶ « Les crues de projet des barrages : méthode du gradex » .
Bulletin du Comité Français des Grands Barrages n° 2, 1994.

4.2 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE SUR LE TORRENT DU DIABLE

En cas de rupture de la digue, l'eau se déversera dans le Vallon de la Selle.

Le débit maximum en cas de rupture progressive (262 m³/s) vaut 6,50 fois celui de la crue centennale du Torrent du Diable. Le volume d'eau déversé est le double de celui de la crue centennale.

Pour mémoire, en cas de rupture lente, le débit (113 m³/s) vaut 2,80 fois celui de la crue centennale.

Le débit et le volume ne sont pas suffisants pour entraîner une déstabilisation d'ensemble des terrains. Des entraînements de matériaux pourront se produire et encombrer le fond du Vallon de la Selle, mais sans risque de formation d'embâcles de bois (les versants n'étant pas boisés) ni de laves torrentielles. Une partie de l'eau s'étalera vers l'amont, car la pente du torrent est faible (environ 2%) mais la forme encaissée et étroite de la vallée ne permet pas d'escompter un effet de rétention de l'eau déversée. La prise d'eau de la centrale hydroélectrique sera probablement très engravée, et la rive gauche en aval, stabilisée par des enrochements, pourra être érodée.

4.3 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE AU DROIT DE SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS

En aval de la prise d'eau, le Torrent du Diable s'enfonce dans une gorge profonde et évite le village de SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS.

Le bâtiment de l'ancien moulin sera détruit, ainsi que la passerelle piétonne en aval.

Le pont de la R.D. 530 donnant accès à SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS est suffisamment haut pour ne pas être exposé au courant du torrent. L'ancien pont de pierre en aval sera exposé à l'onde de rupture.

Le Torrent du Diable se jette ensuite dans le Vénéon. L'angle formé par ce torrent avec le Vénéon permettra à l'onde de crue de remonter un peu dans la vallée du Vénéon, mais sans atteindre la centrale hydroélectrique établie en rive droite et située à plus de cinq mètres au-dessus du Vénéon.

4.4 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE EN AVAL DE SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS

En aval de la confluence avec le Torrent du Diable, le débit maximum en cas de rupture progressive de la digue de la Mura représente 150 % de celui de la crue centennale du Vénéon à SAINT-CHRISTOPHE.

Mais le volume d'eau déversé ne représente plus que 12 % de celui de la crue centennale.

La durée du phénomène sera donc beaucoup plus courte qu'en cas de crue centennale.

Après SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS, les points sensibles sont :

- le Camping des Fétoules, qui sera inondé au passage de l'onde de rupture,
- les berges du Vénéon à BOURG D'ARUD (VENOSC), en aval du pont de la R.D. 530 ;
En ce point, le débit (185 m³/s) représente 92 % de celui de la crue centennale du Vénéon.
Le Camping « Au Champ du Moulin » est situé en rive droite du Vénéon. La capacité d'écoulement du lit à pleins bords est de 215 à 245 m³/s : elle est supérieure au débit de l'onde de rupture.
Ce camping est fermé du 15 septembre au 15 décembre, période de risque maximal.

En aval de VENOSC, à partir de la centrale hydroélectrique de PONT-ESCOFFIER, le lit du Vénéon s'élargit et se développe en tresses sur une bande mobile de 100 à 300 m de large.

Après la confluence avec la Romanche, celle-ci est endiguée dans la Plaine de BOURG-D'OISANS et le débit maximum de l'onde de rupture (18 m³/s) ne présente dès lors pratiquement plus aucun danger.

En conclusion, l'onde de rupture ne présente un réel danger qu'en amont de BOURG-D'ARUD.

Les photos en Annexe 3 montrent les points sensibles le long du Torrent du Diable et du Vénéon.

4.5 EFFETS DE L'ONDE DE RUPTURE PROGRESSIVE SUR LE RUISSEAU DU GRAND PLAN

Dans le cas du déversement possible vers le Ruisseau du Grand Plan, le débit maximum de l'onde de rupture progressive diminue de 145 m³/s au pied de la retenue à 80 m³/s au Grand Plan du Sautet.

Il n'est plus que de 32 m³/s au pont de la Route de Cuculet et de 21 m³/s au Lac du Chambon

L'onde de crue pourra créer des risques de déstabilisation des berges du Ruisseau du Grand Plan, avec entraînement de transports de sédiments et de bois.

Aucune habitation ni aucun établissement touristique ne sont situés près des rives du ruisseau.

Retenue d'eau au lieu-dit « la Mura » :

Etude d'identification des risques hydrauliques en cas de rupture de la digue

Le débit de crue centennale du Ruisseau du Grand Plan au pont de la route de Cuculet est de 31 m³/s.
Le volume déversé est égal au double de celui de la crue centennale.
Le pont de la route reliant MONT-DE-LANS au hameau de Cuculet qui ne présente pas une section suffisante pour écouler le débit de crue centennale sera submergé.

5. PROPOSITIONS POUR MINIMISER LES RISQUES EN CAS DE RUPTURE DE LA DIGUE

5.1 LIMITATION DU VOLUME D'EAU MAXIMUM DANS LA RETENUE

Afin de limiter les risques en aval, et surtout pour les riverains du Vénéon, il est proposé de limiter le volume d'eau stocké dans la retenue en période estivale à 270 000 m³, et ce jusqu'au 31 août. Le remplissage complémentaire à 350 000 m³ s'effectuera du 1^{er} septembre au 31 octobre, soit par les apports naturels, soit par pompage complémentaire dans la retenue du Grand Plan du Sautet. Cette limitation du volume permettra de disposer d'une tranche de sécurité de 80 000 m³ correspondant à la totalité des apports fournis par la crue de projet (pluie de 200 mm en 15 minutes).

5.2 SURVEILLANCE DE L'OUVRAGE ET VEILLE METEOROLOGIQUE

Des précautions particulières de surveillance et de gestion devront être prises pour garantir la parfaite tenue de l'ouvrage et diminuer les risques induits par son exploitation. Il conviendra de prévoir :

- une inspection générale annuelle (IGA) de la retenue, de la digue et des organes hydrauliques, à la fin de l'hiver, avant le début du remplissage ;
- une inspection mensuelle (IM) de la retenue, à réaliser après chaque épisode pluvieux important,
- une procédure de **veille météorologique** et une procédure de **vigilance renforcée**.

5.3 PROCEDURES DE VEILLE METEOROLOGIQUE ET DE VIGILANCE RENFORCEE

Procédure de veille météorologique

L'exploitant devra suivre chaque jour la situation météorologique et les prévisions disponibles. Il existe plusieurs services de diffusion de bulletins météorologiques consultables sur INTERNET. METEO FRANCE diffuse deux fois par jour une **carte de vigilance départementale en couleurs**. En cas de situation météorologique à risques, les couleurs affichées sont ORANGE ou ROUGE. La vigilance ORANGE peut être annoncée plusieurs fois par an. La vigilance ROUGE est exceptionnelle.

Si la vigilance affichée est **ORANGE avec RISQUE DE FORTES PRECIPITATIONS** pour l'un des départements des Hautes-Alpes, de l'Isère ou de la Savoie, l'exploitant devra passer en **vigilance locale renforcée**.

Procédure de vigilance locale renforcée

En **vigilance locale renforcée**, l'exploitant devra :

- surveiller les informations météorologiques disponibles en cours de journée,
- se tenir prêts à baisser le niveau dans la retenue (vidange partielle préventive),
- informer les autorités en aval (Maires des villages de SAINT-CHRISTOPHE-EN-OISANS et de VENOSC, Gendarmerie) en cas de vidange partielle préventive de la retenue.

Si la vigilance affichée est **ROUGE avec RISQUE DE FORTES PRECIPITATIONS** pour l'un des départements des Hautes-Alpes, de l'Isère ou de la Savoie, l'exploitant devra s'assurer que le volume d'eau stocké ne dépasse pas 270 000 m³.

Si le volume stocké est supérieur à 270 000 m³ (alerte ROUGE après le 1^{er} septembre), l'exploitant devra procéder à une vidange partielle préventive, pour retrouver un volume d'eau maximum de la retenue de 270 000 m³.

Ces recommandations pourront être complétées en fonction des prescriptions de l'Administration.

ANNEXE 1 : CALCULS DES DEBITS ENGENDRES PAR LA RUPTURE DE LA DIGUE

RUPTURE SOUDAINE	Cas du déversement vers le Ruisseau du Grand Plan
-------------------------	---

Caractéristiques de la retenue	La Mura	Les Deux-Alpes (Isère)		
Hauteur d'eau maximale (m)	12.50			
Volume de la retenue (m3)	400 000			

Forme de la brèche	Trapèzoïdale	Rectangulaire	Parabole	Triangulaire
Largeur de la brèche à la base	25.0	25.0	-	-
Largeur de la brèche en crête	50.0		28.1	
Fruit de la brèche				2.0
Section de la brèche	469	313	117.2	312.5
Débit Qb à la rupture (m3/s)	1 425	1 028	671	795
Débit adopté (maximum) (m3/s)	980			
Vitesse moyenne de l'eau (m/s)	3.0	3.3	5.7	2.5
Tirant d'eau maximal (m)	6.3	6.3	6.3	6.3

PROPAGATION EN AVAL

Tronçon 1 : aval	Torrent du Diable			
Cote amont (m)	2 800			
Cote aval (m)	1 800			
Dénivellée (m)	1 000			
Longueur du tronçon (m)	1 400			
Pente moyenne (m/m)	0.71			
Rugosité K	10			
Coefficient JK2	71			
Paramètre X//Raccub(Vol)	19			
Ratio Qmax/Qamont	0.90			
Débit max (m3/s)	882		Qmax/Qb	0.90
Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)				
Largeur d'écoulement (m)	50			
Variable Dmax	0.019			
Paramètre U max	0.100			
Fruit des berges (x/1)	3.00			
Hauteur d'eau (m)	1.67			
Surface mouillée (m2)	91.67			
Vitesse de l'écoulement (m/s)	9.62	Intensité de submersion (m2/s)		16.0
Temps de parcours du tronçon (mn)	2	Temps cumulé (mn)		2

Tronçon 2 : aval	Prise d'eau MCH			
Cote amont (m)	1 800			
Cote aval (m)	1 680			
Dénivellée (m)	120			
Longueur du tronçon (m)	1 350			
Pente moyenne (m/m)	0.09			
Rugosité K	10			
Coefficient JK2	9			
Paramètre X//Raccub(Vol)	18			
Ratio Qmax/Qamont	0.70			
Débit max (m3/s)	617		Qmax/Qb	0.63
Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)				
Largeur d'écoulement (m)	20			
Variable Dmax	0.070			
Paramètre U max	0.055			
Fruit des berges (x/1)	1.00			
Hauteur d'eau (m)	1.10			
Surface mouillée (m2)	23.21			
Vitesse de l'écoulement (m/s)	26.60	Intensité de submersion (m2/s)		29.3
Temps de parcours du tronçon (mn)	1	Temps cumulé (mn)		3

Tronçon 3 : aval		Confluence Vénéon	
Cote amont (m)	1 680		
Cote aval (m)	1 230		
Dénivellée (m)	450		
Longueur du tronçon (m)	1 500		
Pente moyenne (m/m)	0.30		
Rugosité K	10		
Coefficient JK2	30		
Paramètre X//Raccub(Vol)	20		
Ratio Qmax/Qamont	0.80		
Débit max (m3/s)	494	Qmax/Qb	0.50

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	10		
Variable Dmax	0.193		
Paramètre U max	0.400		
Fruit des berges (x/1)	1.00		
Hauteur d'eau (m)	4.00		
Surface mouillée (m2)	56.00		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	8.82	Intensité de submersion (m2/s)	35.3
Temps de parcours du tronçon (mn)	3	Temps cumulé (mn)	6

Tronçon 4 : aval		Arrivée au barrage du Plan du Lac	
Cote amont (m)	1 230		
Cote aval (m)	1 170		
Dénivellée (m)	60		
Longueur du tronçon (m)	3 400		
Pente moyenne (m/m)	0.02		
Rugosité K	25		
Coefficient JK2	11		
Paramètre X//Raccub(Vol)	46		
Ratio Qmax/Qamont	0.50		
Débit max (m3/s)	247	Qmax/Qb	0.25

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	20		
Variable Dmax	0.025		
Paramètre U max	0.120		
Fruit des berges (x/1)	1.00		
Hauteur d'eau (m)	2.40		
Surface mouillée (m2)	53.76		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	4.59	Intensité de submersion (m2/s)	11.0
Temps de parcours du tronçon (mn)	12	Temps cumulé (mn)	18

Tronçon 5 : aval	Bourg d'Arud		
Cote amont (m)	1 170		
Cote aval (m)	930		
Dénivellée (m)	240		
Longueur du tronçon (m)	2 200		
Pente moyenne (m/m)	0.11		
Rugosité K	15		
Coefficient JK2	25		
Paramètre X//Raccub(Vol)	30		
Ratio Qmax/Qamont	0.70		
Débit max (m3/s)	173	Qmax/Qb	0.18

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	15		
Variable Dmax	0.025		
Paramètre U max	0.120		
Fruit des berges (x/1)	1.00		
Hauteur d'eau (m)	1.80		
Surface mouillée (m2)	30.24		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	5.72	Intensité de submersion (m2/s)	10.3
Temps de parcours du tronçon (mn)	6	Temps cumulé (mn)	25

Tronçon 6 : aval	Pont Escoffier		
Cote amont (m)	930		
Cote aval (m)	765		
Dénivellée (m)	165		
Longueur du tronçon (m)	5 200		
Pente moyenne (m/m)	0.03		
Rugosité K	25		
Coefficient JK2	20		
Paramètre X//Raccub(Vol)	71		
Ratio Qmax/Qamont	0.45		
Débit max (m3/s)	78	Qmax/Qb	0.08

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	25		
Variable Dmax	0.010		
Paramètre U max	0.070		
Fruit des berges (x/1)	2.00		
Hauteur d'eau (m)	0.88		
Surface mouillée (m2)	23.41		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	3.32	Intensité de submersion (m2/s)	2.9
Temps de parcours du tronçon (mn)	26	Temps cumulé (mn)	51

Tronçon 6 : aval		Confluence du Vénéon avec la Romanche	
Cote amont (m)	765		
Cote aval (m)	735		
Dénivellée (m)	30		
Longueur du tronçon (m)	2 600		
Pente moyenne (m/m)	0.01		
Rugosité K	25		
Coefficient JK2	7		
Paramètre X//Raccub(Vol)	35		
Ratio Qmax/Qamont	0.55		
Débit max (m3/s)	43	Qmax/Qb	0.04

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	50		
Variable Dmax	0.021		
Paramètre U max	0.100		
Fruit des berges (x/1)	10.00		
Hauteur d'eau (m)	0.50		
Surface mouillée (m2)	27.50		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	1.56	Intensité de submersion (m2/s)	0.8
Temps de parcours du tronçon (mn)	28	Temps cumulé (mn)	79

Tronçon 6 : aval		Pont de la Romanche à Bourg d'Oisans	
Cote amont (m)	735		
Cote aval (m)	715		
Dénivellée (m)	20		
Longueur du tronçon (m)	4 300		
Pente moyenne (m/m)	0.00		
Rugosité K	6		
Coefficient JK2	0		
Paramètre X//Raccub(Vol)	58		
Ratio Qmax/Qamont	0.40		
Débit max (m3/s)	17	Qmax/Qb	0.02

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	30		
Variable Dmax	0.009		
Paramètre U max	0.060		
Fruit des berges (x/1)	1.50		
Hauteur d'eau (m)	1.20		
Surface mouillée (m2)	38.16		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	0.45	Intensité de submersion (m2/s)	0.5
Temps de parcours du tronçon (mn)	160	Temps cumulé (mn)	239

RUPTURE PROGRESSIVE

Caractéristiques de la retenue	
H eau maximale	12.5
V retenue	400 000

Largeur de la brèche (m)	
Facteur K (avec débordement)	1.4
Froehlich (1987) (largeur moyenne)	31.1
US Reclamation (1988)	37.5
Von Thun et Gillette (1990)	37.4
Froehlich (1995)	20.2
Moyenne	31.6

(K = 1,0 sans débordement)
(K = 1,4 avec débordement)

(sans débordement)

Temps de formation (Tf) de la brèche (h)	
Froehlich (1987)	0.30
US Reclamation (1988)	0.41
Von Thun et Gillette (1990)	0.50
Von Thun et Gillette (1990)	0.75
Froehlich (1995)	0.24
MacDonald	0.36
Valeur retenue Tf : moyenne (h)	0.42
Valeur retenue Tf : moyenne (mn)	25
Mac Donald : volume de matériau érodé (m ³)	3 700

Matériau résistant à l'érosion
Matériau résistant à l'érosion

Barrages en terre

Débit de pointe pour hydrogramme triangulaire (m³/s)	
Qp pour Tp = Tf Froehlich (1987) et base = 2Tp	375
Qp pour Tp = Tf US Reclamation et base = 2 Tp	269
Qp pour Tp = Tf VT et Gillette (1990) et base = 2 Tp	222
Qp pour Tp = Tf VT et Gillette (1990) et base = 2 Tp	149
Qp pour Tp = Tf Froehlich (1995) et base = 2 Tp	472
Qp pour Tp = Tf Mac Donald et base = 2 Tp	312
Qp1 pour Tp = Tf moyen et base = 2 Tp	262

Qp Froehlich	625
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	529 681
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.76
Qcorrigé	472

Qp Webby	541
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2Tp	1 655 276
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.24
Qcorrigé	131

Qp selon DSO Figure 15	200
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	305 698
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	1.31
Qcorrigé	262

Qp selon Molinaro et Maione	651
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	994 537
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.40
Qcorrigé	262
Qp2 pour Tp = Tf moyen et base = 2 Tp	282

RUPTURE LENTE

date : 13/01/2006

H retenue (m)	12.5	Cas du déversement vers le vallon de la Selle
V retenue (m3)	400 000	

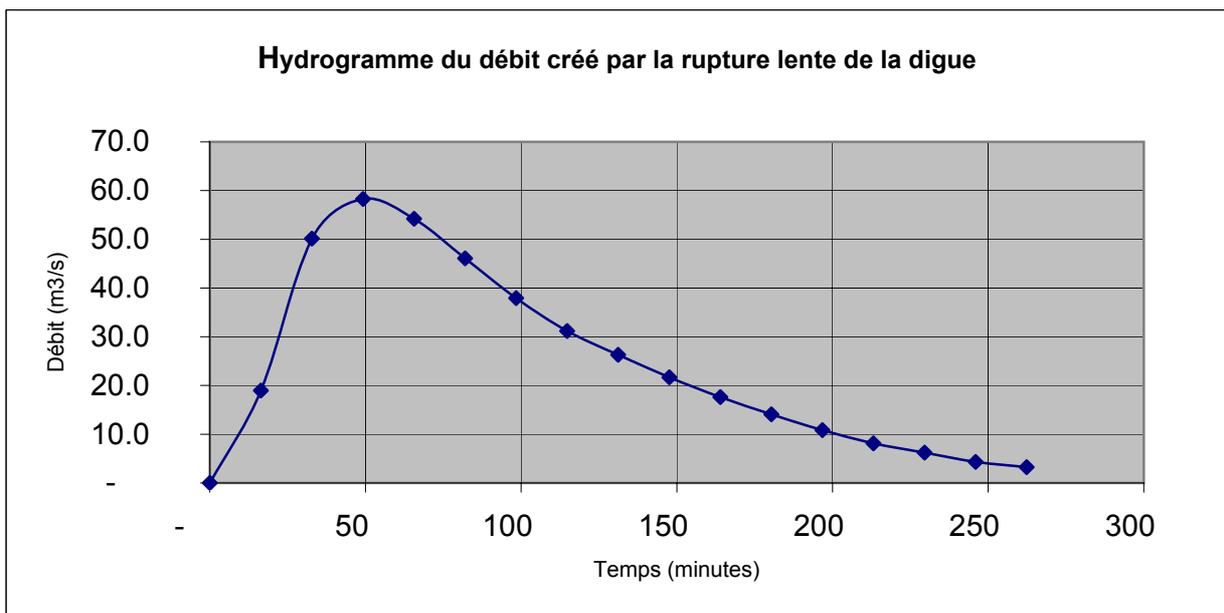
Echelle H	0.104
Echelle V	0.027
Echelle L	0.299
Echelle T	0.547

Echelle des temps calculée à partir de l'échelle des volumes

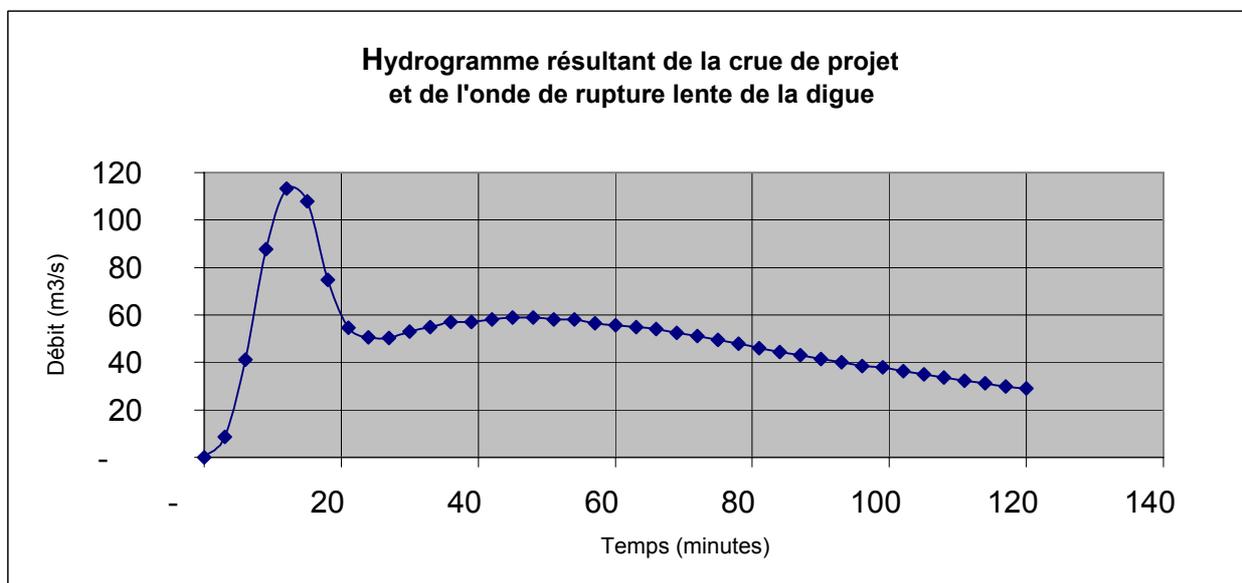
Onde de rupture Val Pola (modèle physique)				Onde de rupture La Mura		Volume (m3)
Temps (h)	Temps (mn)	H lue	Débit (m3/s)	Temps (mn)	Débit (m3/s) Simul EchL	
-	-	-	-	-	-	-
0.50	30	0.70	389	16	19.0	9 333
1.00	60	1.85	1 028	33	50.1	34 000
1.50	90	2.15	1 194	49	58.3	53 333
2.00	120	2.00	1 111	66	54.2	55 333
2.50	150	1.70	944	82	46.1	49 333
3.00	180	1.40	778	98	37.9	41 333
3.50	210	1.15	639	115	31.2	34 000
4.00	240	0.97	539	131	26.3	28 267
4.50	270	0.80	444	148	21.7	23 600
5.00	300	0.65	361	164	17.6	19 333
5.50	330	0.52	289	180	14.1	15 600
6.00	360	0.40	222	197	10.8	12 267
6.50	390	0.30	167	213	8.1	9 333
7.00	420	0.23	128	230	6.2	7 067
7.50	450	0.16	89	246	4.3	5 200
8.00	480	0.12	67	262	3.3	3 733

Total (m3) 15 100 000

Total (m3) 401 067



Composition des ondes de crue et de rupture			
Temps (mn)	Onde de crue (m3/s)	Onde de rupture (m3/s)	Onde résultante (m3/s)
-	-	-	-
3	5	4	9
6	34	7	41
9	77	11	88
12	99	14	113
15	89	19	108
18	52	23	75
21	26	29	55
24	16	35	51
27	10	40	50
30	7	46	53
33	5	50	55
36	4	53	57
39	3	54	57
42	2	56	58
45	2	57	59
48	2	57	59
51	1	57	58
54	1	57	58
57		57	57
60		56	56
63		55	55
66		54	54
69		53	53
72		51	51
75		50	50
78		48	48
81		46	46
84		45	45
87		43	43
90		42	42
93		40	40
96		39	39
99		38	38
102		36	36
105		35	35
108		34	34
111		32	32
114		31	31
117		30	30
120		29	29



RUPTURE LENTE

date : 13/01/2006

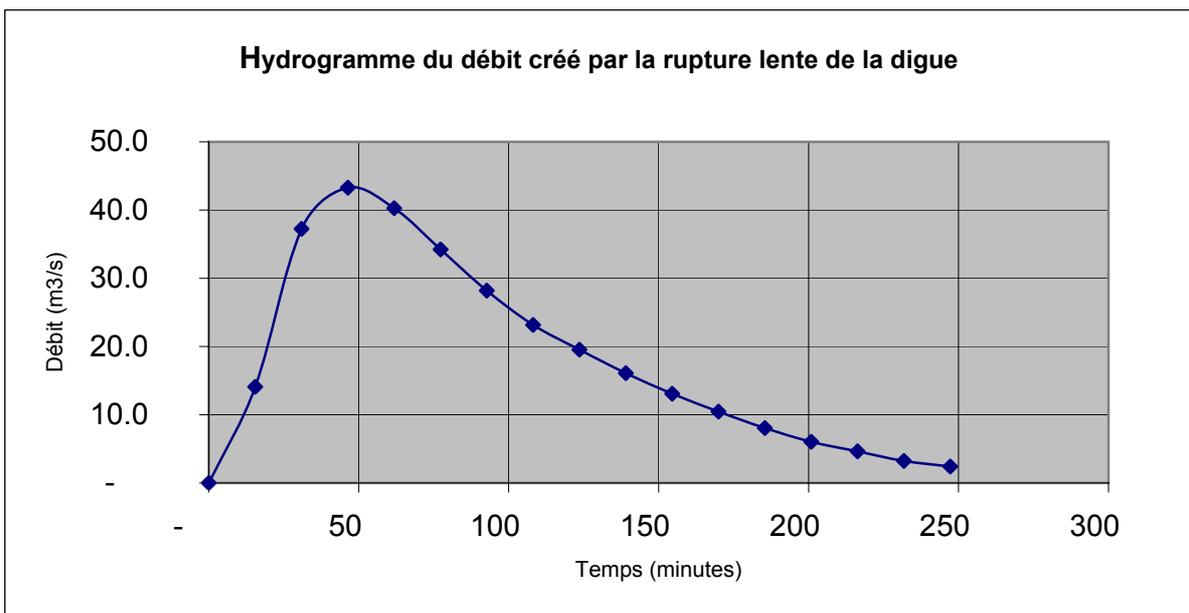
H retenue (m)	10.5	Cas du déversement vers le vallon de la Selle
V retenue (m3)	280 000	

Echelle H	0.088
Echelle V	0.019
Echelle L	0.265
Echelle T	0.52

Echelle des temps calculée à partir de l'échelle des volumes

Onde de rupture Val Pola (modèle physique)				Onde de rupture La Mura		
Temps (h)	Temps (mn)	H lue	Débit (m3/s)	Temps (mn)	Débit (m3/s) Simul EchL	Volume (m3)
-	-	-	-	-	-	-
0.50	30	0.70	389	15	14.1	6 533
1.00	60	1.85	1 028	31	37.2	23 800
1.50	90	2.15	1 194	46	43.3	37 333
2.00	120	2.00	1 111	62	40.3	38 733
2.50	150	1.70	944	77	34.2	34 533
3.00	180	1.40	778	93	28.2	28 933
3.50	210	1.15	639	108	23.2	23 800
4.00	240	0.97	539	124	19.5	19 787
4.50	270	0.80	444	139	16.1	16 520
5.00	300	0.65	361	155	13.1	13 533
5.50	330	0.52	289	170	10.5	10 920
6.00	360	0.40	222	185	8.1	8 587
6.50	390	0.30	167	201	6.0	6 533
7.00	420	0.23	128	216	4.6	4 947
7.50	450	0.16	89	232	3.2	3 640
8.00	480	0.12	67	247	2.4	2 613

Total (m3)	280 747
------------	---------



RUPTURE SOUDAINE	Cas du déversement vers le Ruisseau du Grand Plan
-------------------------	---

Caractéristiques de la retenue	La Mura	Les Deux-Alpes (Isère)		
Hauteur d'eau maximale (m)	5.00			
Volume de la retenue (m3)	230 000			

Forme de la brèche	Trapèzoïdale	Rectangulaire	Parabole	Triangulaire
Largeur de la brèche à la base	10.0	10.0	-	-
Largeur de la brèche en crête	20.0		11.3	
Fruit de la brèche				2.0
Section de la brèche	75	50	18.8	50.0
Débit Qb à la rupture (m3/s)	144	104	68	80
Débit adopté (maximum) (m3/s)	144			
Vitesse moyenne de l'eau (m/s)	1.9	2.1	3.6	1.6
Tirant d'eau maximal (m)	2.5	2.5	2.5	2.5

PROPAGATION EN AVAL

Tronçon 1 : aval	Grand Plan du Sautet		
Cote amont (m)	2 800		
Cote aval (m)	2 320		
Dénivellée (m)	480		
Longueur du tronçon (m)	3 000		
Pente moyenne (m/m)	0.16		
Rugosité K	10		
Coefficient JK2	16		
Paramètre X//Raccub(Vol)	49		
Ratio Qmax/Qamont	0.55		
Débit max (m3/s)	79		Qmax/Qb 0.55
Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	20		
Variable Dmax	0.041		
Paramètre U max	0.150		
Fruit des berges (x/1)	3.00		
Hauteur d'eau (m)	1.00		
Surface mouillée (m2)	23.00		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	3.45	Intensité de submersion (m2/s)	3.4
Temps de parcours du tronçon (mn)	14	Temps cumulé (mn)	14

Tronçon 2 : aval	Route de Mons de Lans à Cuculet		
Cote amont (m)	2 320		
Cote aval (m)	1 245		
Dénivellée (m)	1 075		
Longueur du tronçon (m)	3 650		
Pente moyenne (m/m)	0.29		
Rugosité K	6		
Coefficient JK2	11		
Paramètre X//Raccub(Vol)	60		
Ratio Qmax/Qamont	0.40		
Débit max (m3/s)	32		Qmax/Qb 0.22
Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	8		
Variable Dmax	0.038		
Paramètre U max	0.150		
Fruit des berges (x/1)	1.00		
Hauteur d'eau (m)	1.20		
Surface mouillée (m2)	11.04		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	2.87	Intensité de submersion (m2/s)	3.4
Temps de parcours du tronçon (mn)	21	Temps cumulé (mn)	36

Tronçon 3 : aval		Arrivée dans le Lac du Chambon	
Cote amont (m)	1 245		
Cote aval (m)	1 040		
Dénivellée (m)	205		
Longueur du tronçon (m)	1 000		
Pente moyenne (m/m)	0.21		
Rugosité K	6		
Coefficient JK2	7		
Paramètre X//Raccub(Vol)	16		
Ratio Qmax/Qamont	0.65		
Débit max (m3/s)	21	Qmax/Qb	0.14

Calcul de la hauteur d'eau maximale (m)			
Largeur d'écoulement (m)	6		
Variable Dmax	0.063		
Paramètre U max	0.180		
Fruit des berges (x/1)	1.00		
Hauteur d'eau (m)	1.08		
Surface mouillée (m2)	7.65		
Vitesse de l'écoulement (m/s)	2.70	Intensité de submersion (m2/s)	2.9
Temps de parcours du tronçon (mn)	6	Temps cumulé (mn)	42

RUPTURE PROGRESSIVE

Cas du déversement vers le Grand Plan du Sautet

Caractéristiques de la retenue

H eau maximale	5.0
V retenue	230 000

Largeur de la brèche (m)

Facteur K (avec débordement)	1.4
Froehlich (1987) (largeur moyenne)	21.5
US Reclamation (1988)	15.0
Von Thun et Gillette (1990)	18.6
Froehlich (1995)	14.2
Moyenne	17.3

(K = 1,0 sans débordement)

(K = 1,4 avec débordement)

(sans débordement)

Temps de formation (Tf) de la brèche (h)

Froehlich (1987)	0.53
US Reclamation (1988)	0.17
Von Thun et Gillette (1990)	0.35
Von Thun et Gillette (1990)	0.93
Froehlich (1995)	0.40
MacDonald	0.24
Valeur retenue Tf : moyenne (h)	0.43
Valeur retenue Tf : moyenne (mn)	26
Mac Donald : volume de matériau érodé (m ³)	1 195

Matériau résistant à l'érosion

Matériau résistant à l'érosion

Barrages en terre

Débit de pointe pour hydrogramme triangulaire (m³/s)

Qp pour Tp = Tf Froehlich (1987) et base = 2Tp	121
Qp pour Tp = Tf US Reclamation et base = 2 Tp	387
Qp pour Tp = Tf VT et Gillette (1990) et base = 2 Tp	183
Qp pour Tp = Tf VT et Gillette (1990) et base = 2 Tp	69
Qp pour Tp = Tf Froehlich (1995) et base = 2 Tp	160
Qp pour Tp = Tf Mac Donald et base = 2 Tp	271
Qp1 pour Tp = Tf moyen et base = 2 Tp	147

Qp Froehlich	170
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	245 720
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.94
Qcorrigé	160

Qp Webby	123
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2Tp	383 429
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.60
Qcorrigé	74

Qp selon DSO Figure 15	200
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	312 914
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	0.74
Qcorrigé	147

Qp selon Molinaro et Maione	107
Volume correspondant pour Tp =Tf et base = 2 Tp	167 409
Coefficient de correction nécessaire sur Qp	1.37
Qcorrigé	147
Qp2 pour Tp = Tf moyen et base = 2 Tp	132

RUPTURE LENTE

date : 13/01/2006

H retenue	5.0	Cas du déversement vers le Grand Plan du Sautet
V retenue	230 000	

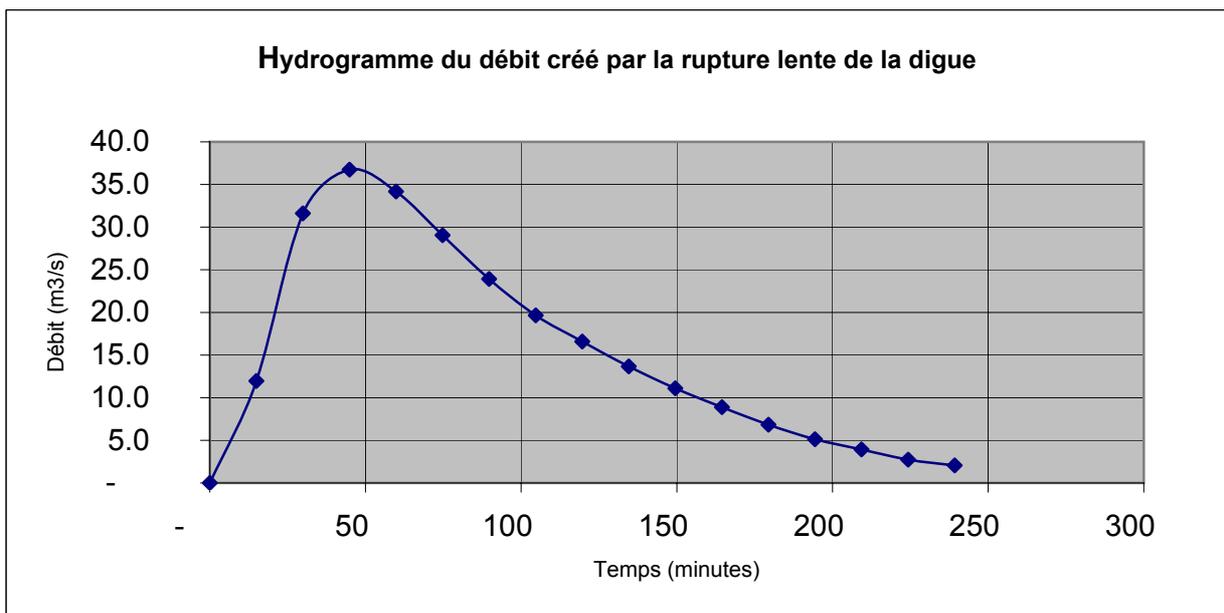
Echelle H	0.042
Echelle V	0.015
Echelle L	0.248
Echelle T	0.50

Echelle des temps calculée à partir de l'échelle des volumes

Onde de rupture Val Pola (modèle physique)				Onde de rupture La Mura		
Temps (h)	Temps (mn)	H lue	Débit (m3/s)	Temps (mn)	Débit (m3/s) Simul EchL	Volume (m3)
-	-	-	-	-	-	-
0.50	30	0.70	389	15	12.0	5 367
1.00	60	1.85	1 028	30	31.6	19 550
1.50	90	2.15	1 194	45	36.7	30 667
2.00	120	2.00	1 111	60	34.2	31 817
2.50	150	1.70	944	75	29.1	28 367
3.00	180	1.40	778	90	23.9	23 767
3.50	210	1.15	639	105	19.7	19 550
4.00	240	0.97	539	120	16.6	16 253
4.50	270	0.80	444	135	13.7	13 570
5.00	300	0.65	361	150	11.1	11 117
5.50	330	0.52	289	164	8.9	8 970
6.00	360	0.40	222	179	6.8	7 053
6.50	390	0.30	167	194	5.1	5 367
7.00	420	0.23	128	209	3.9	4 063
7.50	450	0.16	89	224	2.7	2 990
8.00	480	0.12	67	239	2.1	2 147

Total (m3)	15 100 000
------------	------------

Total (m3)	230 613
------------	---------



ANNEXE 2 : CRUES DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN

Précipitations exceptionnelles

Nom de la station	Altitude (m)	P _{10/24 h} (mm)	Gradex _{/24 h} (mm)	Paramètre B de Montana
Le Chazelet (La Grave)	1780	74.2	10.2	0.61
Lavaldens	1100	90.9	12.7	0.71
Ornon	950	104.4	16.1	0.70
Moyenne	1277	89.8	13.0	0.67

Source :

"Analyse des fortes pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes du Sud Est de la France".
C.E.M.A.G.R.E.F. (Décembre 1982)

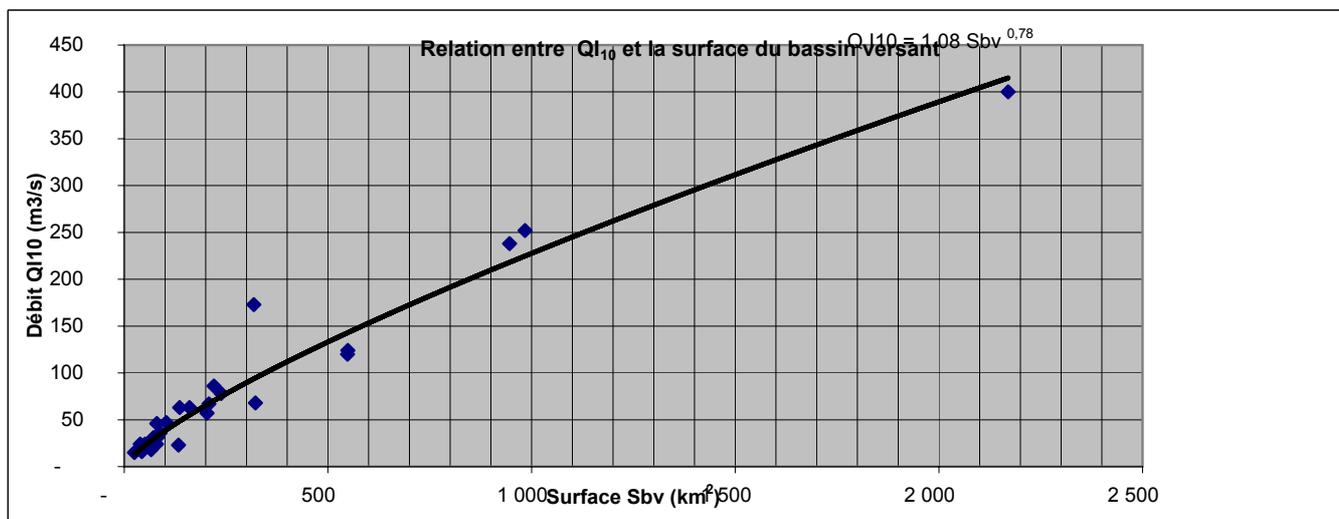
Débits de crue décennale pour 26 torrents proches du site

Dépt.	Torrent	Site	Sbv (km ²)	(Sbv) ^{0,78}	QI ₁₀	QI ₁₀ calc.	QJ ₁₀	QI ₁₀ /QJ ₁₀
4	Bachelard	Bayasse	39	17	24	18	15	1.60
4	Ubaye	Larches	66	26	18	28	12	1.50
4	Ubaye	Barcelonnette	549	132	124	143	82	1.51
4	Ubaye	Roche Rousse	946	201	238	218	172	1.38
5	Ancelle	Ancelle	25	12	15	13	10	1.50
5	Clarée	Névache	88	32	36	35	34	1.06
5	Drac	Les Ricous	208	62	67	67	57	1.18
5	Durance-Clarée	La Vachette	203	61	57	66	45	1.27
5	Durance	Briançon aval	548	132	120	143	97	1.24
5	Durance	La Roche de Rame	984	207	252	224	193	1.31
5	Durance	La Clapière	2 170	382	400	414	338	1.18
5	Guisanne	Monetier-les-Bains	79	29	24	32		
5	Petit Buëch	Veynes	318	86	173	94	108	1.60
5	Romanche	Plan de l'Alpe	43	18	16	20	12	1.33
38	Romanche	Le Chambon	220	65	86	70	57	1.51
5	Séveraisse	Villar-Loubières	133	44	23	48	20	1.15
38	Ferrand	Mizoën	80	30	46	32	23	2.00
38	Souloise	L'Infernet	160	51	63	55	51	1.24
38	Vénéon	Les Etages	103	36	47	39	38	1.24
38	Vénéon	Bourg d'Arud	238	69	78	75	57	1.37
73	Arc	Bonneval	81	30	31	32	22	1.41
73	Arc	Lanslebourg	322	87	68	94	56	1.21
73	Avérole	Bessans	45	19	21	21	17	1.24
73	Avérole	Bessans	72	27	31	30	22	1.41
73	Torrent de Bissorte	Bissorte	51	21	24	23	17	1.41
73	Valloirette	Valloire	136	45	63	48	48	1.31
		Moyenne	304	97	83	105	64	1.37
		Minimum	25	13	15	13	10	1.06
		Maximum	2 170	467	400	414	338	2.00

Km = 1.08

Notations

Sbv (km ²)	Surface du bassin versant
QI ₁₀	Débit de pointe décennale observé
QJ ₁₀	Débit décennal journalier
QI ₁₀ calc.	Débit de pointe décennale calculé



Evaluation des débits de crues décennales				
Pluie P 10 centrée / 24 h (mm)	89.8			
Paramètre A	31.8	Paramètre B	0.67	
Gradex (mm)/24 h	13.0			
Pluie P100 c/ 24 h (mm)	120.4			
Bassin versant	Torrent du Diable			
Point de calcul	Prise d'eau MCH à Saint-Christophe-en-Oisans (38)			
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀
6800	3200	1700	2200	0.100
Pente	0.22	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	76.2	1.27		
Temps de concentration Passini (mn)	72.0	1.20		
Temps de concentration Sogreah (mn)	63.4	1.06		
Temps adopté (mn)	70.6	1.176		
Temps de base (mn)	197.5	3.292		
Pluie maximale (mm)	22.8			
Gradex correspondant	9.3			
Intensité (mm/s)	0.005	19.4 mm/heure		
Q10 selon méthode C.I.A. (m³/s)	12			
Q10 selon Crupedix (m³/s) (R=1,00)	12			
Q10 selon Cemagref (m³/s) (Cr=1,00)	13			
Q10 selon Cemagref - Lama (R_{23d}=0,75)	12			
Q10 selon corrélation régionale (m³/s)	12			
Q10 (valeur moyenne)	12			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.6			
Volume ruisselé V ₁₀ (m ³)	72 174			

Incertitudes
10 < Q < 15
10 < Q < 15
10 < Q < 15

Evaluation des débits de crues centennales				
Pluie P 100 centrée / 24 h (mm)	120.4			
Paramètre A	39.6	Paramètre B	0.65	
Gradex (mm)/24 h	14.0			
Bassin versant	Torrent du Diable			
Point de calcul	Prise d'eau MCH à Saint-Christophe-en-Oisans (38)			
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀₀
6800	3200	1700	2200	0.35
Pente	0.22	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	76.2	1.27		
Temps de concentration Passini (mn)	72.0	1.20		
Temps de concentration Sogreah (mn)	40.8	0.68		
Temps adopté (mn)	63.0	1.050		
Temps de base (mn)	176.4	2.940		
Pluie maximale (mm)	27.4			
Gradex correspondant	4.7			
Intensité (mm/s)	0.007	26.1 mm/heure		
Q100 selon méthode C.I.A. (m³/s)	39	Surface du BV considérée	70%	
Coefficient de pointe Cp (Füller)	2.1			
Q100 selon méthode du gradex (m³/s)	45	Surface du BV considérée	70%	
Q100 selon méthode Speed (m³/s)	36	Surface du BV considérée	70%	
Q100 (valeur moyenne)	40			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	1.8			
Volume ruisselé V ₁₀₀ (m ³)	212 225			

Incertitudes
37 < Q < 52

Evaluation des débits de crues décennales				
Pluie P 10 centrée / 24 h (mm)	89.8			
Paramètre A	31.8	Paramètre B	0.67	
Gradex (mm)/24 h	13.0			
Pluie P100 c/ 24 h (mm)	120.4			
Bassin versant		Le Vénéon à Saint-Christophe-en-Oisans		
Point de calcul		En aval du Vallon de la Selle		
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀
	21500	4000	1230	19300
Pente	0.13	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	295.3	4.92		
Temps de concentration Passini (mn)	282.2	4.70		
Temps de concentration Sogreah (mn)	154.0	2.57		
Temps adopté (mn)	243.8	4.064		
Temps de base (mn)	682.7	11.379		
Pluie maximale (mm)	30.7			
Gradex correspondant	12.5			
Intensité (mm/s)	0.002	7.6 mm/heure		
Q10 selon méthode C.I.A. (m³/s)	61			
Q10 selon Crupedix (m³/s) (R=1,00)	65			
Q10 selon Cemagref (m³/s) (Cr=1,00)	76			
Q10 selon Cemagref - Lama (R_{23d}=0,75)	69			
Q10 selon corrélation régionale (m³/s)	65			
Q10 (valeur moyenne)	67			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.35			
Volume ruisselé V ₁₀ (m ³)	1 378 147			

Incertitudes
60 < Q < 95
60 < Q < 100

Evaluation des débits de crues centennales				
Pluie P 100 centrée / 24 h (mm)	120.4			
Paramètre A	39.6	Paramètre B	0.65	
Gradex (mm)/24 h	14.0			
Bassin versant		Le Vénéon à Saint-Christophe-en-Oisans		
Point de calcul		En aval du Vallon de la Selle		
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀₀
	21500	4000	1230	19300
Pente	0.13	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	295.3	4.92		
Temps de concentration Passini (mn)	282.2	4.70		
Temps de concentration Sogreah (mn)	108.9	1.81		
Temps adopté (mn)	228.8	3.813		
Temps de base (mn)	640.6	10.677		
Pluie maximale (mm)	38.6			
Gradex correspondant	7.4			
Intensité (mm/s)	0.003	10.1 mm/heure		
Q100 selon méthode C.I.A. (m³/s)	164	Surface du BV considérée	75%	
Coefficient de pointe Cp (Füller)	1.5			
Q100 selon méthode du gradex (m³/s)	168	Surface du BV considérée	75%	
Q100 selon méthode Speed (m³/s)	195	Surface du BV considérée	75%	
Q100 (valeur moyenne)	176			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.91			
Volume ruisselé V ₁₀₀ (m ³)	3 381 521			

Incertitudes
150 < Q < 250

Evaluation des débits de crues décennales				
Pluie P 10 centrée / 24 h (mm)	89.8			
Paramètre A	31.8	Paramètre B	0.67	
Gradex (mm)/24 h	13.0			
Pluie P100 c/ 24 h (mm)	120.4			
Bassin versant	Le Vénéon à Venosc			
Point de calcul	Le Bourg d'Arud			
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀
	26500	4000	930	23800
Pente	0.12	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	345.8	5.76		
Temps de concentration Passini (mn)	341.6	5.69		
Temps de concentration Sogreah (mn)	174.8	2.91		
Temps adopté (mn)	287.4	4.790		
Temps de base (mn)	804.8	13.413		
Pluie maximale (mm)	32.1			
Gradex correspondant	13.1			
Intensité (mm/s)	0.002	6.7 mm/heure		
Q10 selon méthode C.I.A. (m³/s)	66			
Q10 selon Crupedix (m³/s) (R=1,00)	77			
Q10 selon Cemagref (m³/s) (Cr=1,00)	90			
Q10 selon Cemagref - Lama (R_{23d}=0,75)	82			
Q10 selon corrélation régionale (m³/s)	77			
Q10 (valeur moyenne)	78			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.33			
Volume ruisselé V ₁₀ (m ³)	1 893 044			

Incertitudes
60 < Q < 95
60 < Q < 100

Evaluation des débits de crues centennales				
Pluie P 100 centrée / 24 h (mm)	120.4			
Paramètre A	39.6	Paramètre B	0.65	
Gradex (mm)/24 h	14.0			
Bassin versant	Le Vénéon à Venosc			
Point de calcul	Le Bourg d'Arud			
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀₀
	26500	4000	930	23800
Pente	0.12	Temps (h)		
Temps de concentration Ventura (mn)	345.8	5.76		
Temps de concentration Passini (mn)	341.6	5.69		
Temps de concentration Sogreah (mn)	123.6	2.06		
Temps adopté (mn)	270.4	4.506		
Temps de base (mn)	757.0	12.616		
Pluie maximale (mm)	40.5			
Gradex correspondant	7.8			
Intensité (mm/s)	0.002	9.0 mm/heure		
Q100 selon méthode C.I.A. (m³/s)	180	Surface du BV considérée	75%	
Coefficient de pointe Cp (Füller)	1.5			
Q100 selon méthode du gradex (m³/s)	188	Surface du BV considérée	75%	
Q100 selon méthode Speed (m³/s)	229	Surface du BV considérée	75%	
Q100 (valeur moyenne)	199			
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.83			
Volume ruisselé V ₁₀₀ (m ³)	4 512 723			

Incertitudes
150 < Q < 250

Evaluation des débits de crues décennales					
Pluie P 10 centrée / 24 h (mm)	89.8				
Paramètre A	31.8	Paramètre B	0.67		
Gradex (mm)/24 h	13.0				
Pluie P100 c/ 24 h (mm)	120.4				
Bassin versant		Ruisseau du Grand Plan			
Point de calcul	Pont de la route de Mont-de-Lans à Cuculet				
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀	
	6500	3000	1245	1300	0.100
Pente	0.27	Temps (h)			
Temps de concentration Ventura (mn)	52.9	0.88			
Temps de concentration Passini (mn)	53.9	0.90			
Temps de concentration Sogreah (mn)	47.7	0.79			
Temps adopté (mn)	51.5	0.859			
Temps de base (mn)	144.3	2.404			
Pluie maximale (mm)	21.1				
Gradex correspondant	8.6				
Intensité (mm/s)	0.007	24.6 mm/heure			
Q₁₀ selon méthode C.I.A. (m³/s)	8.9				
Q₁₀ selon Crupedix (m³/s) (R=1,00)	7.6				
Q₁₀ selon Cemagref (m³/s) (Cr=1,00)	8.8				
Q₁₀ selon Cemagref - Lama (R_{23d}=0,75)	8.0				
Q₁₀ selon corrélation régionale (m³/s)	8.0				
Q₁₀ (valeur moyenne)	8.2				
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	0.6				
Volume ruisselé V ₁₀ (m ³)	35 627				

Incertitudes
6 < Q < 11
6 < Q < 10
6 < Q < 10

Evaluation des débits de crues centennales					
Pluie P 100 centrée / 24 h (mm)	120.4				
Paramètre A	39.6	Paramètre B	0.65		
Gradex (mm)/24 h	14.0				
Bassin versant		Ruisseau du Grand Plan			
Point de calcul	Pont de la route de Mont-de-Lans à Cuculet				
L thalweg (m)	Cote amont (m)	Cote aval (m)	Sbv (ha)	Coeff C ₁₀₀	
	6500	3000	1245	1300	0.35
Pente	0.27	Temps (h)			
Temps de concentration Ventura (mn)	52.9	0.88			
Temps de concentration Passini (mn)	53.9	0.90			
Temps de concentration Sogreah (mn)	30.6	0.51			
Temps adopté (mn)	45.8	0.764			
Temps de base (mn)	128.3	2.139			
Pluie maximale (mm)	25.2				
Gradex correspondant	4.2				
Intensité (mm/s)	0.009	32.9 mm/heure			
Q₁₀₀ selon méthode C.I.A. (m³/s)	32	Surface du BV considérée	75%		
Coefficient de pointe Cp (Füller)	2.2				
Q₁₀₀ selon méthode du gradex (m³/s)	36	Surface du BV considérée	75%		
Q₁₀₀ selon méthode Speed (m³/s)	26	Surface du BV considérée	75%		
Q₁₀₀ (valeur moyenne)	31				
Module spécifique (m ³ /s/km ²)	2.4				
Volume ruisselé V ₁₀₀ (m ³)	119 951				

Incertitudes	
23 < Q < 38	
Ratio Q ₁₀₀ /Q ₁₀	3.78

ANNEXE 3 : PHOTOS DU TORRENT DU DIABLE, DU VENEON ET DU RUISSEAU DU GRAND PLAN



Le barrage du Plan du Lac



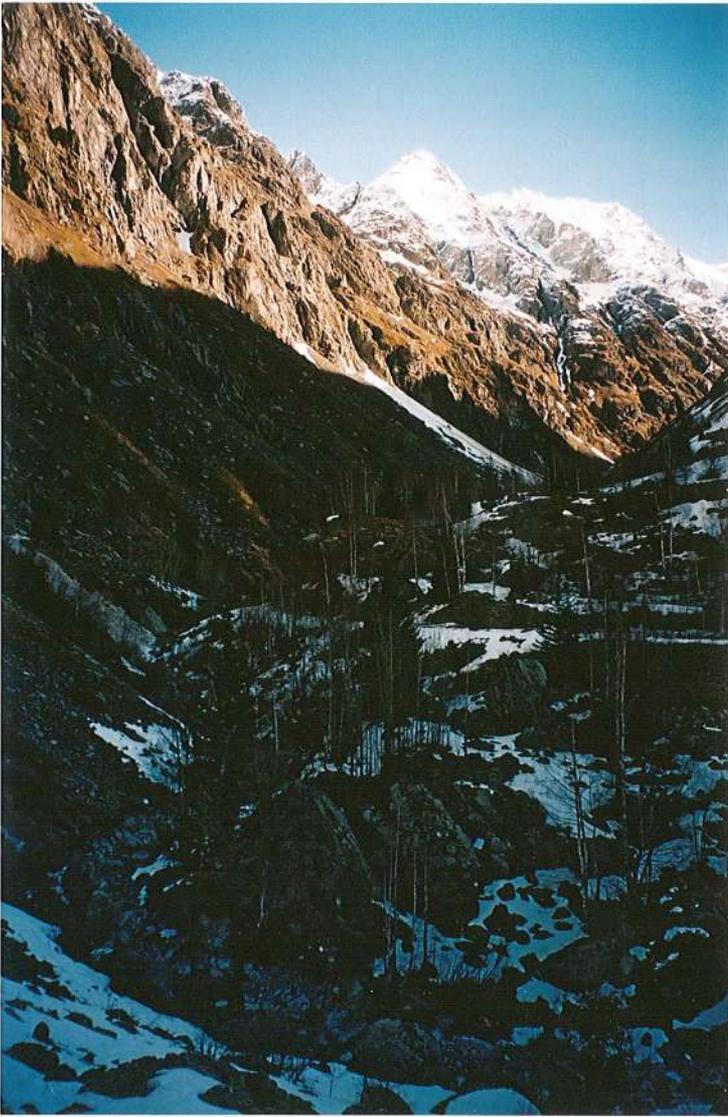
Le Vénéon à Bourg d'Arud : vue vers l'aval, depuis le pont de la R.D. 530



Le Vénéon, le long du camping des Fétoules



La vallée du Vénéon, en aval du camping



Le Vallon de la Selle



Le Torrent du Diable, sous le pont de la R.D. 530

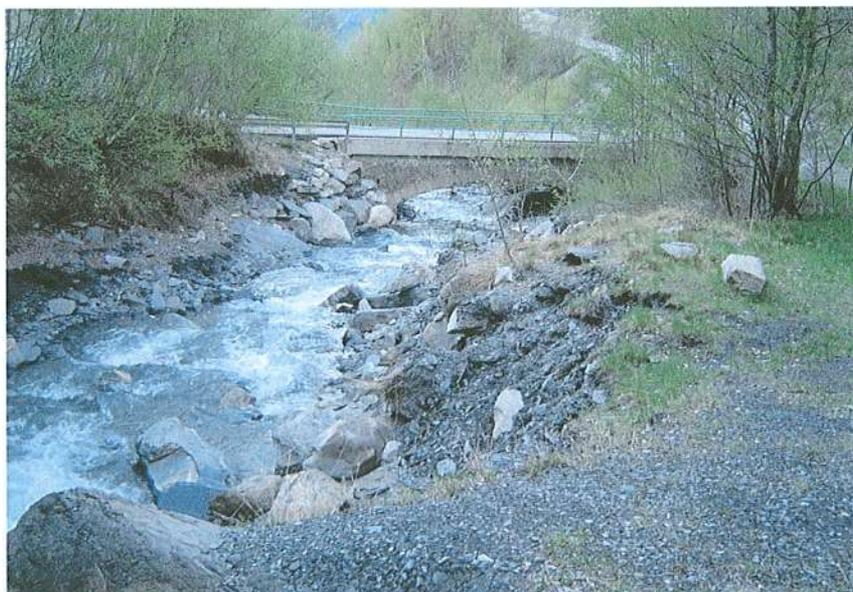
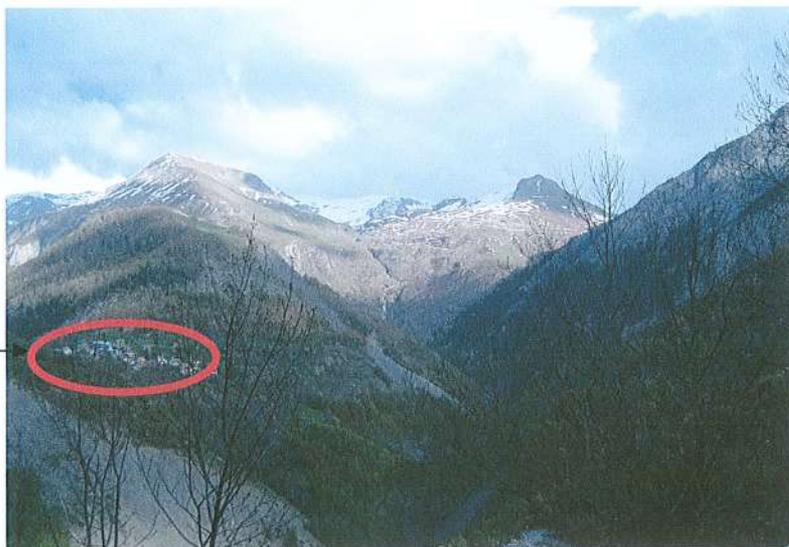


Le Ruisseau de La Mura



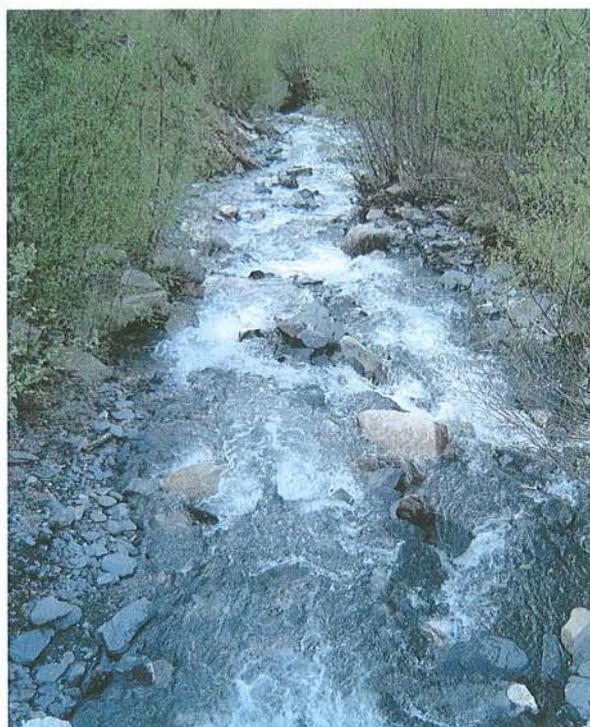
Le Vallon de la Selle, au droit du Ruisseau de La Mura : vue vers l'amont

Hameau de Cuculet



La vallée du ruisseau du Grand Plan.

Le ruisseau du Grand Plan
en amont du pont de la route de Cuculet.



Le ruisseau du Grand Plan
en aval du pont de la route de Cuculet.

Commune de Les Deux Alpes

EXPERTISE D'ANALYSE ET VALIDATION DE L'ÉTUDE HYDRAULIQUE

HYDRÉTUDES

Annexe PU 6

MAITRE D'OUVRAGE :		MAITRE D'ŒUVRE :
 <p>les 2 alpes Mont de Lans - Venosc</p>		 <p>HYDRETUDES Ingénierie de l'eau - Maitrise d'ouvrage</p>
<p>Mairie des DEUX ALPES 38860 LES DEUX ALPES</p>		<p>Agence Alpes du Nord 50 voie Albert Einstein 73 800 FRANCIN</p>
MISSION :	ANALYSE ET VALIDATION DE L'ETUDE HYDRAULIQUE DANS LE CADRE DU DOSSIER D'AUTORISATION DE CREATION DE LA RETENUE COLLINAIRE DE LA MURA	
N° AFFAIRE :	17-042	
PHASE :	EXPERTISE	

Version 1

NOTE TECHNIQUE

17/10/2017

1	Rappel du contexte.....	2
2	Caractéristiques du projet.....	2
3	Expertise des études présentées dans le document d'incidences.....	3
3.1	Etude hydrologique	3
3.1.1	Régime hydrologique du bassin versant en amont de la retenue de La Mura.....	3
3.1.2	Débit d'étiage.....	4
3.1.3	Estimation des débits de crues	4
4	Etude d'identification des risques hydrauliques en cas de rupture de la digue	6
4.1	Types de ruptures étudiées et méthode.....	6
4.2	Conséquences maximales de l'onde de submersion.....	6
5	Base réglementaire relative à la sécurité des barrages.....	7
5.1	Textes réglementaires de références	7
5.2	Classement envisagé pour la retenue de la Mura	8

1 Rappel du contexte

Le projet de la retenue collinaire de la Mura s'inscrit dans le cadre de l'amélioration du réseau d'enneigement de culture du domaine skiable des DEUX-ALPES. Il est porté par la commune les Deux Alpes (38).

Le projet de retenue a été étudié par la Société SAGE INGENIERIE, basée à GIERES. La retenue projetée se situe au lieu-dit « La Mura », aux Deux Alpes (alt 2800 m). Le volume d'eau stocké pour la retenue normale (R.N.) a été estimé à 350 000 m³. La hauteur maximale de la digue projetée est de 16 m par rapport au pied de la digue La retenue sera implantée au-dessus de la Brèche de La Mura et elle dominera le Vallon de la Selle. La retenue sera alimentée principalement par le ruissellement et les eaux de fonte des neiges provenant d'un bassin versant d'une surface de 40 hectares, toutefois un apport par pompage dans la retenue du Grand Plan du Sautet est envisagé en complément. La retenue sera équipée de deux conduites de vidange de sécurité, en diamètre minimum DN 350 mm vers le vallon de la Selle et en DN 450 mm vers le plan du Sautet, permettant de vidanger complètement la retenue en 8 jours environ. Deux déversoirs de crues seront créés dans la digue.

Un dossier d'autorisation, établi conformément à l'application des articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'Environnement, a été déposé en février 2006 (Rapport n° 2922) auprès de la DDT38.

Suite à l'application du nouveau Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 - relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques, l'objet de la présente note est :

1. d'une part de valider les pièces techniques établies par P.Y. FAFOURNOUX, INGENIEUR CONSEIL datant de 2003, révisées en 2005 :
 - Annexe IIa : Etude hydrologique de la retenue de La Mura- Révisée le 04/04/2005
 - Annexe IV : Etude hydraulique des déversoirs de crues - Révisée le 04/04/2005
 - Annexe V : Etude d'identification des risques hydrauliques en cas de rupture de la digue (Révision 2 : Janvier 2006).
2. d'autre part d'établir un diagnostic réglementaire actualisé du projet.

2 Caractéristiques du projet

La réserve d'eau sera du type collinaire, c'est à dire qu'elle sera implantée dans un lieu formant naturellement une sorte de plateau incluant quelques dépressions. Le volume d'eau sera obtenu par l'utilisation de ces dépressions et du replat associé à la construction d'une digue en travers de la brèche. Il est présenté le plan de masse du projet (Pièce 3 - Annexe n° 3) et les coupes (Pièce 3 - Annexe 4).

Les principales caractéristiques de la retenue sont résumés ci-dessous :

— Surface du plan d'eau :	4,25 ha
— Altitude de la crête de digue :	2814,40 m
— Altitude du niveau normal du plan d'eau :	2812,70 m
— Cote du fond de la retenue :	2801,20 m
— Profondeur d'eau :	11,50 m
— Volume d'eau maximum :	350 000 m ³
— Volume d'eau utile :	307 500 m ³
— Hauteur maximale de la digue sous la crête de digue :	15,00 m
— Hauteur maximale entre le pied de la digue la crête de digue :	16,00 m
— Largeur en crête de digue :	7,00 m

En année moyenne la retenue sera alimentée par les eaux de fonte des neiges et de ruissellement du bassin versant situé en amont (période d'excédent d'eau). En années de faible hydraulité, un pompage complémentaire sera effectué dans le « Plan du Sautet », à la cote 2300 m, afin de compléter le remplissage de la retenue de la Mura, par un apport de l'ordre 150 000 m³. Ce pompage sera effectué pendant les périodes creuses d'occupation de la station et d'excédent d'eau.

Les ouvrages hydrauliques associés, annexes à la réserve d'eau, sont les suivants :

1. Organes nécessaires à l'exploitation de la retenue d'eau (conduite d'alimentation gravitaire de l'usine à neige (cf. Pièce 3- coupe CP3 Annexe 4); autres canalisations...).
2. **Deux déversoir de crues** dimensionnés pour la Pluie Maximale Probable, correspondant à une averse de 200 mm tombant en 15 minutes. Cette intensité est supérieure à la pluie exceptionnelle de période de retour 10 000 ans (235 mm en 24h) - cf. Annexe II au Document d'Incidences (Pièce 4). Le projet prévoit deux déversoirs de longueur 30 mètres chacun, afin de diriger les lames d'eau vers les deux combes différentes :
 - Déversoir A : la lame d'eau sera dirigée vers la brèche de SAINT-CHRISTOPHE,
 - Déversoir B : la lame d'eau s'étalera sur les rochers vers la brèche de LA MURA.

Une revanche de sécurité de 0,70 m sera prévue au-dessus des Plus Hautes Eaux (P.H.E.) au dessus de la lame d'eau déversante.

3. Dispositif de vidange de fond conçu pour permettre, en cas de nécessité, la vidange complète de la retenue en moins de 10 jours (8 jours). Il sera constitué par deux conduites.

3 Expertise des études présentées dans le document d'incidences

3.1 Etude hydrologique

Pièce N°4 - Document d'Incidences - Annexe II

Le document à expertiser est regroupé dans l'Annexe II de la Pièces 4 : " Etude hydrologique - Janvier 2003, Révisée le 04/04/2005". Cette étude présente l'analyse hydrologique qui a été effectuée par L'Ingénieur Conseil Pierre-Yves FAFOURNOUX afin d'estimer les apports moyens d'eau dans la retenue projetée, ainsi que les débits d'étiage et les débits de crues exceptionnelles.

3.1.1 Régime hydrologique du bassin versant en amont de la retenue de La Mura

Le régime hydrologique du bassin versant en amont de la retenue de La Mura (S=40 ha) été estimé selon les méthodes de transposition de bassin versant toujours en vigueur pour les sites non jaugés.

Les valeurs mensuelles adoptées pour le bassin versant en amont de La Mura ont été extrapolés à partir des débits spécifiques mensuels de trois torrents proches (voir valeurs utilisées dans le tableau ci-dessous en 2003) :

- La Bonne à Pont Battant, qui draine un bassin versant d'une surface de 143 km ,
- La Romanche à Plan de l'Alpe, qui draine un bassin versant d'une surface de 45 km .
- La Sarenne à Huez, draine un bassin versant d'une surface de 28,2 km .

Les données des stations de la Sarenne à Huez-les Moulins et de la Romanche à Plan ne sont pas disponibles; elles sont privées (EDF) et sans doute plus en service. Le tableau ci-dessous indique les valeurs en l/s/ km2 des débits spécifiques des trois torrents et les valeurs retenues pour le bassin versant d'étude.

Débit spécifique (l/s/km ²)	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
La Bonne à Pont-Battant	14,6	14,1	16,4	29,9	61,3	74,8	50,6	28,9	25,8	31,0	27,3	17,6	32,7
La Romanche à Plan de l'Alpe	4,0	4,0	4,0	12,0	48,0	104,0	110,0	77,0	43,0	23,0	11,0	6,0	37,2
La Sarenne à Huez	9,2	9,9	20,6	43,3	86,5	70,9	66,7	35,5	25,2	25,9	21,6	14,5	36,5

Valeurs	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	An
Module (l/s/km ²)	4,0	4,0	4,0	28,4	65,3	83,2	75,7	47,1	31,3	26,6	20,0	6,0	33,0

* pour les mois de décembre à mars : les valeurs minima (la Romanche à Plan de l'Alpe), pour les mois d'avril à novembre : les moyennes des valeurs des trois torrents.

Seules les données à la station W23141010 de la Bonne à Entraigues [Pont Battant] , gérée par la DREAL Rhône Alpes très anciennes (S=143 km²) dont les données sont disponibles sur la BANQUEHYDRO, peuvent être actualisées.

La mise à jour des débits spécifiques (l/s/km²) pour le bassin versant en amont de La Mura à partir des écoulements mensuels (naturels) issues de la station W23141010 de la Bonne à Entraigues [Pont Battant] et calculées sur 113 ans (1905 - 2017) sont :

Débits spécifiques (l/s/km²)	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
La Bonne à Entraigues [Pont Battant] -2017	14.2	13.3	16.5	30.3	62.7	71.8	46	26.4	23.1	28.9	28.2	17.3	31.6
La Romanche à Plan de l'Alpe - non mis à jour	4	4	4	12	48	104	110	77	43	23	11	6	37.2
La Sarenne à Huez - non mis à jour	9.2	9.9	20.6	43.3	86.5	70.9	66.7	35.5	25.2	25.9	21.6	14.5	36.5
Valeurs mensuelles mises à jour 2017*	4	4	4	28.5	65.7	82.2	74.2	46.3	30.4	25.9	20.3	6	32.6
Écarts	0%	0%	0%	0%	-1%	1%	2%	2%	3%	3%	-1%	0%	1%

* pour les mois de décembre à mars : les valeurs minima (la Romanche à Plan de l'Alpe), pour les mois d'avril à novembre : les moyennes des valeurs des trois torrents.

Les valeurs mensuelles adoptées des modules spécifiques pour le bassin versant de la retenue sont sensiblement les mêmes avec les valeurs actualisées (moins de 3% d'écart). Les résultats présentés par L'Ingénieur Conseil Pierre-Yves FAFOURNOUX qui découlent de ces estimations sont donc valides.

3.1.2 Débit d'étiage

Le QMNA5 (débit d'étiage mensuel quinquennal sec) a été estimé à partir d'un débit spécifique d'étiage de 2,0 l/s/ km². Il est ainsi de 0.8 l/s pour S=40 ha. Les résultats sont cohérents au vue de la taille du bassin versant et des données mensuelles.

3.1.3 Estimation des débits de crues

Estimation des débits de crues Q10 et Q100 :

L'estimation des débits de crues a été faite avec plusieurs méthodes toujours d'actualité pour les bassins versant-non jaugés, notamment pour des petits bassins versant ruraux.

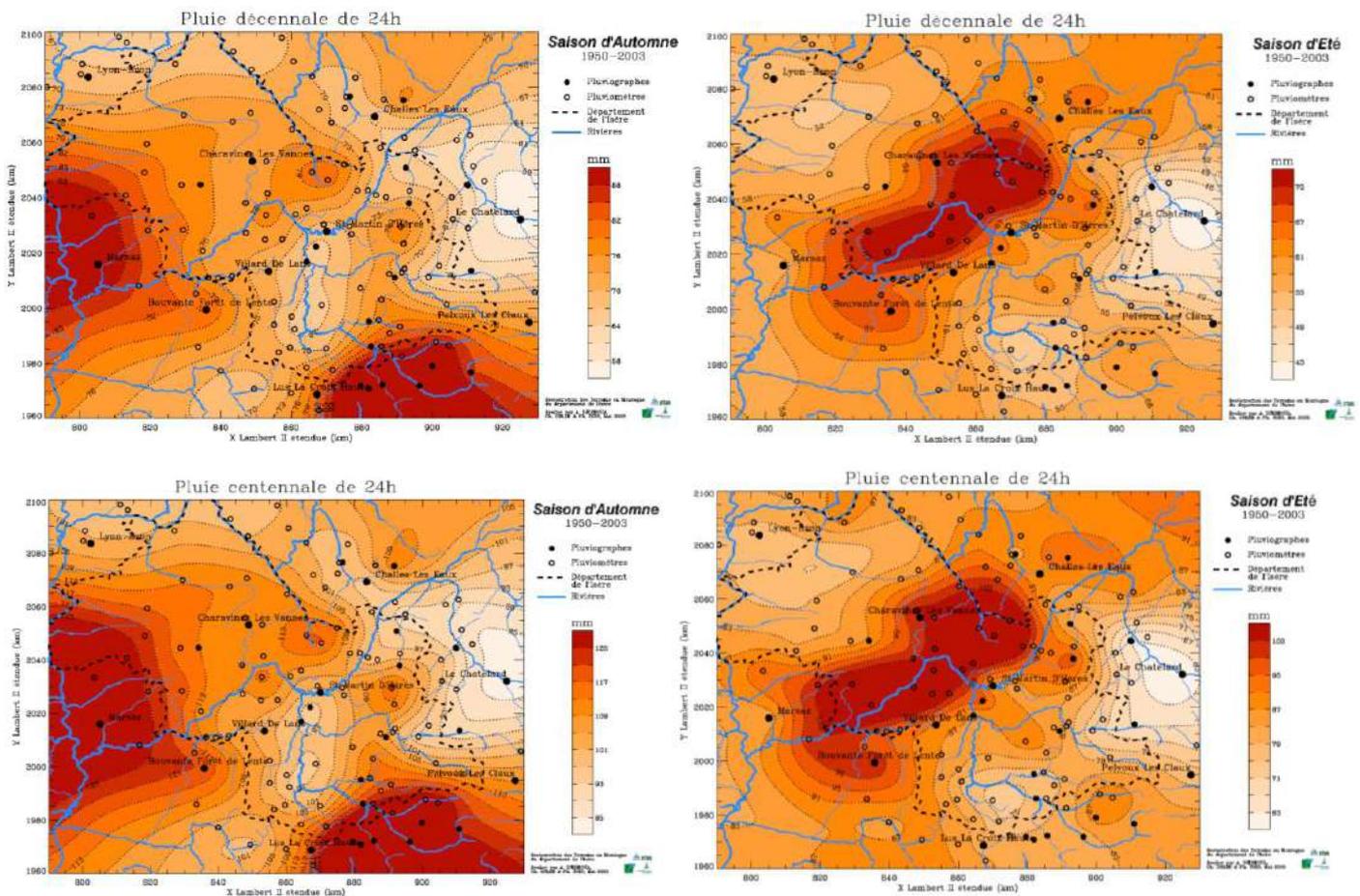
Les débits de crues décennales ont été calculés par une seule méthode : la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation C10=0.35. Les débits de crues centennales ont été calculés par deux méthodes : la méthode rationnelle (CIA), avec pour coefficient d'imperméabilisation C100=0.6 et par la méthode du gradex, appliquée à la durée de la crue centennale.

Toutes ces méthodes sont basées sur la connaissance des données pluviométriques. L'Ingénieur Conseil Pierre-Yves FAFOURNOUX a utilisé les données disponibles dans l'étude du Cemagref « Analyse des fortes pluies de 1 à 10 jours sur 300 postes du Sud-Est de la France » (Grenoble - 1982). Cette étude fournit les statistiques concernant la pluie décennale centrée journalière P(10c/24h), le gradex des pluies centrées de durée 24 heures G(c/24h) et le paramètre b de Montana. Cinq postes à proximité du bassin versants ont été exploités pour estimer la pluie décennale et le gradex des pluies, nécessaires aux calculs des débits de crues décennales et centennales.

Pluies décennales et gradex des pluies pour cinq postes météorologiques proches

Département	Postes météorologiques (Cemagref - Décembre 1982)	Altitude (m)	P _(10c/24h) (mm)	G _(c/24h) (mm)	B
05	Le Chazelet (La Grave)	1780	74,2	10,2	0,61
38	Besse-en-Oisans	1470	80,7	11,0	0,68
38	Ornon - La Pallud	950	104,4	16,1	0,70
38	Valjouffrey	980	103,2	15,3	0,73
05	Pelvoux - Les Cloux	1260	81,6	10,7	0,52
	Moyenne	1290	88,8	12,7	0,65

Les valeurs de pluie sont dans les mêmes ordres de grandeurs de travaux plus récents sur la cartographie des pluies extrêmes du département de l'Isère (Djrboua, 2005¹) et sont validées.



Les valeurs de débit de crue obtenues sont :

- Q₁₀ = 2,8 m³/s Plage d'incertitude : 2 à 4 m/s (P₁₀ = 88.8 mm)
- Q₁₀₀ = 8,1 m³/s Plage d'incertitude : 6 à 12 m/s (P₁₀₀ = 118.6 mm)

Pluie et crue de projet (T=10 000 ans) :

La valeur de la P.M.P. retenue est de 200 mm, précipitation observée en 15 minutes en Bavière. Cette intensité est supérieure à celle de la pluie de période de retour 10 000 ans (235 mm en 24 h). Le débit de cette crue est calculé pour la Pluie Maximale Probable (P.M.P.), ruisselant sur un sol totalement imperméabilisé (coefficient d'imperméabilisation C_{max} = 1,00). Le débit maximum de la crue peut atteindre 90 à 110 m³/s, selon la distribution temporelle de la pluie. Le volume ruisselé correspondant est de 80 000 m³.

¹ http://www.risknat.org/pages/programme_dep/docs/lthe/2003_Obled_Djrboua_MEDD.pdf

17-042	ANALYSE ET VALIDATION DE L'ETUDE HYDRAULIQUE DE 2005	NT
--------	---	----

Les deux déversoirs de crue ont été calculés pour cette Pluie Maximale Probable (P.M.P.). Les dimensions proposées pour le déversoir sont : longueur 60,0 m ; lame d'eau déversante : 1,00 m. Il sera réalisé en deux ouvrages de 30 mètres de longueur chacun. Une revanche de sécurité de 0,70 m sera prévue au-dessus des Plus Hautes Eaux (P.H.E.)= au-dessus de la lame d'eau déversante.

Les éléments présentés dans l'étude hydrologiques sont cohérents avec les données mises à jour et les méthodes utilisées sont validées.

4 Etude d'identification des risques hydrauliques en cas de rupture de la digue

Pièce N°4 - Document d'Incidences - Annexe V

Le document à expertiser est regroupé dans l'Annexe V de la Pièces 4 qui consiste à évaluer les risques hydrauliques en cas de rupture des digues de la retenue. Cette étude a été effectuée par L'Ingénieur Conseil Pierre-Yves FAFOURNOUX en mars 2005 et révisée en Mai 2005 et Janvier 2006.

4.1 Types de ruptures étudiées et méthode

Afin d'apprécier les conséquences d'une rupture, deux scénarios de rupture ont été envisagés : la rupture progressive et la rupture lente (rupture d'origine hydraulique de la digue est un accident de probabilité inférieure à 3 pour 100).

L'Ingénieur Conseil Pierre-Yves FAFOURNOUX a calculé :

- Un hydrogramme initial fonction de la brèche créée dans le barrage (débit d'eau libéré au cours du temps), qu'il a estimé à partir de plusieurs méthodes de calcul fondées sur des données historiques (régression sur des observations).
- La propagation de l'onde de crue à partir d'une méthode simplifiée établie par le CTGREF (1978) - Calcul à la main.
- l'emprise des zones touchées par la crue (voir cartographie des zones concernées par l'onde de crue).

Ces outils sont toujours d'actualité en étude du risque (voir : <http://lhe.epfl.ch/cours/masterGC/cours-hydraulique.pdf>) et sont adaptées à la retenue de la Mura.

4.2 Conséquences maximales de l'onde de submersion

En cas de rupture sur le côté sud de la digue, l'eau rejoindra le Torrent du Diable, puis le Vénéon et la Romanche. Le débit maximum provoqué par la rupture progressive de la digue a été estimé à 262 m³/s. Ce débit maximum s'amortira progressivement en aval. Il ne sera plus que 185 m³/s à BOURG D'ARUD, soit 92 % du débit de crue centennale du Vénéon. A Pont-Escoffier, il ne sera plus que de 83 m³/s. A Bourg d'Oisans, il sera de 18 m³/s. La retenue n'entraînera donc pas de risque nouveau pour les riverains du Vénéon en aval de VENOSC. Le secteur le plus exposé est le Camping des Fétoules (base de loisirs pour l'hydrospeed).

En cas de rupture sur le côté nord-ouest de la digue, l'eau rejoindra le Ruisseau du Grand Plan. Le débit maximum sera plus faible, car la totalité de la retenue ne peut se vider de ce côté. Il a été estimé à 145 m³/s. Au Grand Plan du Sautet, il ne sera plus que de 80 m³/s et au pont de la Route de Cuculet, il sera de 32 m³/s, valeur qui correspond au débit de crue centennale. Aucune habitation n'est exposée à l'onde de rupture.

Les éléments présentés dans l'étude hydraulique sont validés.

5 Base réglementaire relative à la sécurité des barrages

5.1 Textes réglementaires de références

La réglementation relative à la sécurité des barrages a longtemps été dictée par la circulaire interministérielle du 14 août 1970, qui introduisait la notion de « barrage intéressant la sécurité publique » comme seul classement de retenues. C'est ce texte qui était d'actualité lors de l'élaboration du document d'incidence du dossier concernant le projet de retenue de la Mura.

En 2007, cette circulaire a été abrogée et remplacée par le décret no 2007-1735 du 11 décembre 2007 relatif à la sécurité des ouvrages hydrauliques. Ce décret introduit un classement avec quatre classes d'ouvrages définies selon la géométrie du barrage et le volume de la retenue (voir tableau).

En 2015, le décret n.2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques abroge et remplace celui de 2007.

Les barrages sont désormais répartis en trois classes, en fonction de deux paramètres géométriques qui sont la hauteur H du barrage au-dessus du terrain naturel et le volume d'eau dans le réservoir (le volume V est exprimé en millions de mètres cube). Ces deux paramètres permettent notamment de calculer un paramètre $C = H^2 \times V^{0.5}$.

Art. 17. – L'article R. 214-112 est ainsi modifié :

1° Dans le premier alinéa, les mots : « notamment les digues de canaux, » sont supprimés ;

2° Le tableau est remplacé par le tableau suivant :

CLASSE de l'ouvrage	CARACTÉRISTIQUES GÉOMÉTRIQUES
A	$H \geq 20$ et $H^2 \times V^{0.5} \geq 1\,500$
B	Ouvrage non classé en A et pour lequel $H \geq 10$ et $H^2 \times V^{0.5} \geq 200$
C	a) Ouvrage non classé en A ou B et pour lequel $H \geq 5$ et $H^2 \times V^{0.5} \geq 20$ b) Ouvrage pour lequel les conditions prévues au a ne sont pas satisfaites mais qui répond aux conditions cumulatives ci-après : i) $H > 2$; ii) $V > 0,05$; iii) Il existe une ou plusieurs habitations à l'aval du barrage, jusqu'à une distance par rapport à celui-ci de 400 mètres.

H : plus grande hauteur de l'ouvrage mesurée verticalement en mètres du côté de la zone exposée entre le sommet et le terrain naturel.

V : volume de la retenue à sa cote normale en millions de m^3

C : coefficient de classe: $H^2 \times V^{0.5}$

La réglementation fixe, pour le propriétaire du barrage, des obligations différentes selon la classe.

L'article R214-122 impose aux propriétaires et exploitants d'ouvrages (classés ou non) les obligations suivantes :

- tenir à jour un dossier technique de l'ouvrage
- disposer d'un document récapitulatif des règles d'exploitation et d'entretien de l'ouvrage
- réaliser un rapport de surveillance périodique
- réaliser un registre d'exploitation
- pour les barrages classés réaliser un rapport d'auscultation.

Il est à noter que désormais tout barrage est doté d'un dispositif d'auscultation (sauf dérogation, sous conditions préfectorales).

Le rapport de surveillance et le rapport d'auscultation prévus par l'article R. 214-122 sont établis selon la périodicité fixée par le tableau suivant :

17-042	ANALYSE ET VALIDATION DE L'ETUDE HYDRAULIQUE DE 2005	NT
--------	---	----

	Barrages		
	A	B	C
Rapport de surveillance	Une fois par an	Une fois tous les 3 ans	Une fois tous les 5 ans
Rapport auscultation	Une fois tous les 2 ans	Une fois tous les 5 ans	Une fois tous les 5 ans
Étude de danger	Oui	Oui	Non

Les rapports d'auscultations doivent être transmis au préfet dans le mois qui suit leur réalisation.

Tout événement susceptible de mettre en cause la sécurité des personnes et des biens doit être déclaré au préfet par le propriétaire et l'exploitant dans les meilleurs délais.

A noter que sont soumis à l'étude de dangers mentionnée au 30 du IV de l'article L. 211-3: «a) Les barrages de classe A et B. On notera que l'actualisation de l'EDD tous les 15 ans est une nouveauté issue du décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 pour les barrages de classe B, alors que l'actualisation était précédemment tous les 10 ans comme pour les barrages de classe A.

Pour en savoir plus :

[Décret n°2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques](#)

[Guide méthodologique INERIS relatif à la réglementation de sécurité et de sûreté des barrages relevant de la loi sur l'eau](#)

5.2 Classement envisagé pour la retenue de la Mura

Les éléments de classifications actuellement en vigueur sont résumés ci-dessous :

■ **Classe A** : $H \geq 20$ m et $C \geq 1500$

■ **Classe B** : barrages non classés en A, s'ils répondent simultanément aux deux critères suivants : $H^2 \times V^{0.5} \geq 200$ et $H \geq 10$ m au-dessus du terrain naturel.

■ **Classe C** : barrages non classés en A ou B, s'ils sont concernés par l'une des catégories suivantes :

1) Hauteur supérieure ou égale à 5 m et coefficient C supérieur ou égal à 20 soit :

$H^2 \times V^{0.5} \geq 20$ et $H \geq 5$ m

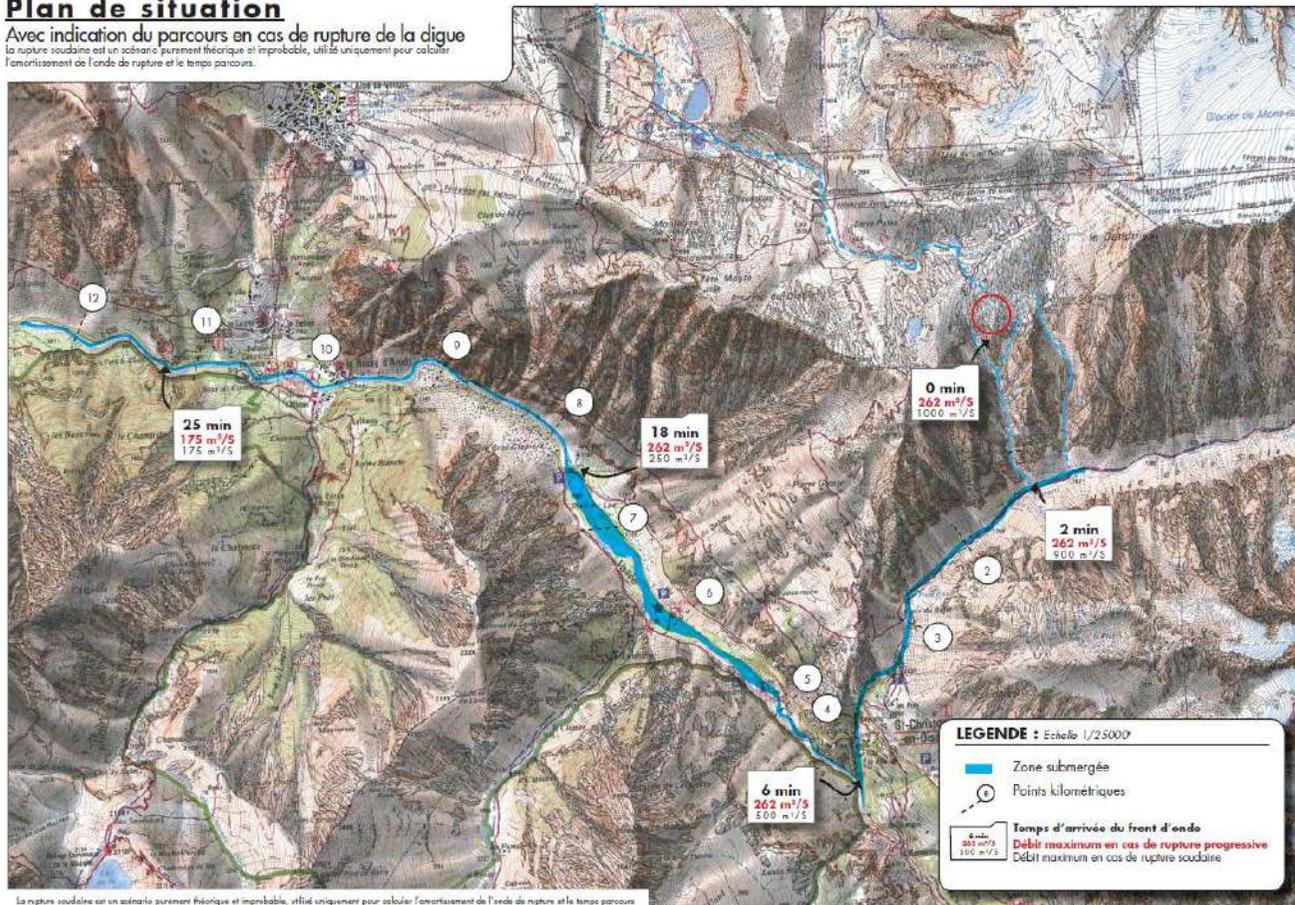
2) Hauteur supérieure ou égale à 2 m et Volume supérieur ou égal à 50 000 m³ et présence d'au moins une habitation située à moins de 400 m à l'aval.

■ **Possibilité laissée au Préfet de surclasser un ouvrage**

**Au vu des caractéristiques de la retenue ($H = 15$ m ; $V = 350\,000$ m³ et $H^2 \times V^{0.5} = 133$), le barrage est classé en C.
Le projet n'est donc pas soumis à une obligation d'étude de dangers.**

Plan de situation

Avec indication du parcours en cas de rupture de la cigue
la rupture soudaine est un scénario purement théorique et improbable, utilisé uniquement pour calculer l'amortissement de l'onde de rupture et le temps parcours.



Déversement coté Torrent du Diable (Vallon de la Selle) et Vénéon



Déversement coté Ruisseau du Grand Plan

Commune de Les Deux Alpes

RAPPORT HYDROGÉOLOGIQUE GRAND NORD

BURGEAP

Annexe PU 7



SIVOM DES DEUX ALPES

MONT-DE-LANS (38)

Etude de Vulnérabilité des captages AEP du Grand Nord et mesures de protection

Rapport REMNCE00193-02

30/05/20012



www.burgeap.fr



Légende

 Bassin versant topographique

Captages AEP du Grand Nord

Figure 1

0 400 800 m



ECHELLE : 1/20 000

REMANCE00193
CEMANCE11.1022

Etude de vulnérabilité des captages AEP du Grand Nord

**PLANS DE SITUATION
DELIMITATION DU BASSIN VERSANT TOPOGRAPHIQUE**



2, rue du Tour de Feu
 38 400 SAINT MARTIN D'HERES
 Tél : 04 75 00 75 50
 Fax : 04 75 00 75 69

2. Contexte général du site du Grand Nord

2.1 Contexte géomorphologique général

Le site du Grand Nord est constitué par un ombilic (vers 2330 m d'altitude) comblé par des matériaux grossiers indifférenciés (moraines caillouteuses, éboulis/éboulement, alluvions torrentielles). Le substratum imperméable est composé ici de schistes et de calcaires (couverture résiduelle du socle granitique.). Ce sont dans les alluvions grossières qu'ont été implantés les deux captages d'eau potable. D'après la banque de données du sous-sol du BRGM (BSS), le forage F1 a traversé 13,5 m d'éboulis de schistes avec blocs, au-dessus des schistes altérés. Le forage F2 a traversé environ 20 m d'éboulis à blocs avant d'atteindre des limons sableux. L'aquifère est composée par la masse de blocs hétérogènes. Le niveau statique de la nappe serait assez proche de la surface, soit vers 1,5 m/TN.

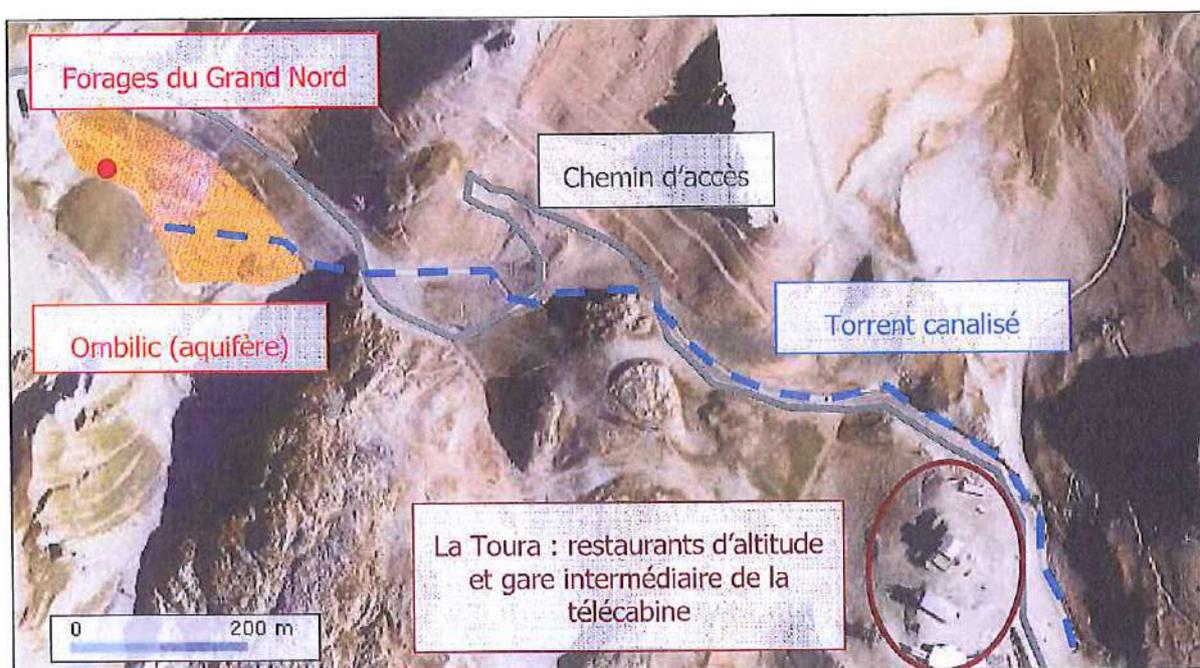


Figure 2 : Détail du site d'étude

(Source : Geoportail, complété)

Le cours d'eau qui est issu de tout le bassin versant amont du Jandri, remontant jusqu'aux crêtes du glacier du Mont de Lans, a été en partie canalisé, depuis la Toura/Serre Palas (vers 2650 m d'altitude), jusqu'au Grand Nord. Il porte le nom de torrent du Grand Plan. La traversée entre ces deux secteurs a fait l'objet d'un réaménagement : reprofilage des pistes de ski, du chemin d'accès, et du torrent qui est totalement artificialisé.

Le cours d'eau, excepté en conditions de crue, s'infiltre en totalité dans l'ombilic et vient donc recharger l'aquifère. Ce dernier n'est exploité que l'hiver, servant d'appoint en eau potable lors de l'afflux touristique. Le débit d'exploitation envisagé est de l'ordre de 180 m³/h en pointe. Durant cette période, du fait du gel, le ruisseau ne coule pas et ne recharge pas l'aquifère.



Figure 3 : Vue 3D de l'ombilic
(source Google Earth, complété)

2.2 Grands ensembles géologiques

La station des deux Alpes appartient à la bordure occidentale du massif des Ecrins. Ce massif est composé de roches cristallines anciennes (granite, gneiss) datant du cycle hercynien (Ere primaire) et qui ont été surélevées durant l'orogénèse alpine. Une partie de la couverture sédimentaire qui repose sur le socle, et qui forme les massifs calcaires en avant de la chaîne alpine est encore présente, accroché au socle (tégument).

La profonde entaille de la vallée du Vénéon au Sud du bassin versant donne une coupe e du socle cristallin qui supporte le massif. On note l'alternance bandes orientées N-S, formées de gneiss dont la nature varie dans le détail (plus ou moins amphiboliques).

Maurice Gidon en fait une description détaillée reprise ci-après (extrait du site www.geol-alpes.com). Sur la figure en page suivante les tirets rouges soulignent la surface de la pénéplaine anté-triasique : on observe, à partir de Tête Moute vers l'ouest, son enroulement en une demie-voûte qui correspond à l'anticlinal du Grand Plan.

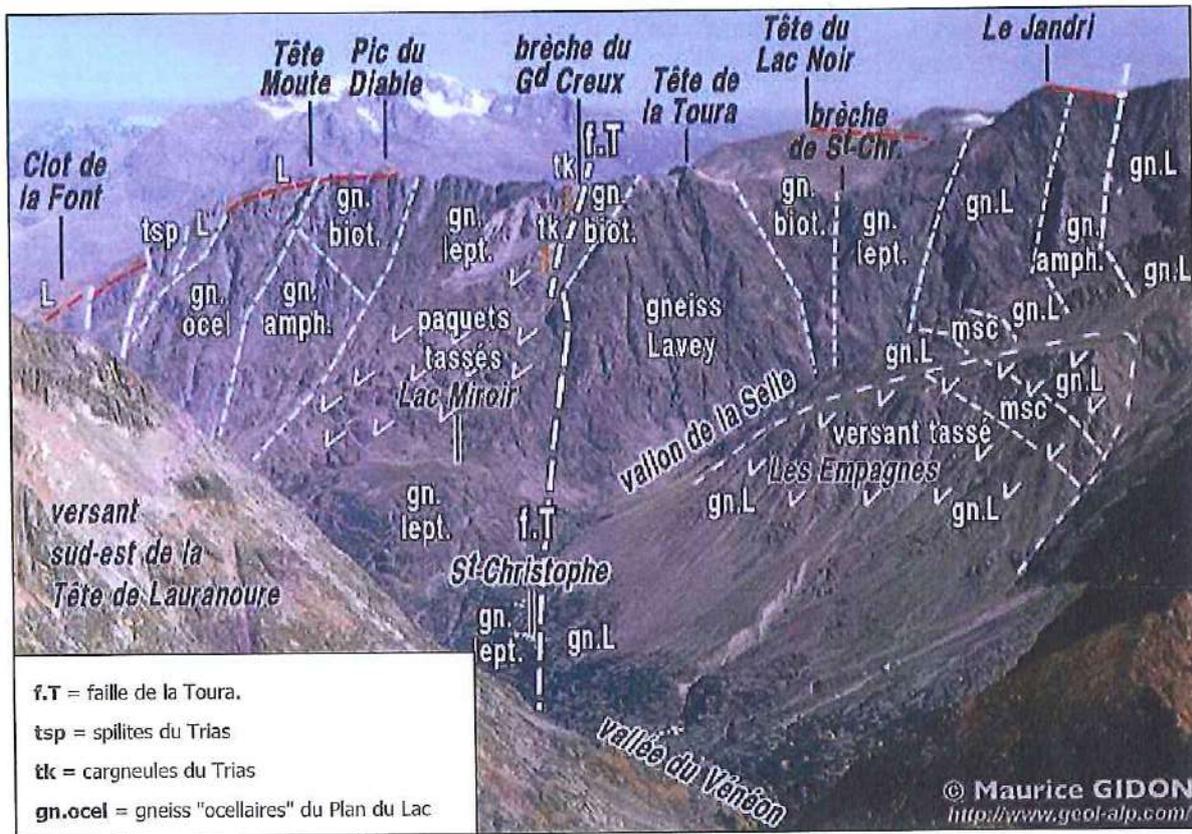


Figure 4 : La vallée du Vénéon et les crêtes au nord de Saint-Christophe-en-Oisans vues du sud depuis la montagne des Arias - sommet du Bec du Canard

(d'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

La forme de cuvette perchée de la station des Deux Alpes, provient d'une structure tectonique complexe formée par « le prolongement méridional de l'hémigraben du Ferrand, qui vient se réunir ici à un autre compartiment effondré, celui situé à l'ouest de la faille de Cassini. Ce changement vis-à-vis de la structure de la rive opposée de la Romanche résulte de l'affaissement progressif, vers le sud, de la voûte du bloc de socle de la Croix de Cassini : en effet cet abaissement est tel que, au sud de la Romanche, le socle cristallin de ce bloc s'enfoncé sous sa couverture sédimentaire ».

On notera ici l'importance de la faille du Chambon, passant au centre de la station et qui met face à face deux ensembles sédimentaires, à savoir le massif du Fioç/Mais à l'Ouest, et les pentes Est de la station jusqu'aux Crêtes de la Sea et les massifs de la Toura qui dominent le site du Grand Plan.

Les gneiss du socle sont mis à nus dans la combe du Grand Plan du Sautet où ils affleurent à la faveur de l'anticlinal du Grand Plan, déversé en genou vers l'ouest. La voûte de cet anticlinal supporte une butte témoin de Lias, formant le petit sommet de la Belle Étoile qui domine le site d'étude.



Figure 5 : Les pentes de rive gauche de la Romanche au droit du barrage du Chambon, vues du nord depuis le col de Grange Pellorce

(D'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)



Figure 6 : La partie orientale du domaine skiable des Deux-Alpes et les pentes de rive gauche de la Romanche, au niveau du village de Cuculet, vues du nord depuis la Croix de Cassini

(D'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

Sur les deux figures: a.g.P = anticlinal du Grand Plan (bordure occidentale du bloc d'En Paris) ; s.P = synclinal du Praouat (fond de l'hémigraben du Ferrand) ; f.Ch = faille du Chambon (en rose) ; f.Ca = faille de Cassini (jbr = brèches jurassiques, à matériel surtout cristallin) ; f.H = faille de l'Herpie (en jaune pâle) ; ØcB = chevauchement de Côte Belle (voir la page "Pied Moutet") Les tirets rouges soulignent la surface de la pénéplaine anté-triasique (spa).

2.3 Description du bassin-versant en amont des captages

2.3.1 Extension du bassin

Le bassin versant s'étend en amont de captages sur le secteur du Jandri en remontant vers le glacier du Mont de Lans. Il constitue la majeure partie du domaine skiable des deux-Alpes.

Le bassin est dominé au sud et au sud-ouest par un imposant massif aux pentes raides formé par la Montagne du Rachas (2748 m) et le Pic du Diable (2868 m). Vers l'est, les crêtes de la Belle Etoile (2649 m) dominent plus modestement le site du Grand Nord et le lac du Sautet. En remontant à l'est, une échancrure dans le paysage laisse apparaître une marche d'escalier formée par un second ombilic perché vers 2600 m d'altitude. Ce replat permet l'accès à la partie haute du bassin versant formée par la Tête de la Toura (2934 m) au sud-est, et à la tête du lac Noir à l'est (3067 m) point culminant du versant dominant les pentes du Jandri. C'est également au niveau de cet ombilic qu'est implantée la gare intermédiaire du téléphérique du « Jandri-express » qui porte le nom de « Toura 2600 m ».

En amont, on retrouve les pentes du glacier du Mont de Lans drainées soit dans le vallon de la Celle plus au nord, soit dans la vallée du Vénéon au Sud. Aussi, le bassin-versant situé en limite de l'étage glaciaire, ne supporte plus de neige permanente ni de glaciers.



Figure 7 : Détail du bassin versant en amont de la Toura 2600m, vue sur le Jandri (à gauche) et les Crêtes du Diable et la Brèche du Grand Creux (à droite)

2.3.2 Géologie

La tectonique particulière du site engendre deux grands types de terrains :

- les terrains gneissiques du socle, qui forment l'assise du site du Grand Plan en aval et que l'on retrouve seulement très en amont dans le bassin (La Jandri) ;
- la couverture sédimentaire essentiellement composée de schistes et des calcaires du Lias, et de grès, cargneules et dolomies du Trias qui compose la majeure partie du bassin versant.

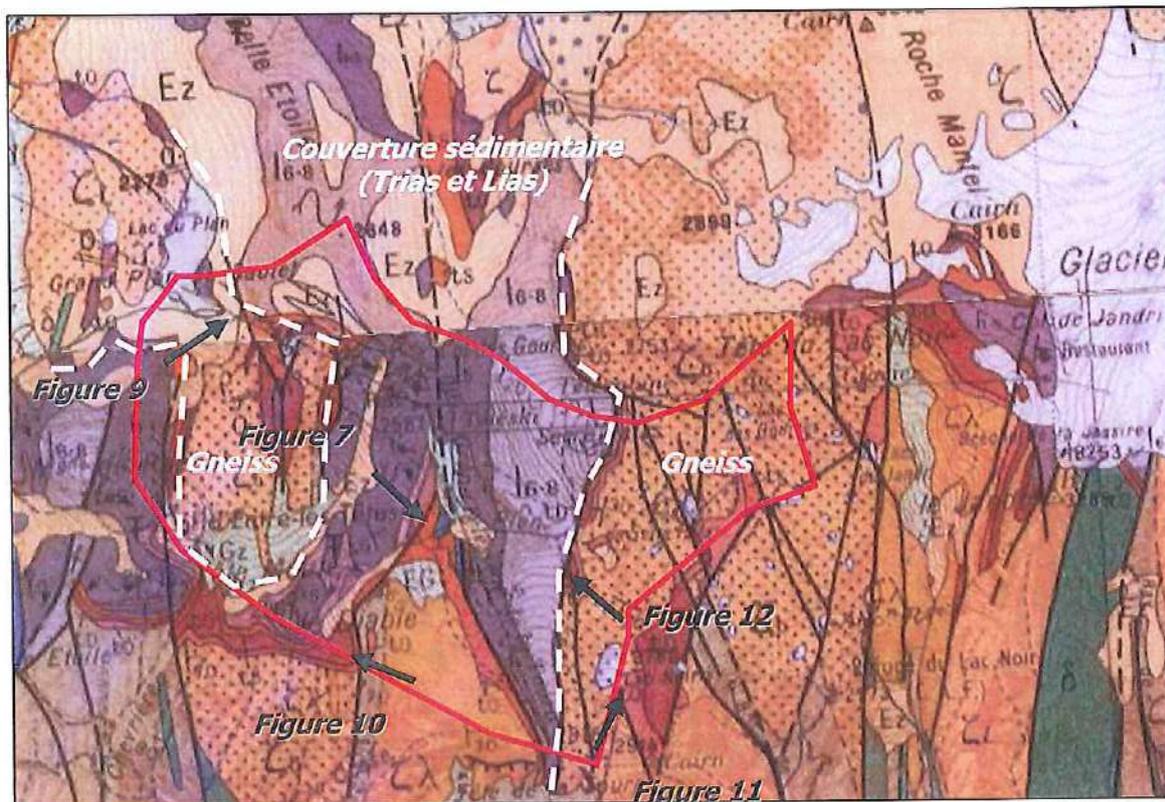


Figure 8 : Extrait des cartes géologiques du BRGM au 1/50 000 feuilles Vizille et La Grave, complété

Les pentes de la Belle Étoile qui dominent à l'est le site du grand Plan sont composés de schistes plissés au déversement modéré.



Figure 9 : Le versant sud-ouest de la montagne de la Belle Étoile, vu du sud depuis les pentes septentrionales de la Montagne de Rachas

(D'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

En amont, l'ombilic à 2600 m supporte la faille verticale de La Toura, qui prolonge ici la faille de La Pisse, de la rive droite de la Romanche. De façon très similaire cette faille surhausse aussi la surface du socle cristallin du bloc d'En-Paris, pour le porter ici de 2300 m (Grand Plan du Sautet) à 2900 m (formé ici par les pentes terminales du Jandri).

Les crêtes de l'extrémité sud et Est du bassin versant (Pic du Diable) sont coiffées de terrains sédimentaires (Trias et Lias inférieur), formés par des schistes, de calcaires et cargneules. En bordure ouest de la brèche du Grand Creux les cargneules butent contre les gneiss par l'intermédiaire d'une cassure d'ordre secondaire, le long de laquelle elles descendent assez bas dans les abrupts du versant sud. On note sur la photo qui suit la faille de la Toura (notée FT) et la surface de la pénéplaine anté-triasique (notée s.pa et soulignée par les tirets rouges).

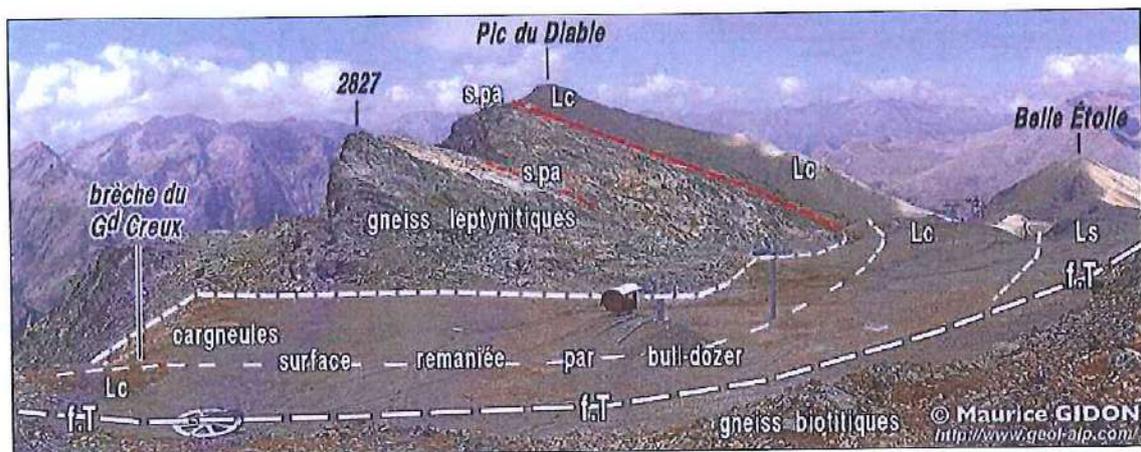


Figure 10 : Le versant nord de la crête du Pic du Diable, vue du sud-est depuis la crête du Grand Creux (d'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

A l'est du Pic du Diable le socle cristallin est mis à nu très largement mais supporte néanmoins encore des petits lambeaux de Trias (notamment celui de la rive orientale du Lac Noir). On retrouve des grès du Trias (notés t grès) et des dolomies (notés tD) qui surmontent les gneiss à biotites.



Figure 11 : Les pentes occidentales du Jandri, vues des abords de l'arrivée du télésiège du Lac Noir

(D'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

La partie amont du bassin est dominée par les gneiss à biotites, si bien qu'on peut voir un contraste important dans les couleurs des terrains comme l'écrit Maurice Gidon : « la différence de nature des roches de ses deux lèvres détermine un contraste saisissant dans le relief et la couleur du versant. Avant les ravages dus à l'aménagement des pistes le miroir de sa lèvre orientale, constitué par un mur de gneiss, était visible en plusieurs points à la faveur de l'affouillement par l'érosion dans les calcschistes noirs de sa lèvre occidentale ».

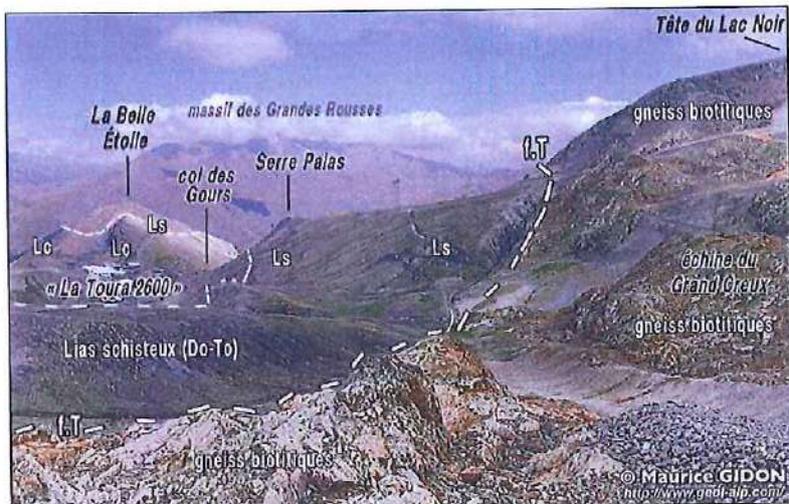


Figure 12 : Les pentes nord-occidentales de la Tête de la Toura, vues du sud, en contrebas de l'arrivée du télésiège du Lac Noir

(d'après Maurice Gidon, extrait du site www.geol-alp.com)

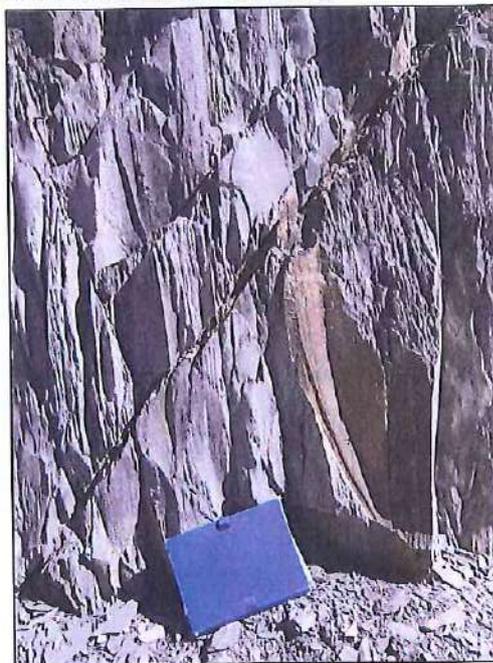
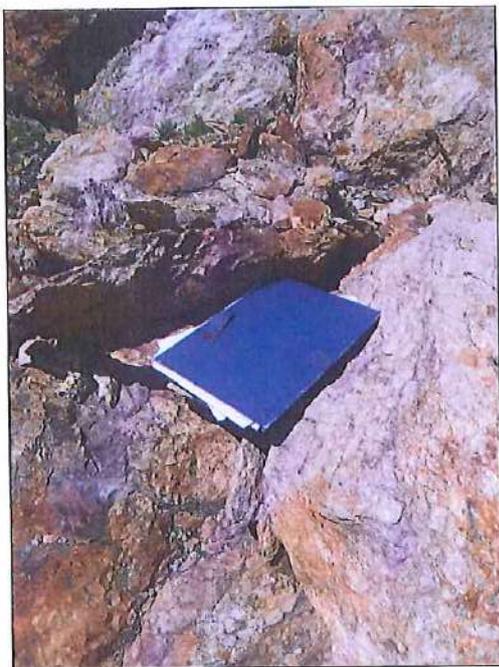


Figure 13 : Détail de deux affleurements : à gauche les gneiss à biotites (la couleur rouille est due à l'oxydation de la biotite), à droite les calcschistes du Lias (ici fracturés)

2.3.3 Réseau de drainage

2.3.3.1 Le tracé du torrent du Grand Plan

Le torrent du Grand-Plan qui draine le bassin-versant en amont des captages, prend naissance juste en aval du lac de Serre-Palás, vers 2700 m d'altitude. Il descend avec une pente assez forte au premier replat de la Toura, qui constitue, tout comme le Grand Nord plus en aval, un ombilic glaciaire. Le deuxième tronçon, entre l'ombilic de la Toura et celui du Grand Nord est également un tronçon à pente forte. Ce phénomène est d'autant plus marqué que le cours naturel du torrent a été considérablement anthropisé. Sur une majeure partie de son tracé, le lit a été calibré et bétonné, si bien que le torrent apparaît plutôt comme un chenal à ciel ouvert qu'un véritable torrent. Seules quelques rares sections naturelles semblent avoir été préservées, là où la pente est la plus faible, c'est-à-dire au niveau des deux ombilics. Au niveau des passages de voiries, des larges buses ont été mise en place. Au niveau de la Toura, un large tunnel permet d'évacuer l'eau (et de faire passer les skieurs en hiver). Au niveau de l'exutoire dans l'ombilic du Grand Nord, le torrent, entièrement bétonné, forme un déversoir calibré.

2.3.3.2 Le réseau de drainage secondaire

L'ensemble du drainage du bassin-versant peut être assimilé à un réseau de récupération des eaux de surface entièrement hiérarchisé.

On retrouve ainsi :

- le torrent du Grand Plan sensu stricto, qui correspond au collecteur principal ;
- des talwegs, souvent bétonnés qui reprennent le tracé des axes d'écoulement naturels (talwegs préexistants) ;
- des talwegs bétonnés à forte pente, à l'image du torrent, creusés de toute pièce dans le terrain naturel au milieu du versant et bétonnés ;
- un réseau de drainage secondaire, correspondant à des fossés ou renvois d'eau creusés dans le terrain naturel.

L'ensemble de ce réseau dense et organisé a complètement été créé pour le drainage du bassin-versant et des pistes de ski de la station, avec pour objectif d'évacuer le plus rapidement possible l'eau de fonte vers l'aval. Le panorama ci-dessous présente une vue des éléments du réseau de drainage : à droite un talweg maçonné et au second plan à gauche, le torrent canalisé.



Figure 14 : Détail du réseau de drainage en amont de la Toura

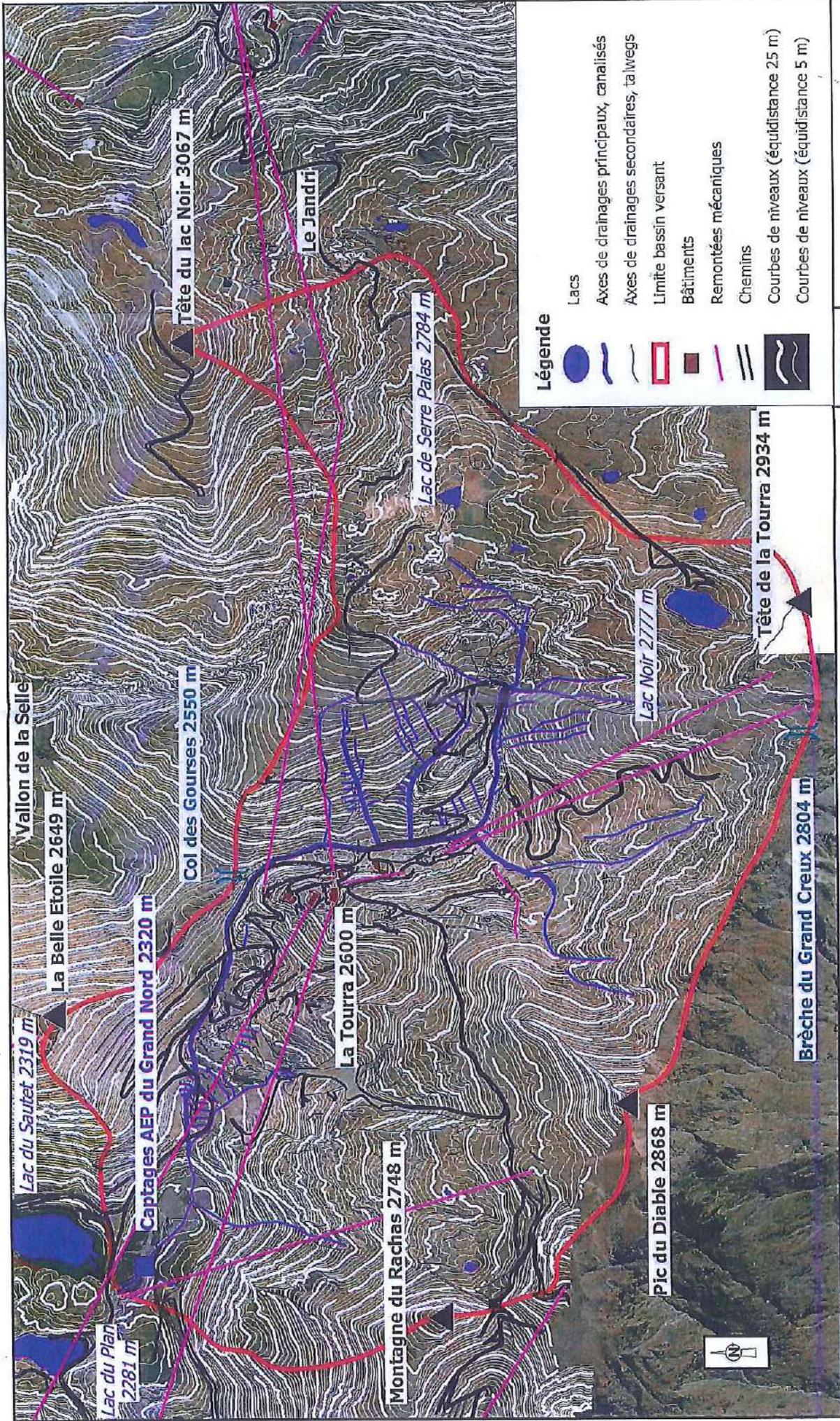
2.3.3.3 Les Lacs

Le bassin-versant présente quelques petits lacs, visibles sur la carte IGN :

- le Lac Noir à 2776 m d'altitude au pied de la tête de la Toura ;
- le lac de Serre Pals à 2784 m d'altitude,
- quelques autres petits lacs comme le lac Vert ou les lacs des Gourses sur le versant du Jandri.

Selon notre enquête (communication orale de Thierry Hugues), seul le Lac de Serre Palas reste en eau durant l'été, avec une légère baisse du niveau. Le Lac noir reste également en eau, mais avec une forte baisse durant l'été. Les autres petits lacs peuvent totalement s'assécher en été.

En page suivante : Figure 15 : Carte de détail du Bassin-versant en amont des captages du Grand Nord



Légende

-  Lacs
-  Axes de drainages principaux, canalisés
-  Axes de drainages secondaires, talwegs
-  Limite bassin versant
-  Bâtiments
-  Remontées mécaniques
-  Chemins
-  Courbes de niveaux (équidistance 25 m)
-  Courbes de niveaux (équidistance 5 m)

REVINCE00193
CEVINCE111022

Etude de vulnérabilité des captages AEP du Grand Nord

DETAILS DU BASSIN VERSANT EN AMONT DES CAPTAGES

0 200 400 m
ECHELLE : 1/10 000
Figure



2, rue du Tour de l'eau
38 400 SAINT MARTIN D'HERES
Tél : 04 76 00 75 50
Fax : 04 76 00 75 69

2.3.3.4 Débits

Le torrent du Grand plan et son réseau de drainage associé, possède un écoulement semi-permanent alimenté uniquement par les eaux de fonte de la neige au printemps. Il n'est pas donc pas en eau en hiver du fait du gel et en été, lorsque tout le stock de neige a fondu. Au final, le torrent ne coule que sur la période de mai à juillet, soit environ deux mois. Cette période peut être raccourcie ou rallongée en fonction du stock de neige à fondre et des conditions de fontes, des recharges. Le torrent peut également rapidement se mettre en eau lors d'un épisode orageux de forte intensité ou en cas de chute tardive de neige. Quelques observations faites dans le cadre de cette étude viennent argumenter dans ce sens :

- le 15/06/2011, le torrent était en eau jusqu'à son exutoire, c'est à dire l'ombilic du Grand Nord et le Lac artificiel du Sautet. Les débits générés étaient importants correspondant à un stock de neige en train de fondre sur le bassin amont du Jandri, entre 2600 et 3000 m d'altitude. Quelques névés étaient encore présents çà et là plus bas en altitude en amont des captages.
- le 30/06/2011, soit 15 jours plus tard, le torrent ne coulait plus en partie aval dans l'ombilic du Grand Nord. Le torrent était en eau en amont de l'ombilic de la Toura, où des névés étaient encore présents au-dessus de 2700 m d'altitude. En revanche, l'ensemble du débit (estimé à une dizaine de litres secondes) se perdait dans l'ombilic de la Toura juste en amont du tunnel ;
- les 18 et 19 juillet, les fortes précipitations associées à des chutes de neige importantes ont permis la remise en eau du torrent ;
- quelques jours après et durant tout le mois d'août, le torrent est à sec sur la totalité de son tracé.

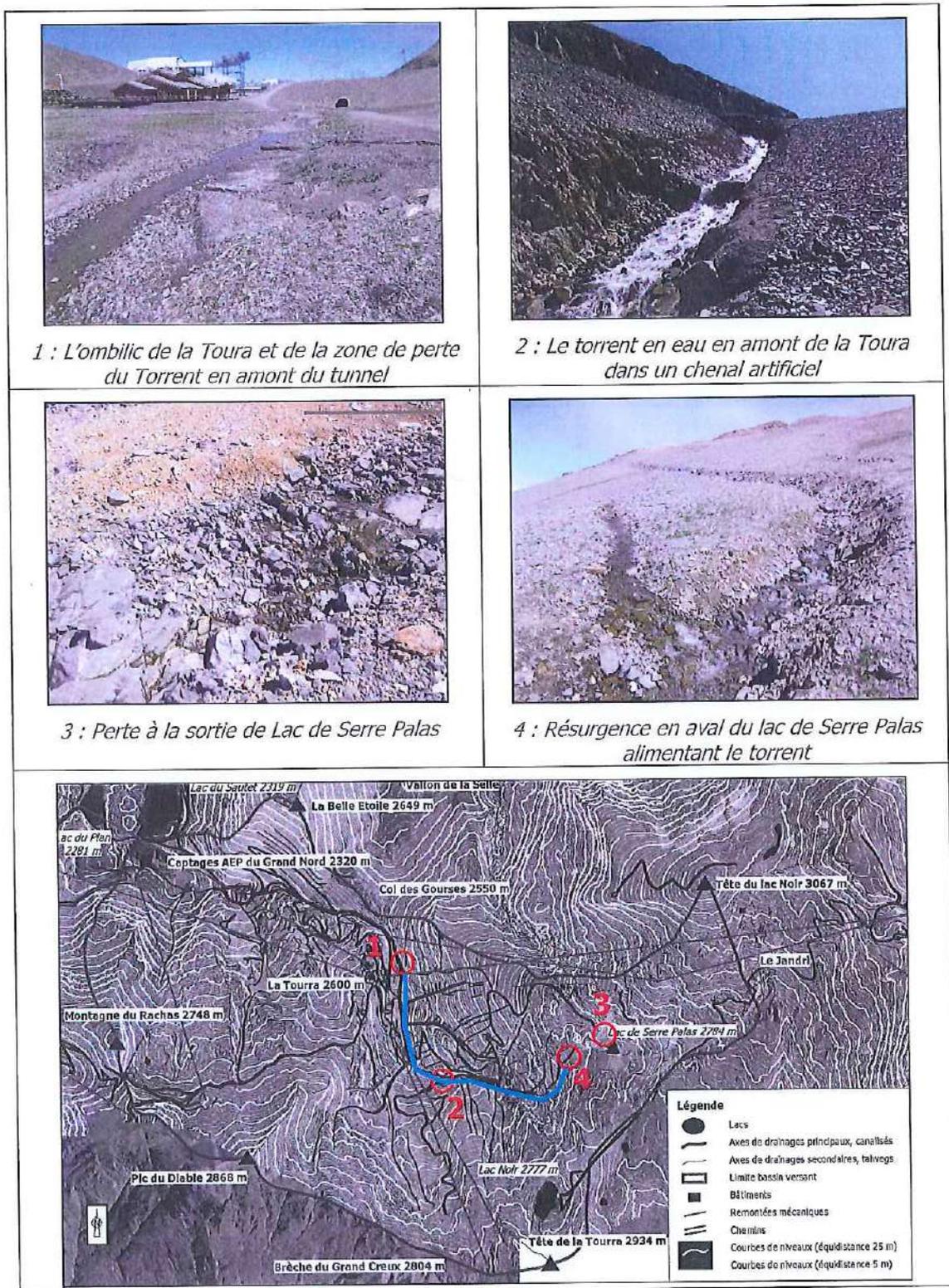


Figure 16 : Détails des observations sur les débits du torrent le 30/06/2011

2.4 Description de l'ombilic du Grand Nord

2.4.1 Historique des recherches en eau sur l'ombilic

L'ombilic du Grand Nord (ou Grand plan du Sautet) a fait l'objet de recherches en eau à la fin des années 1970. A l'origine, le lac du Grand Plan n'existait pas et l'ombilic glaciaire se prolongeait vers le Nord, en forme de « L ». Le torrent du Grand Plan le traversait de part en part. J. BIJU-DUVAL de la DDAF en septembre 1977 précise que l'ombilic est un ancien lac de surcreusement glaciaire rempli par les matériaux solides apportés par le torrent. A l'époque, la partie nord de ce dernier était occupée par des dépôts argileux marécageux. On suppose donc qu'en amont proche de la zone d'apport du torrent via son cône de déjection, les matériaux étaient plus grossiers. La série de mesures et observations faites à l'époque le confirment :

- le torrent était en eau en amont de l'ombilic et se perdait très rapidement à l'entrée de son cône de déjection ;
- un petit lac s'est formé lors de travaux de terrassement du télésiège du Grand Nord : il s'agit de la nappe qui affleure ;
- les débits sériés sur le torrent montrent que le débit observé en amont de l'ombilic réapparaissent progressivement depuis le lac vers la zone humide (P0 à P3), tandis qu'à l'aval à hauteur de la zone marécageuse le débit est conservé (P3 à P6)

Le débit total drainant le secteur au point exutoire était de 60 l/s. En Annexe 1, sont présentés les extraits du rapport de J. BIJU-DUVAL de 1977.

Durant la même époque, deux profils géophysiques par sondages électriques ont été réalisés en amont et en aval du lac dans la zone identifiée comme perméable confirmant la forte perméabilité en amont de l'ombilic.

A la suite de cette première phase de recherche, un forage d'exploitation de la nappe a été réalisé en octobre 1978 (Puits P1). Une seconde étude est lancée pour préciser la géométrie du remplissage afin d'implanter un lac de retenue qui deviendra le lac du Sautet. Cette étude comprend un relevé topographique et la réalisation de nouveaux sondages électriques sur le site du Grand plan du Sautet.

Par la suite, un second forage a été implanté à une dizaine de mètres à l'Ouest du premier (Puits P2) à 22 m de profondeur.

2.4.2 Synthèse sur la géométrie de l'aquifère

Les affleurements de gneiss migmatitiques présents en aval du Grand Plan du Sautet forment une barrière imperméable aux écoulements. En amont, des affleurements de calcaires et schistes du lias sont visibles. On ne connaît pas leur épaisseur, leur fracturation et l'éventuelle présence de lambeaux de terrains triasiques. L'ensemble des pentes qui dominent le site sont recouverts d'éboulis.

En profondeur, l'aquifère est composé d'une masse perméable d'alluvions torrentielles grossières et/ou d'éboulis qui ont comblé le surcreusement glaciaire. L'importance du surcreusement nous est donnée par les résultats de la prospection par géophysique électrique. En annexe 2 sont présentés de manière synthétiques tous les profils électriques réalisés à l'époque ; les paragraphes qui suivent font référence à ces profils.

Le forage de reconnaissance a atteint les calcaires à 22 de profondeur. En amont sud des captages actuels, on voit des affleurements de schistes. Le profil 8-14 montre une remontée du substratum au sud des captages. Le surcreusement de 22 m est le plus important au droit du captage. Sur la largeur de l'ombilic, il diminue en allant vers le Nord, mais il reste relativement constant avec une profondeur proche de 15 m.

Le surcreusement est rempli de matériaux hétérogènes mais perméables (résistivité électrique comprise entre 200 et 500 Ω .m).

En allant vers l'aval, au niveau de l'actuel Lac du Sautet sur le profil 2-7, le surcreusement est de 12 m au plus. On voit les matériaux perméables de plus forte résistivité s'intercaler en biseau dans des matériaux plus argileux. Dans la direction perpendiculaire, le profil 12-17 met en évidence sa limite aval du surcreusement centré sur le sondage n°15. Les autres profils plus en aval au nord montrent un deuxième surcreusement (profils 20-22, 16-192) de 12 m de profondeur maximum. A la différence de la partie amont du site, le surcreusement est rempli d'un ensemble très argileux (résistivité électrique < 200 Ω .m).

Au final, la géophysique vérifie bien l'hypothèse d'un surcreusement glaciaire occupé par un lac, rempli à l'amont par des matériaux proximaux grossiers de plus forte perméabilité et à l'aval par des matériaux distaux fins peu perméables. Le phénomène a dû être accentué par la présence d'un seuil (remontée marquée du substratum) entre l'amont et l'aval qui a dû former deux lacs distincts au fur et à mesure du remplissage.

Aucune mesure n'a été réalisée sur la partie amont de l'ombilic, mais la logique de dynamique de sédimentation laisse supposer la présence de matériaux grossiers au niveau du cône de déjection du torrent.

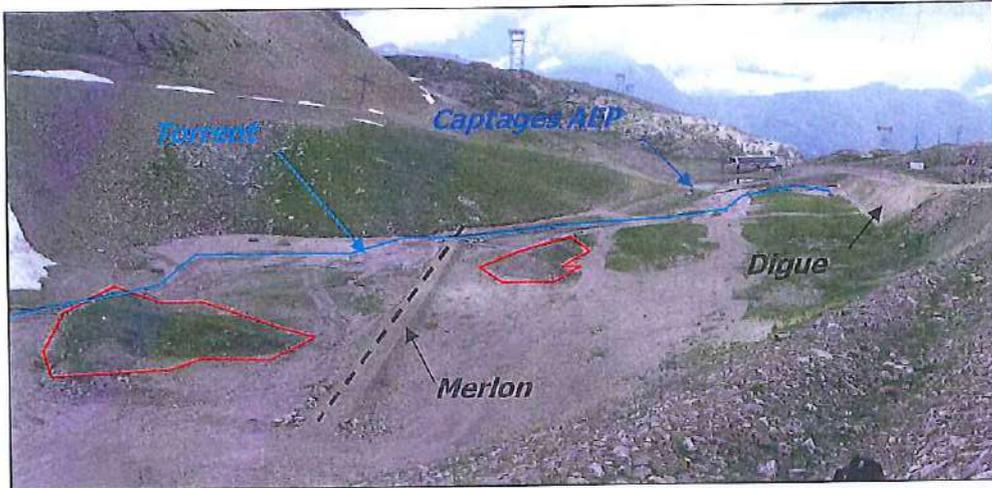
2.4.3 Les réaménagements récents

Lors de la réalisation du barrage du Grand du Sautet et du lac artificiel du même nom, un merlon a été mis en place entre la partie de l'ombilic où sont implantés les captages et le lac de barrage plus au nord. Ce lac artificiel est utilisé pour les besoins en eau pour la fabrication de la neige artificielle. Il est donc vidé au cours de l'hiver et se remplit au printemps par les eaux du torrent gonflées par la fonte des neiges.

Le chemin que supporte le merlon et qui rejoint la Toura 2600m a fait l'objet d'un réaménagement en même temps que le reprofilage des pistes.

En amont, le torrent a été complètement artificialisé sur tout le tronçon entre le Grand Plan et la Toura le long du chemin et des pistes de ski. Le fond et les parois du lit ont été recalibrés et bétonnés. En amont le torrent busé s'arrête net et forme un bec déversoir à l'aplomb de l'ombilic.

Notons enfin que des canalisations d'eau potable traversent l'ombilic vers les restaurants de la Toura. Pour mettre hors gel ces canalisations, un merlon de matériaux pris sur place a été créé. Il est allongé parallèlement à l'écoulement du torrent. Deux autres merlons sont encore visibles : il s'agit d'anciennes kernes freineuses qui ont été placées juste en amont des pylônes du télésiège Grand Nord qui n'existe plus aujourd'hui.



Vue d'ensemble de l'ombilic du grand Nord, du torrent



Détail de la partie est de l'ombilic, le torrent en eau a créé une brèche dans le merlon



Détail des captages



Détail du torrent qui s'évacue vers le barrage

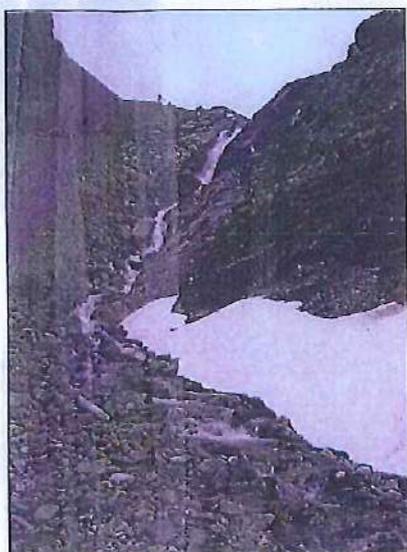
Figure 17 : Détails de l'ombilic du Grand Nord

2.4.4 Le drainage de l'ombilic

L'ombilic où sont implantés les captages s'est transformé en plaine alluviale. Le cours naturel du torrent du Grand Plan divaguait autrefois sur toute la largeur de la plaine. Les photos aériennes montrent d'anciens chenaux d'écoulements plus au nord par rapport au tracé actuel qui est contraint par les aménagements en amont du merlon. Ses chenaux sont encore visibles sur le terrain, même si la végétation prend peu à peu le dessus. Le fond de l'ombilic est composé de matériaux grossiers hétérogènes, et parfois de matériaux plus fins, limons et sables dans la partie aval.

Aujourd'hui, le torrent est confiné dans la partie sud de l'ombilic en amont du merlon, si bien que lorsqu'il est en eau, il s'écoule à quelques mètres des deux captages.

L'eau du Torrent du Grand Plan est évacuée de l'ombilic par deux buses en ciment sous le merlon et qui permettent de remplir le lac. Lors du remplissage du lac à une cote suffisante, le niveau de base des écoulements remonte et un lac se forme en aval des captages. Une fois la cote du lac atteinte, le niveau est stabilisé et il y a un équilibre entre le niveau du lac et la nappe.



Chute du torrent le 29/06/11 (réaménagée, empierrement visible en haut à gauche) en amont du grand Nord



Exutoire du torrent le 29/06/11. L'étang correspondant au niveau de la nappe s'est déjà formé (en vert au second plan). L'eau coule encore vers le barrage et va former un second lac. Les limons bien visibles correspondent à l'envasement du lac une fois le niveau en équilibre avec le barrage

Figure 18 : Détails du torrent dans l'ombilic du Grand Nord

L'étang proche des captages a déjà observé par J. BIJU-DUVAL en 1977. Ce sont les travaux de terrassement du télésiège qui ont mis à jour le niveau piézométrique de la nappe. L'eau observée est claire. Plus proche des buses, le lac temporaire qui se forme est lié à un rééquilibrage avec le niveau du lac de barrage. L'eau stagne en surface et cette stagnation provoque le dépôt de limons de décantation gris-noir bien visibles à l'affleurement. Cette partie de l'ombilic a donc tendance à se colmater et la relation avec la nappe alluviale est moins évidente. Deux observations faites à deux dates différentes, montrent que le niveau de l'étang en équilibre avec la nappe était plus haut le 30 juin (torrent à sec) et se déversait dans le plan d'eau stagnant colmaté, en équilibre direct avec le niveau du barrage. Mi-août, alors que l'équilibre aurait dû être fait entre ces deux dates, c'est-à-dire que le niveau d'eau aurait dû être le même, sur l'étang et les eaux stagnante, et dans tous les cas supérieur ou égal au niveau de juin, le niveau d'eau de l'étang et de l'eau stagnante était plus bas, sans déversement visible.

On peut cependant penser qu'il y a équilibre piézométrique non visible. Cela nous amène aussi à penser que le niveau piézométrique de la nappe diminue progressivement pendant l'été, en l'absence de réalimentation en amont. Une partie de l'eau de la nappe peut être drainée en profondeur sous le merlon et le lac de barrage. De telles observations ont déjà été faites par le passé avec l'observation d'un débit de fuite sous le barrage.

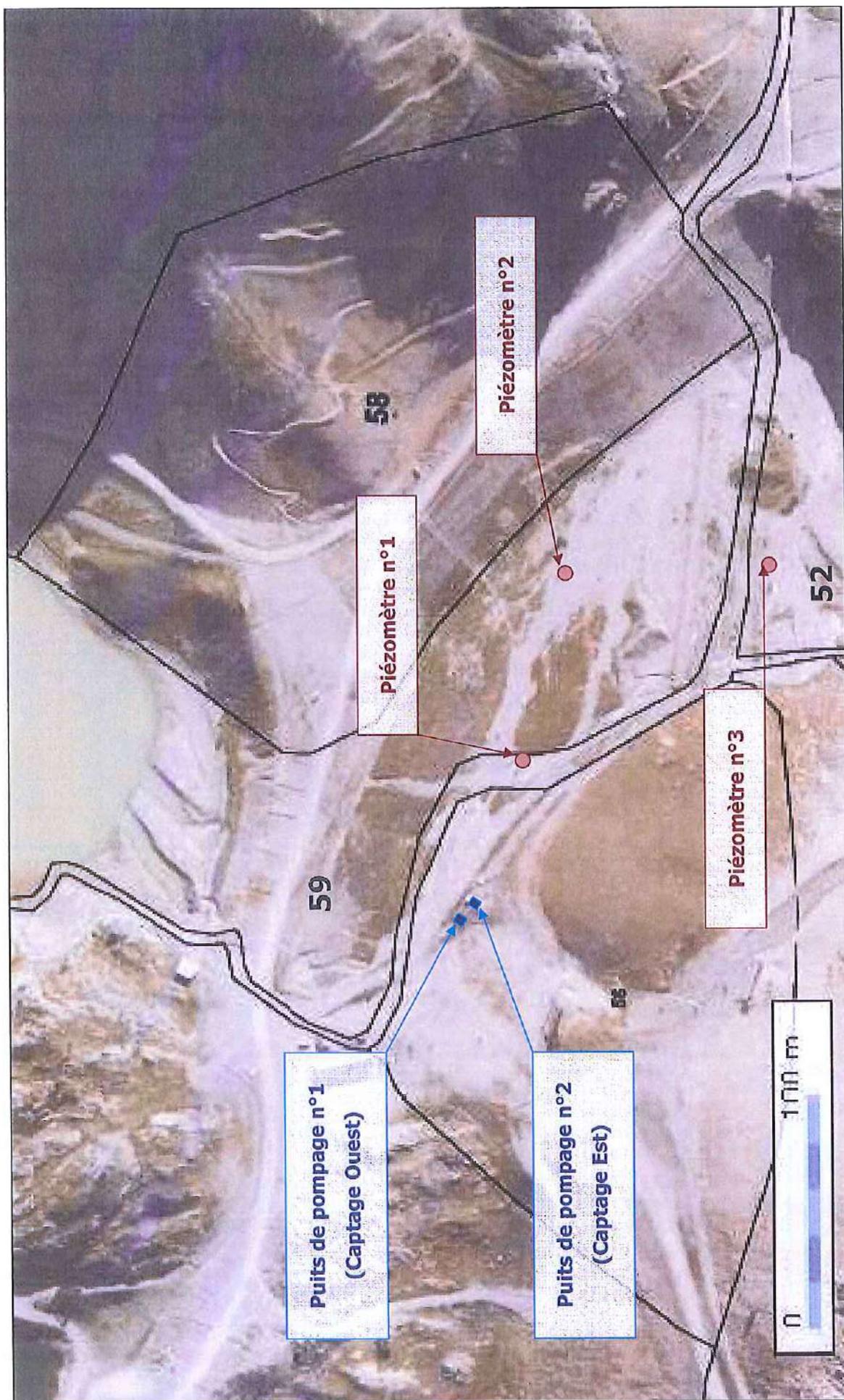
3.3 Investigations hydrogéologiques

3.1 Pose de trois piézomètres

Afin de connaître le comportement de l'aquifère alimentant les deux puits, nous avons réalisé trois piézomètres. Les travaux ont été réalisés le 20/07/2011. Les sondages initialement prévus à 5 m ont dû être prolongés (2 m en plus sur PZ3 et PZ3) pour permettre d'avoir une pénétration suffisante dans la zone saturée.

Les 3 forages ont rencontrés des matériaux hétérogènes formés par des éboulis de schistes avec parfois des minces passées argileuses. Les coupes géologiques et techniques des sondages sont présentées en Annexe 3.

Le nivellement des têtes des ouvrages a été réalisé au nivomètre en relatif au nivomètre à eau (précision centimétrique).



REMINCED00193-02 / CEMNCE111022
SGE - CM
30/05/2012 Page : 27/67

Figure 19 : Plan d'implantation des piézomètres

3.2 Essai de pompage

3.2.1 Conditions de réalisation

Il a été réalisé sur le puits P2 (les deux pompes en fonctionnement à un débit continu de 122,8 m³/h. préalablement, les niveaux statiques de tous les ouvrages, puits et piézomètres ont été relevés. Ces mêmes ouvrages ont été équipés à l'aide de sondes piézométriques enregistreuses autonomes.

L'essai à débit constant de 122,8 m³/h a duré environ 4 jours avec un démarrage des pompes le 18/08/11 à 14h09 et un arrêt des pompes le 22/08/2011 à 14h58. La remontée de la nappe a été suivie durant 6 jours après l'arrêt des pompes.

3.2.2 Résultats

Les résultats de l'essai de pompage sont présentés sous forme de courbes de rabattements de la nappe en fonction du temps. Le tableau ci-dessus présente les résultats avant pompage, avant arrêt des pompes (4 jours continu à 122,8 m³/h) et après 6 jours de remontée :

	Niveau absolu tête	Avant pompage		Avant arrêt des pompes		Après 7 jours de remontée	
		N. relatif	N. absolu	N. relatif	N. absolu	N. relatif	N. absolu
P1	99,49	0,75	98,74	1,04	98,45	0,87	98,62
P2	99,50	0,75	98,75	1,05	98,45	0,86	98,64
PZ1	101,06	2,28	98,78	1,58	99,48	2,41	98,65
PZ2	103,59	4,85	98,74	5,14	98,45	4,97	98,62
PZ3	104,61	5,85	98,76	6,15	98,46	5,98	98,63

Tableau 1 : Niveaux piézométriques avant pompage, en fin de 4 jours de pompage et après remontée durant 7 jours

On notera qu'en début d'essai, le niveau piézométrique est quasi égal sur les deux puits et sur les 3 piézomètres. Le niveau en PZ1 et PZ3 est légèrement supérieur aux autres ouvrages. En fin d'essai, avant l'arrêt des pompes, le niveau rabattu est le même pour tous les ouvrages. Après 7 jours de remontée, on voit une plus nette différence entre les niveaux piézométriques. PZ1 et P2 apparaissent perchés ce qui laissent supposer un drainage dans des axes où sont implantés P1, PZ2 et PZ3. On peut corréler cette observation par la présence de paléo-chenaux ou de chenaux actifs du torrent :

- au nord, PZ2 est implanté sur un palé-tracé du torrent, aujourd'hui inactif du fait des aménagements,
- Au sud, PZ3 et P2 sont implantés dans le lit actif du torrent (à sec durant les essais).

Ces deux chenaux (plus perméables car moins de fraction argileuse) drainent préférentiellement l'ombilic en condition d'écoulement naturel.

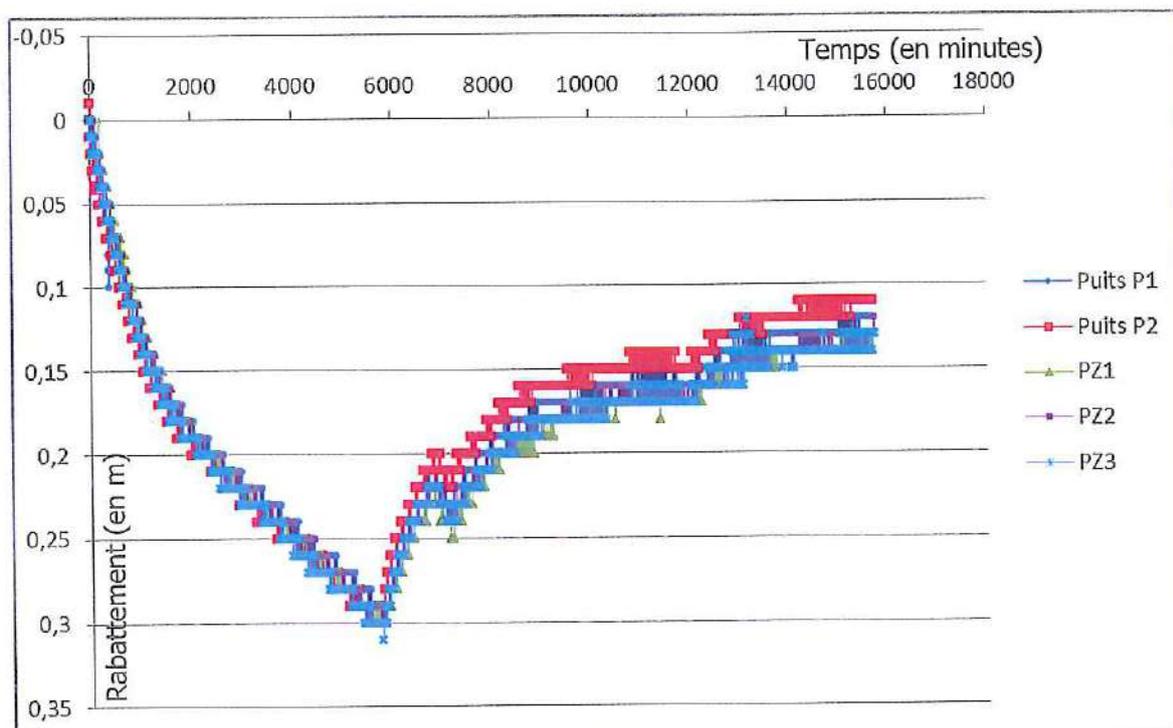


Figure 20 : Evolution du rabattement de la nappe durant le pompage et après suivi de la remontée

On remarque que les 5 courbes ont une relative bonne superposition. Les courbes montrent également que le rabattement en fin d'essai de pompage est sensiblement le même dans les puits et dans les piézomètres. On s'attend normalement à ce que le rabattement soit plus fort dans les puits et moins forts dans les piézomètres plus éloignés. Une dérive des capteurs est exclue car les valeurs manuelles en début et fin d'essai confirment ces résultats.

La phase de remontée montre un léger décalage entre les courbes, mais surtout un différentiel de l'ordre de 10 à 12 cm par rapport au niveau avant l'essai.

3.2.3 Interprétation

L'interprétation des essais a été réalisée à l'aide de la formule de Jacob en descente et en remontée. L'interprétation se fait à partir de la courbe des rabattements en fonction du log du temps. Notons que sur les courbes, il existe un déphasage entre les piézomètres et les puits P1 et P2 qui réagissent immédiatement au pompage avec un rabattement faible, mais constant durant les deux premières heures. On peut calculer sur cette première partie de courbe une transmissivité de l'aquifère. Elle correspond à la transmissivité des terrains proches des deux puits. Au bout d'environ 80 minutes de pompages, les piézomètres Pz1 et Pz3 réagissent. Après environ 3 heures, les courbes des 5 ouvrages s'équilibrent et suivent la même tendance. La zone d'influence du pompage s'est étendue sur tous les ouvrages et la plus forte pente de la courbe traduit une transmissivité plus faible, représentative de toute la masse alluviale.

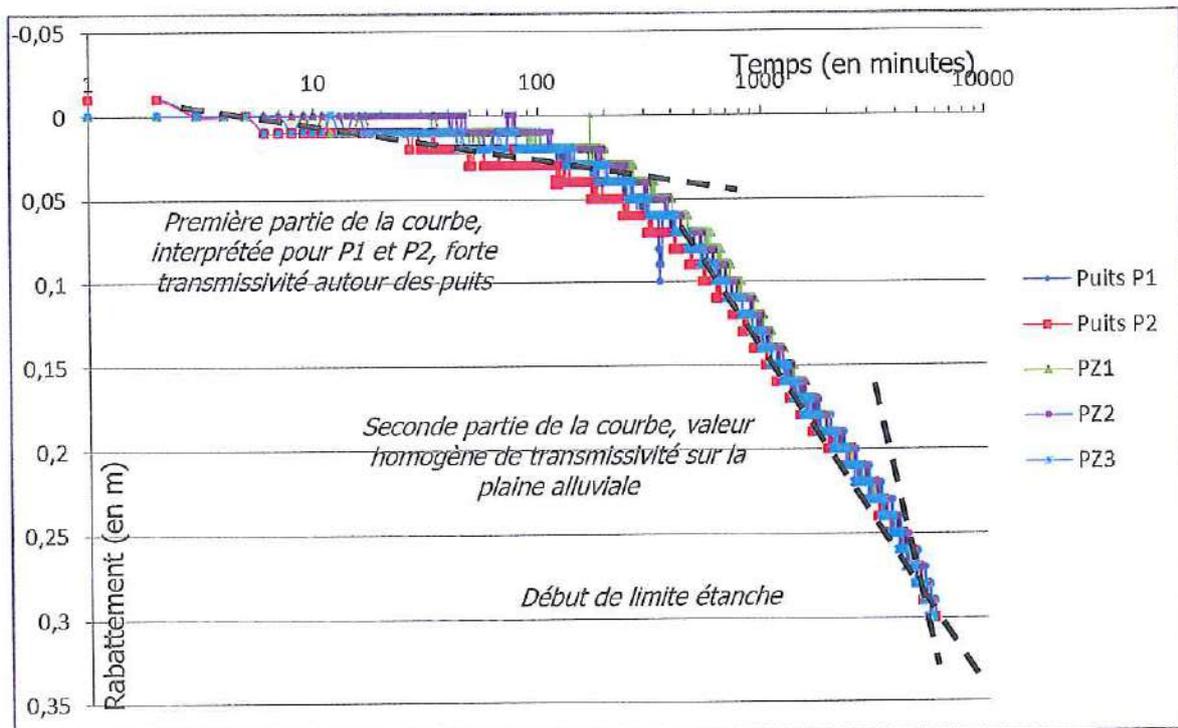


Figure 21 : Rabattement en fonction du log du temps durant le pompage

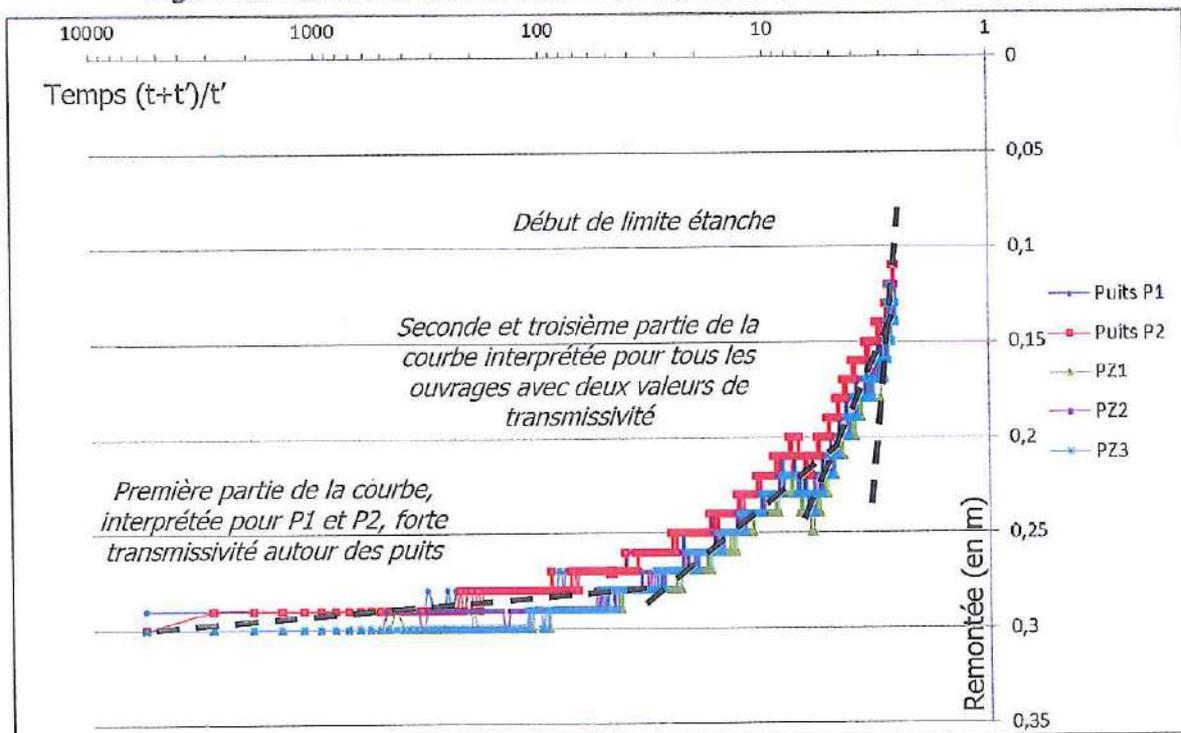


Figure 22 : Rabattement en fonction du log du temps réduit $((t+t')/t')$ durant la remontée

Dans le tableau qui suit sont présentés les résultats de l'interprétation de l'essai :

	Descente		Remontée
	T (en m ² /s)	S (sans unités)	T (en m ² /s)
P1	1,6.10 ⁻¹ (1 ^{ère} partie de la courbe)	Valeur calculée aberrante.	6,4.10 ⁻² (3 ^{ème} partie de la courbe)
	3,3.10 ⁻² (2 ^{nde} partie de la courbe)	Valeur réaliste : +/- 30 %	2,5.10 ⁻² (2 ^{nde} partie de la courbe)
P2	1,6.10 ⁻¹ (1 ^{ère} partie de la courbe)	-	2,5.10 ⁻¹ (1 ^{ère} partie de la courbe)
	3,5.10 ⁻² (2 ^{nde} partie de la courbe)		
Pz1	3,1.10 ⁻²	31 %	6,4.10 ⁻² (3 ^{ème} partie de la courbe) 2,5.10 ⁻² (2 ^{nde} partie de la courbe)
Pz2	3,5.10 ⁻²	4,7 %	
Pz3	3,2.10 ⁻²	2,4 %	

Tableau 2 : Paramètres hydrodynamiques de l'aquifère interprétés à partir de l'essai de pompage/remontée

Les résultats présentent une certaine cohérence. On interprète le déphasage en début d'essai de pompage, c'est-à-dire le faible rabattement dans le puits P2 et P1, puis le rabattement plus fort et concomitant de l'ensemble des puits et piézomètres comme étant le signe d'une forte hétérogénéité dans l'aquifère. L'environnement proche des puits est une zone très transmissive. Du reste l'essai réalisé à la création des puits P1 montrait une transmissivité de 4,49.10⁻² m²/s. Cette interprétation est réalisée à la descente sur moins de 3 heures d'essai à un débit constant de 118 m³/h en P1. Cette très forte transmissivité est à rapprocher de la forte transmissivité que l'on peut calculer sur la première partie de la courbe de descente de notre essai sur P1 et P2 (T = 1,6.10⁻¹ m²/s). A partir de 2 heures de pompage environ, la seconde partie des courbes de descente sont interprétées de manière homogène pour les deux puits et les 3 piézomètres, avec une transmissivité compris entre 3,1 et 3,5.10⁻² m²/s.

Après une centaine d'heures de pompage, on note une inflexion dans la courbe et une augmentation des rabattements : il s'agit du début de l'influence d'une limite étanche, correspondant aux limites de l'aquifère.

La courbe de remontée est aussi intéressante. On retrouve un déphasage en début de remontée similaire au déphasage en début de pompage. La première partie de la courbe interprétée uniquement en P1 et P2 montre une valeur forte de transmissivité de 2,5.10⁻¹ m²/s. Le reste de la courbe de remontée, qui est similaire pour les puits et les piézomètres montre deux parties très distinctes, avec une seconde partie qui donne une transmissivité de 2,5.10⁻² m²/s, puis une transmissivité de 6,4 10⁻² m²/s. On interprète cela comme une variation de la transmissivité dans l'aquifère, transmissivité qui se dégrade au fur et à mesure du pompage et de l'extension de la zone d'influence. La courbe de descente le montre, mais de manière moins marquée (on voit un début de changement de pente après une trentaine d'heures de pompage. La valeur interprétée en descente est donc une valeur moyenne (3,1 à 3,5 10⁻² m²/s), qui pondère les autres valeurs.

Les coefficients d'emmagasinement qui ont été calculés sur les piézomètres sont cohérents, compris entre 2,4 et 30 %. La valeur en P1 est incohérente, mais s'explique probablement par une très forte porosité autour des puits (éboulis).

3.3 Traçage radial convergent

3.3.1 Conditions de réalisation

Cet essai a été réalisé par injection de 30 kg de sel dans le puits P1 avec suivi de la qualité de l'eau dans le puits P2. L'injection a duré moins de 10 minutes et a débuté à 19h53 le 18/08/11, soit après environ 6 heures de pompage au débit de 122,8 m³/h.

Le suivi a été réalisé à l'aide d'une sonde de mesure de conductivité électrique placée dans le regard de refoulement des eaux d'exhaure du puits P2.

3.3.1 Résultats

Les résultats sont interprétés en convertissant l'augmentation de conductivité électrique en concentration en NaCl. Le facteur de conversion pris en compte est celui tiré de la bibliographie, à savoir 1 μ S d'augmentation de conductivité pour 0,54 mg/l de concentration en NaCl.

Le signal recueilli au niveau de puits P2 est très faible, puisque l'augmentation de conductivité n'est que de 5 μ S/cm pour une valeur initiale comprise entre 177 et 178 μ S/cm. Le signal est à peine plus fort que le bruit de fond et les variations naturelles de conductivité électrique de l'aquifère et ce malgré une quantité importante de sel injecté (30 kg). Le pic est cependant bien visible sur le graphique, on voit une augmentation très brusque de la conductivité électrique avec un panache étalé dans le temps. Le traceur arrive rapidement au niveau du puits, 17 minutes après l'injection. Le pic de concentration (valeur modale) se fait à 21h41, soit moins de 2 heures après l'injection. Le panache de traceur s'étale jusque vers 5 heures du matin le lendemain, soit un temps de passage d'environ 9 heures.

Le document en page suivante présente les résultats du traçage interprété avec le logiciel TRAC édité par le BRGM. L'interprétation a été réalisée en mode convergent par calage de la courbe théorique de Sauty sur la courbe de restitution du traceur.

Les résultats du calage nous permettent de calculer la dispersivité longitudinale et la porosité cinématique entre le puits P1 (point d'injection) et le puits P2 en pompage) :

Dispersivité longitudinale $\lambda_L = 6$ m

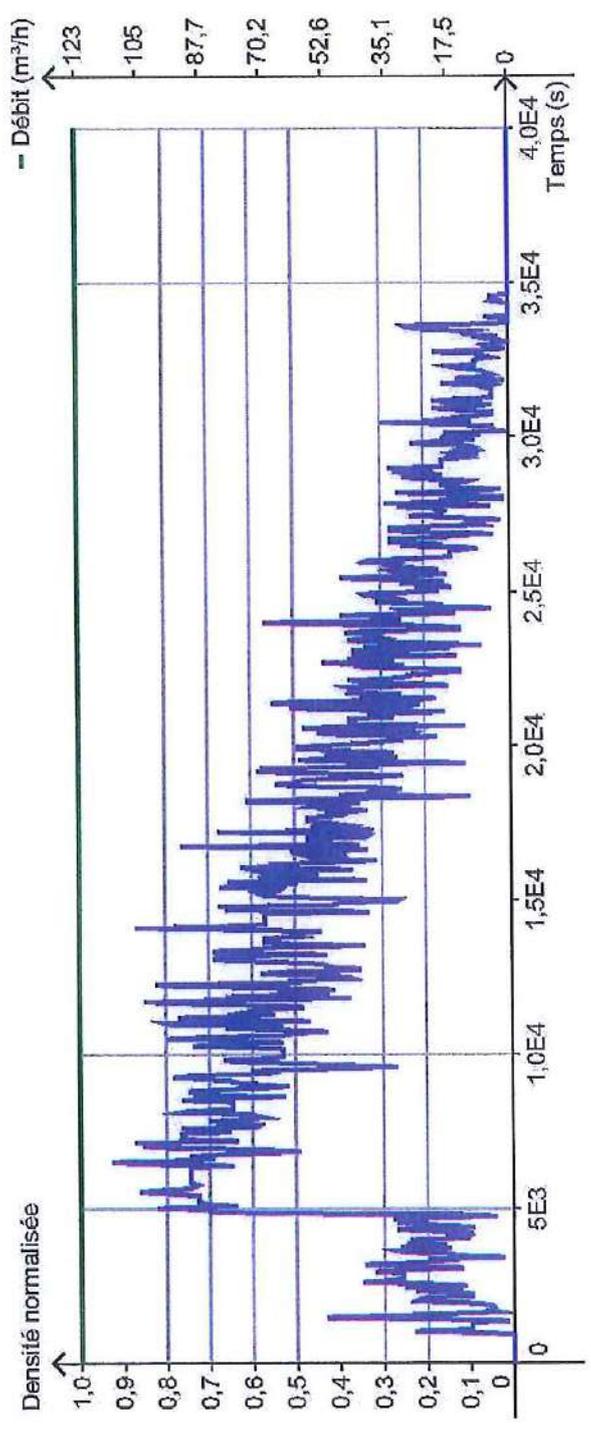
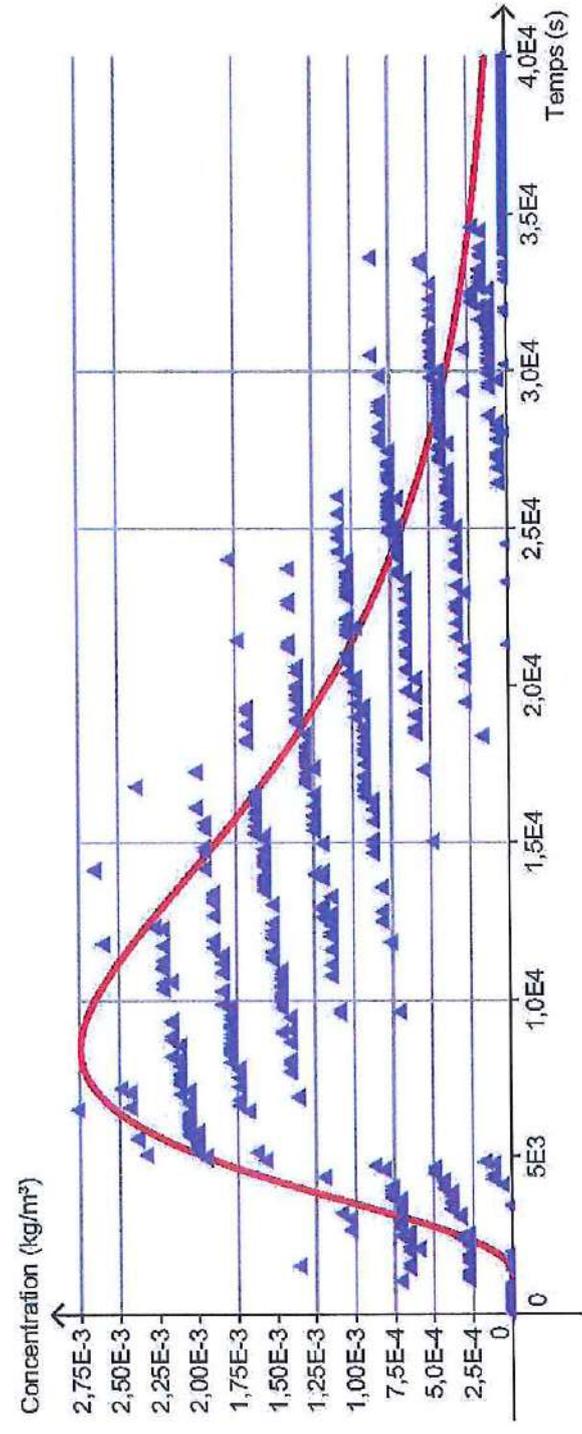
Porosité cinématique = 30 %

En page suivante : **Figure 22 Interprétation du traçage radial convergent**

Essai :
Commune :
Lieu-dit :

Masse injectée : 30 kg
Restitué : 1,1 kg
Taux de restitution : 3,7%

Date : 18/08/2011
Traceur :
Concentration max : 0,0027 kg/m³



Paramètres	
Dimensions:	Radial converg...
Injection:	Brève
Dispersivité:	Constante
M ₀ (kg):	30
ω (0 à 1):	0,3
e (m):	20
α _L (m):	6
r (m):	9,5
Q _p (m ² /s):	3,4111×10 ⁻²
λ (1/s):	1×10 ⁻⁴
u (m/s):	2,44×10 ⁻⁴
Mesures	
Première apparition:	1,6×10 ³ s
Pic:	8,4×10 ³ s
Temps moyen:	1,3×10 ⁴ s
T̄:	1,5×10 ⁴ s
Vitesse maximum:	0,0061 m/s
Vitesse de transit:	0,0011 m/s
Vitesse moyenne:	7,4×10 ⁻⁴ m/s
Vitesse apparente:	6,2×10 ⁻⁴ m/s
E (-∞ .. 1):	0,43

3.4 Essai de corrélation

Les différents essais et observations permettent de définir le fonctionnement de l'aquifère.

- L'ombilic du Grand Nord est comblé d'alluvions hétérogènes, mais globalement perméables.
- Au droit des captages, on note la présence d'éboulis calcaires localement très perméables. La partie amont de l'ombilic est plus hétérogène, avec la présence de graviers et d'argiles.
- En fonctionnement, les puits de pompage créent une zone d'appel qui s'étend à tout l'ombilic. On note d'abord, des rabattements faibles autour des puits, la zone d'appel s'étendant d'abord au niveau à la zone très perméable, puis la zone d'appel s'étend à tout l'ombilic jusqu'aux limites étanches de l'aquifère (pas de recharge).
- Il n'y a pas de relation directe avec les eaux du barrage, après 4 jours de pompage en conditions estivales de l'essai, car on ne voit pas de réalimentation à flux constant. Dans ces mêmes conditions, il n'y a plus de recharge par le versant.
- On note un déphasage dans les niveaux piézométriques entre le début du pompage et la fin de la remontée. Le croisement des observations laisse supposer une dynamique de baisse piézométrique. L'absence de réalimentation par rapport au débit prélevé durant l'essai (environ 10 700 m³) peut expliquer ce déphasage. On suppose également une perte en eau sous la voûte du barrage qui draine l'aquifère. En condition d'écoulement naturel, ce lent drainage se ferait dans l'ombilic préférentiellement selon les tracés des chenaux formés par le torrent : chenal ancien au nord, chenal actif au sud.

On peut résumer la dynamique de l'aquifère comme suit.

- Au début de l'hiver, l'aquifère est saturé en eau. Un équilibre se trouve avec les eaux du barrage, mais probablement avec une baisse de niveau insidieuse en l'absence de recharge.
- Durant l'hiver, l'eau est prélevée aux niveaux des deux puits, engendrant une baisse du niveau piézométrique d'environ 5 m. En quelque sorte, on vidange l'eau de l'ombilic. L'eau du barrage du Sautet est également prélevée pour les besoins en neige de culture.
- Au printemps, l'eau du torrent se perd dans son cône en amont de l'ombilic, et probablement sur une partie de son linéaire. On recharge ainsi l'aquifère, mais on remplit aussi le lac de Barrage qui a été vidangé durant l'hiver. On remonte ainsi le niveau de base (artificiel) des écoulements. C'est probablement durant cette période que les gradients de la nappe sont les plus forts.
- Une fois la cote maximum du barrage atteint, l'aquifère s'est rempli, il se forme un lac en aval de l'ombilic, à proximité du départ du télésiège, qui correspond à l'affleurement de la nappe (les buses vers le barrage sont noyées).
- Un équilibre se crée ensuite au niveau piézométrique. Le niveau arrête de monter en l'absence de recharge (tout le stock de neige en amont est fondu, le débit du torrent est nul). Il se produit une très lente baisse du niveau piézométrique, lié à des pertes du système probablement par drainage sous la voûte du barrage du Sautet. Le niveau piézométrique va simplement fluctuer en fonction de recharges par les précipitations durant l'été et l'automne, soit directement sur l'ombilic, soit par remise en haut du torrent.

Un simple suivi sur un cycle hydrogéologique des niveaux piézométriques dans l'ombilic et des niveaux du barrage permettront de confirmer ces observations.

Du point de vue hydrodynamique, les gradients quasi nuls observés ne rendent pas possible une représentation graphique en isopièzes et isochrones de transfert. On considèrera simplement :

- L'ensemble de l'ombilic appartient à la zone d'appel des deux puits en pompage.
- La vitesse de transit (vitesse de Darcy) réelle mesurée par traçage radial convergent autour des puits, dans la zone la plus perméable à 7.10^{-4} m/s est de 2,5 m/h.
- Une vitesse de transit peut être recalculée pour le reste de l'aquifère en considérant une perméabilité de 3.10^{-3} m/s, une porosité cinématique de 5% (d'après résultats de l'essai de pompage), et un gradient de nappe de 1/1000 (valeur sécuritaire). Cette vitesse (de Darcy) dans l'aquifère est alors de $1,5.10^{-4}$ m/s, soit 0,54 m/h.

4. Etude des conditions de transfert dans le bassin-versant

4.1 Les débits de pointe du torrent

Nous calculons ici les débits de pointe du cours d'eau pour différents temps de retour. Nous avons vu plus haut que le cours d'eau a un caractère semi-permanent. Il est surtout en eau :

- lors de l'épisode de fonte des neiges en fin de printemps ;
- lors d'épisodes pluvieux intenses : orages violent ou chute de neige importante avec fonte immédiate du stock.

4.1.1 Caractéristiques du bassin-versant

La morphométrie de bassin versant est donnée par les paramètres suivants :

- Superficie : 3,56 km²
- Périmètre : 9 km
- Longueur hydraulique : 3830 m
- Pente moyenne : 19,5 %
- Altitude maximale : 3067 m (Tête du lac Noir)
- Altitude minimale : 2320 m (captages du Grand Nord)
- Coefficient de ruissellement en crue décennale 0,35

4.1.2 Pluviométrie

Le climat du secteur d'étude est un climat de type montagnard. La pluviométrie du site peut être approchée grâce aux données météorologiques au poste de St-Christophe-en-Oisans (Altitude 1570 m).

La pluviométrie moyenne a été extraite des données Météo France pour les 4 mois où le bassin-versant est hors neige, à savoir juin, juillet, août, septembre. Les cumuls pluviométriques mensuels sont assez homogènes autour d'une valeur mensuelle moyenne de 75 à 80 mm. Les orages peuvent se produire indifféremment sur chacun de ces mois d'été. Il peut exister également de longues périodes pluvieuses saturant les sols, comme cela a été observé en 2000 (crues du Vénéon).

	Juin	Juillet	Août	Septembre
Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)	77.5	70.2	87.8	76.0

Tableau 3 : Pluviométrie moyenne mensuelle estivale

(Source : Météo France – station de Saint Christophe en Oisans – Code 38375400 - 1996 à 2008 – altitude 1570 m)

Le bassin versant du Torrent du Grand Plan est situé plus haut en altitude que la station de Saint-Christophe. Cette station n'est donc pas représentative et masque des pluviométries plus importantes se produisant au-delà de 2000 m d'altitude. La pluviométrie exceptionnelle sera donc interprétée à partir de données de pluviométrie spécifiques aux Alpes (A. Kieffer-Weisse, 1998).

Le calcul des débits de pointe de crue implique une évaluation de la pluie d'une durée équivalente au temps de concentration des bassins versant, de façon à se placer dans les conditions les plus critiques, lorsque l'ensemble du bassin versant participe à la crue.

La pluviométrie exceptionnelle a été approchée à partir des données issues de l'étude des précipitations exceptionnelles de pas de temps court en relief accidenté (Alpes françaises) (Thèse de Anne Kiefer Weisse – 1998). La pluviométrie prend en compte l'effet orographique et il est alors possible d'estimer la pluviométrie exceptionnelle moyenne pour des bassins versants présentant de fortes amplitudes orographiques. Les données exploitées nous permettent d'afficher les résultats suivants.

Période de retour	Durée (heure)					
	1	2	3	6	12	24
10 ans	20	25	30	40	52	70
100 ans	28	35	42	58	80	110

Tableau 4 : Pluviométrie exceptionnelle retenue pour les bassins versants (en mm)

Les courbes Intensité Durée Fréquence sont tracées à partir des données précédentes.

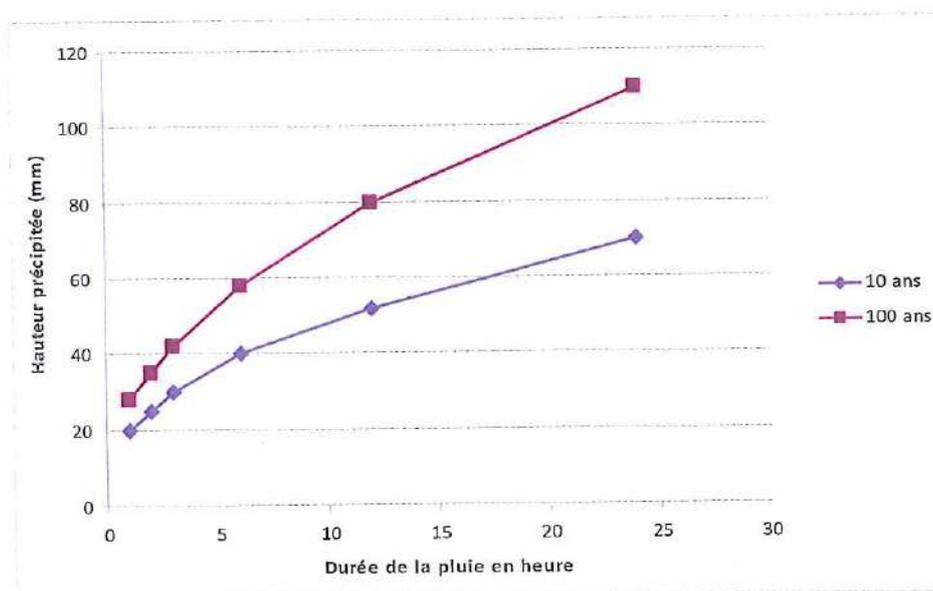


Figure 24 : Courbes Pluie/Durée/Fréquence

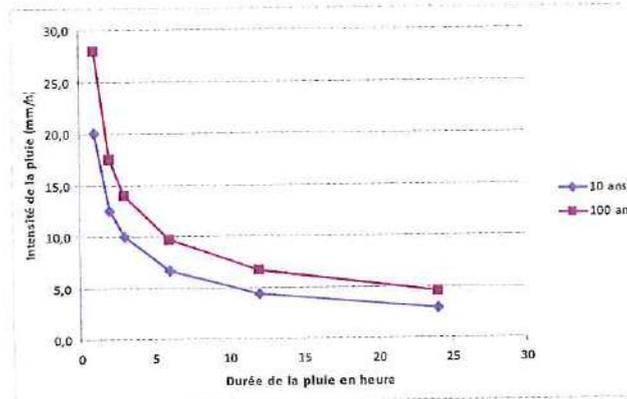


Figure 25 : Courbes Intensité/Durée/Fréquence

Les valeurs retenues sont cohérentes avec les valeurs régionales observées pour les pluies journalières décennales et centennales. Elles sont sensiblement supérieures aux valeurs observées au poste de St-Christophe-en-Oisans (Pj10 = 68 mm et Pj100 = 101 mm). Le Gradex au poste météorologique de St-Christophe vaut 13,7 mm ; le Gradex retenu pour le site est de 15 mm.

La figure suivante indique, pour chacun des postes pluviométriques régionaux, la pluie décennale et la pluie centennale journalières ainsi que le Gradex.

4.1.3 Calcul des débits de pointe

Les formules classiques d'hydrologie permettent d'estimer (Détail en Annexe 4) :

- le temps de concentration du bassin versant (Ventura, Passini) : $t_c = 24$ minutes ;
- le débit de pointe décennal (Crupefix) : $Q_{10} = 4$ m³/s.

D'après la méthode du Gradex, en utilisant partiellement l'hypothèse d'un Gradex progressif, on obtient (cf. Annexe 3 pour détail des calculs) :

- $Q_{10} = 4,0$ m³/s ;
- $Q_{100} = 16,7$ m³/s.

Le ratio $Q_{100}/Q_{10} = 4,2$ et le débit spécifique centennal de $5,1$ m³/s/km² sont cohérents avec les valeurs régionales qui peuvent être observées ou estimées pour ce type de bassin versant.

4.2 Les transferts vers le torrent

A partir des sections d'écoulement mesurées à différents points sur le torrent, il est possible de calculer les vitesses moyennes des écoulements dans le torrent. On considère ici le calcul de la section d'écoulement la plus défavorable (où les vitesses sont les plus importantes), là où pourra transiter un polluant depuis l'amont du bassin versant, c'est-à-dire la section canalisée entre la Toura 2600 et les captages AEP. Pour rappel, la totalité de cette section a été artificialisée : le fond du canal a été bétonné et les parois sont enrochées et bétonnées. Les caractéristiques d'écoulement du canal sont les suivantes :

- pente moyenne : 20%
- distance (en plan) : 1400 m
- rugosité (coefficient de Strickler) : 10 (sans dimension)
- largeur du fond (section rectangulaire) : 3 m
- hauteur maximum : 2 m

A partir des formules de Chezy et de Manning-Strickler, il est possible d'approcher la vitesse des écoulements dans le canal pour différentes valeurs de débit :

Hauteur d'eau (en m)	Débit (en m ³ /s)	Vitesse (en m/s)	Temps de transit (en s)	Temps de transit (en minutes)
0,1	0,28	0,9	1517	25
0,2	0,84	1,4	995	17
0,4	2,49	2,1	675	11
0,6	4,58	2,5	551	9
0,8	6,96	2,9	483	8
1	9,54	3,2	440	7
1,2	12,29	3,4	410	7
1,4	15,15	3,6	388	6
1,6	18,10	3,8	371	6
1,8	21,13	3,9	358	6
2	24,21	4,0	347	6

Tableau 5 : Estimation des vitesses de transit sur le torrent canalisé entre le Toura 2600 et l'ombilic du Grand Plan

Les calculs ci-dessus permettent d'estimer les vitesses de transit au niveau du canal. Elles sont de l'ordre du m/s pour les gammes des débits prévisibles. Le temps de transit entre la Toura et l'ombilic où sont implantés les captages sont donc très courts de l'ordre de quelques minutes.

4.3 Conditions de dispersivité d'un polluant

Compte tenu des fortes vitesses observées dans le canal et une section artificielle, on considèrera une dispersion nulle d'un traceur parfait (un polluant), ce qui va dans le sens sécuritaire. En réalité, une très légère dispersion doit se provoquer dans le torrent, atténuant le pic de concentration du polluant dans l'eau.

Dans le cas d'une pollution aux hydrocarbures, on considèrera une pollution non miscible entraînant par **convexion simple, sans dispersivité**.

4.4 Conditions de transfert dans la nappe alluviale

Les transits dans la nappe alluviale n'ont pas pu être mesurés de manière réelle à partir d'un essai global. Les écoulements sont réputés lents. En se basant sur les paramètres hydrodynamiques de l'essai de pompage, on peut estimer les vitesses de transit. On se placera dans les conditions observées durant l'été :

- vitesse moyenne des écoulements autour du puits (zone très perméable) : 7.10^{-4} m/s, soit 2,5 m/h ;
- vitesse moyenne des écoulements souterrains dans le reste de l'aquifère (hypothèse sécuritaire) : $1,5.10^{-4}$ m/s, soit 0,5 m/h.

4.5 Etude du transfert d'un polluant vers les captages

4.5.1 Risque de pollution et scénarios

Une analyse de risque comporte l'étude ou la caractérisation de phénomènes majeurs :

- la source de pollution ;
- le vecteur (transfert ou transit) du polluant ;
- la cible, ici les captages AEP du grand Nord.

L'étude de l'accidentologie consiste à étudier les statistiques d'occurrence d'un phénomène et d'en tirer des enseignements sur les modalités de cet accident. Pour la protection des captages du Grand Nord, on s'intéresse ici au phénomène de déversement d'un polluant vers les captages lié :

- soit aux polluants fixes qui peuvent se déverser accidentellement ;
- soit aux polluants mobiles, c'est-à-dire via des vecteurs de transport comme les camions empruntant le chemin au-dessus des captages.

Que ce soit pour l'un ou l'autre des phénomènes, les approches statistiques classiques basées sur l'occurrence des phénomènes n'est pas adaptée. On trouve en effet dans la littérature des statistiques sur des linéaires de routes ou de canalisations. Cette approche reste très généraliste, applicable à des grands axes de transport. Il n'existe pas de statistiques à notre connaissance pour des cas très ciblés comme *le ravitaillement d'un camion de fuel sur chemin de montagne*. L'aléa lié au transport qui peut provoquer un accident dépend de plusieurs facteurs, comme la nature du transport, le camion, sa vitesse, la nature du chemin d'accès, les risques naturels encourus (chute de blocs,...)... Il est très difficile de quantifier cet aléa. On aura ici une méthode semi-quantitative du risque : on considère la probabilité d'occurrence évaluée de manière experte et pragmatique. Cette approche est tout à fait en phase avec les objectifs de l'étude, car on se place dans des conditions sécuritaires pour la protection des captages AEP.

4.5.2 Bilan des activités à risque : sources de pollution

Elles concernent les activités en amont des captages susceptibles de nuire à la qualité de l'eau. Ces activités concernent des pollutions ponctuelles ou accidentelles par déversement d'un polluant qui pourraient transiter vers les captages. La pollution diffuse quel que soit son origine n'est pas étudiée ici.

On balaye toutes les activités dans le bassin-versant et on identifie celles qui présentent un danger réel vis-à-vis de la protection des captages du Grand Nord.

Sont ensuite évaluées, de manière semi-quantitatives les probabilités d'occurrence pour les activités susceptibles de déverser des produits potentiellement polluants vers les captages AEP (dangers significatifs). Les données proviennent du premier inventaire réalisé par ALPETUDES dans le cadre du dossier préalable à la visite de l'Hydrogéologue Agréé, complété par une enquête auprès de :

- Monsieur Thierry HUGUES de la société deux-Alpes développement ;
- Monsieur Patrice DODE, qui gère les restaurants d'altitude, et dont ses sociétés sont également prestataire pour la livraison de fuel et la vidange des fosses.

CLASSE DE PROBABILITE	E	D	C	B	A
Qualitative⁽¹⁾ (les définitions entre ** ne sont valables que si le nombre d'installations et le retour d'expérience sont suffisants ⁽²⁾) <small>voir notes page suivante</small>	"événement possible mais extrêmement peu probable" : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles mais non recensé au niveau mondial sur un très grand nombre d'années (situation).	"événement très improbable" : s'est déjà produit dans ce secteur d'activité mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité.	"événement improbable" : un événement similaire déjà recensé dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues n'aient apporté une garantie de réduction significative de sa probabilité.	"événement probable" : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de finalisation.	"événement courant" : s'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie des installations, malgré d'éventuelles mesures correctives.
Semi-quantitative	Cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitative et quantitative, et permet de tenir compte de la colation des mesures de maîtrise des risques mises en place.				
Quantitative (par unité et par an)	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹

GRAVITE POTENTIELLE (SANS MESURE)	Niveau de gravité	Classe de probabilité				
		E	D	C	B	A
Au moins 1 décès hors site	4	Acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Effets sur milieu naturel hors site catastrophiques		Acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Au moins 1 blessé grave hors site	3	Acceptable	Acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Effets sur milieu naturel hors site graves		Acceptable	Acceptable	Non acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Au moins 1 décès sur site	2	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Effets sur milieu naturel limités au site ou légèrement hors site		Acceptable	Acceptable	Acceptable	Non acceptable	Non acceptable
Au moins 1 blessé grave sur site	1	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Non acceptable
Effets sur milieu naturel limités à l'installation		Acceptable	Acceptable	Acceptable	Acceptable	Non acceptable

-  Etude détaillée de réduction des risques puis positionnement grille MMR
-  Non acceptable
-  Acceptable si le niveau de risque atteint est aussi bas que possible dans des conditions économiquement supportables
-  Acceptable

Tableau 6 : Grille d'analyse de risque

La figure ci-dessous présente de manière cartographique les activités à risque en amont des captages. Le détail des activités (figure suivante) sur le secteur de la Tourra est repris du rapport d'Alpetudes.

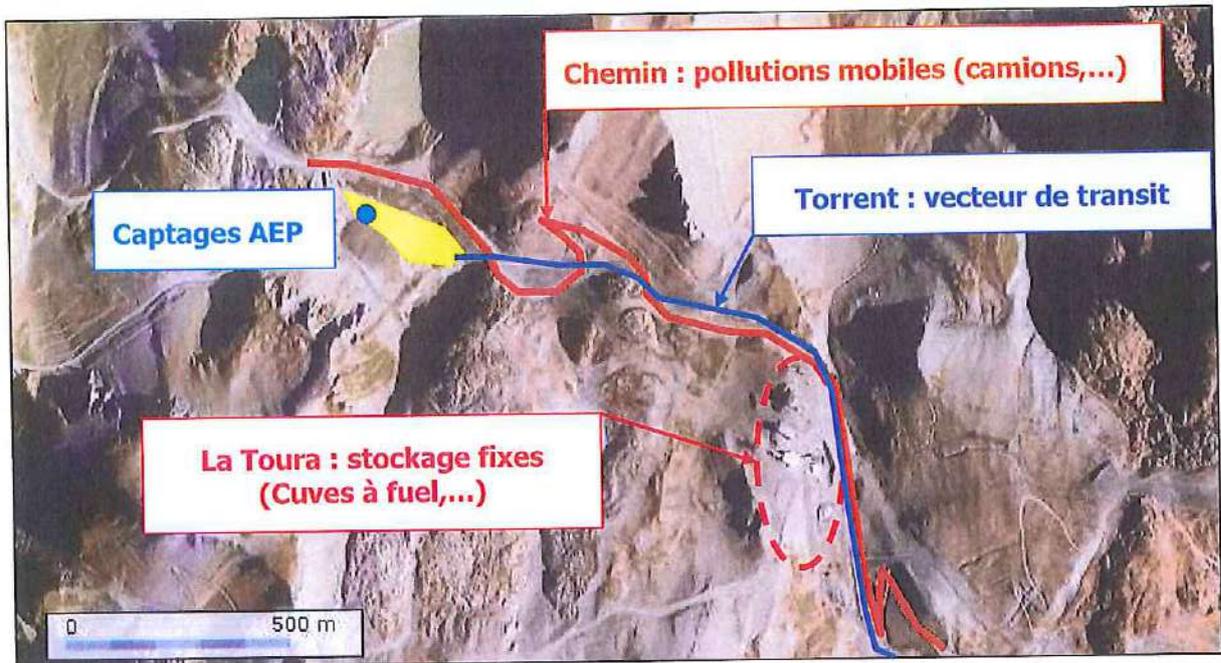


Figure 26 : Localisation des activités

(Fond : Geoportail)

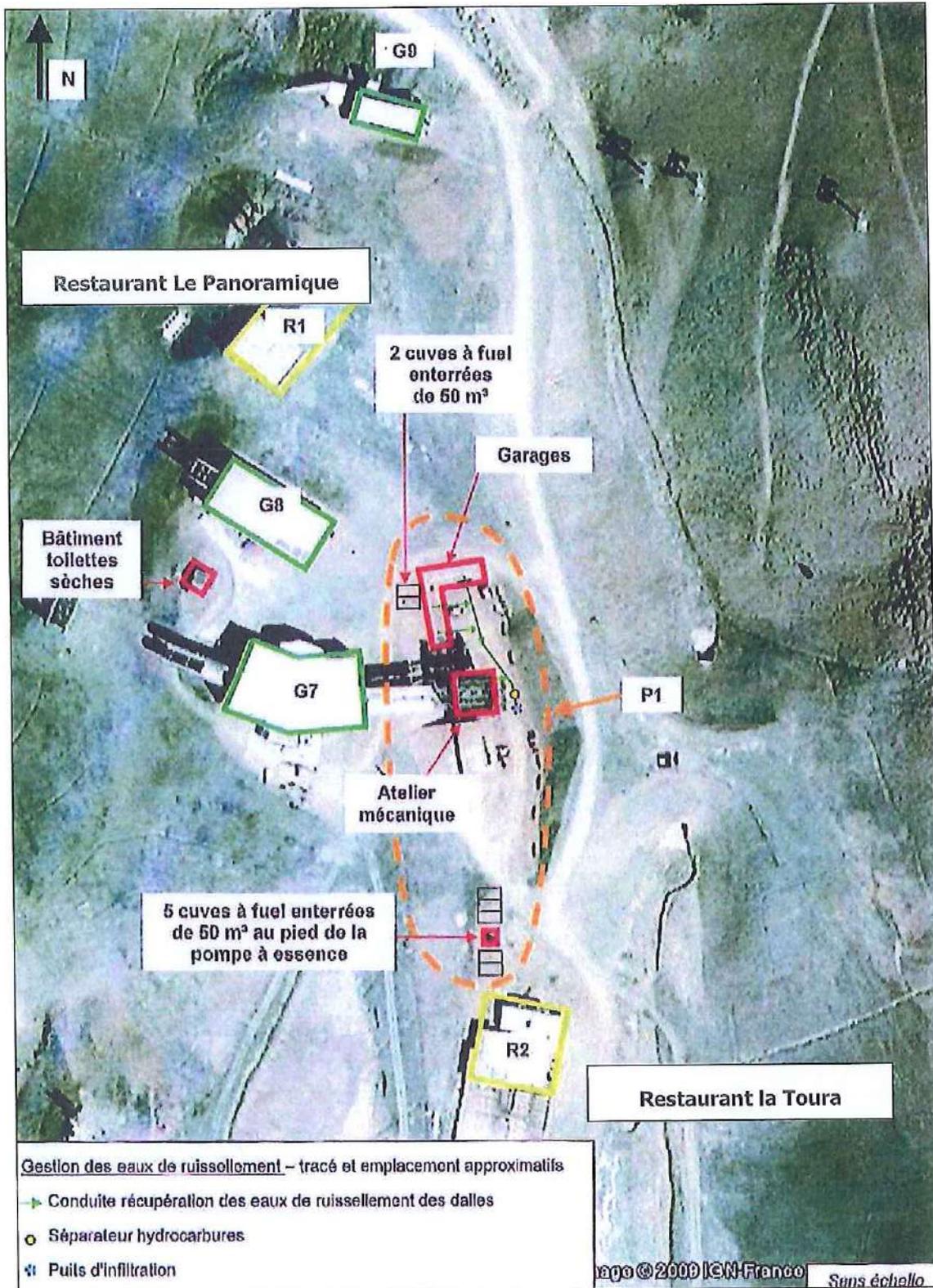


Figure 27 : Détail des activités sur le secteur de la Toura

(Source : rapport Alpetudes, complété)

En page suivante, sont représentés l'analyse du risque selon les critères précités en fonction de la nature de l'activité sur le bassin-versant en amont des captages.

Dans l'analyse multi-critère, tous les transports de véhicules pouvant déverser des hydrocarbures (fuel stock ou gasoil/essence du réservoir) sont considérés comme des événements probables. Nous nous basons sur le fait qu'en amont du Grand Nord le risque d'accident paraît élevé sur le chemin d'accès qui n'est absolument pas sécurisé. L'impact potentiel sur le milieu naturel est ici simplement discriminé en fonction des volumes en jeux : moyenne pour un véhicule ne transportant aucun produit (Critère 2 ou 3, pollution limitée à la zone d'accident ou avec une partie pouvant transiter plus loin) et forte pour un camion ou un camion transportant du fuel (ravitaillement pour les besoins de la station des Deux Alpes) ou descendant les résidus de vidanges de fosses des restaurants. Le contenu du camion (12000 litres) peut transiter très rapidement par le torrent et atteindre les captages. Au contraire, le risque lié au renversement d'un engin de chantier ou d'une motoneige apparaît très peu probable, ce type d'engins étant adapté au milieu.

Parmi les activités fixes, la fuite d'une cuve à fuel apparaît peu probable, dans la mesure où un dispositif de sécurité existe : cuve double paroi et système d'alarme. Le risque pour le milieu naturel reste important (critère 3). Les cuves enterrées stockant les eaux usées durant l'hiver ne bénéficient d'aucun contrôle, leur fuite voir un déversement accidentel (erreur humaine par exemple) paraît être probable. L'effet sur le milieu est considéré moindre (produit soluble dans l'eau, pollution traitable) par rapport à du fuel (peu soluble, plus difficile à traiter), même si la pollution peut transiter par le torrent (critère 2 ou 3 en fonction de l'éloignement).

Activité	Description	Dangers	Lieu concerné	Type	Volumes concernés/importance	probabilité d'occurrence	Gravité potentielle
Stockage effluent	Eaux usées stockées durant l'hiver	Déversement d'effluent (eaux vannes, eaux ménagères)	Toilettes sèches à la Toura (personnel station)	Fixe	Une cuve de récupération des effluents liquides et résidus humides (volume non connu)	Evènement probable	3
			Toilettes restaurant + personnel station	Fixe	Une fosse de 250 m ³ au Jandri recueillant les effluents (eaux vannes et eaux ménagères)	Evènement probable	3
			Toilettes restaurant le Panoramique	Fixe	2 cuves en béton (volume 7) récupérant les eaux vannes. Les eaux ménagères sont infiltrées dans le terrain naturel	Evènement probable	2
			Toilettes Restaurant la Toura	Fixe	Quatre cuves en béton (4 x 50 m ³) récupérant les eaux vannes. Les eaux ménagères sont infiltrées dans le terrain naturel via des tranchées d'épandages de 80 m après passage dans un bac à graisse	Evènement probable	3
Vidange effluents	Vidange durant l'été des volumes stockés	Déversement du camion de vidange plein : risque de déversement d'effluents essentiellement	Tous les volumes stockés en amont qui transitent par les chemins au dessus des captages <i>Note : si les restaurants et la gare du Jandri 3200 sont en dehors du bassin versant, la route d'accès passe à l'intérieur</i>	Mobile	Utilisation d'un camion citerne de 12 m ³ 3 rotations par jour fin août. Pour un total de 550 m ³ théorique à redescendre, 15 jours de rotation au total	Evènement probable	3
Stockage carburant	Stockage de fuel utilisé par la station durant l'hiver	Déversement de fuel	Cuves La Jandri 3200 m	Fixe	260 m ³ de stockage sur cuves enterrées double parois au Jandri à 3200 m,	Evènement improbable	3
			Cuves La Toura 2600 m	Fixe	5 cuves enterrées de 50 m ³ double parois à l'atelier avec alarme enterrée près de la pompe de distribution	Evènement improbable	3
					2 cuves enterrées de 50 m ³ double parois derrière le garage (plus récent)	Evènement improbable	3
			Télésièges et télécabines	Fixe	20-30 litres de carburants stockés dans un bac pour fonctionnement moteurs thermiques de secours	Evènement possible mais extrêmement peu probable	3
Ravitaillement carburant	Reconstitution des stocks de fuel en altitude	Déversement du camion d'approvisionnement en fuel : risque du fuel stocké	Tous les volumes stockés en amont qui transitent par les chemins au dessus des captages <i>Note : si les stockages à la gare du Jandri 3200 sont en dehors du bassin versant, la route d'accès passe à l'intérieur</i>	Mobile	Utilisation d'un camion citerne de 12 m ³ rotations fin août/début septembre	Evènement probable	4
Entretien des pistes	Utilisation d'engins de damage	Risque de déversement du réservoir de carburant de chaque engins en cas d'accident	Tout le bassin versant en amont des captages	Mobile	Volume de fuel stocké dans les engins de damage : quelques centaines de litres	Evènement possible mais extrêmement peu probable	4
Secours des pistes/Service des pistes	Accès aux pistes pour secours ou en entretien à l'aide de motoneiges	Risque de déversement du réservoir de carburant de chaque engins en cas d'accident	Tout le bassin versant en amont des captages	Mobile	Volume de fuel stocké dans les engins de damage : quelques dizaines de litres	Evènement possible mais extrêmement peu probable	3
Divers transport estival	Transport de matériel par camions, transport de travailleurs par 4x4	Risque de déversement du réservoir du camion ou du 4x4	Chemins carrossables	Mobile	Volume de gasoil stocké dans le camion (centaine de litres) ou des les 4x4 (quelques dizaines de litres)	Evènement probable	4
Moto trial	Moto accidenté accidenté à la partie supérieure en amont des captages	Risque de déversement du réservoir de carburant de chaque engins en cas d'accident	Chemins carrossables, la plupart des pistes du bassin versant	Mobile	Volume d'essence stocké dans le réservoir (quelques dizaines de litres au maximum)	Evènement probable	2/3
Divers véhicules de loisirs	Véhicules accidenté à la partie supérieure en amont des captages	Risque de déversement du réservoir de carburant de chaque engins en cas d'accident	Nombreux 4x4 observés au mois d'août hors personnel de la station	Mobile	Volume d'essence/gasoil stocké dans le réservoir (quelques dizaines de litres au maximum)	Evènement probable	2/3

Tableau 7 : Analyse multicritère du risque lié aux activités en amont des captages

Note : la capacité totale de stockage des effluents durant l'hiver et redescendus l'été est de 550 m³. Il faut 15 jours pour évacuer l'ensemble des effluents (3 rotations/jour pour un camion de 12 000 litres). La capacité de stockage en fuel (Jandri 3200 m et la Toura 2600 m) est de 610 m³ soit sensiblement le même volume que les affluents. La durée des rotations (3 rotations/jour) serait de 17 jours.

4.5.3 Choix des évènements de référence : scénarios envisageables

A partir de l'analyse multicritère, nous pouvons définir des scénarios d'accidents possibles. On distingue en général quatre types de scénarios possibles :

- l'accident représentatif, correspondant à l'accident le plus probable, mais avec un déversement limité ;
- l'accident de référence, réunissant des circonstances plus rares, mais néanmoins communes à une majorité des cas antérieurs ;
- l'accident majorant, réunissant les conditions les plus défavorables. Dans ce cas, la matière polluante se déverse au droit de lieu de l'accident, avec début de déversement dans des conditions climatiques rares (par exemple crue biennale).
- l'accident exceptionnel, réunissant des conditions rarissimes.

Pour l'étude de la protection des captages du Grand Nord vis-à-vis d'une pollution accidentelle, **nous nous placerons dans le cas de l'accident majorant**. Notons qu'en l'absence de statistique de retours d'accidents comparables au cas des captages du Grand Nord, les 4 accidents type doivent être considérés comme proche :

- le vecteur de transit qu'est le Torrent du Grand Nord est particulièrement pénalisant, quel que soit les conditions climatiques (forte vitesse de transit) ;
- l'eau est présente en période de fonte des neiges sur une période estivale courte ;
- cette même période concentre toute l'activité à risque d'accident de la station, correspondant aux ravitaillements et/ou travaux en amont des captages.

A la vue de l'analyse multicritère, plusieurs scénarios peuvent être envisagés. Les principaux évènements qui ne peuvent être acceptés pour la protection du captage sont les suivants :

- le reversement du contenu d'un camion-citerne, que ce soit pour du fuel ou pour des effluents ;
- le déversement d'un réservoir d'un véhicule accidentellement (gasoil) ;
- le déversement accidentel d'un stockage d'effluent.

Si on résume ces scénarios avec une approche maximaliste (pessimiste, donc sécuritaire), on pourrait résumer les évènements les plus dommageables pour les captages de la manière suivante :

- déversement accidentel d'un volume de fuel amené par un camion lors d'un ravitaillement,
- vidange ou déversement accidentel d'une cuve de stockage d'effluent.

Les deux scénarios retenus sont donc les suivants :

Événement	Distance par rapport au captage	Transit/inertie	Conditions hydrologiques
Scénario 1 Renversement d'un camion de fuel de 12 000 litres sur le chemin entre le Grand Plan et la Toura	Amont proche du captage, environ 300 m	Très rapide, déversement du contenu via le torrent (au niveau d'un passage busé, puis sur la plaine alluviale)	Condition de fin de printemps : débit encore important dans le cours d'eau et perte du cours d'eau dans la plaine alluviale
Scénario 2 Déversement accidentel d'une cuve de 50 m ³ d'effluent à la Toura	La Toura 2600 m, à environ 1400 m de distance des captages	Transit par le terrain naturel, puis le torrent avec un coefficient de retard	Condition de fin de printemps : débit encore important dans le cours d'eau et perte du cours d'eau dans la plaine alluviale

Tableau 8 : Proposition de scénarios

4.5.4 Conditions de transfert

Les conditions de transfert sont étudiées pour les deux scénarios avec un transit jusqu'au captage. On se placera toujours dans un scénario d'accident majorant.

Nous rappelons qu'il s'agit d'une approche analytique sur la base des données connues sur l'aquifère. Cette approche **donne des ordres de grandeur de la cinétique des phénomènes étudiés.**

4.5.4.1 Scénario 1 : déversement d'un camion de fuel de 12000 litres

Déversement depuis la zone source :

La totalité du fuel se déverse directement dans le torrent. Pas d'effet de retard lié à l'adsorption du fuel en surface. On considère ici un renversement au niveau d'un passage busé sur le torrent.

Note : le déversement d'un camion de fuel sur le chemin d'accès est très peu probable. En effet, pour déverser le contenu de la cuve à fuel du camion, il est nécessaire que ce dernier se retourne et que la cuve s'éventre. De telles conditions ne peuvent se produire que si le camion bascule latéralement au chemin, dans la pente, ou dans le cours d'eau.

Transit par le torrent

Vitesse de transit correspondant à des conditions de débit de crue vicennale ou au plus forte de la fonte printanière.

Débit du torrent : 7 m³/s, vitesse de transit = 3 m/s.

Temps de transit pour un accident à 300 m en amont du captage : environ 100 secondes (moins de 2 minutes).

Compte tenu des fortes vitesses et du caractère non missile du fuel, on ne prend pas en compte en effet dispersif du torrent.

Arrivée sur la plaine alluviale

L'ensemble eau du torrent + fuel non miscible va atteindre la plaine alluviale. Deux cas peuvent être étudiés :

- Soit on considère que l'ensemble du débit du torrent se perd dans la nappe alluviale. Ce cas a été observé en 1980, mais les aménagements plus récents laissent penser que le niveau de base des écoulements formé par le barrage est plus haut, limitant les infiltrations. Seule une partie du débit du torrent se perdrait en amont. Cependant, en condition précoce de fonte printanière, lorsque le barrage est bas, tout comme le niveau de la nappe dans l'ombilic, on peut imaginer que la majeure partie du débit du torrent se perde dans l'ombilic. On considèrera donc dans ce cas une surface d'étalement correspondant au tracé du torrent dans l'ombilic : environ 300 m linéaire, 1 m de largeur du torrent.
- Soit on se place en condition estivales. Le torrent ne coule quasi plus, le débit résiduel se perd en totalité à l'entrée de l'ombilic, dans le cône de déjection. La surface d'infiltration est ainsi réduite d'un facteur 10, soit environ 30 m².

Saturation du sol en fuel

Une fois le fuel (plus léger que l'eau) déposé sur la plaine alluviale, celui-ci va migrer dans le terrain naturel, au niveau de la zone non saturée (entre le terrain naturel et le niveau piézométrique). La migration du polluant va dépendre de la nature et l'épaisseur de la zone non saturée. Plus cette dernière sera épaisse et imperméable, plus elle aura la faculté de retenir le polluant en surface. Si cette capacité est suffisante, le polluant peut ne pas atteindre l'aquifère.

Dans la zone non saturée, la propagation d'un polluant verticalement est calculée en utilisant la loi de Darcy pour une phase non miscible comme le fuel. On tient compte ici dans la masse volume du terrain et du fuel, mais aussi la viscosité dynamique du fuel et la perméabilité des terrains.

On considèrera une zone non saturée de 2 m en moyenne, sachant qu'elle n'est que de 1,5 m au niveau des captages et est de 5 m en amont de l'ombilic (en condition de nappe haute).

Les calculs sont les suivants :

Evénement	Hauteur ZNS	Hauteur de pénétration théorique	Volume retenu dans la ZNS
Cas 1 Pollution de 12 m ³ répartie uniformément sur les 300 ml du cours d'eau	2 m	2,5 m	9,6 m ³
Cas 2 Pollution de 12 m ³ en amont du captage sur 30 m ²	2m	25 m	1 m ³

Tableau 9 : Proposition de scénarios

Dans le cas une partie de la pollution ($9,6 \text{ m}^3$) est retenue dans la zone saturée, mais cela suppose que le polluant se répartie de manière linéaire sur le 300 m^2 de surface du cours d'eau.

Dans le cas 2, la surface de déversement est plus réduite, et le sous-sol ne permet pas de retenir plus d' 1 m^3 de polluant. La hauteur de pénétration théorique est de 25 m (valeur théorique au-delà de laquelle la totalité de la pollution est retenue dans la zone non saturée).

Dans les deux cas de figures, la hauteur de pénétration est insuffisante, car la zone non saturée est perméable d'après les coupes de forages et les résultats des essais de pompage ($k = 1 \text{ à } 5.10^{-3} \text{ m/s}$) et globalement peu épaisse dans des conditions de nappe haute (position pessimiste, donc sécuritaire). Il y a donc formation d'une galette de polluant flottant au-dessus de la nappe.

Phase dissoute dans l'aquifère

La galette de flottant au-dessus de la nappe va en partie se déverser dans l'aquifère, car seule une infime partie du fuel se dissout dans l'eau sous forme de Benzène.

On considère un gradient nappe faible ($1/1000$), mais plus fort que ce qui a été observé durant les essais de pompage (gradient quasi nul). On prend donc en compte une position plus sécuritaire, notamment pour tenir compte des conditions hydrologiques pouvant fortement varier entre le début et la fin de la fonte des neiges, voire l'été (recharge rapide par un orage ou un épisode neigeux).

Événement	Concentration théorique en benzène dans la nappe par dissolution sous une galette de flottant	Relargage dans l'aquifère par dissolution par lessivage par la pluie de la phase piégée dans la ZNS
Cas 1 Pollution de 12 m^3 répartie uniformément sur les 300 m^2 du cours d'eau	0,07 mg/l	0,013 mg/l
Cas 2 Pollution de 12 m^3 en amont du captage sur 30 m^2	0,13 mg/l	0,19 mg/l

Tableau 10 : Concentration théorique en benzène selon deux conditions hydrologiques du scénario 1.

La limite de qualité des eaux de consommation humaine pour du benzène est de $1 \mu\text{g/l}$. Les concentrations engendrées dans le scénario de pollution au fuel est supérieur d'un facteur 100 environ. Cela signifie, que quel que soit le cas de déversement d'une polluant au fuel, quel que soit l'effet d'étalement ou de rétention dans la zone non saturée, la qualité de l'eau sera fortement affectée vis-à-vis de l'usage eau potable.

Propagation de la phase dissoute

La vitesse de transit réelle autour des puits de pompage (est de 7.10^{-4} m/s), soit 2,5 m/h.

La vitesse de transit d'une particule dissoute dans l'eau dans le reste de l'aquifère est de $1,5.10^{-4}$ m/s, soit 0,5 m/h.

Notons qu'on est sur le même ordre de grandeur de ratio de transmissivité (facteur 4) entre les terrains autour des puits et les terrains en amont de l'ombilic.

Selon ces calculs, un polluant infiltré en amont de l'ombilic (à 250 m des captages) mettrait 19 jours pour arriver aux captages. Une pollution proche, comme par exemple par infiltration dans le lit du cours d'eau qui passe à proximité des deux puits mettrait quelques heures tout au plus.

Les temps d'arrivée vont fortement dépendre des conditions hydrologiques sur le site, conditions qui vont influencer les paramètres de vitesse dans l'aquifère. Nous rappelons qu'ici qu'il s'agit d'ordres de grandeur. On retiendra avant tout des vitesses de transit souterrain suffisamment rapides pour que les captages soient atteints très rapidement (cas n°2) ou atteint à plus long terme (cas n°1).

Rappelons que ce calcul ne tient pas compte des effets de dispersivité de l'aquifère et de la biodégradation naturelle et les phénomènes d'adsorption qu'ils peuvent se produire dans l'aquifère. Ces des phénomènes vont pouvoir atténuer le pic de pollution. Cela influence au final peu le calcul car les taux d'abattelements attenus sont insuffisants pour que le polluant n'atteigne pas le captage ou l'atteigne avec des concentrations inférieures aux seuils réglementaires.

4.5.4.2 Scénario 2 : déversement d'une cuve d'effluent de 50 m³.

Note : à la différence de la pollution au fuel, il s'agit d'un liquide miscible qui présente la même densité que l'eau. La charge polluante va se dissoudre en intégralité dans l'eau.

Déversement depuis la zone source :

La zone source située à la Toura est légèrement perchée par rapport au lit du torrent. Ce lit, et plus généralement l'ombilic de la Toura sont constituants d'éboulis perméables (le débit du torrent s'y perdait fin juin 2011). Une pollution accidentelle dans ce secteur, par déversement, pourra subir un retard lié au temps d'infiltration vers le torrent. Si on considère des vitesses de transit en milieu souterrain de 10m/h, on pourrait avoir un facteur de retard de 10 heures pour un déversement à 100 m du torrent. Cela reste un calcul très empirique, on ne connaît pas strictement les conditions de transit. Cela laisse cependant supposer un facteur de retard de l'ordre de quelques heures. Cela a pour conséquence d'abattre une partie de la pollution, même si une majorité attendra rapidement le torrent.

Transit par le Torrent

Vitesse de transit correspondant à des conditions de débit de crue vicennale ou au plus forte de la fonte printanière.

Débit du torrent : $7 \text{ m}^3/\text{s}$, vitesse de transit = 3 m/s .

Temps de transit pour un accident à la Toura à 1400 m en amont du captage : environ 470 secondes (moins de 8 minutes).

Compte tenu des fortes vitesses, on ne prend pas en compte en effet dispersif du torrent (canal en V parfait).

Arrivée sur la plaine alluviale

Idem que pour le scénario 1. On considère 100% de la pollution dissoute dans l'eau infiltrée dans la plaine. L'effet de piégeage dans la zone non saturée n'existe pas dans le cas de la phase dissoute dans l'eau. La migration du polluant se fait rapidement.

Propagation de la phase dissoute

Idem scénario 1. La vitesse de transit réelle a pu être mesurée par traçage radial convergent autour des puits de pompage (pour rappel : forte transmissivité et porosité cinématique autour des puits). Cette vitesse (moyenne) est de $7 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, soit $2,5 \text{ m/h}$.

Si on considère une perméabilité globale de l'aquifère de $3 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ et une porosité cinématique de 5% (d'après résultats de l'essai de pompage), et un gradient de nappe de $1/1000$ (valeur sécuritaire), la vitesse de transit d'une particule dissoute dans l'eau dans l'aquifère est de $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$, soit $0,5 \text{ m/h}$.

Selon ces calculs, un polluant infiltré en amont de l'ombilic (à 250 m des captages) mettrait 19 jours pour arriver aux captages. Une pollution proche, comme par exemple par infiltration ans le lit du cours d'eau qui passe à proximité des deux puits mettrait quelques heures tout au plus.

Rappelons ici que l'on travaille sur une pollution organique qui contrairement à un volume fini de fuel, correspond à quantité d'effluents, dont les phases dissoutes (MES, Azote, Nitrates, DBO/DCO, Bactériologie) sont difficilement quantifiables. Cette quantité de pollution dépend de l'accumulation.

Dans le cas d'effluents, il y a une biodégradabilité naturelle :

- au niveau de la fosse même, par décantation/digestion d'une partie de la matière organique ;
- au niveau de transit des effluents vers le torrent, dans la zone non saturée et dans l'aquifère.

4.5.5 Bilan des conditions de transfert

Le tableau ci-dessous synthétise les conditions de transfert et les ordres de grandeurs des vitesses des phénomènes. Ces ordres de grandeur permettent d'adapter les mesures de prévention vis-à-vis d'une pollution accidentelle.

Evénement	Déversement depuis la zone source		Transfert dans l'ombilic	
	Transit depuis le point de déversement	Transit par le torrent	Rétention dans la ZNS	Transit dans l'aquifère
Scénario 1 Renversement d'un camion de fuel de 12 000 litres sur le chemin entre le Grand Plan et la Toura	Quelque secondes	Moins de deux minutes	Quelques heures, capacité de rétention insuffisante transit vers l'aquifère	Variable en fonction de l'écoulement du torrent de quelques heures à quelques jours
Scénario 2 Déversement accidentel d'une cuve de 50 m ³ d'effluent à la Toura	Facteur de retard de quelques minutes à quelques heures	Moins de 8 minutes	Nulle	

Tableau 11 : Bilan des conditions de transfert

La synthèse des conditions des transferts montrent dans les cas :

- un transit très rapide par le torrent, rendant impossible une intervention humaine sur le torrent (by-pass par exemple) ;
- l'insuffisance capacité de rétention de la zone non saturée au-dessus de l'aquifère dans l'ombilic où sont implantés les captages ;
- l'incertitude porte sur le temps de transit dans l'aquifère selon les conditions d'écoulement du torrent. Dans un scénario pessimiste (donc sécuritaire), ce temps reste de l'ordre de quelques heures. Les captages AEP seront donc irrémédiablement atteints sans une dépollution.

Notons que le scénario maximaliste d'une pollution durant l'été en condition de fonte de neiges n'est jamais concomitant avec le fonctionnement des captages qui sont uniquement en fonctionnement l'hiver en période d'afflux touristique.

5. Bilan des mesures de prévention

5.1 Mesures envisageables

Pour lutter contre les pollutions accidentelles au niveau des captages du Grand Nord plusieurs solutions préventives être envisagées.

- 1) Une gestion de crise à court terme pour atténuer, limiter ou empêcher une pollution de se propager, vers les captages. Cette gestion de crise passe par la réalisation d'un Plan d'Intervention en cas d'accident (chapitre 5.2).
- 2) Une meilleure protection des captages vis-à-vis du risque de pollution, avec deux grands axes de réflexion (Chapitre 5.3) :
 - a. Une protection active, c'est-à-dire que l'on intervient sur la source de pollution même par des mesures de restriction (pollution mobile) ou des mesures de confinement pour limiter les phénomènes dangereux.
 - b. Une protection passive, c'est-à-dire que l'on intervient non pas sur le polluant, mais sur le circuit de transit afin de limiter la propagation.

Les paragraphes qui suivent présentent des propositions d'actions de préventions pour la protection des captages du Grand Nord.

5.2 Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle

5.2.1 Contenu du plan

Le plan d'intervention se décompose généralement de la manière suivante :

Priorité de l'intervention	Objectifs	Contenu
1	Information /formation du personnel	Fiche d'indentification du captage, localisation des zones sensibles
2	Alerte	Liste des services et des personnes en peller en cas d'urgence
3	Dispositif d'urgence	Premiers travaux à mettre en œuvre Alimentation de secours de la population
4	Dispositif de dépollution	Entreprises spécialisées pour la dépollution

Tableau 12 : Etapes d'un plan d'intervention

Note importante : les paragraphes qui suivent présentent une proposition concrète de plan d'intervention. Ce plan devra faire l'objet d'indications très précises de la part du SIVOM des Deux Alpes et de son gestionnaire et dans tous les cas de figures, les informations relatives à ce plan devront être mise à jour autant que nécessaire.

5.2.2 Proposition de plan d'action

Volet 1 : Données générales :

Ces données concernent le captage, sa situation, le débit pompé, la population desservie, etc.

Toutes ces données seront réunies dans une fiche d'action qui présentera les indications suivantes :

Nom du captage : *captages AEP du Grand Nord.*

Localisation : *Grand Plan du Sautet*

Descriptif : *deux puits de pompage dans la plaine alluviale perméable, sans protection intrinsèque.*

Localisation et nature des zones à risques : *la totalité de l'ombilic du Grand Nord (perméable, pas de protection pédologique) est très vulnérable, ainsi que tout le chemin entre le Grand Nord, La Toura et le Jandri (transit très rapide des eaux du torrent se ré infiltrant dans l'ombilic).*

Note : la fiche devra présenter une carte avec la position des périmètres de protection (en cours) des zones sensibles (à reprendre du rapport de l'hydrogéologue agréé et/ou du DUP des captages).

Volet 2 : L'alerte

- 1) En priorité les services de la Police, de la Gendarmerie et des pompiers en cas d'accident par la ou les personnes sur place :

Police/secours: 17

Pompiers : 18

Gendarmerie des deux Alpes : 04 76 80 58 57

Police municipale (Mairie de Mont de Lans – les Deux Alpes) : 04 76 79 24 24

- 2) En second temps, les services gestionnaires par la personne sur place (ou à défaut les pompiers ou les gendarmes)

SIVOM des deux Alpes : 04 76 79 50 09

SDEI (Lyonnaise des Eaux) : 04 76 79 22 22

Mairie de Mont de Lans : 04 76 80 04 24

Mairie de Mont de Lans (annexe Les Deux Alpes): 04 76 79 24 24

Mairie de Venosc (annexe Les Deux Alpes) : 04 76 80 57 22

ecu le 24.10.2012

SIVOM
des 2 Alpes

Mise en conformité des captages d'eau potable

Pompages du Grand Nord – Grand Plan du Sautet
Commune de Mont de Lans

Rapport hydrogéologique

Septembre 2013

Jean-Pierre BOZONAT
Hydrogéologue agréé en matière
d'Hygiène publique pour le
département de l'Isère

1 Présentation et objet de l'intervention

Le présent rapport a été établi par Jean-Pierre Bozonat, Docteur en Géologie Appliquée, Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département de l'Isère, à la demande du SIVOM des 2 Alpes, représenté par son directeur technique M. Didier LECOT.

Ce rapport se propose d'examiner les conditions géologiques, hydrologiques et sanitaires des pompages du Grand Nord, situés à environ 3 km à l'est de la station, et à une altitude de l'ordre de 2300 m. Ces pompages se trouvent sur le territoire communal de Mont de Lans.

Le territoire syndical des 2 Alpes est actuellement alimentée par :

les captages de la Selle et les pompages du Grand Nord desservant le réseau principal.

Les captages de la Rivoire, La Faurie et la Danchère desservant respectivement les hameaux de La Rivoire et le Garein, la Faurie, les Travers et la Rollandière, la Danchère et les Ougiers. Cuculet est alimenté par le réseau principal ; son ancien captage, celui de la Pisse devrait être prochainement abandonné par la collectivité.

Les pompages de la Selle et du Grand Nord ne fonctionnent qu'en cas d'insuffisance des sources de la Selle, c'est-à-dire pendant la période de fréquentation de la station de sport d'hiver, laquelle s'étend de décembre à avril.

Les eaux de la ressource principale sont regroupées à la chambre de réunion des Crêtes où elles reçoivent un traitement au chlore et aux UV. À partir de cette chambre, un répartiteur permet de diriger le flot vers 3 réservoirs :

- les 2 Alpes (1000 m³)
Zac du Soleil (500 m³)
- Clos des Fonds (1000 m³)

Le trop plein de ce dernier alimente un réservoir de 1500 m³ lequel dessert en cascade plusieurs stockages cotés Romanche : Bons (500 m³) Ponteil (110 m³) Chambon (15 1113), Cuculet (150 1113).

L'ouvrage des deux Alpes est relié aux réservoirs de la Ville/Venosc (500 m³), l'Alleau (100 m³) et le Collet (20 m³)

- Les débits d'exploitation du réseau principal sont les suivants :

	Volume moyen journalier	Volume maximal journalier	Volume annuel
La Selle	2240 m ³	3670 m ³	818450 m ³
Le Grand Nord	150 m ³	1270 m ³	55000 m ³
Total	2390 m ³	4940 m ³	873450 m ³

Les besoins futurs de pointe de l'ensemble de la collectivité sont estimés à 6350 m³/j.

Le rendement du réseau d'adduction des 2 Alpes est estimé à 97%. Le rendement de distribution net est estimé à 62-70 % suivant les années.

- Afin de sécuriser l'alimentation du secteur de Venosc, le forage d'essai de l'Alleau serait équipé pour alimenter le réservoir de la Ville.

L'examen du site et de son environnement s'est déroulé le 12 octobre 2009 en présence de :

Bernard ANXIONNAZ de l'Agence Régionale de Santé
 Jérôme BIJU-DUVAL de la Direction Départementale des territoires.
 Florence MOR A du cabinet Alp'Etudes
 Didier LECOT du SIVOM des 2 Alpes
 Patrice PELORCE de la SDEI, société fermière du réseau.

La définition du contexte, des enjeux et des moyens de sécurisation a nécessité de notre part :

La tenue de 2 réunions complémentaires, la première au siège de la communauté de communes (8 mars 2011), la seconde à l'ARS (11 mai 2012)
 L'élaboration d'un cahier des charges d'études hydrologiques de détail
 La définition d'un protocole particulier de protection

2 Situation géographique et configuration des ouvrages

- Le pompage se trouve dans une petite plaine alluviale que traverse le ruisseau du Plan. Un verrou rocheux marque la limite aval de cette dépression. Il domine deux retenues, le lac du Plan et le lac du Grand Plan du Saute!, ouvrages dont la capacité a été augmentée par édification de digues.

Le pompage regroupe 2 forages situés dans des bâtiments distincts :

- o Forage ouest - 11°1
 X=0901,303 (Lambert II étendu)
 Y= 307,209
 Z= 2314 mNGF
 Références cadastrales = parcelle 11°56
 Section E

- o Forage est - n°2
 X= 0901,307 (Lambert II étendu)
 Y= 307,205
 Z= 2314 m NGF
 Références cadastrales= parcelle 11°56
 Section E

Les eaux pompées rejoignent une conduite d'adduction et sont dirigées vers l'ouvrage des Crêtes où elles sont traitées. Dans le bâtiment de forage n°2 se trouvent deux pompes qui alimentent en eau brute, et par refoulement trois restaurants d'altitude : la Toura, le Panorama et le Diable au Cœur.

Les caractéristiques des forages sont résumées par le tableau ci-dessous :

	Forage ouest n°1	Forage Est 11°2
Diamètre (mm)	300 (acier)	600
Profondeur (m)	22,22	22,20
Crépine (m)	6,20 - 18,20m	5,20 - 22,20
Pompes (m ³ /h)	50	64 + 66

Chaque forage dispose d'un bâtiment chauffé. La maçonnerie et l'huissierie sont en bon état. Aucun des locaux n'est équipé d'avertisseur d'intrusion.

3 Contexte hydrogéologique

31. • Nature des terrains

311. ...Le substratum rocheux

- Le socle cristallin est représenté par des gneiss granitoïdes plus ou moins micacés au sein desquels on rencontre des enclaves de micaschistes.
- Le Trias de la zone dauphinoise est mince et discordant sur les terrains cristallins et houillers. Il est souvent réduit et laminé tectoniquement. Il comprend ;

des grès et conglomérats à la base (quelques mètres),
des dolomies et calcaires dolomitiques (Muschelkalk) ; quelques dizaines de mètres,
des cargneules, dolomies, schistes versicolores (Keuper),
des gypses, associés aux cargneules, en lentilles le long des contacts anonaux.
- Le Lias calcaire est constitué de calcaires compacts en bancs minces séparés par des lits schisteux plus ou moins épais. La formation épaisse d'une centaine de mètres correspondrait aux étages Hettangien, Sinémurien et Carixien.
- Le Lias schisteux se présente comme une épaisse série de schistes argilo-calcaires plutôt sombres à rares bancs calcaires. L'ensemble est daté du Domérien et du Toarcien.

312. ...Les formations supérieures

Il s'agit de sédiments meubles, et récents (quaternaires)

- Eboulis actuels ; dépôts de pente dus à la gravité, associant blocs, cailloutis et matériaux fins. Il s'y déroule plusieurs types de ségrégation des éléments ;
. chenalisation le long des couloirs momentanément actifs,
. tri gravitaire des gros blocs.
- Eboulis à gros blocs, écroulements ; dépôts similaires aux précédents, mais beaucoup moins ordonnés. Les blocs peuvent être de grande taille marquant des événements ponctuels et brutaux.
- Alluvions modernes / tourbières : Il s'agit de dépôt de cailloutis plus ou moins colmatés recouverts de formations tourbeuses. Le cailloutis est fréquemment à dominante schisteuse.

32. • Structure des terrains

321 Généralités

- Le secteur permet d'observer la surface de la pénéplaine antétriasique déformée ; anticlinal du Grand Plan à cœur gneissique, déversé en genou vers l'ouest. La route de ce pli supporte une butte témoin de Lias, le sommet de la Belle Étoile.
- Au sein du socle, la tectonique et le métamorphisme se sont traduits par :
 - des flexions et torsions sous l'effet du raccourcissement est-ouest,
 - des fractures essentiellement méridiennes découpant le massif en claveaux. Le tracé des failles se traduit dans le relief par de profonds ravins.
 - des écaillages et chevauchements,

l'apparition de fentes à cristaux dans les terrains cristallins, mais aussi à la base au moins de la série sédimentaire.

La dépression du Grand Nord est encadrée par :

le socle cristallin au nord-ouest (lac du Plan) et au sud-est (les Ecarcaliats),
le Lias calcaire au nord-est (la Belle Etoile) et au sud-ouest (le Rochas).

- La couverture sédimentaire constitue un placage discontinu sur le socle ; décollée au niveau du Trias supérieur, elle se plisse assez fortement dans les horizons liasiques.

Les terrains triasiques et liasiques sont repliés à différentes échelles suivant des axes méridiens avec de nombreuses complications de détail. Les formations non compétentes sont affectées d'une schistosité dense de direction N0° à N45°.

Plusieurs sommets ou crêtes du bassin sont constitués de terrains mésozoïques :

- Tête Moule : calcaires liasiques
- crête du Diable : Trias dolomitique et Lias calcaire
- col des Gourses : calcaires liasiques

On rencontre également des formations secondaires le long des dépressions :

bordure orientale du Lac du Grand Plan
Bande centrale des Ecarcaliats
Vallon des « restaurants »

322 Fracturation

- Plusieurs accidents d'ampleur kilométrique parcourent le massif :
la faille de la Montagne de Rochas, subméridienne qui longe le lac du Grand Plan,
la faille du Col des Gourses, subverticale, remontant le Trias oriental contre le Lias du bloc ouest.

En règle générale l'action conjuguée des différents plans de fracture conduit à abaisser les compartiments occidentaux en une série de marches d'escalier.

L'interprétation des photographies aériennes permet d'identifier et de recenser de nombreuses fractures hectométriques affectant principalement les terrains cristallins ; les roches sédimentaires recouvertes de terrains d'altération et beaucoup moins résistantes, tendent à amortir les tracés développés dans le socle. Les principales directions de fracturation sont les suivantes :

- NO -N10° ; dominante,
- N40 -N50°,
- N 150 -N160°,
- N70 -N100°.

Dans les secteurs à forte densité de diaclases, on dénombre plus de 4 fractures kilométriques à l'hectare (présentant des longueurs cumulées de 300 à 400 m.)
La distension prévaut suivant les axes méridiens et rhombogonaux.

323 Formations sélénitiques

- Les éboulis occupent de vastes surfaces :
piémonts occidentaux et méridionaux de la Belle Etoile,
- flanc nord de la Montagne de Rochas.

Les alluvions récentes occupent la position axiale du talweg. La plaine alluviale mesure entre 80 et 150 m de large pour une longueur de l'ordre de 400 m. Il s'agit d'un ombilic glaciaire remblayé de matériaux détritiques : éboulis et surtout alluvions du torrent du Grand Plan. Les investigations conduites par la DDAF de l'Isère ont montré que la granulométrie du remplissage diminuait d'amont vers l'aval comme dans tout cône de déjection. Parallèlement la taille des sédiments diminue du bas vers le haut et des lentilles argileuses s'intercalent dans la masse.

Le replat est limité au nord-ouest par le socle cristallin compact et peu fracturé qui dessine un versant à priori étanche, lequel supporte une piste en remblai. À l'extrémité nord, le ruisseau du Plan a réalisé une entaille qui constitue l'exutoire de toutes les écoulements de la dépression.

Les études géophysiques ont permis de constater que le substratum du Grand Plan est en fait affecté par deux enfoncements. Le premier situé en amont est le plus important (profondeur supérieure à 20 m) et son remplissage est très perméable. Les 2 forages y sont implantés.

Le second montre des sédiments de faible résistivité (105 à 135 $\Omega \cdot m$) signe d'une composante argilo-limoneuse. L'épaisseur de matériaux meubles y est moindre (12 m au maximum).

Le seuil séparant les deux entités se trouve au droit du resserrement rocheux entre Belle Etoile et le maît cristallophyllien du Lac du Plan.

- Une digue transversale a été édifiée dans la partie amont de la plaine alluviale ; elle a pour fonction de constituer une isolation thermique de la conduite d'eau potable sous-jacente. Cet ouvrage constitue une barrière à l'écoulement des eaux venant du versant. Pour corriger ce défaut un exutoire a été ménagé dans sa partie sud, mais avec une section de passage insuffisante.

Le dispositif pénalise le captage car il détourne les eaux superficielles dans sa direction au lieu de les éloigner vers le nord, comme cela avait été préconisé par M Jean Sanot-Reynaud (1996).

33. Ecoulements souterrains

331 Propriétés hydrologiques des terrains

331J Substratum rocheux

- Les roches du socle cristallin sont très peu perméables dans leur masse. Les eaux y circulent dans la frange superficielle altérée et décomprimée ou bien le long des fractures de la roche.

La perméabilité des tronçons affectés de fractures productrices isolées ou de zones assez étroites plus fissurées est estimée à 10^{-7} m/s.

Parallèlement existent des couloirs très fracturés dont les perméabilités ont été approchées à 10^{-6} m/s / 10^{-5} m/s (voir 10^{-4} m/s)

Les observations montrent qu'en général les écoulements au sein des masses cristallines se font conformément à la pente des versants, la tranche conductrice restant en première approximation parallèle à ces derniers.

- Le Trias détritique peut présenter des conductivités hydrauliques significatives : néanmoins son épaisseur modeste ne lui permet de jouer qu'un rôle hydrologique réduit.
- Les dolomies et calcaires dolomitiques peuvent constituer un aquifère notable. Ces formations connaissent parfois développement de type karstique lorsque les phénomènes de dissolution y deviennent prépondérants
- Les schistes dolomitiques du Trias et les marnes du Domérien-Toarcien peuvent être considérées comme imperméables ($K < 10^{-8}$ m/s)
- Le Lias calcaire et marno-calcaire est en principe peu perméable. Toutefois se développent des écoulements hypodenniques dans les premiers mètres d'altération. En profondeur, s'instaurent des circulations le long de certaines fractures (décrochements par exemple) sans que l'on puisse pour autant évoquer un véritable aquifère de fissures.
La perméabilité d'un tel milieu a pu être estimée à 10^{-5} m/s. Les séries calcaires très tectonisées sont dotées d'une perméabilité de diaclases notable.

3.3.12 Formations Sifpelficielles

- Les éboulis montrent le plus souvent des perméabilités assez fortes liées à des granulométries plutôt élevées. Font exception les éboulis fins dérivant de schistes ou de marnes.
Les circulations s'y enfoncent avec la pente du versant. Elles empruntent les chenaux les plus grossiers, s'écoulent sur les lits colmatés ou à l'interface avec le substratum.
- Les alluvions récentes sont le siège d'écoulement d'interstices intéressant toute la masse saturée du sédiment. Les dépôts caillouteux propres montrent des perméabilités de l'ordre de 10^{-3} m/s. Leur résistivité est faible (entre 500 et 1000 Ohm). Cette tendance est observable dans les secteurs amont des cuvettes de remplissage.
Les interprétations d'essais de pompage conduisent aux résultats suivants :
 $K = 8 \cdot 10^{-4}$ m/s
Dans les parties aval des comblements, les graviers deviennent très argileux et leur perméabilité diminue considérablement.
- Nous disposons de données plus complètes pour le secteur du Grand Nord
Suite à une série de jaugeages différentiels, Jérôme Biju-Duval a estimé le débit de la nappe (60 l/s) et la perméabilité moyenne des alluvions (1 à $1,3 \cdot 10^{-3}$ m/s). Les chenaux les plus grossiers offrent certainement des caractéristiques beaucoup plus élevées ($K = 2,17 \cdot 10^{-2}$ m/s mesuré par Hydroforages sur le forage 11°2)

Un essai de pompage a été réalisé en août 2011 par Burgeap. La transmissivité moyenne est évaluée entre $3,1$ et $3,5 \cdot 10^{-2}$ m/s, ce qui confirme l'ordre de grandeur des perméabilités citées ci-dessus ($K = 2 \cdot 10^{-1}$ m/s).

Cet essai montre quelques particularités :

- Différence infime de rabattement entre les puits et les piézomètres
- Présence d'un axe drainant passant par P1 et Pz2
- Influence de limites étanches au bout d'une centaine d'heures de pompage
- Abaissement généralisé de la nappe au terme d'un essai de 4 jours à $Q = 122,8$ m³/h ; $t_r = 10-12$ cm.

Les valeurs des coefficients d'emménagement s'échelonnent entre 2,4 et 30%

- Un essai de traçage entre P 1 et P2 a conduit à déterminer les paramètres hydrodispersifs suivants :
 - o Dispersivité longitudinale = 6m
 - o Porosité cinématique = 30%
 - o Vitesse de transit = 7.10^{-4} m/s (2,5 m/h)

(Interprétation en mode radial convergent)

332 Schéma focal des écoulements du bassin

a) généralités

- L'ombilic du Grand Nord se trouve à l'aval d'un bassin hydrographique qui s'étend jusqu'aux crêtes de la Belle Etoile, au col de Gourses, à la tête du Lac Noir, aux flancs du Jandri, à la Tête de la Toura, au Pic du Diable et à la Montagne du Rachas. La partie axiale de l'impluvium est parcourue par le torrent du Plan et ses affluents. S'y observe la majeure partie des formations quaternaires : éboulis de toute nature, alluvions torrentielles et glaciaires.
Les crêtes sont majoritairement occupées par les formations du substratum, plutôt cristallines à l'est et au nord-ouest, sédimentaires ailleurs.
Les précipitations qui tombent sur le bassin ont tendance à ruisseler ou à peu s'infiltrer dans les formations du substratum. Les écoulements convergent vers le bas du bassin où les formations superficielles jouent un rôle de magasin et où se constitue une nappe locale.

b) la nappe du Grand Nord

Celle-ci est alimentée par :

- Le torrent du Plan, qui s'infiltré en totalité (sauf en crue) dans son cône de déjection. A l'amont du site, le torrent traverse un verrou rocheux extrêmement fracturé et il est possible qu'à ce niveau des écoulements non négligeables se produisent en profondeur.
- De nombreuses sources émergent d'une falaise de roches cristallines très fracturée, légèrement à l'amont du site.
- Le couloir nord du Rachas garni d'éboulis.
- Les éboulis du versant nord-ouest de la Belle Etoile.

Le fonctionnement de la nappe doit être expliqué à la lumière de l'histoire du site. Initialement l'ombilic du Grand Plan formait un ensemble en forme de L et le Lac du Grand Plan du Sautet n'existait pas. Dans cette extrémité nord affleuraient des dépôts argileux à tendance marécageuse.

La retenue du Grand Plan du Sautet a été réalisée dans les années quatre-vingt (1987). La cuvette naturelle a été fermée par deux ouvrages : une digue en enrochements au Nord, un mur en béton coté ouest. La finalité de ce plan d'eau est double :

Limiter le battement de la nappe du Grand Nord
Approvisionner une unité de production de neige de culture

Sur le verrou séparant les 2 demi-ombilics a été établi le remblai d'assise de la piste conduisant à la Selle. Plusieurs buses de communication ont été mise en place :

hautes, assurant le transit des eaux du ruisseau et de la nappe élevée vers le lac,

basses, permettant l'alimentation de l'aquifère supérieur par le lac, lorsque celui-ci se trouve à son niveau supérieur.

Ainsi, la cote de la nappe se trouve en première approximation déterminée par la cote du lac. Elle bénéficie toutefois d'une indépendance vis-à-vis de la réserve tampon à partir de la cote -2,5m.

Les suivis du battement de la nappe en période de pompage hivernal montrent qu'en début d'hiver le niveau AEP oscille entre -1,1 et -1,4m ; à partir de février le niveau de nappe est en dessous -2,5m ; il descend jusqu'à -5/-7 m au printemps.

On retiendra que la nappe :

- est très peu profonde (de l'ordre du mètre en hautes eaux au droit des forages)
- qu'elle présente un profil très plat du fait de sa configuration hydraulique aval.

Sa réserve est estimée à 40 000 m³, alors que le prélèvement annuel oscille entre 55 000 et 60 000 m³.

Les données piézométriques sont rares. En aout 2011 les profondeurs de la nappe par rapport au sommet des tubes (I', H # 0,50m) étaient les suivantes :

Forage 11° 1	0,75m
Forage 11° 2	0,75m
Pz 1 centre de la cuvette	2,28m
Pz 2 flanc sud-est	4,85m
Pz 3 partie sud	5,85m

Le gradient hydraulique calculé à partir de ces données est compris entre 0,1‰ et 1 ‰.

c) le ton-ent du Plan

- Sa relation étroite avec l'aquifère du Grand Plan a nécessité un examen approfondi de son hydrologie. (Rapport d'études Burgeap du 30/05/2012)

L'impluvium représente une surface de 3,56 km² comprise entre 3 067 et 2 320 m NGF. Le bassin est majoritairement couvert de prairies ou d'affleurements rocheux. Il ne compte pas de neiges pérennes ou glaciers mais quelques petits lacs.

Il est fortement anthropisé et sa pente moyenne est forte (19,5%).

Le lit du talweg principal et de plusieurs de ses affluents a été calibré et bétonné. Les traversées de voirie ont été largement busées.

L'exutoire dans l'ombilic du Grand Nord constitue un déversoir calibré.

- Les débits moyens mensuels ont été estimés par P.Y Fafournoux (1/s)

J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
9,4	9,4	9,4	66,7	153	195	178	111	73,6	62,6	47,0	14,1

Module= 77,5 l/s

Le régime est de type nivo-pluvial, traduit par un étiage hivernal marqué et de très forts apports du printemps/ début d'été. Le volume annuel écoulé représente 2 455 000 m³.

- Les débits de pointe sont importants :

QIO (décennal) = 4 m³/s

Q100 (centennal) = 16,7 m³/s

Du fait de la très forte hiérarchisation du réseau hydrographique, de sa pente et d'une cascade d'aménagement inconsiderés, le temps de concentration du bassin est très court : 24 minutes.

La durée de transfert entre la Toura 2600 et l'ombilic, sur une distance de 1 400m, est de quelques minutes :

Débit (m ³ /s)	Temps de transit (mn)
2,5	11
9,5	7
21,1	6

Ces résultats montrent toute la difficulté à intervenir dans des délais opérationnels.

On notera que le chenal très lisse, favorise des écoulements laminaires, peu favorables à la dispersion des polluants.

333 Débits-Ressources

- Le débit total du pompage peut atteindre 180 m³/h. Le dispositif ne fonctionne que pendant la saison hivernale sur environ 5 mois. Le volume annuel pompé oscille entre 30 000 et 100 000 m³ (moyenne 1999- 2008 = 65 000 m³),

Le débit d'étiage de la nappe n'est pas estimé de manière précise. Mais on peut considérer qu'en période hivernale, la réalimentation de l'ombilic est très faible et imputable aux quelques sources périphériques (qq l/s).

Un appât de secours a été mis en place :

pompage depuis le lac du Plan,
capacité = 50m³/h ; date de réalisation:1983.

pompage depuis le Grand Plan du Sautet ,
capacité = 100 m³/h.

Date de réalisation= 1987

Le système n'a jamais dû être utilisé.

- A terme les besoins représentent :
75 000 m³/an,
4 320 m³/j en pointe.

Ces besoins peuvent être satisfaits par

une ressource abondante : part infiltrée/ stockée des 2,5 Mm³ issus de l'impluvium au printemps pendant la période de fonte du manteau neigeux,

des équipements suffisamment dimensionnés (rabattement limité, régime critique non atteint lors des essais, stabilisation rapide à chaque palier)

- un aquifère très transmissif,

une possibilité d'alimentation de secours.

- Toutefois on gardera à l'esprit que pendant l'exploitation l'aquifère ne se recharge pas ou très peu. Les premières estimations de la réserve (40 000 111³) ne suffisent pas aux besoins futurs.

Nous avons réévalué la capacité du magasin en nous basant sur les coupes-type du remplissage. Le volume de sédiment de l'ombilic serait de l'ordre de 450 000 m³. En tablant sur une porosité prudente de 15%, la réserve à saturation représenterait 67500111³ ; cette valeur tend vers l'objectif, (80 000 m³ = 65 000 x 1,3) compte tenu des apports résiduels probables.

On mesure aussi que les durées de pompage doivent être optimisées en fonction des apports de la Selle, afin de ne vidanger la réserve qu'au plus juste. Les derniers piézomètres posés pourraient être équipés afin d'exercer une gestion de stocks en temps réels. Bases moyennes de pompage= 4h par jour en moyenne ; 6h/j sur 3mois.

- La méconnaissance des débits réellement transités, couplée à un mode de fonctionnement particulier ne permet pas d'appréhender directement la superficie du bassin versant.

Toutefois étant donnée la nature des terrains et leur configuration, on peut approximativement superposer bassins géographique et hydrogéologique.

A priori le système est conservatif.

Les pertes qui peuvent apparaître au niveau de la Toura pourraient plus ou moins directement alimenter l'ombilic. Mais elles pourraient également cheminer vers le nord en direction de la Selle, le long du couloir de fractures méridiennes du Col des Gourses.

En tout état de cause le bilan hydrique global n'en serait pas sensiblement altéré.

4 Qualité des eaux

Nous disposons d'une analyse complète sur eau brute. (Prélèvement du 26 juillet 2005)

Paramètre	Unité	Valeur
pH	upH	7,70
Conductivité	$\mu\text{S cm}^{-1}$	162
Turbidité	u NFU	0,14
TAC	o f	6,7
COT	mg/l	<0,30
Calcium	mg/l	27
Magnésium	mg/l	1,2
Sodium	mg/l	0,31
Potassium	mol/l	0,15
Hydrogénocarbonates	mg/l	82
Chlorures	mg/l	<0,5
Sulfates	mg/l	1
Orthophosphates	mg/l	<0,02
Ammonium	mg/l	<0,02
Nitrates	mg/l	1,1
Nitrites	mg/l	<0,02
Indice hydrocarbures	mg/l	<0,050
Fer dissous	$\mu\text{g/l}$	<50
Manganèse	$\mu\text{g/l}$	<10
Antimoine	$\mu\text{g/l}$	<5
Arsenic	$\mu\text{g/l}$	<3
Bore total	$\mu\text{g/l}$	<20
Cadmium	$\mu\text{g/l}$	<0,5
Nickel	$\mu\text{g/l}$	<5
Sélénium	$\mu\text{g/l}$	<5
Trichloréthylène tetrachloroéthylène	$\mu\text{g/l}$	< seuils
Pesticides organochlorés et PCB	$\mu\text{g/l}$	<seuils
Pesticides phénylurées	$\mu\text{g/l}$	<seuils
Pesticides azotés	1w/l	<seuils
Coliformes totaux	UFC/100 ml	0
Escherichia coli	UFC/100 ml	0
Entérocoques	UFC/100 ml	0
Dose Totale indicative de radioactivité	mSv/an	<0,10

Les eaux sont peu minéralisées et agressives. Elles sont essentiellement bicarbonatées calciques. Elles présentent des teneurs insignifiantes en sulfates contrairement aux autres eaux du massif. Le rôle des évaporites y est donc extrêmement réduit.

On ne relève pas de trace probante de micropolluants, qu'ils soient organiques ou métalliques. L'indice d'échange de base est nul ce qui indique qu'il y a peu d'échange au contact de la roche magasin.

Aucun indice de pollution bactérienne n'apparaît.

- Les statistiques de l'ARS pour la période 2004- 2007 confirment les observations ci-dessus.

Conductivité = 158 $\mu\text{S cm}^{-1}$; coefficient de variation = 0,135

Turbidité = 0,11 u NTU ; cv = 0,21

Esc. Coli = 2 non conformités sur 7

Entérocoques = 3 non conformités sur 7

La minéralisation et la chimie de base varie légèrement au cours de l'année et traduisent la multiplicité des conditions d'apports à l'aquifère. Les non-conformités bactériologiques soulignent la vulnérabilité de la nappe de Grand Plan.

- Les analyses fournies par Alp'Etudes pour les années 2007 et 2008 portent sur de l'eau distribuée, donc désinfectée probablement par U.V. Cent pourcents (100 %) des résultats sont conformes aux critères réglementaires ce qui marque l'efficacité du traitement mis en place. Les concentrations en fluor sont comprises entre 0,5 et 1,5 mg/l.
La minéralisation varie dans les mêmes proportions que ci-dessus.

S vulnérabilité aux pollutions

Sl. • vulnérabilité intrinsèque de l'aquifère de Grand. Plan

- Les coupes de forages sont les suivantes

Forage n°1	0,0 – 20,3 m : éboulis calcaire et blocs, 20,3 – 21,0 m : argile à galet et blocs. Niveau statique : 1,40 m.
Forage n°2	0,0 – 0,5 m : terre graveleuse, 0,5 – 2,0 m : éboulis et schistes talusés, 2,0 – 21,0 m : éboulis, blocs et graves 21,0 – 22,20 : limons sableux. Niveau statique : 1,83 m

La nappe est très vulnérable car :
elle est peu profonde,

elle ne dispose pas d'une couverture protectrice,
 les vitesses de circulation au sein de l'aquifère sont élevées,
 la dépression est alimentée et traversée par un cours d'eau pouvant véhiculer des
 pollutions dans des durées très brèves.

52. inventaire des sources de pollution dans le bassin d'alimentation

52J occupation du sol

Prairie = 20% (pâturage estival des moutons)
 Zones marécageuses = 10% (lacs du Plan, du Grand Plan du Sautel, Lac Noir ...)
 Rochers et éboulis = 70%

522 Équipements ou activités potentiellement polluants

- Eaux usées des équipements recevant du public

Lieu	Equipements	
	Eaux vannes	Eaux ménagères
Local personnel	Toilettes sèches + cuve	
Restaurant personnel	Toilettes+ fosse de 250 m' au Jandri (hors BV)	
Restaurants le Panoramique	Toilette + 2 cuves en béton	Infiltration dans le terrain naturel
Restaurant la Toura	Toilettes + 4 cuves de 50m'	Bac à graisse Tranchées d'infiltration de 80ml

- Stockages et usages d'hydrocarbures

Lieu	Equipements	Particularités
Le Jandri	Cuves enterrées 260 m ³ de fioul	Double paroi
La Toura	5 cuves enterrées de 50m ³ de fioul	Double paroi + alarme
	2 cuves enterrées de 50m' de fioul	Double paroi
Garages et ateliers la Toura	Stockage et usage de lubrifiants, huiles hydrauliques, produits d'entretien ...	Collecte superficielle ; séparation d'hydrocarbures et puits d'infiltration
Pompe à carburant	Distribution de carburant	Arrêt automatique
Groupes de secours des remontées mécaniques	Stockage de 20 à 30l de carburant par groupe	

Poste	Moyens	Rotations
Evacuation des eaux usées = 550m' par an	Camion citerne de 12111 ³	46, fin août
Livraison de carburant= de l'ordre de 600m ³	Camion citerne de 12 m ³	50, fin août- début septembre

• R
a
v
i
t
a

illement/ Evacuation

- Trafics divers
 - o Entretien des pistes
 - o Secours
 - o Divers transport
 - o Trial, Quad, 4X4
 - o Hélicoptage
- Pastoralisme
 - o Pas de bergerie, ni d'abreuvoir
 - o Estive de 1 500 moutons sur 3 sites = le Bosset, les Clots et Malaprésure

Cet inventaire appelle quelques commentaires :

l'étanchéité des cuves d'eau usées n'est pas prouvée,

la présence d'alarme sur toutes les cuves d'hydrocarbure n'est pas affichée,

les eaux de ruissellement du poste de distribution de carburants ne semblent pas traitées,

le poste le plus accidentogène concerne le ravitaillement et l'évacuation, d'autant que les opérations sont réalisées de manière concomitantes sur une piste pentue, peu carrossable et dépourvue d'équipement anti-déversement.

53. anaLYse des risques

Burgeap a retenu les événements les plus dommageables pour le pompage :

1. Déversement accidentel d'un volume de fuel amené par un camion de ravitaillement,

2. Vidange ou déversement accidentel d'une cuve de stockage d'effluent à la Toura (50111').

531 déversement accidentel defiou/

La configuration de l'accident et du terrain amène à la pollution de la nappe, par une « galette » d'hydrocarbure s'étirant à l'interface entre zones saturée et non saturée. Le polluant atteindrait le pompage entre quelques heures (infiltration du cours d'eau à proximité) et 19 jours.

Les concentrations en benzène seraient comprises entre 13 et 190 µg/l, alors que la limite de qualité des eaux de consommation humaine est de 1 µg/l.

Le captage serait condamné et sa réhabilitation délicate et longue.

532 déversement accidentel d'eau usée

Les temps de transfert dans l'aquifère sont les mêmes que ci-dessus. La nappe est polluée dans des proportions notables (matières oxydables, matières azotées, phosphates mais surtout pollution bactérienne).

Toutefois la contamination engendrée est moins rémanente que la précédente et une autoépuration pourrait s'opérer par recyclage des eaux de l'aquifère sur des lagunes estivales (bassins temporaires de traitement disposant d'une étanchéité artificielle du fond).

Il faudrait néanmoins un ou plusieurs cycles pour un retour à la normale.

6 Mesures à mettre en œuvre

61. Travaux

Les travaux suivants devront être entrepris :

- Forage 11°1
 - o Obturer l'orifice présent au pied de la porte d'accès,
 - o rehausser le seuil de cette porte,
 - o Rehausser le tube du forage avec une virole en inox (hauteur minimale 0,50m).
- Forages 11°1 et 2, point de réalimentation
 - o A la fonte du manteau neigeux mise en place d'une clôture dissuasive et amovible suivant le contour du périmètre de protection immédiate. (cf ci-dessous)
- Proximité du pompage
 - o Déplacer le point bas de la digue de protection thermique AEP vers le nord, de manière à écarter les écoulements superficiels du captage ;

aménager une section de passage supérieure à celles de 3 buses d'exutoire au lac, ceci pour éviter la formation temporaire d'une étendue d'eau dans la partie amont de l'ombilic.

- Equiper la piste parcourant la digue entre lac et ombilic amont de merlons de terre sur les 2 accotements.
- Réaliser un dispositif de protection active de la nappe du Grand Nord pendant les phases de ravitaillement / évacuation du site de la Toura 2 600m. ce dispositif comprendra :
 - o Un ouvrage de dérivation du torrent du Plan, à l'amont immédiat de la zone d'infiltration,
 - o Une capacité de rétention égale à 2x le volume d'une citerne soit 25 m' environ,
 - o D'un système de vidange de la cuve et restitution au lit naturel.

Le niveau supérieur de la rétention sera calé en dessous du fil d'eau de bas débit au droit de la dérivation. Celle-ci comprendra un piège à embâcles et un dessableur. La capacité mise à disposition devra pouvoir être vidangée par des moyens simples et rapides. La vanne de dérivation devra pouvoir être télécommandée pour une meilleure gestion et une réactivité optimale.

- Tous les stockages d'hydrocarbures seront pourvus d'une alarme de niveau haut et de détection de fuite. Les petites capacités (secours des remontées) seront doublées de bacs de rétention fixes de volume équivalent.
- L'étanchéité des cuves de stockages d'eau usée sera vérifiée; éventuellement des mesures seront mises en œuvre pour garantir une perméabilité d'interface inférieure à 10^{-8} m/s
- Le poste de distribution de carburant sera entouré d'une surface étanche équipée d'un caniveau périphérique et système de restitution (séparateur + ouvrage de fuite)

Le bon fonctionnement de l'ensemble des dispositifs sera testé à fréquence annuelle, avant les phases d'évacuation/ ravitaillement.

62. Protections surfaciques

621 zones de protection immédiate

Celles-ci couvrent les abords des ouvrages de pompage et d'injection avec une marge de sécurité d'une dizaine de mètres.

Elles correspondent aux parcelles :

56p (F 1 et F2),

52p, 57p, torrent du Plan (Pi) ,

de la section E1.

Les coordonnées Lambert de la zone d'injection sont approximativement les suivantes :

X=90 1,44 et Y=307, 13 . Ces données seront précisées par un levé topographique de détail

Ces zones seront acquises en pleine propriété. Y seront strictement interdits, toute activité, toute installation et tout dépôt, à l'exception des travaux d'exploitation et de contrôle des points d'eau.

L'entretien de ces zones, qui devrait être limité, s'effectuera à la demande et exclusivement par des moyens mécaniques, à l'exclusion de l'usage de produits phytosanitaires.

622 .zone de protection rapprochée

a) Emprise

- Une première estimation de l'extension de cette zone peut être fournie par la distance au sol correspondant à un temps de transfert à 30 jours. Pour un dispositif de pompage, on utilise la méthode de Wyssling

Paramètres du calcul :

$K= 2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$

$b= 1 \text{ m}$,

$i= 10^{-3}$.

$e= 5\%$.

Distance de protection à 30j (m)	Débit nominal (180111 ³ /h)	Débit moyen (27,5 mJ/h)
SO amont	292	159
Su aval	188	55,3

Cette méthode ne donne qu'un ordre de grandeur dans ce cas particulier, car pendant l'hiver la nappe est très plate et peu rechargée. Nous retiendrons néanmoins qu'en accord avec les résultats obtenus, tout l'ombilic doit être protégé.

- La deuxième approche doit tenir compte des singularités du terrain et des aménagements. Doivent également être particulièrement protégés :
 - o le secteur d'infiltration du torrent du Plan
 - o les lacs du Plan et du Grand Plan du Sautel qui contribuent à l'alimentation de l'aquifère par apports gravitaires ou fonctionnement des groupes de pompes de secours.

La zone de protection rapprochée aura pour sa partie aval un contour similaire à celui proposé par J. Sarrot- Reynauld dans son rapport de 1996. A l'amont nous proposons de l'étendre jusqu'au secteur de perte du torrent.

Cette zone couvrira les parcelles suivantes :

48p, 52p, 53p, 55p,
56, 57p, 58,
59p, 60

de la section E I de la commue de Mont de Lans.

b) Règlement

A l'intérieur de la zone de protection rapprochée sont interdits :

- La circulation motorisée à l'exception :
 - + du service des captages et de l'alimentation en eaux potable
 - + des services de secours.
 - + de l'exploitation des pistes, remontées mécaniques et lieux d'accueil.

Les engins alors utilisés disposeront en permanence :

- + de moyens de télécommunication redondants,
- + d'un kit de dépollution.

Un plan d'intervention de secours sera élaboré qui organisera :

- + les moyens humains,
 - + les engins de déblaiement et d'emp0ti,
 - + un lieu de stockage provisoire situé à l'aval de la ressource,
 - + le suivi analytique de cette ressource.
- toute construction susceptible de nuire à l'écoulement ou à la qualité des eaux, la création de voie, piste ou parking, les rejets d'eau usée, les stockages et canalisation de tout produit susceptible de polluer les eaux, y compris les stockages temporaires, le dépôt de déchets de tout type,
 - l'épandage de matière organique ou de produit phytosanitaire, le pâturage, les affouillements, le prélèvement d'eau, la création d'abreuvoir, le camping et le bivouac.

623 Zones de protection éloignée

a) Emprise.

Celle-ci englobe les zones précédentes et s'étend sur l'ensemble du bassin versant superficiel

b) Règlement

Dans ce secteur seront soumis à avis favorable d'expert les projets de type suivants:

- stockage temporaire de produits potentiellement polluants
- équipement ou construction nécessitant fondation profonde et/ ou assainissement
- terrassement de toute nature.

- La circulation motorisée est réservée aux services de la station (pistes, remontées mécaniques, restauration, secours, logistique).

L'accès aux autres véhicules (trial, quad, 4x4 ...) est réglementé par arrêté municipal (exclusion des bassins de la Selle et du Grand Nord).

- Les conditions d'évacuation des eaux usées et de livraison des carburants à la Toura seront précisément définies par le SIVOM, qui aura en charge leur pilotage et la responsabilité de leur bonne exécution.
 - o La vanne de dérivation détournera les eaux du torrent vers la rétention pendant toute la durée des opérations. La consignation ne pourra être levée que par le responsable environnement du SIVOM. Cette personne se chargera de l'évacuation des eaux claires pouvant survenir pendant une livraison.
 - o Un code de priorité sera défini, le véhicule livrant le carburant sera prioritaire en toutes circonstances
 - o L'état de la piste sera vérifié chaque matin. Une attention particulière sera portée aux zones pouvant être glacées ou verglacées.
 - o L'état des véhicules sera particulièrement contrôlé.

Les travaux entrepris sur le réseau de collecte des eaux superficielles viseront à réduire les capacités d'écoulement et de concentrations du flot. On devra privilégier les revêtements rugueux et toutes les singularités hydrauliques pouvant favoriser les pertes de charges.

Un dossier loi sur l'eau récapitulatif sera présenté aux services de l'Etat.

- Les activités pastorales seront encadrées en évitant que les troupeaux ne stationnent de manière prolongée près des cours d'eau et dans les zones d'infiltration. A minima des abreuvoirs seront installés hors des zones sensibles (éboulis et alluvions totales).
- Les équipements de secours seront préférentiellement alimentés avec du gaz. A défaut le réservoir de combustible sera équipé d'une rétention réglementaire.

7 Conclusions

Etant donné les conditions géologiques, hydrologiques et sanitaires observées et sous réserve de la mise en place de toutes les mesures et zones de protection définies dans le présent rapport, j'estime qu'un avis favorable peut être donné à l'exploitation des pompes du Grand Nord.

Les débits maximaux d'exploitation sont de

50 m³/h pour l'ouvrage n°1

130 m³/h pour l'ouvrage 11°2,

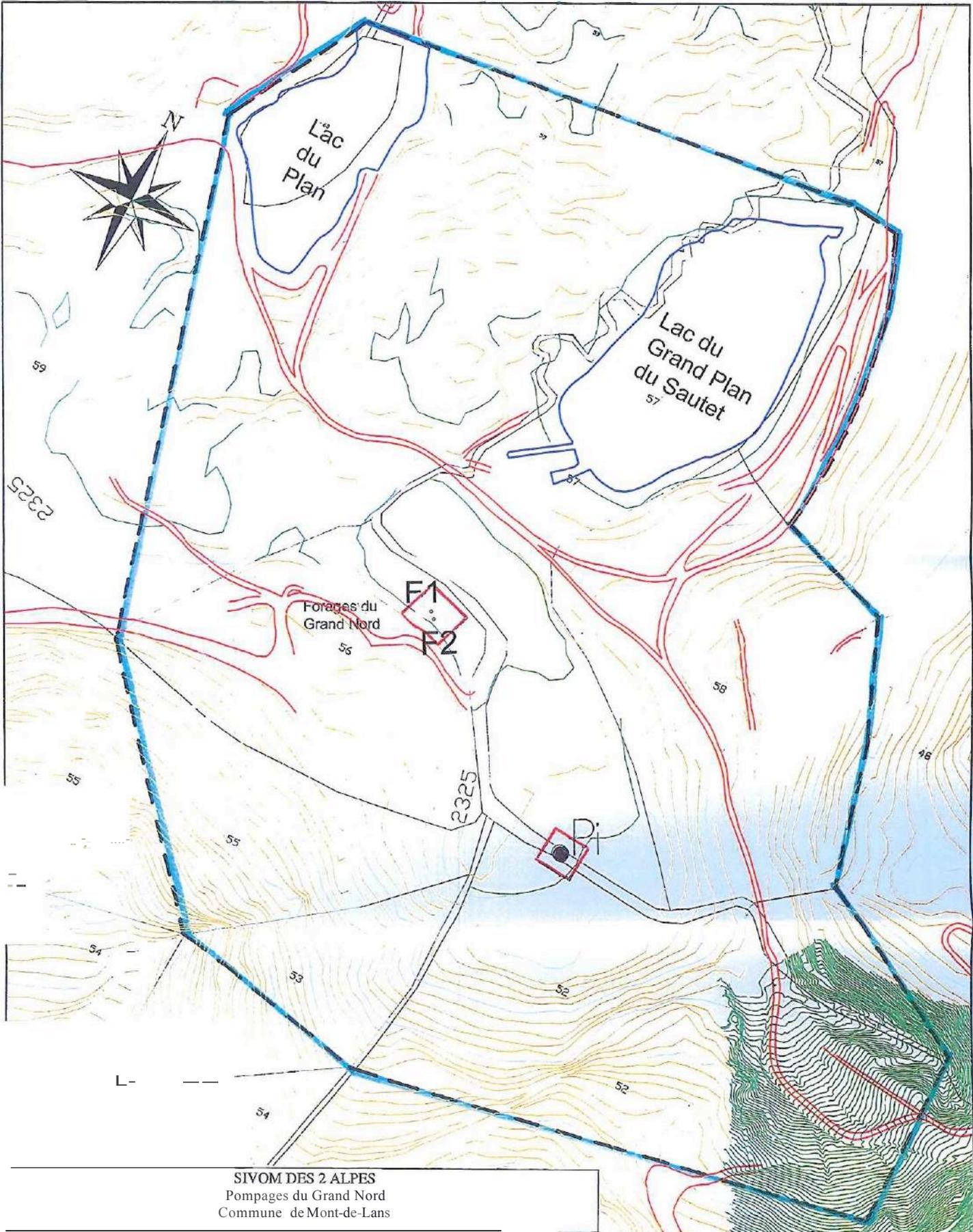
en tablant sur les durées de pompage données en pl 1 (4 à 6 h/j).

Fait à : St Vincent-de-Mercuze, le 21/06/2013

Jean-Pierre BOZONAT /

ff

**Zones de protection immédiate
et rapprochée au 1/2500**



SIVOM DES 2 ALPES
Pompages du Grand Nord
Commune de Mont-de-Lans

Annexe 1 :

Rapport hydrogéologique

Rapport sur les conditions géologiques et sanitaires de captage et de protection des eaux des forages du "Grand Plan du Sautet" ou du "Grand Nord", situés sur le territoire de la commune de Mont de Lans (Isère), destinées à l'alimentation en eau potable de la station des Deux Alpes.

Je, soussigné, Jean Jarrot-Moynaud, Professeur de Géologie à l'Université de Grenoble, Hydrogéologue agréé par le Ministère de la Santé, déclare m'être rendu le 19 septembre 1996 à Mont de Lans (Isère) à la demande de Monsieur le Président du District des Deux Alpes, afin d'examiner les conditions géologiques et sanitaires de captage des eaux des forages du Grand Plan du Sautet dits aussi du Grand Nord, utilisées pour l'alimentation en eau potable de la Station des Deux Alpes, et d'en définir les périmètres de protection réglementaires.

La visite des lieux a été faite par moi en compagnie de Monsieur Petit de la BRASS de l'Isère et de Monsieur Brunou du Cabinet d'études S.M.F.U.R.

Une partie importante de l'alimentation en eau potable de la station des Deux Alpes (Isère) provient de l'exploitation de deux forages implantés sur le territoire de la commune de Mont de Lans, au lieu dit "Le Grand Plan du Sautet", dans la parcelle n°56 section El du plan cadastral de Mont de Lans.

Les deux forages sont implantés à une cote voisine de 2315 mètres en bordure d'une petite plaine alluviale parcourue par le ruisseau du Grand Plan dont le cours superficiel est intermittent, à l'amont de la retenue en partie artificielle du lac du Grand plan du Sautet. Cette plaine alluviale dont la largeur est comprise selon les points entre 80 et 150 mètres se situe à l'Ouest du massif de la Belle Steile et au Nord du massif du Rochas. Cette plaine caillouteuse est parcourue par des pistes empruntées par de nombreux engins tous terrains et servait jusqu'à maintenant d'aire d'hélicoptage. Elle est bordée par une piste en remblai qui la sépare du lac du Grand plan du Sautet tandis qu'une gare de départ de télésiège se trouve à une centaine de mètres du Nord-Ouest des forages qui ont chacun une vingtaine de mètres de profondeur.

Situation géologique.

La plaine alluviale dans laquelle sont implantés les deux forages correspond au remblaiement par des matériaux détritiques: éboulis mais surtout alluvions du torrent du Grand plan d'une ancienne auge de surcreusement glaciaire dont le fond est assez irrégulier comme l'a montré Monsieur J. Bi Ju Drval dans son rapport en date du 4 avril 1980. Le substratum rocheux semble comporter un seuil séparant deux zones de surcreusement plus marquées. Les études géophysiques et les sondages réalisés ont montré que la granulométrie et donc la perméabilité des matériaux constitutifs du remblaiement alluvial diminuaient d'amont en aval et de bas en haut sur une même verticale mais que des lentilles argileuses s'intercalaient parfois au sein de sédiments plus grossiers.

Les forages qui ont été équipés pour l'exploitation ont environ 21 mètres de profondeur et ont traversé un ensemble hétérogène constitué de blocs anguleux et

d'éléments oméga soit de schistes, soit de calcaires, soit de roches cristallines dont la perméabilité est de l'ordre de $2 \cdot 10^{-2}$ m/s c'est à dire très élevée.

Le niveau statique dans les forages varie entre 1,5 mètre de profondeur et la surface du sol en fonction des saisons. La transmissivité est elle de l'ordre de $4 \cdot 10^{-1}$ m²/s.

Le substratum et les bordures de la plaine alluviale sont formés surtout par des migmatites très fracturées mais également par les assises du Lias calcaire à la base des massifs de la Belle Etoile et du Rachas. Les assises du Trias ne sont pas visibles en bordure de la plaine du Grand Plan du Sautet mais peuvent être masquées par les éboulis qui tapissent les pieds des versants et viennent s'intriquer dans le remplissage alluvial. Le volume des alluvions du Grand Plan du Sautet est assez considérable et représente donc un réservoir assez important mais compte tenu de la très forte perméabilité des alluvions qui s'accompagne de qualités filtrantes limitées, la qualité des eaux captées est étroitement liée à leur distance de parcours et à leur temps de séjour dans l'ensemble alluvial.

Si cet aquifère est vraisemblablement alimenté partiellement par des apports des fissures du substratum rocheux qui sont nombreuses et très étendues, l'essentiel de son alimentation provient des apports dus aux infiltrations du ruisseau du Grand Plan.

Situation hydrologique et sanitaire.

La situation hydrologique des forages du Grand Plan du Sautet est assez complexe.

Une part importante de l'alimentation de l'aquifère provient en effet, comme l'a montré monsieur J. Biju Duval, de l'infiltration d'une partie parfois très importante des eaux du ruisseau du Grand Plan mais cette part de l'alimentation varie très fortement selon les saisons. Elle est très importante lors de la fonte des neiges et des épisodes orageux mais est très faible lors des étiages d'hiver et de fin d'automne.

L'aquifère exploité est par ailleurs en communication relativement rapide avec le lac de retenue du Grand Plan du Sautet par l'intermédiaire de buses qui ont été placées dans la digue qui supporte une piste de circulation au Nord des forages.

Lorsque les débits du ruisseau du Grand Plan sont importants, les eaux du ruisseau se déversent à travers des buses hautes dans le lac du Grand Plan tandis que lorsque le niveau de ce lac est à son maximum, les eaux du lac alimentent l'aquifère exploité par l'intermédiaire des buses basses et la cote de la nappe se trouve ainsi déterminée à peu de choses près par la cote du lac.

Compte tenu des distances limitées entre le lac et les forages et de la forte perméabilité des alluvions constituant l'aquifère, il est certain qu'une part de l'eau exploitée par les forages provient du lac et que la filtration de ces eaux est moins importante que celle des eaux provenant de l'amont de la plaine alluviale.

Ces conditions ne sont pas défavorables en situation normale compte tenu de la bonne qualité de l'eau du lac mais pourraient le devenir dans le cas où des déversements accidentels tout particulièrement d'hydrocarbures parviendraient au lac. Même si les hydrocarbures plus légers que l'eau restent en principe en surface et ont peu de chances de parvenir aux buses basses, il y a là un risque de pollution qu'il n'est pas possible de négliger.

L'aquifère exploité par les forages du Grand Plan du Sautet reçoit aussi très vraisemblablement des apports inapparents provenant de circulations dans le très important réseau de fractures souvent curvées qui affecte le substratum et de ce fait il n'est pas possible d'exclure que ces eaux provenant de secteurs situés au dehors du bassin versant géographique du ruisseau du Grand Plan. Les risques de pollution à très longue distance sont cependant relativement limités.

Les véritables risques de pollution se situent en fait au niveau du pâturage des animaux dans le bassin versant mais surtout de l'existence de stockages d'hydrocarbures et d'eaux usées en provenance des restaurants d'altitude et des différentes gares des remontées mécaniques. Bien que la plupart des installations soient pourvues de cuves de stockage à doubles parois, il existe des risques graves de pollution lors des opérations d'alimentation ou de vidange des diverses cuves et surtout lors du transport des hydrocarbures ou des eaux usées par camion sur des pistes de montagne plus ou moins stables. Il conviendra donc de prendre de très grandes précautions dans ce domaine et surtout de supprimer les pistes qui passent juste en amont des forages et de les remplacer dans toute la mesure du possible par des pistes situées hors du bassin versant du ruisseau du Grand Plan. Il sera également indispensable d'éliminer dans toute la mesure du possible les déversements accidentels et leurs conséquences à partir des pistes qui longent le lac du Grand Plan du Sautet.

D'une manière plus générale toute circulation de véhicules tous terrains devra être interdite dans le vallon du ruisseau du Grand Plan à l'amont des forages. Les eaux captées par ces deux forages sont, selon les analyses dont nous disposons, de bonne qualité bactériologique. Elles sont très faiblement minéralisées puisque leur conductivité est voisine de 110 microsiemens/cm. Ce sont des eaux bicarbonatées calciques très pauvres en chlorures et en magnésium alors que les teneurs en sulfates sont également faibles. La faiblesse de la minéralisation est normale compte tenu de l'altitude mais traduit aussi un faible temps de contact entre l'eau et les matériaux traversés et l'absence d'apports importants d'eaux souterraines depuis les assises du Trias et du Lias.

La température voisine de 5° des eaux des forages du Grand Nord mesurée pourtant en été semble confirmer que l'aquifère exploité est alimenté par des eaux provenant rapidement de secteurs d'altitude plus élevée que la plaine du Grand Plan du Sautet. C'est en fonction de toutes ces données que l'on peut envisager la définition des périmètres de protection réglementaires.

Périmètres de protection réglementaires.

Le périmètre de protection immédiate et absolue s'étendra conformément au plan ci joint sur une portion d'environ 3200 mètres carrés de la parcelle n°56 section E 1 du plan cadastral de la commune de Mont de Lana. Ce périmètre situé dans une parcelle qui appartient à la commune devra être muni de clotures extensibles efficaces mises en place dès la fonte des neiges et jusqu'au retour de la neige. Les clotures devront être implantées sur des bornes fixes solidement implantées dans le sol.

L'accès de ce périmètre qui devra être tenu en parfait état de propreté, sera interdit à toute personne étrangère au service des eaux et à tous les animaux domestiques. Il sera interdit d'y procéder à tout dépôt ou construction de quelque nature que ce soit à l'exception des ouvrages nécessaires à l'exploitation des eaux des forages.

Le périmètre de protection rapprochée s'étendra lui conformément au plan ci joint sur tout ou parties des parcelles n° 52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, section VI du plan cadastral de la commune de Mont de Lans. Dans ce périmètre de protection rapprochée, il sera interdit de procéder à tout dépôt de matières usées ou fermentescibles, d'hydrocarbures ou de produits chimiques ainsi qu'à tout déversement ou fouille dans le sol et le sous sol. L'accès au Grand Plan du Sautet sera interdit à tous les véhicules et la piste reliant le Grand Nord au sommet du télécabine du Diabla qui passe à l'amont des deux forages devra être détournée hors du périmètre de protection rapprochée. L'aire d'atterrissage des hélicoptères devra être déplacée à l'aval du périmètre de protection rapprochée. Il conviendra de maintenir le lit du ruisseau du Grand Plan le plus loin c'est à dire le plus au Nord possible des deux forages pour éviter une infiltration des eaux du ruisseau trop près de ceux ci. De même, il conviendra d'éviter l'exploitation des forages du Grand Plan du Sautet lorsque la plaine où sont situés les forages est inondée.

Le pâturage dans ce périmètre de protection rapprochée ne pourra être toléré que dans le but d'entretenir la végétation et devra être limité au strict minimum.

L'implantation de constructions dont les effluents ne pourraient être évacués sans risque de pollution des eaux captées sera également interdite.

Enfin, il conviendra que le dispositif de réalimentation de la nappe du Grand Plan du Sautet par pompage des eaux dans le Lac du Grand Plan et réinjection à l'amont de la zone de captage ne puisse fonctionner qu'en dehors de tout risque de pollution des eaux du lac par des hydrocarbures et surtout que le point de réinjection se situe à l'amont et hors des parcelles n°56 et 57 du plan cadastral.

La piste qui est implanté sur la digue qui sépare le Grand Plan du Sautet du lac du Grand Plan devra être équipée de merlons sur ses deux bords pour éviter les risques de renversement de véhicules et les eaux de ruissellement de cette piste devront être dirigées à l'aval du périmètre de protection rapprochée.

Le périmètre de protection générale des forages du Grand Plan du Sautet s'étendra conformément au plan ci joint sur la quasi totalité du bassin versant du ruisseau du Grand Plan. Dans ce périmètre seules les activités conformes au règlement sanitaire départemental seront autorisées et aucune dérogation ne pourra y être accordée sans étude hydrogéologique préalable et avis de la Direction départementale de la Santé de l'Isère. On devra veiller à ce qu'aucun déversement ne soit fait dans les lacs et cours d'eau superficiels. Les stockages d'hydrocarbures ne pourront se faire qu'en cuves à doubles parois et le déversement d'eaux usées des restes urants d'altitude ne pourra se faire qu'en dehors du périmètre de protection générale ce qui implique un stockage de ces eaux usées en fosses étanches et évacuation vers des dispositifs d'épuration à l'aval du bassin versant en évitant tous risques de déversements lors du transport des eaux usées comme des hydrocarbures.

On devra également veiller à éviter tout déversement d'hydrocarbures lors du démarrage des pistes à ski et lors du graissage des poulies des téléskis, télésièges et télé-cabines implantés dans le périmètre de protection générale.

Conclusions.

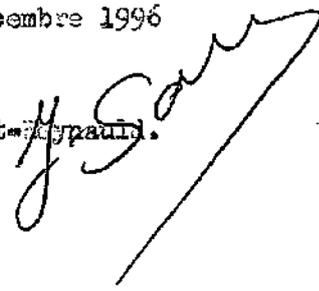
Etant données les conditions géologiques, hydrologiques et sanitaires observées et sous réserve de la mise en place des périmètres de protection réglementaires définis dans le présent rapport et du respect des prescriptions concernant chacun d'eux nous estimons qu'un avis favorable peut être donné à la poursuite de l'exploitation des forages dits du Grand Nord ou du Grand Plan ou Sautet pour l'alimentation en eau potable de la station des Deux Alpes. Le traitement bactéricide actuellement en place devra toutefois être maintenu en fonctionnement.

L'exploitation des eaux des forages du Grand Plan ou Sautet devra être suspendue en cas de pollution par des hydrocarbures du lac du Grand Plan ou Sautet et on devra prendre toutes les mesures nécessaires pour éviter ce risque de pollution.

Les déviations et aménagements de pistes proposés dans le présent rapport doivent améliorer la sécurité des ressources exploitées par rapport à la situation actuelle.

A Grenoble le 12 décembre 1996

Jean Sarrot-Mypaun.



BELLE
ÉTOILE

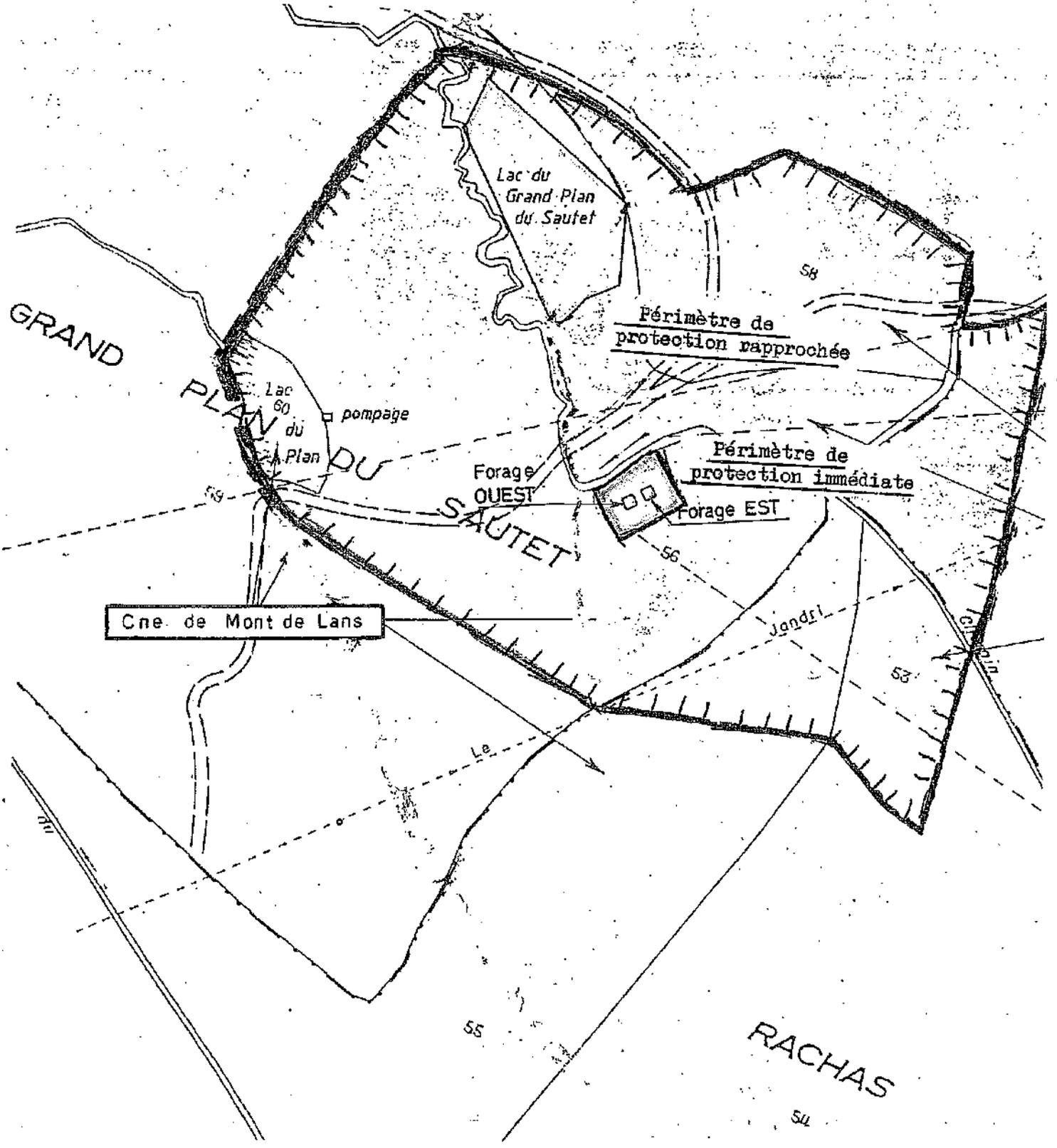
46

Commune de Mont de Lans -
(Isère)
Périmètres de protection des
forages du Grand Plan du Sautet
ou du Grand Nord.

48

200 mètres

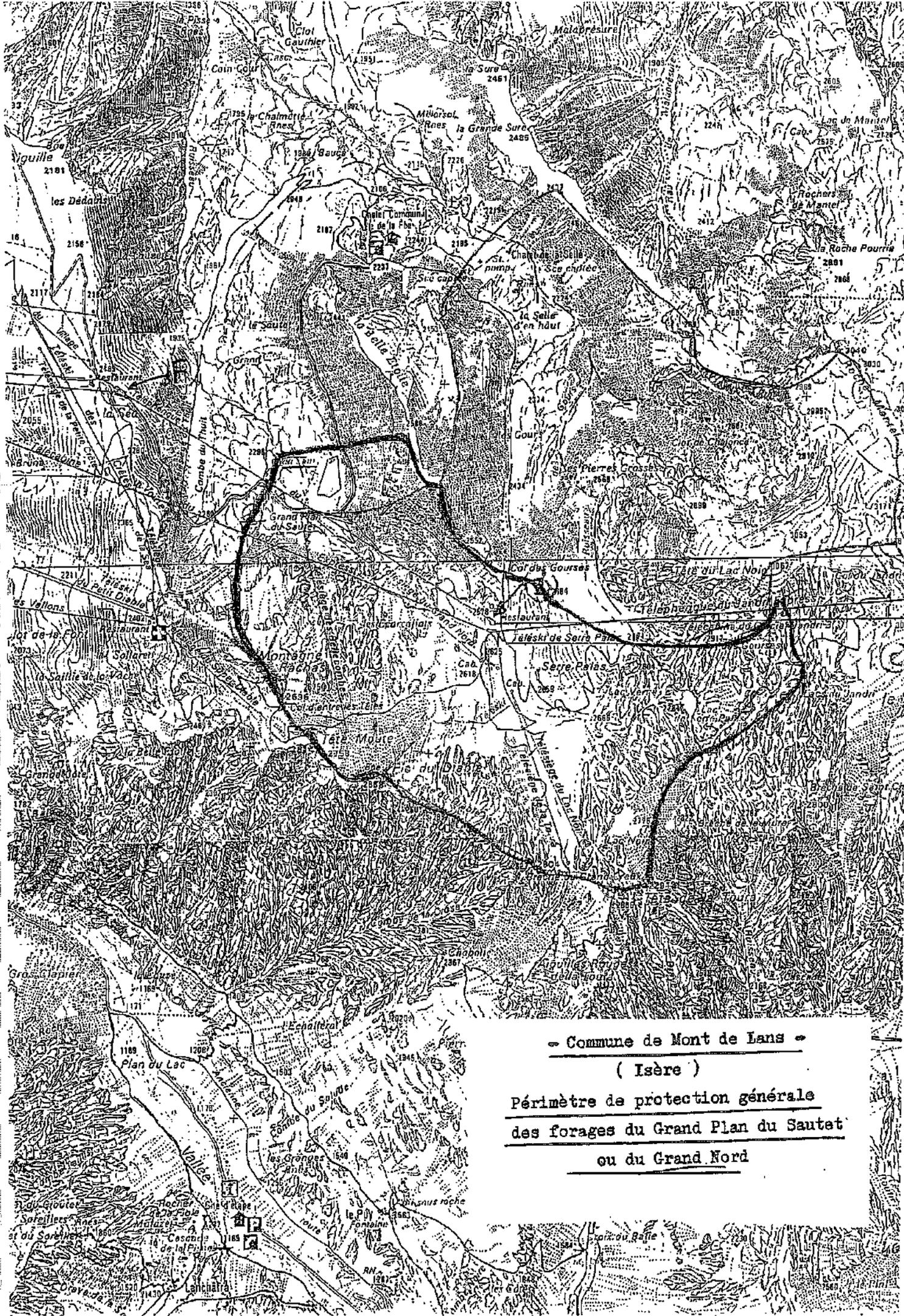
Section E4



Cne. de Mont de Lans

RACHAS

54

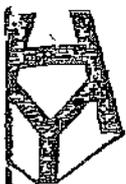


- Commune de Mont de Lans -
(Isère)

Périmètre de protection générale
des forages du Grand Plan du Sautet
ou du Grand Nord

Annexe 2 :

Coupes géologiques des forages



HYDROFORAGE

S.A.R.L. Capital 80.000 Francs
 AMEYZIEU-TALISSIEU
 01510 VIRIEU-LE-GRAND
 Tél. (79) 87.32.49
 R.M.

LE SAUTET

N° Dossier 3815.

Client **DDA de l'ISERE**

Lieu des Travaux **LES 2 ALPES**

N° Ouvrage **1**

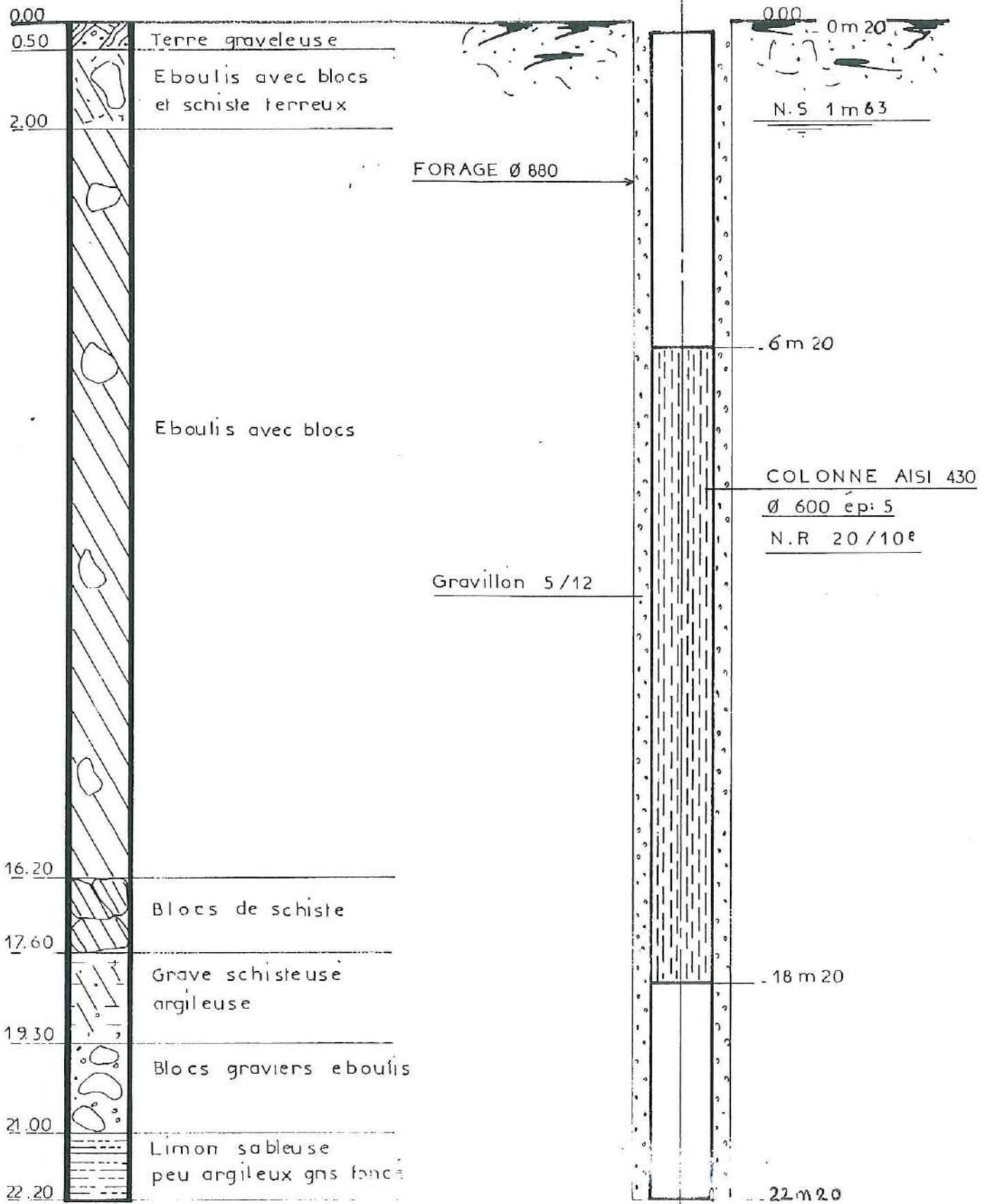
FORATION		RENSEIGNEMENTS GÉOLOGIQUES				COUPE TECHNIQUE	HYDROLOGIE	
DATE	TYPE DE FORAGE	TUBAGE	COTES	Profondeurs	SCHEMA	COUPE LITHOLOGIQUE DES TERRAINS	NIVEAU STATIQUE	ESSAI DE DÉBIT ET DE PERMÉABILITÉ
15 Septembre 1977	BENOTO - SOUPAPE ET TRÉPAN AVEC TUBES PROVISOIRES DE SOUTÈNEMENT	Ø 457 mm				<p>5.20</p> <p>1.40</p> <p>Le 15/9/77</p> <p>Grèpines à nervures repoussées 15/10 C.O 12%</p> <p>Acier A 33 Ø 300</p>	1.40	Q = 50 m³/h S = 0,02 m
16 Septembre 1977								Q = 75 m³/h S = 0,04 m
19 Septembre 1977								Q = 85 m³/h S = 0,07 m
20 Septembre 1977								Q = 112 m³/h S = 0,12 m
21 Septembre 1977								
23 Septembre 1977								
25 Septembre 1977								
26 Septembre 1977	Ø 406 mm					<p>20.3</p> <p>21.0</p> <p>22.15</p> <p>22.20</p>		Éboulis calcaire et blocs
27 Septembre 1977								Argile avec galets et petits blocs de calcaire cornueux et quartzite
								Sables grossiers et grapiers avec un bloc de grès. soie calcaire

FORAGE n° 2

Le GRAND NORD 2

Coupe géologique

Coupe technique



Annexe 3 :

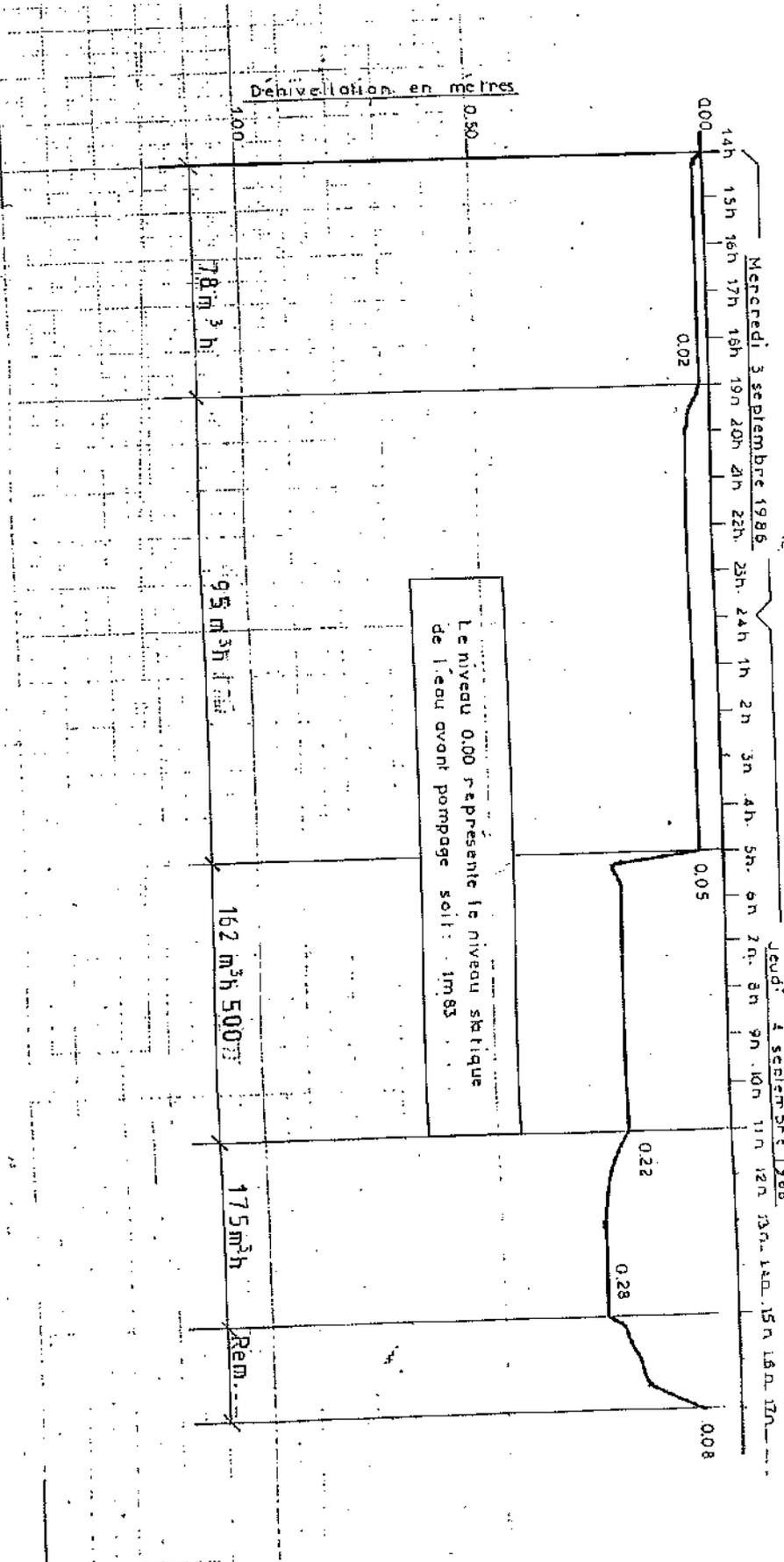
Résultats de l'essai de débit sur le forage n°2

ESSAIS DE DEBIT

FORAGE N°2

DUREE 27h00

FORAGE DU GRAND MORIS N°2



**Communauté de Communes
des 2 Alpes**

Mise en conformité des captages d'eau potable

Sources et puits de la Selle

Mai 2010

Jean-Pierre BOZONAT
Hydrogéologue agréé en matière
d'Hygiène publique pour le
département de l'Isère

1 Présentation et objet de l'intervention

Le présent rapport a été établi par Jean-Pierre Bozonat, Docteur en Géologie Appliquée, Hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique pour le département de l'Isère, à la demande de la communauté de communes des 2 Alpes, représenté par son directeur technique M. Didier LECOT.

Ce rapport se propose d'examiner les conditions géologiques, hydrologiques et sanitaires des captages de la Selle, situés à environ 3 km à l'est de la station, et à une altitude de l'ordre de 2200 m.

La communauté de communes des 2 Alpes est actuellement alimentée par :

- les captages de la Selle et le pompage du Grand Nord desservant le réseau principal.
- Les captages de la Pisse, la Rivoire, La Faurie et la Danchère desservant respectivement les hameaux de Cuculet, La Rivoire et le Garcin, la Faurie, les Travers et la Rollandière, la Danchère et les Ougiers.

Les pompages de la Selle et du Grand Nord ne fonctionnent qu'en cas d'insuffisance des sources de la Selle, c'est-à-dire pendant la période de fréquentation de la station de sport d'hiver, laquelle s'étend de décembre à avril.

Les eaux de la ressource principale sont regroupées à la chambre de réunion des Crêtes où elles reçoivent un traitement au chlore et aux UV. A partir de cette chambre, un répartiteur permet de diriger le flot vers 3 réservoirs :

- les 2 Alpes (1000 m³)
- Zac du Soleil (500 m³)
- Clos des Fonds (1000 m³)

Le trop plein de ce dernier alimente un réservoir de 1500 m³ lequel dessert en cascade plusieurs stockages cotés Romanche : Bons (500 m³), Ponteil (110 m³), Chambon (15 m³), Cuculet (150 m³).

L'ouvrage des deux Alpes est relié aux réservoirs de la Ville Venosc : (500 m³), L'Alleau (100 m³) et le Collet (20 m³)

- Les débits d'exploitation du réseau principal sont les suivants :

	Volume moyen journalier	Volume maximal journalier	Volume annuel
La Selle	2240 m ³	3670 m ³	818450 m ³
Le Grand Nord	150 m ³	1270 m ³	55000 m ³
Total	2390 m ³	4940 m ³	873450 m ³

Les besoins futurs de pointe de l'ensemble de la collectivité sont estimés à 6350 m³/j.

Le rendement de distribution du réseau des 2 Alpes est estimé à 97%.

- Afin de sécuriser l'alimentation du secteur de Venosc, le forage d'essai de l'Alleau serait équipé pour alimenter le réservoir de la Ville.

L'examen du site et de son environnement s'est déroulé le 12 octobre 2009 en présence de :

- Bernard ANXIONNAZ de l'Agence Régionale de Santé
- Jérôme BIJU-DUVAL de la Direction Départementale des territoires.
- Florence KONATE du cabinet Alp'études
- Didier LECOT de la Communauté de communes des 2 Alpes
- Patrice PELORCE de la SDEI, société fermière du réseau.

2 Situation géographique et configuration des ouvrages

- Le site de la Selle regroupe la source de la Selle supérieure, la source de la Selle inférieure, un pompage et une chambre de réunion.
- Le captage de la Selle supérieure est situé en amont d'un verrou rocheux et en rive droite du ruisseau de la Selle ou des Gours. L'ouvrage comprend 2 drains en T une canalisation de liaison Ø 400 de 28,5 m de longueur et une chambre de captage avec compartiment pieds secs.
- Le captage de la Selle inférieure se trouve à l'aval du verrou et au pied du massif de la Belle-Etoile. Il est composé de :
 - un drain est avec cheminée d'accès et capot Foug : longueur du drain : 17 m ; orientation N200°
 - un drain ouest de longueur supérieure à 30,6 m ; orientation N 210°
 - une chambre de réunion recevant les 2 drains précités mais aussi les adductions en provenance de la Selle supérieure et des forages. Cet ouvrage hors sol est chauffé en hiver. Une petite pompe immergée permet d'alimenter le chalet de la Fée.
 - les forages sont implantés en partie centrale de la petite plaine inférieure. Leurs caractéristiques sont résumées par le tableau ci-dessous :

	Forage n°1	Forage n°2
Diamètre (mm)	500	880
Profondeur (m)	30	18
Crépine (m)	8 - 17,5	4,5 - 13,5
Pompes (m ³ /h)	100	100 + 50

Chaque forage dispose d'un bâtiment chauffé. Le niveau de la nappe est proche de celui du sol. (1,70 - 2,20 m dalle)

explicité m par rapport à

3 Contexte hydrogéologique

31 Nature des terrains

311 Le substratum rocheux

- Le socle cristallin est représenté par des greiss granitoïdes plus ou moins micacés au sein desquels on rencontre des enclaves de micaschistes.

- Le Trias de la zone dauphinoise est mince et discordant sur les terrains cristallins et houillers. Il est souvent réduit et laminé tectoniquement. Il comprend :
 - des grès et conglomérats à la base (quelques mètres)
 - des dolomies et calcaires dolomitiques (Muschelkalk) quelques dizaines de mètres.
 - des cargneules, dolomies, schistes versicolores (Keuper)
 - des gypses, associés aux cargneules, en lentilles le long des contacts anormaux.
- Le Lias calcaire est constitué de calcaires compacts en bancs minces séparés par des lits schisteux plus ou moins épais. La formation épaisse d'une centaine de mètres correspondrait aux étages Héttangien, Sinémurien et Carixien.
- Le Lias schisteux se présente comme une épaisse série de schistes argilo-calcaires plutôt sombres à rares bancs calcaires. L'ensemble est daté du Domérien et du Toarcien.

312 Les formations superficielles

Il s'agit de sédiments meubles, et récents (quaternaires)

- Eboulis actuels : dépôts de pente dus à la gravité, associant blocs, cailloutis et matériaux terreux. Il s'y déroule plusieurs types de ségrégation des éléments :
 - . chenalisation le long des couloirs momentanément actifs,
 - . tri gravitaire des gros blocs.
- Eboulis à gros blocs, écroulements : dépôts similaires aux précédents, mais beaucoup moins ordonnés. Les blocs peuvent être de grande taille marquant des événements ponctuels et brutaux.
- Alluvions modernes / tourbières : Il s'agit de dépôt de cailloutis plus ou moins colmatés recouverts de formations tourbeuses. Le cailloutis est fréquemment à dominante schisteuse.

32 Structure des terrains

321 Généralités

- Le secteur permet d'observer la surface de la pénéplaine antétriasique, déformée entre l'anticlinal à cœur gneissique de la Grande Sure et la série monoclinale de la Grande Aiguille.
- Au sein du socle, la tectonique et le métamorphisme se sont traduits par :
 - des flexions et torsions sous l'effet du raccourcissement est-ouest
 - des fractures essentiellement méridiennes découpant le massif en claveaux. Le tracé des failles se traduit dans le relief par de profonds ravins.
 - des écaillages et chevauchements
 - l'apparition de fentes à cristaux dans les terrains cristallins mais aussi à la base au moins de la série sédimentaire

Le socle, constitué de gneiss à biotite encadre la dépression de la Selle sur 3 cotés :

- au nord et à l'aval, les rochers des Banés
- à l'est, les rochers de Mantel
- au nord ouest, le secteur la Pisse, la Chalmeille, le Bauzé.

Il forme l'essentiel des verrous de la Selle inférieure et supérieure.

Banés

- La couverture sédimentaire constitue un placage discontinu sur le socle ; décollée au niveau du Trias supérieur, elle se plisse assez fortement dans les horizons liasiques. Ainsi se dessinent coté ouest l'anticlinal du Grand Plan puis les flexures du massif de la Belle Etoile.

Les terrains triasiques et liasiques sont repliés à différents échelles suivant des axes méridiens avec de nombreuses complications de détail. Les formations non compétentes sont affectées d'une schistosité dense de direction NO° à N45°.

Plusieurs sommets ou crêtes du bassin sont constitués de terrains mésozoïques :

- la Grande Sure : calcaires liasiques
- la Belle Etoile : marnes domériennes
- col des Gourmes : calcaires liasiques

On rencontre également des formations secondaires le long des dépressions :

- les Gourmes (Trias dolomitique et cargneules)
- échancrure orientale du verrou supérieur de la Selle (Lias calcaire et Trias dolomitique)

322 Fracturation

- Plusieurs accidents d'ampleur kilométrique parcourent le massif
 - la faille du ruisseau de Malaprésure, à l'est d'orientation N10°. Cet accident subvertical abaisse le compartiment occidental.
 - la faille du Col des Gourmes, subverticale, remontant le Trias oriental contre le Lias du bloc ouest. On perd le tracé de cette discontinuité vers le nord, sous les éboulis de la Selle d'en haut

En règle générale l'action conjuguée des différents plans de fracture conduit à abaisser les compartiments occidentaux en une série de marches d'escalier.

L'interprétation des photographies aériennes permet d'identifier et de recenser de nombreuses fractures hectométriques affectant principalement les terrains cristallins ; Les roches sédimentaires recouvertes de terrains d'altération et beaucoup moins résistantes tendent à amortir les tracés développés dans le socle. Les principales directions de fracturation sont les suivantes :

- NO – N10° : dominante
- N40 – N50°
- N150 – N160°
- N70 – N100°

Dans les secteurs à forte densité de diaclases, on dénombre plus de 4 fractures kilométriques à l'hectare (présentant des longueurs cumulées de 300 à 400 m.)

La distension prévaut suivant les axes méridiens et orthogonaux.

De nombreuses fractures sont orientées vers les ouvrages de captage du secteur de la Selle.

323 Formations superficielles

- Les éboulis occupent de vastes surfaces :
 - piémont de la dépression de la Selle supérieure (versant ouest de la Grande Sure, versant est de la Belle Etoile, pied du col des Gourse)
 - talus de Roche Mantel (éboulis à gros blocs / écroulements...)

- Les alluvions récentes occupent plusieurs portions axiales de talweg. Dans le vallon de la Selle se succèdent deux terrasses de remblaiement séparées par un verrou glaciaire constitué de gneiss et de calcaire triasiques, ces derniers ayant été échançrés par les eaux torrentielles. Ces deux surfaces sont très planes et s'étendent sur :
 - 300 x 250 m pour l'unité aval
 - 450 x 150 m pour l'unité amont

A l'aval, des sondages électriques ont mis en évidence un remplissage sous forme de cuvettes profondes de plusieurs dizaines de mètres (maximum : 30m). Ils ont permis de déceler l'existence de deux failles de direction N 30 à N40° déterminant des axes privilégiés de surcreusement. Nous avons ainsi deux dépressions oblongues partiellement séparées par une remontée et un resserrement du substratum rocheux. Les sondages électriques semblent montrer que les failles axiales sont des lieux privilégiés d'alimentation à partir du socle (la faille "B" amont se traduit par une forte anomalie de résistivité- eau peu minéralisée).

33. Ecoulements souterrains

331 Propriétés hydrologiques des terrains

3311 Substratum rocheux

- Les roches du socle cristallin sont très peu perméables dans leur masse. Les eaux y circulent dans la frange superficielle altérée et décomprimée ou bien le long des fractures de la roche.
La perméabilité des tronçons affectés de fractures productrices isolées ou de zones assez étroites plus fissurées est estimée à 10^{-7} m/s.
Parallèlement existent des couloirs très fracturés dont les perméabilités ont été approchées à 10^{-6} m/s / 10^{-5} m/s (voir 10^{-4} m/s)
Les observations montrent qu'en général les écoulements au sein des masses cristallines se font conformément à la pente des versants, la franche conductrice restant en première approximation parallèle à ces derniers.
- Le Trias détritique peut présenter des conductivités hydrauliques significatives : néanmoins son épaisseur modeste ne lui permet de jouer qu'un rôle hydrologique réduit.
- Les dolomies et calcaires dolomitiques peuvent constituer un aquifère notable. Ces formations connaissent parfois développement de type karstique lorsque les phénomènes de dissolution y deviennent prépondérants
- Les schistes dolomitiques du Trias et les marnes du Domérien-Toarcien peuvent être considérées comme imperméables ($K < 10^{-8}$ m/s)
- Le Lias calcaire et marno-calcaire est en principe peu perméable. Toutefois se développent des écoulements hypodermiques dans les premiers mètres d'altération. En profondeur, s'instaurent des circulations le long de certaines fractures (décrochements par exemple) sans que l'on puisse pour autant évoquer un véritable aquifère de fissures.

La perméabilité d'un tel milieu a pu être estimée à 10^{-5} m/s. Les séries calcaires très tectonisées sont dotées d'une perméabilité de diaclases notable.

3312 Formations superficielles

- Les éboulis montrent le plus souvent des perméabilités assez fortes liées à des granulométries plutôt élevées. Font exception les éboulis fins dérivant de schistes ou de marnes.

Les circulations s'y enfoncent avec la pente du versant. Elles empruntent les chenaux les plus grossiers, s'écoulent sur les lits colmatés ou à l'interface avec le substratum.

- Les alluvions récentes sont le siège d'écoulement d'interstices intéressant toute la masse saturée du sédiment. Les dépôts caillouteux propres montrent des perméabilités de l'ordre de 10^{-3} m/s. Leur résistivité est forte (entre 500 et 1000 Ω m). Cette tendance est observable dans les secteurs amont des cuvettes de remplissage.

Les interprétations d'essais de pompage conduisent aux résultats suivants :

$$K = 8 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$T = 9,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

Au droit des puits de la Selle, le rayon d'action de pompage est de 71 m pour un débit de $144 \text{ m}^3/\text{h}$.

Dans les parties aval des comblements, les graviers deviennent très argileux et leur perméabilité diminue considérablement.

La conductivité hydraulique de la tourbe est comprise entre 10^{-6} m/s et 10^{-4} m/s.

332 Schéma local des circulations souterraines

- Les sources de la Selle se trouvent à l'aval d'un bassin hydrographique qui s'étend jusqu'aux crêtes de la Belle Etoile, au col et aux lacs de Gourses, à la tête du Lac Noir, au Rocher de Mantel et aux crêtes de la Grande Sure. La partie axiale de l'impluvium est parcourue par le ruisseau des Gours et ses affluents. S'y observe la majeure partie des formations quaternaires ; éboulis de toute nature, alluvions torrentielles et palustres.

Les crêtes sont majoritairement occupées par les formations du substratum, plutôt cristallines au sud-ouest, sédimentaires ailleurs.

Les précipitations qui tombent sur le bassin ont tendance à ruisseler ou à peu s'infiltrer dans les formations du substratum. Les écoulements convergent vers le centre du bassin où les formations superficielles jouent un rôle d'ensemble drainant et stockant.

La présence des sources de la Selle s'explique par la conjonction d'une série de facteurs :

- position axiale basse
- présence de deux verrous rocheux provoquant la résurgence des eaux souterraines
- présence avérée de plusieurs fractures conductrices alimentant les dépressions alluviales et tourbeuses (famille N30.N40°)
- liens avec la paléo morphologie torrentielle.

La source de la Selle du haut se trouve en amont du verrou supérieur, au pied d'un vaste glacis d'éboulis. Elle bénéficie des apports de la dépression alluviale au sein de laquelle le niveau est imposé par la cote de l'incision torrentielle du verrou gneissique. Il n'est pas exclu que d'anciens lits du talweg puissent être recouverts par l'éboulis. La source correspondrait à un exutoire latéral au travers des formations grossières de bordure.

Les deux émergences de la Selle du bas se situent au pied du versant d'éboulis de la Belle Etoile et dans l'axe d'un couloir de fractures déterminant le contour aval de verrou.

Ces discontinuités présentent une orientation N30-N40°, comme celles observées dans la dépression inférieure. Les deux puits sont implantés au sein de cette dernière. Ils bénéficient des apports du bassin versant par l'intermédiaire du ruisseau des Gours, via l'échancrure du verrou. Ils sont également alimentés par le système de fractures précité. Le niveau piézométrique est subordonné à la position altitudinale du verrou aval et aux conditions hydrodynamiques à ses abords. Au droit de la dépression de la Selle inférieure l'eau est très peu profonde (de l'ordre de 2 mètres le plus souvent).

Il arrive que l'eau soit sub-affleurante et baigne les horizons tourbeux, argileux, superficiels.

333 Débits

- Le débit des sources n'est pas appréhendé avec précision faute de comptage ou de mesures répétées.
- Le débit global de la ressource a été déterminé à quelques dates :
 - . Août 1961 : 460 m³/h (100 S sup + 360 - S inf)
 - . Octobre 2009 : 340 m³/h
 - . Octobre 2010 : 625 m³/h (220 S sup + 405 drains - S inf)
- A l'étiage le plus sévère correspond un débit de 100 m³/h
Le niveau le plus bas de la nappe a été enregistré en mars 2002 à 7,3 m. par rapport au sommet du tube des puits.
La période de basses eaux se produit en février-mars avant la réalimentation par les eaux de fonte de neige.
- Le haut bassin versant topographique s'étend sur 2,2 km² environ
L'absence de formation à caractère karstique (gypse, calcaire massif) plaide pour une relative conformité entre ce bassin et le bassin hydrogéologique. (au rôle de certaines failles conductrices près). En se basant sur le débit spécifique de la Romanche à Mizoën (q = 33 l/s/km² en moyenne) le débit moyen du bassin serait de l'ordre de 74,1 l/s (ou 267 m³/h) écoulements de surface compris. Les ordres de grandeur sont respectés, mais nous manquons de précision pour aller plus avant.

4 Qualité des eaux

41 Données générales

L'agence Régionale de Santé nous a communiqué les données de sa base SISEAUX sur eaux brutes (moyenne sur 3 prélèvements)

Captage	Turbidité	Bactéries coliformes	Entérocoque	Escherichia coli	Conductivité à 25 °c
	NFu	/100ml	/100ml	/100ml	µs.cm ⁻¹
Selle supérieure	<0,10	0	0	0	135
Selle inférieure galerie	0,30	0	0	0	148
Selle inférieure puits	0,16	0	0	0	156
Selle inférieure forages	0,22	0	0	0	153

Les eaux présentent une excellente qualité bactériologique. Elles sont très peu minéralisées. Leur turbidité est satisfaisante.

42. Données particulières

Le tableau ci-dessous regroupe en ensemble d'informations physico-chimiques (analyses de juillet 2005)

	Selle supérieure	Selle inférieure galerie	Selle inférieure puits	Selle inférieure forages
pH (µpH)	8,3	8,10	8,1	8,1
COT (mg/l)	<0,3	<0,30	<0,30	<0,30
TAC (°f)	4,2	6,8	6,6	7,7
Calcium (mg/l)	21	25	-	34
Hydrogénocarbonates (mg/l)	49	81	79	92
Chlorures (mg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sulfates (mg/l)	17	5	5	8
Ammonium (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Nitrates (mg/l)	1,5	1,7	1,7	1,2
Ortho phosphates (mg/l)	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
Cadmium (µg/l)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
Sélénium	<5	<5	<5	<5
Arsenic	<3	<3	<3	<3
Bore (mg/l)	<0,020	<0,020	<0,020	<0,020
Indice hydrocarbure (mg/l)	<0,050	<0,050	<0,050	<0,050
2 COV	< seuils	< seuils	< seuils	< seuils
Pesticides organochlorés et PCB	< seuils	< seuils	< seuils	< seuils
Pesticides phénylurés	< seuils	< seuils	< seuils	< seuils
Pesticides azotés	< seuils	< seuils	< seuils	< seuils
Indice radioactivité				
- ALPHA (eq 239 Pu)	0,04	0,04	0,03	0,04
- BETA (eq 90 Sr)	0,19	<0,050	<0,06	<0,07

- Les eaux sont légèrement basiques, bicarbonatées calciques, faiblement sulfatées. Le chimisme similaire de la galerie et du puits de la Selle inférieure prouve leur parenté. On note la quasi-absence de pollution organique (matières oxydables, azotées et phosphorées)
Les eaux sont exemptes de pesticides, COV et hydrocarbures. Les métaux lourds ne sont présents qu'à l'état de trace.
En résumé, les eaux des différentes sources de la Selle sont de très bonne qualité.

5 Inventaire des risques de pollution

- Les sources potentielles de pollution sont en nombre et en importance très limités :
 - Pâturage estival de 1500 moutons (lieu-dit le Bosset, les Clos et à Malapréture). On ne recense pas d'abreuvoir dans la zone d'inventaire.

- Cabanon de Câble Transporteur d'Explosifs (Catex)
- Deux pistes de ski damées en saison hivernale. La fréquentation des engins induit un risque de pollution chronique ou accidentelle par les hydrocarbures.
- Une gare de télésiège au sud du lac des Gourses.
- Randonnée pédestre.

Parallèlement nous retiendrons que la ressource est vulnérable : niveau piézométrique proche du sol, vitesse de transit élevée, couverture protectrice peu épaisse et discontinue. Cette vulnérabilité justifie qu'en tout état de cause le système de traitement par UV et chlore soit maintenu.

6 Mesures à mettre en oeuvre

61 Travaux

- Source de la Selle supérieure.
La proximité de la chambre de captage est parcourue de galeries de marmottes, ce qui ne nuit pas à l'étanchéité de l'ouvrage mais laisse percevoir, à tort, une gestion défectueuse. Pour éviter toute dérive et dégradation, nous conseillons de reprendre régulièrement mais sommairement l'état de surface du sol.
- Ensemble des ouvrages.
L'état des portes, serrures, ouverture de ventilation doit être annuellement vérifié. Les grilles d'aération doivent prévenir de toute intrusion. Les fissures du béton seront colmatées en tant que de besoin. Les dispositifs anti-intrusion seront complétés.
- La clôture temporaire des zones de protection immédiate doit être étudiée. Ce dispositif sera démonté ou rabattu avant les premières chutes de neige. Différents systèmes sont envisageables qui permettront de prévenir les actes de malveillance ou le passage inopiné de troupes fugueurs.
- Les grilles défendant les trop-pleins seront périodiquement vérifiées et entretenues.
- Tous les trop-pleins seront équipés de dispositifs de jaugeage à lecture directe. Chaque pompe sera équipée d'un enregistreur de durée de fonctionnement. Des bilans mensuels devront être établis sur un cycle continu d'au moins trois ans.

62 Protections surfaciques

621 Zones de protection immédiates

Nous distinguerons quatre zones distinctes :

- La Selle supérieure : couvrant la plus grande partie de la parcelle 734 et une faible partie de la parcelle 729. Le périmètre protège les drains en T, le captage et son trop-plein. Il s'étend du piémont éboulé jusqu'au ruisseau.
- La Selle inférieure, galerie et puits parcelle 39 en amont de la piste ; se développe au moins 20 m au-delà de l'extrémité des drains.

- La Selle inférieure, chambre de réunion en aval de la piste ; limite décalée de 3 m sur tout le pourtour du bâtiment ; protection directe du trop-plein.
 - La Selle inférieure, forages, partie de la parcelle 35 ; carré de 30 m de coté, centré sur l'ouvrage.
- A l'intérieur de ces zones seront strictement interdits toute activité, toute installation et tout dépôt à l'exception des travaux d'exploitation et de contrôle des points d'eau.
L'entretien de ces zones s'effectuera à la demande et exclusivement par des moyens mécaniques.

622 Zones de protection rapprochée

a) Emprise.

- Nous pouvons estimer très approximativement la distance de protection correspondant à un transfert de 30 jours.
- Pour les captages gravitaires la vitesse de circulation est évaluée comme suit :
 K = perméabilité du matériau
 e = porosité cinématique
 i = gradient hydraulique
 $v = \frac{ki}{e}$

	La Selle supérieure		La Selle inférieure galerie + puits
	Versant : 10^{-4}	Talweg : $0,5 \cdot 10^{-3}$	
K (m/s)			10^{-4}
e	0,15	0,18	0,15
B topo	Versant 0,35	Talweg 0,04	0,55
i	0,18	0,02	0,28
V m/s	$1,2 \cdot 10^{-4}$	$0,6 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-4}$
V m/j	10,4	4,8	16,1
D 30j (m)	312	144	483

- Pour les forages de la Selle inférieure nous utiliserons la méthode du Wyssling en retenant :
 $K = 8 \cdot 10^{-4}$ m/s
 $b = 11,6$ m
 $i = 0,01$

Pour un pompage de $250 \text{ m}^3/\text{h}$ le rayon d'action x_0 est égal à 119 m. Ce résultat est en accord avec la pratique (R théorique : 69 m et R essais : 71 m pour $Q : 144 \text{ m}^3/\text{h}$)

Sur ces bases on détermine :

- la vitesse effective de circulation = 3,84 m/j
- la distance correspond à 30 j = 115 m
- les distances de protection
 - amont : 233 m
 - aval : 118 m

- Les distances calculées ci-dessus fondent l'emprise des zones de protection. Les limites sont calées autant que faire se peut sur des lignes topographiques ou parcellaires. Les protections concernent les parcelles suivantes (Section E2)
 - La Selle supérieure : 729 p, 731, 732, 733 et 734.
 - La Selle inférieure ; galerie + puits : 38p.
 - La Selle inférieure ; forages : 35p, 36, 37, 38, 39p.

b) Règlement

A l'intérieur des zones de protection rapprochée sont interdits :

- La circulation motorisée à l'exception
 - ♦ du service des captages
 - ♦ du damage de la piste des Gours

Les engins alors utilisés disposeront en permanence

- ♦ de moyens de télécommunication redondants
- ♦ d'un kit de dépollution.

Un plan d'intervention de secours sera élaboré qui organisera :

- ♦ les moyens humains
- ♦ les engins de déblaiement et d'emport
- ♦ le suivi analytique de la ressource

- toute construction (y compris les gares de remontées mécaniques)
- la création de voie, pistes ou parking
- les rejets d'eau usée
- les stockages et canalisation de tout produit susceptible de polluer les eaux, y compris les stockages temporaires.
- le dépôt de déchets de tout type
- l'épandage de matière organique ou de produit phytosanitaire.
- le pâturage
- les affouillements
- le prélèvement d'eau
- la création d'abreuvoir.

623 Zones de protection éloignée

a) Emprise.

Celle-ci englobe les zones précédentes et s'étend sur l'ensemble du bassin versant superficiel

b) Règlement

Dans ce secteur seront soumis à avis favorable d'expert :

- le stockage temporaire de produits potentiellement polluants
- tout équipement ou construction
- tout terrassement.

- A l'exception du damage de la piste des Gours, la circulation motorisée est réservée aux cas de force majeure.

Il en est de même pour le survol par hélicoptère.

- Les activités pastorales seront encadrées en évitant que les troupeaux ne stationnent de manière prolongée près des cours d'eau et dans les zones d'infiltration.
- Les équipements de secours seront préférentiellement alimentés avec du gaz. A défaut le réservoir de combustible sera équipé d'une rétention réglementaire.

7 Conclusions

Etant donné les conditions géologiques, hydrologiques et sanitaires observées et sous réserve de la mise en place des mesures et zones de protection définies dans le présent rapport, j'estime qu'un avis favorable peut être donné à l'exploitation des captages de la Selle. Cette ressource abondante est précieuse et j'engage la collectivité à mettre tous ses moyens en œuvre pour la pérenniser.

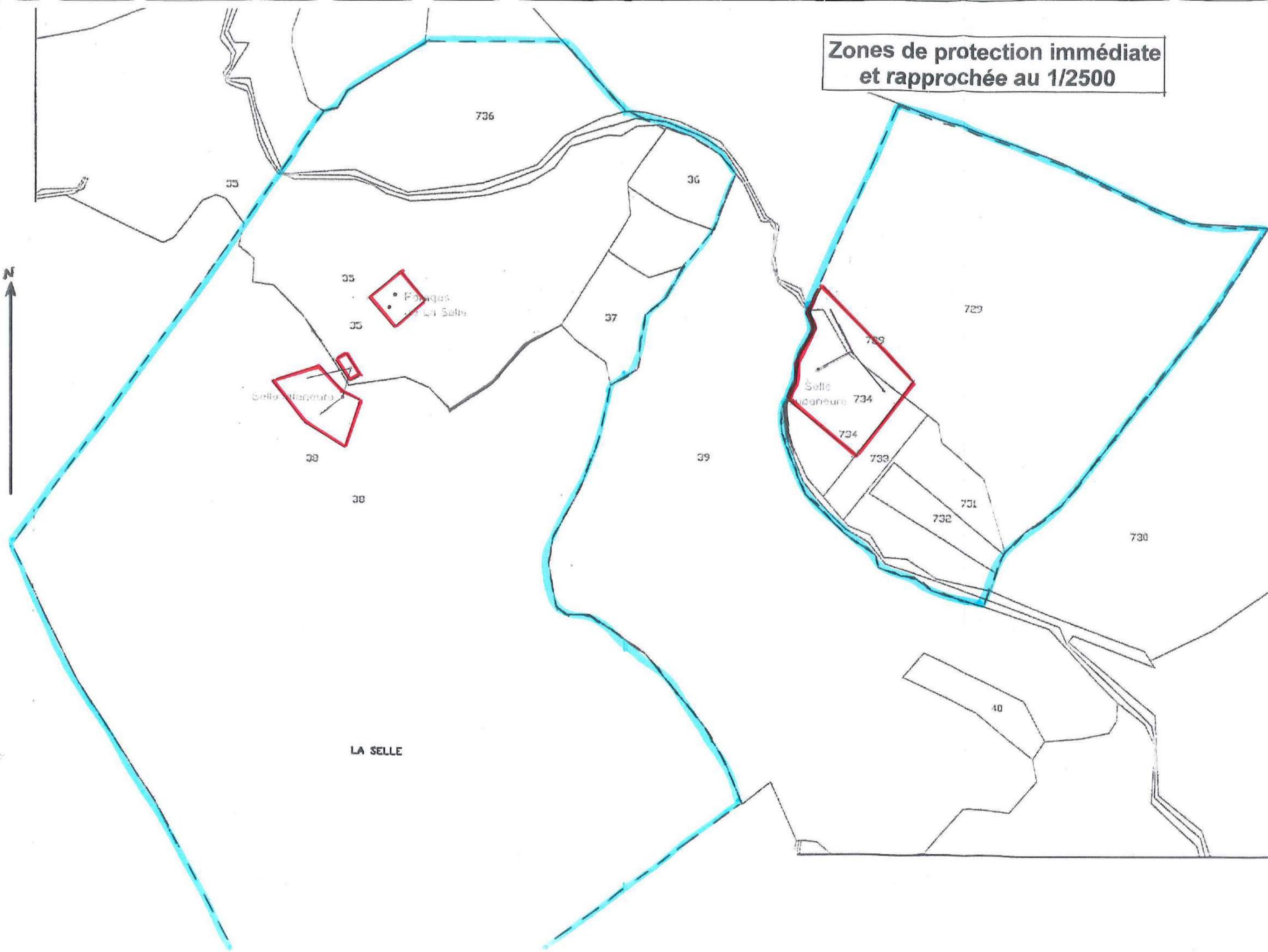
Fait à : Le Touvet, le

Jean-Pierre BOZONAT

DOCUMENTATION CONSULTÉE

- Carte géologique de la France au 1/50.000 ; feuille de La Grave n° 798 BRGM Orléans (1976)
- Carte géologique de la France au 1/50.000 ; feuille Saint-Christophe en Oisans n° 822 BRGM Orléans (1984)
- Carte topographique 1/25.000 feuille les 2 Alpes n° 3336 OT IGN – Paris 2002
- "Mont de Lans; versant nord des Deux Alpes" M. Gidon Geol-Alpes
- "Les vallées des massifs cristallins externes" et "Les vallées suspendues du bassin de la Romanche" in le Drac G. Monjuvent CNRS 1981
- Les Deux Alpes. Captage de la Selle. Prospection électrique. Bureau d'études géologiques et géophysiques. Toulon 1972
- Rapports hydrogéologiques relatifs aux sources de la Selle J. Sarrot Reynauld. Grenoble 1974-1996
- Notes diverses relatives aux forages et essais de pompage sur le site de la Selle. DDAF de l'Isère
- Mise en conformité des captages d'eau potable de la communauté de communes des Deux Alpes. Dossier préparatoire à la visite de l'hydrogéologue agréé. Alp'Etudes. Septembre 2009 – Avril 2010
- Analyses physico-chimiques et bactériologiques des captages de la Selle. Service Environnement et Santé de l'Isère. Agence Régionale de Santé. (2009)

Zones de protection immédiate
et rapprochée au 1/2500



Commune de Les Deux Alpes

**SCHÉMA DE CONCILIATION
NEIGE DE CULTURE
CLE DRAC & ROMANCHE**

VOLET 2 ALPES

Annexe PU 8



Schéma de conciliation de la neige de culture et de la ressource en eau, avec les milieux et les autres usages

Document 1 : Le domaine skiable des Deux Alpes



TABLE DES MATIERES

I	PRESENTATION DU DOMAINE SKIABLE DES DEUX ALPES.....	3
I.1	LOCALISATION DU DOMAINE.....	3
I.2	DECOUPAGE EN CINQ BASSINS VERSANTS	4
I.3	ÉTENDUE DU DOMAINE ET EQUIPEMENTS POUR LA NEIGE DE CULTURE	5
I.4	SITUATION FUTURE : PROJETS D'EQUIPEMENTS EN NEIGE DE CULTURE ET EVOLUTION DES BESOINS	6
I.4.1	<i>Le projet de la Mura</i>	6
I.4.2	<i>Les besoins futurs</i>	6
II	CONTEXTE ET DESCRIPTION DE LA RESSOURCE EN EAU : LES VALEURS DE REFERENCE.....	8
II.1	LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE.....	8
II.2	REPARTITION DE LA RESSOURCE EN EAU	9
II.3	DEBITS D'ÉTIAGE MOYENS MENSUELS ET QMNA5.....	10
II.4	HYDROGRAMMES D'UNE ANNEE MOYENNE	10
III	METHODOLOGIE POUR LE CALCUL DES VALEURS DE REFERENCE POUR LA QUANTIFICATION DE LA RESSOURCE DISPONIBLE ET MARGE D'INCERTITUDE	11
III.1	METHODOLOGIE POUR LE CALCUL DES VALEURS DE REFERENCE (QUANTIFICATION DE LA RESSOURCE EN EAU)	11
III.1	EVALUATION DE L'INCERTITUDE DES CALCULS	14
IV	USAGES DE L'EAU ET RISQUES D'EXCES DE PRELEVEMENT	16
IV.1	USAGES ANTHROPIQUES ACTUELS DE L'EAU	16
IV.1.1	<i>Alimentation en Eau Potable (AEP) : 875 000 m³/an</i>	16
IV.1.2	<i>Hydroélectricité : 350 Mm³/an</i>	16
IV.1.3	<i>Neige de culture : 200 000 m³/an</i>	16
IV.2	USAGES ANTHROPIQUES FUTURS DE L'EAU	18
IV.2.1	<i>AEP : stabilité</i>	18
IV.2.2	<i>Hydroélectricité : stabilité</i>	18
IV.2.3	<i>Neige de culture : + 300 000 m³</i>	18
IV.3	CONCILIATION DES USAGES : EVALUATION DES IMPACTS QUANTITATIFS ET IDENTIFICATION DES CONTEXTES SENSIBLES	18
IV.3.1	<i>Ajustement de l'analyse aux échelles qui permettent d'identifier au mieux les impacts des prélèvements</i>	18
IV.3.2	<i>Transferts d'eau inter bassins versants : plus d'un million de m³ sortent du bassin versant du ruisseau de la Pisse dont 200 000 m³ pour la neige de culture</i>	19
IV.3.3	<i>Conciliation des usages dans le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet (bassin versant de la Pisse)</i>	20
IV.3.4	<i>Conciliation des usages à l'échelle du bassin versant de la Pisse</i>	22
IV.4	CONCILIATION DES USAGES ET PRELEVEMENTS FUTURS.....	24
IV.4.1	<i>Transferts d'eau inter bassins versants induits par le projet de la Mura</i>	24
IV.4.2	<i>Impacts du projet de la Mura sur les milieux aquatiques : inchangés durant les mois d'étiage</i> ..	25
IV.4.3	<i>Impacts du projet de la Mura sur l'AEP : risques a priori limités</i>	25
IV.4.4	<i>Impacts du projet de la Mura sur la ressource pour l'hydroélectricité : toujours peu significatif</i> . 25	25
IV.5	CONCLUSION SUR LES CONSEQUENCES DE LA NEIGE DE CULTURE SUR LES MILIEUX AQUATIQUES ET LES AUTRES USAGES ...	26
V	LES CRITERES D'IMPLANTATION GEOGRAPHIQUES	28
V.1	ZONES PROTEGEES.....	28
V.2	ZONES D'INTERET ENVIRONNEMENTAL OU SANITAIRE	30
VI	SYNTHESE ET RECOMMANDATIONS (A VALIDER EN COPIL).....	32
VI.1	PRENDRE EN COMPTE LE ZONAGE « RESSOURCE EN EAU ET CONCILIATION DES USAGES »	32
VI.2	ETUDIER LES EFFETS DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT.....	34
VI.3	REALISER UN SUIVI DE DEBIT	34
VI.4	EFFECTUER UN INVENTAIRE DES ZONES HUMIDES POUR L'INSCRIPTION DANS LES DOCUMENTS D'URBANISME.....	34
VI.5	PRENDRE EN COMPTE LA DIMENSION PAYSAGERE DES OUVRAGES.....	34

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du domaine des Deux Alpes	3
Figure 2 : Localisation des Deux Alpes dans le Parc National des Ecrins	3
Figure 3 : Découpage en sous bassins versants	4
Figure 4 : Vue en 3D du découpage en bassins versants du domaine des Deux Alpes	4
Figure 5 : Retenue du Grand Plan du Sautet dans le bassin versant de la Pisse – 4 et 27 juillet 2009	5
Figure 6 : Principe de fonctionnement du Grand Plan du Sautet	5
Figure 7 : Site du projet de la Mura - 27 juillet 2009	6
Figure 8 : Organisation du réseau d'enneigement artificiel actuel et en projet - Source : Deux Alpes Loisirs, BD Carthage	7
Figure 9 : le ruisseau de la Pisse, le 4 juillet 2009	8
Figure 10 : le ruisseau de l'Alpe à Mont-de-Lans le 2 avril 2009	8
Figure 11 : le Merdaret, le 4 juillet 2009	8
Figure 12 : Réseau hydrographique sur le domaine des Deux Alpes - Source : BD Carthage	8
Figure 13 Contexte hydrogéologique - Source : ANTEA	9
Figure 14 Répartition de la ressource en eau	9
Figure 15 : Hydrogrammes théoriques reconstitués correspondants aux 6 zones géographiques	10
Figure 16 : localisation des stations de mesures utilisées pour la quantification de la ressource en eau (source : ANTEA/Sepia)	12
Figure 17 : hydrogrammes caractéristiques pour les principales stations de mesures utilisées pour la quantification de la ressource en eau (source : ANTEA/Sepia)	13
Figure 18 : Mise en évidence de la faible dispersion des débits d'étiage spécifiques des différents cours d'eau pour lesquels des hydrogrammes sont disponibles	15
Figure 19 : Prélèvements d'eau actuels et futurs sur le domaine des Deux Alpes	17
Figure 20 : Les prélèvements dans le ruisseau du Grand Plan, directement perceptibles à l'aval du site de prélèvement (le Grand Plan à gauche), ne sont plus identifiables 2 kilomètres plus à l'aval (la cascade de la Pisse, à droite)	18
Figure 21 : Comparaison entre prélèvements et restitution d'eau liés à la production de neige de culture – Bilan moyen sur la saison 2007-2008	19
Figure 22 : Schéma de principe des écoulements hypodermiques et superficiels	20
Figure 23 : Comparaison des différents volumes d'eau disponibles et prélevés chaque mois au cours d'une année moyenne dans le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet	20
Figure 24 : Terrassements et canaux sur le bassin versant de la retenue – 27 juillet 2009	21
Figure 25 : l'amont du Plan du Sautet : un bassin versant sec la plupart du temps...	21
Figure 26 : ruisseau de la Pisse sous la confluence avec le Grand Plan du Sautet (06/10/09)	22
Figure 27 : retenue du Chambon (06/10/09)	22
Figure 28 : Bilan au niveau de la confluence avec le Chambon des volumes d'eau disponibles et prélevés chaque mois au cours d'une année moyenne dans le bassin versant du ruisseau de la Pisse	23
Figure 29 : en février 2007, les volumes prélevés (majoritairement pour l'AEP) sont proches de la ressource totale disponible à l'étiage une année sur cinq...	23
Figure 30 : durant la semaine de pointe, une fois tous les cinq ans en moyenne, la ressource produite est tout juste suffisante pour l'alimentation en eau potable	23
Figure 31 : Comparaison entre prélèvements et restitutions d'eau liés à la production de neige de culture - Projet de la Mura – bilan moyen interannuel	24
Figure 32 : Répartition des usages de l'eau dans le bassin versant de la Pisse – Projet de la Mura	25
Figure 33 : Résurgence au pied d'un éboulis à la Selle-d'en-Haut (05/10/09)	26
Figure 34 : Ecoulements dans le ruisseau de la Pisse à la Selle à l'étiage de l'automne 2009, en l'absence de prélèvements pour l'AEP (04/10/2009)	26
Figure 35 : l'affleurement du substratum favorise les écoulements superficiels à la cascade de la Pisse	26
Figure 36 : la digue du Grand Plan du Sautet réduit les écoulements superficiels lorsque l'ouvrage n'est pas rempli (05/10/09)	27
Figure 37 : A l'aval du Grand Plan, le ruisseau est totalement asséché sur plusieurs centaines de mètres (05/10/09)	27
Figure 38 : Zones avec protections réglementaires sur la Communauté de Communes des Deux Alpes	29
Figure 39 : Zones d'intérêt environnemental ou sanitaire à prendre en compte dans l'implantation des installations de neige de culture	31
Figure 40 : la Brèche de la Mura ...	32
Figure 41 : Récapitulatif des contraintes à prendre en compte pour tout nouveaux prélèvements en eau sur le territoire de la Communauté de Communes des Deux Alpes	33

I Présentation du domaine skiable des Deux Alpes

I.1 Localisation du domaine

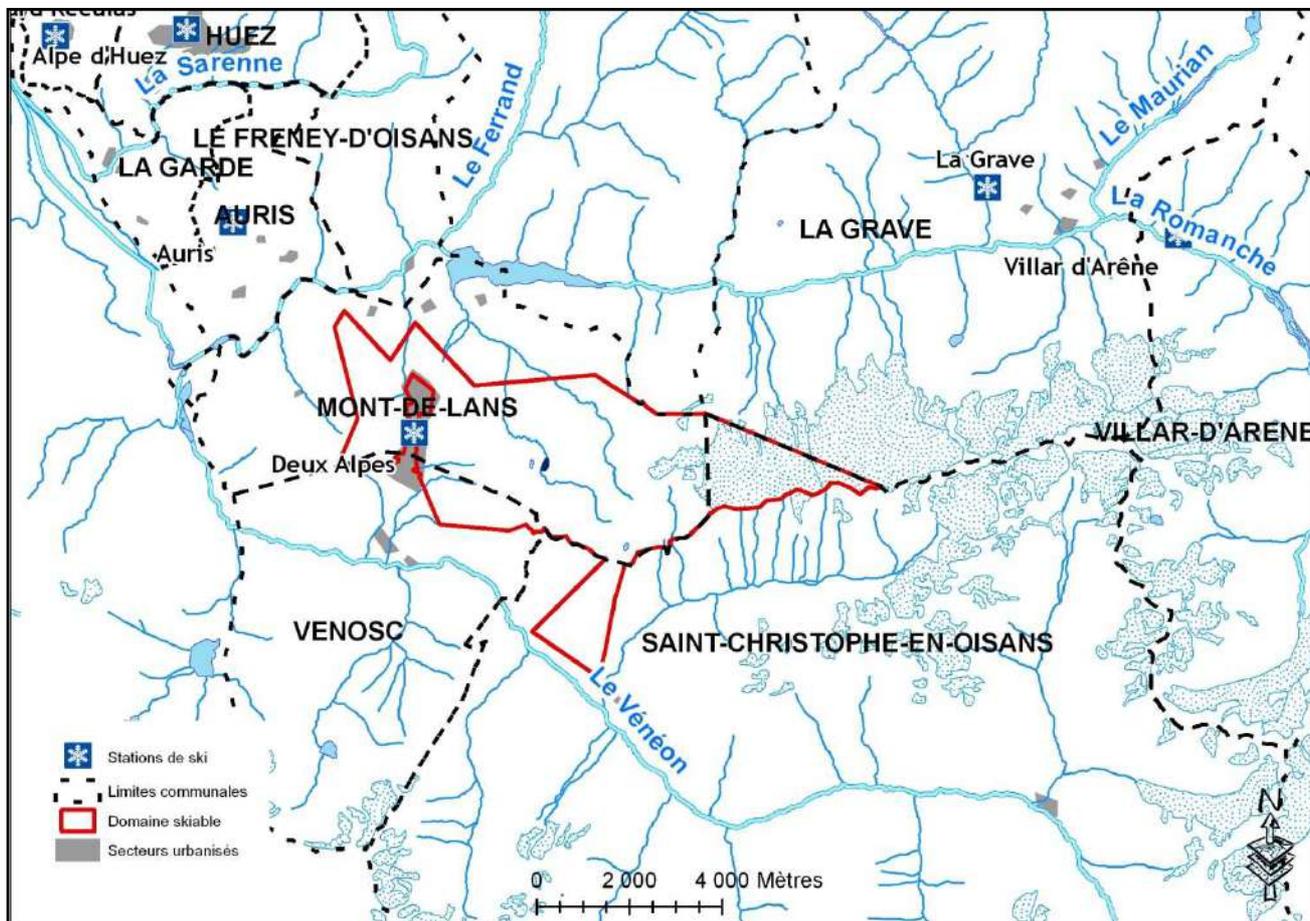


Figure 1 : Localisation du domaine des Deux Alpes

La station des Deux Alpes se situe au cœur du massif de l'Oisans, sur la Communauté de Communes des Deux Alpes qui regroupe Mont-de-Lans et Venosc.

Son domaine skiable s'étend sur ces deux communes – principalement sur la commune de Mont-de-Lans ainsi que sur la commune de Saint-Christophe-en-Oisans sur le secteur du glacier (cf. Figure 1).

La majeure partie de la commune de Saint Christophe ainsi que près de la moitié de la commune de Venosc sont situées dans la zone cœur du Parc National des Ecrins.



Figure 2 : Localisation des Deux Alpes dans le Parc National des Ecrins

L'ensemble du domaine skiable, qui est situé sur le reste du territoire de Venosc, Saint-Christophe ainsi que Mont-de-Lans, est situé dans la zone d'adhésion du parc.

I.2 Découpage en cinq bassins versants

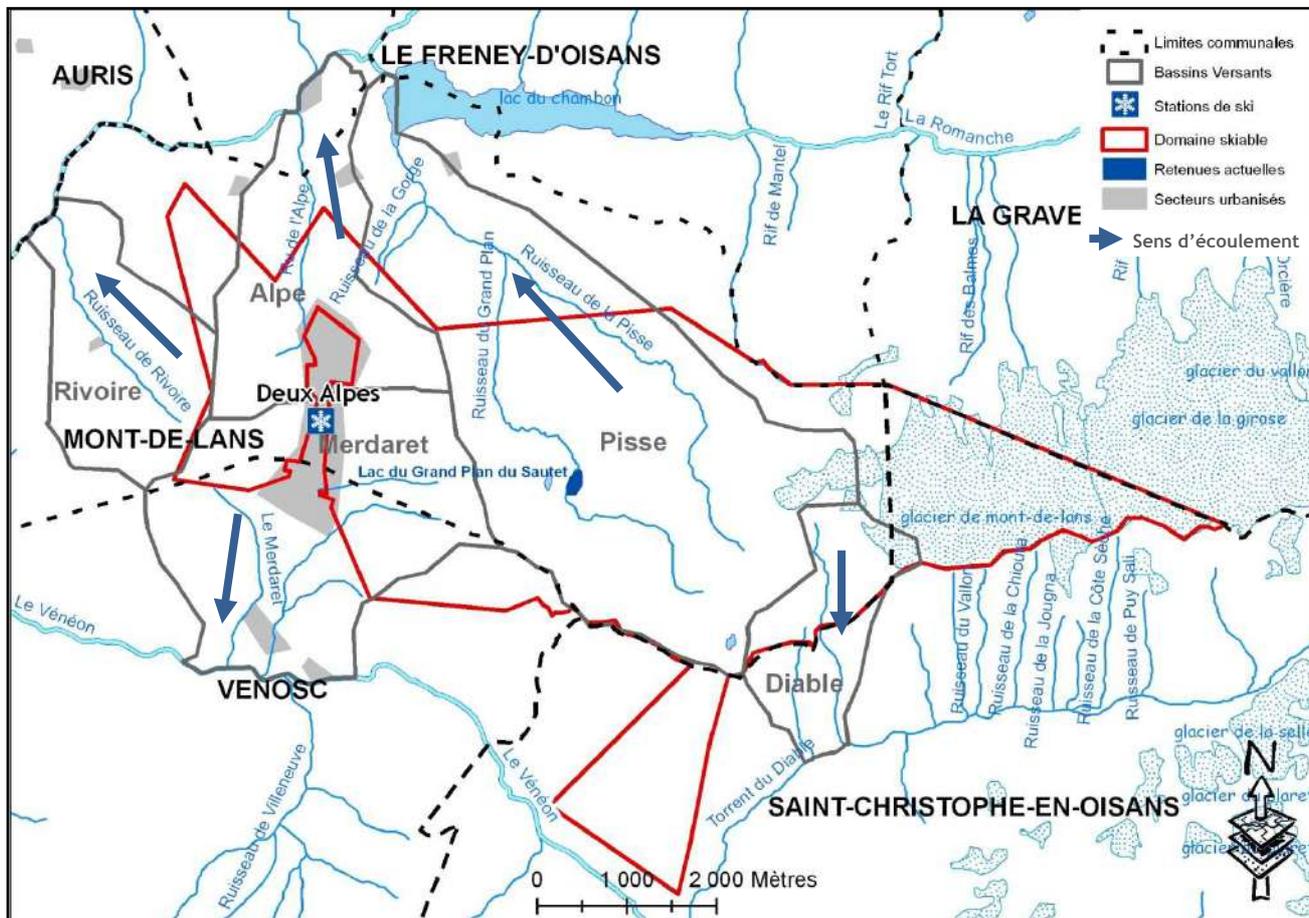


Figure 3 : Découpage en sous bassins versants

Le domaine s'étend sur 5 bassins versants (BV) :

- ❖ deux s'écoulent vers le Vénéon : **Diable** (300 ha) et **Merdaret** (870 ha),
- ❖ trois s'écoulent vers la Romanche : **Rivoire** (430 ha), **Alpe** (570 ha) et **Pisse** (1630 ha).

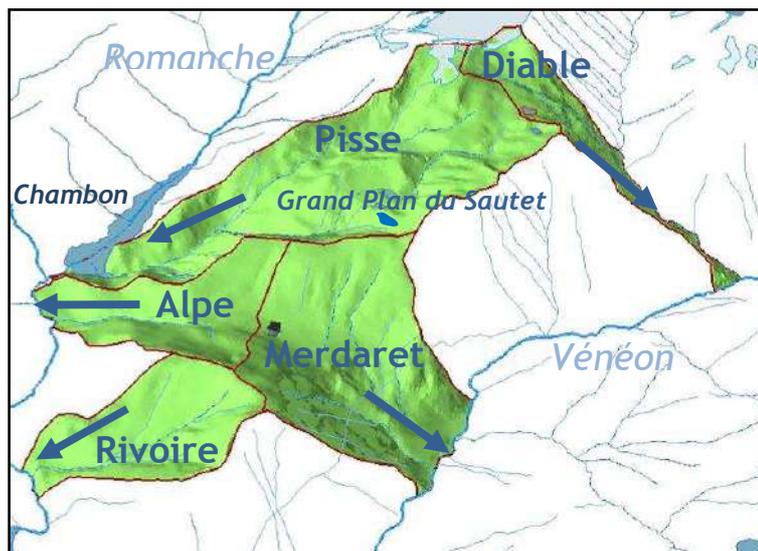


Figure 4 : Vue en 3D du découpage en bassins versants du domaine des Deux Alpes

I.3 Etendue du domaine et équipements pour la neige de culture

Le domaine skiable des Deux Alpes comprend 420 ha de pistes et s'étend entre 1300 m et 3568 m d'altitude (cf. Figure 8). Le glacier de Mont-de-Lans permet d'assurer une activité ski toute l'année.

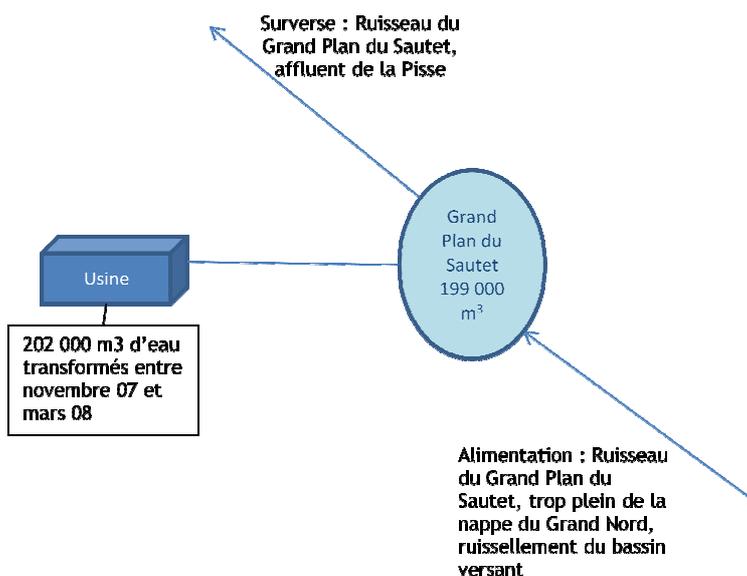
Aujourd'hui, environ 58 ha de pistes sont équipés avec 208 enneigeurs, entre 1300 et 2100 m d'altitude. Cela représente un **taux d'équipement de 14 %**. 60 ha de pistes environ sont situés sur le glacier et disposent d'un enneigement assuré. Au total, l'enneigement de 118 ha, soit 28% du domaine, est donc sécurisé.

Pour l'approvisionnement en eau pour la neige de culture, les Deux Alpes disposent d'un lac artificiel, le **Grand Plan du Sautet, d'une capacité de 198 800 m³** (4,16 ha au niveau normal des eaux cf. *arrêté préfectoral d'autorisation de vidange du 26/02/09*). Ce lac a été initialement aménagé au début des années 1990 pour la sécurisation de l'alimentation en eau potable. Des améliorations ultérieures de rendement des réseaux de distribution d'eau ont finalement permis à la Communauté de Communes de subvenir à ses besoins sans y avoir recours. Le lac intercepte un bassin versant de 336 ha (cf. Figure 8).

Figure 5 : Retenue du Grand Plan du Sautet dans le bassin versant de la Pisse - 4 et 27 juillet 2009



Figure 6 : Principe de fonctionnement du Grand Plan du Sautet



I.4 Situation future : projets d'équipements en neige de culture et évolution des besoins

I.4.1 Le projet de la Mura

Le **projet de la Mura** prévoit la construction d'une **retenue d'altitude de 350 000 m³ (307 500 m³ en volume utile)**, d'une superficie de 4,25 ha au lieu dit de la Brèche de la Mura. Cette retenue permettra d'augmenter la superficie de pistes équipées de 58 ha à 142 ha sur les 420 ha de la station, ce qui assurera un taux d'enneigement de culture de 34%. En comptant les 60 ha de champs de neige assurés sur le glacier, 48% du domaine seront ainsi sécurisés.



Figure 7 : Site du projet de la Mura - 27 juillet 2009

Les nouvelles pistes enneigées seront situées principalement dans le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet (bassin versant de la Pisse), mais aussi dans le bassin versant du Diable. Finalement, les pistes seront équipées entre 1300 et 3200 m d'altitude.

La retenue sera située en tête du bassin versant qui alimente le Torrent du Diable et aura un **bassin d'alimentation de 40 ha** (cf. Figure 8).

Son approvisionnement sera assuré majoritairement (35 ha) par l'amont du bassin versant qui alimente le Grand Plan du Sautet, les eaux étant dérivées vers la retenue à l'aide d'une cunette de dérivation.

Le bassin versant de la retenue côté Torrent du Diable sera ainsi réduit à la seule superficie

de la retenue. En année moyenne, la retenue devrait être remplie fin octobre par les apports gravitaires. Néanmoins, pour pallier le manque d'eau en année sèche, un remplissage complémentaire est prévu à partir des eaux du Grand Plan du Sautet. Ce prélèvement complémentaire est limité à 150 000 m³ (soit environ la moitié du volume de la Mura), sur la période du 1^{er} mai au 31 octobre, dont 80 000 m³ entre septembre et fin octobre (cf § 3.2.6 p.28 du document d'incidence du dossier Loi sur l'Eau du projet).

I.4.2 Les besoins futurs

Neige de Culture

Les besoins supplémentaires pour la neige de culture sont estimés à 300 000 m³ pour assurer l'enneigement des axes principaux de la partie haute du domaine. Ces 300 000 m³ seront obtenus grâce au projet de retenue de la Mura.

Une partie de cette neige produite pourra néanmoins permettre de conforter les autres secteurs équipés où les besoins en neige peuvent ponctuellement être plus importants.

Domaine skiable des Deux Alpes

420 ha de pistes
Altitude : de 1300 à 3568 m

Aujourd'hui
58 ha équipés,
soit 14% du domaine skiable

Demain (avec le projet La Mura)
142 ha équipés,
soit 34% du domaine,
ce qui fera avec les 60 ha de pistes du glacier,
48% du domaine avec enneigement garanti

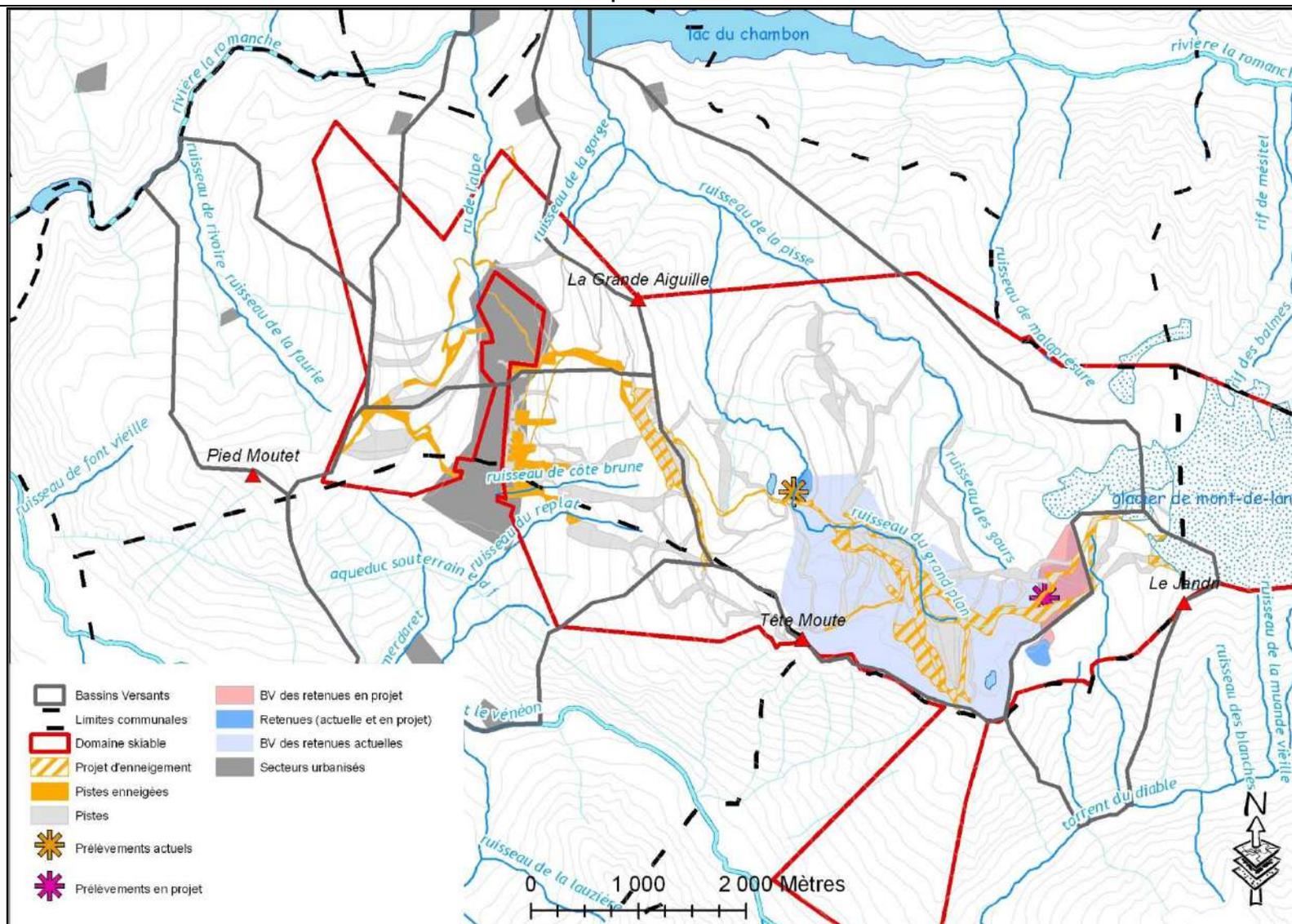


Figure 8 : Organisation du réseau d'enneigement artificiel actuel et en projet - Source : Deux Alpes Loisirs, BD Carthage

II Contexte et description de la ressource en eau : les valeurs de référence

II.1 Le réseau hydrographique

Le domaine des Deux Alpes est encadré par la vallée de la Romanche au nord et la vallée du Vénéon au sud. Ces deux cours d'eau, qui s'écoulent d'est en ouest, se rejoignent en amont de la plaine de Bourg d'Oisans. Plusieurs de leurs affluents prennent leur source sur le domaine. Les plus importants sont :

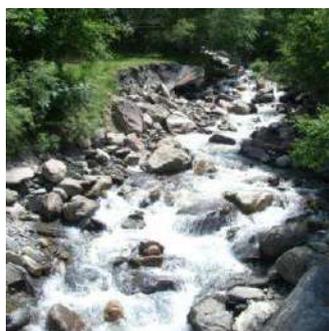


Figure 9 : le ruisseau de la Pisse, le 4 juillet 2009

➤ **le ruisseau de la Pisse (son principal affluent étant le ruisseau du Grand Plan) qui se jette dans le lac du Chambon situé sur la Romanche,**

➤ **le ruisseau de l'Alpe et le ruisseau de Rivoire qui se jettent dans la Romanche en aval du lac du Chambon ;**



Figure 10 : le ruisseau de l'Alpe à Mont-de-Lans le 2 avril 2009

➤ **le Merdaret et le torrent du Diable qui se jettent dans le Vénéon.**



Figure 11 : le Merdaret, le 4 juillet 2009

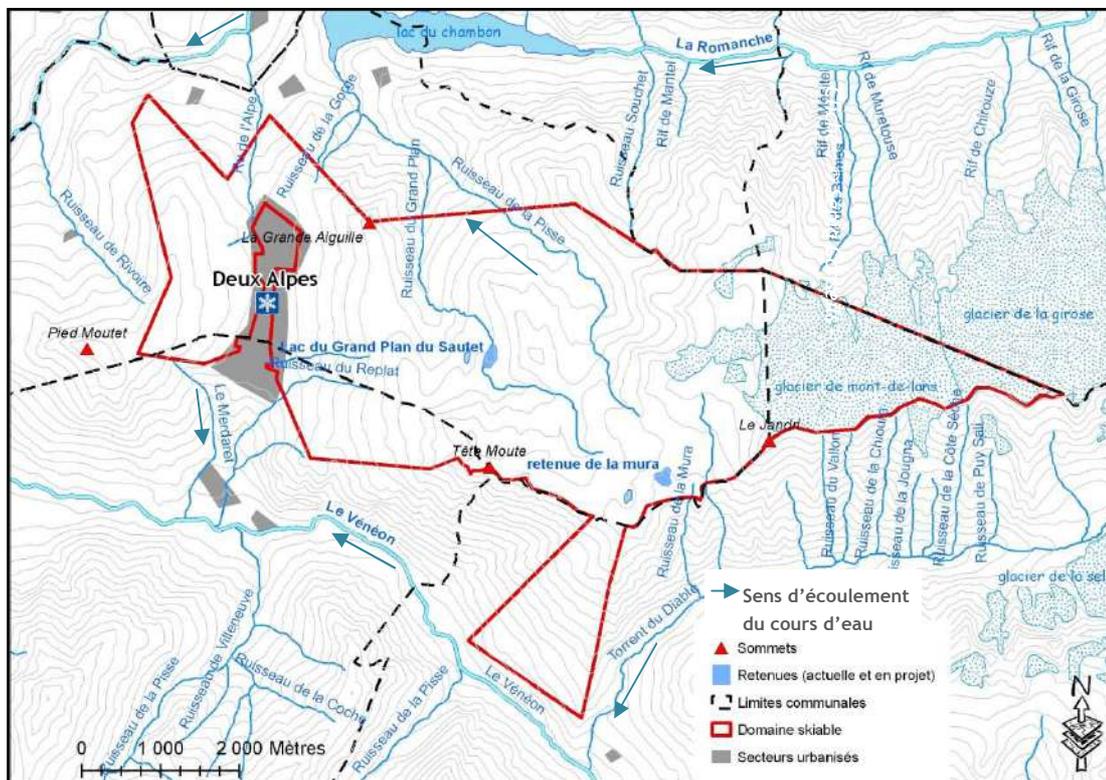


Figure 12 : Réseau hydrographique sur le domaine des Deux Alpes - Source : BD Carthage

II.2 Répartition de la ressource en eau

L'abondance de la ressource en eau disponible sur un bassin versant dépend de sa géologie et de sa pluviométrie, elles-mêmes dépendantes de l'altitude et de l'exposition du bassin.

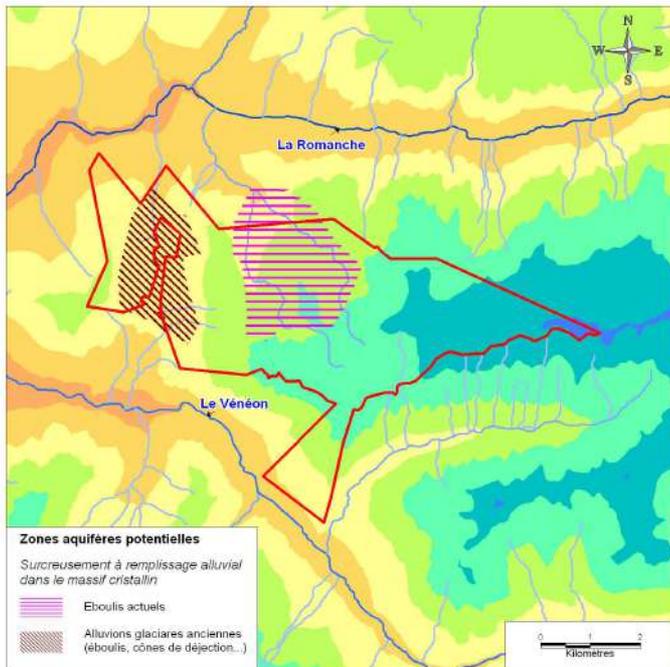


Figure 13 Contexte hydrogéologique - Source : ANTEA

Le domaine des Deux Alpes est installé en partie sur des éboulis qui induisent l'infiltration de la majorité des écoulements et une circulation souterraine à faible profondeur au niveau du bassin versant du ruisseau de la Pisse.

Deux nappes sont ainsi constituées respectivement au Plan du Sautet (nappe du Grand Nord) et à la Selle dans des contextes topographiques semblables. La capacité de stockage de la nappe du Grand Nord a été évaluée à 150 000 m³ environ en 1980 (étude DDAF 38), celle de la Selle à 100 000 m³.

Plus de 2 millions de m³ d'eau transitent chaque année par la nappe du Grand Nord. Les nappes de la Selle et, en hiver, du Grand Nord, sont exploitées pour l'alimentation en eau potable de la Communauté de Communes des Deux Alpes.

En l'absence de suivi hydrométrique local, la ressource globale (eaux superficielles et souterraines) est évaluée à partir d'extrapolations sur la base des données météorologiques des stations de Besse, La Grave et Saint-Christophe-en-Oisans, et des données hydrométriques du Ferrand, de la Romanche, du Vénéon, de la Sarenne et du Torrent du Diable (cf. Figure 16).

Six zones présentant des régimes hydrologiques caractéristiques sont ainsi identifiées sur le domaine. Pour chacune de ces zones, un débit spécifique, c'est-à-dire le débit rapporté à une unité de surface, a été identifié au pas de temps mensuel. Ce débit spécifique permet de calculer la ressource théoriquement disponible dans un bassin versant donné, en fonction de sa surface.

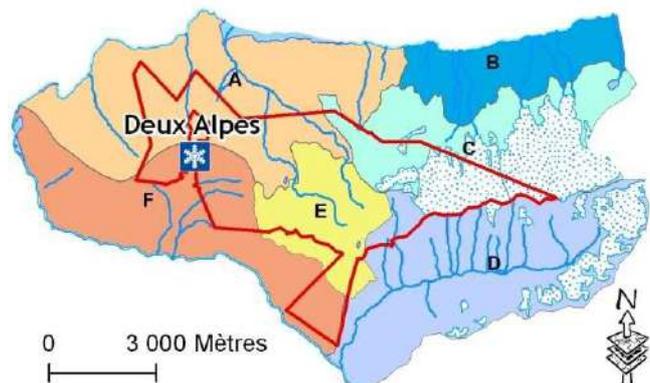


Figure 14 Répartition de la ressource en eau

Les grandeurs qui quantifient la ressource disponible sur les bassins versants concernés par le domaine sont les suivantes :

- 1) **les débits d'étiage mensuels interannuels** (moyenne des débits mensuels d'étiage QMNA),
- 2) **les débits d'étiage mensuels quinquennaux (QMNA₅)** : il s'agit des débits mensuels d'étiage qui sont subis une année sur cinq,
- 3) **les hydrogrammes d'une année moyenne au pas de temps mensuel.**

L'usage des débits spécifiques, qui rapporte les débits à une unité de superficie, permet de s'affranchir commodément de l'influence de la taille des bassins versants étudiés.

II.3 Débits d'étiage moyens mensuels et QMNA5

Le Tableau 1 présente pour chaque zone le débit d'étiage spécifique mensuel interannuel et le débit d'étiage spécifique mensuel quinquennal (QMNA5/S). Le QMNA5 est une valeur régulièrement prise comme référence dans les dossiers d'études d'impact.

Zones	A	B	C	D	E	F
Débit d'étiage mensuel interannuel/S	6,9	6,9	5	8,2	5	9,9
QMNA5/S	4,2	4,2	3	5,7	3	9

Tableau 1 : Débits d'étiage spécifiques (en l/s/km²) interannuels et quinquennaux calculés pour chaque secteur hydrologique concerné par le domaine des 2 Alpes

II.4 Hydrogrammes d'une année moyenne

La Figure 15 présente pour chaque zone les hydrogrammes théoriques reconstitués.

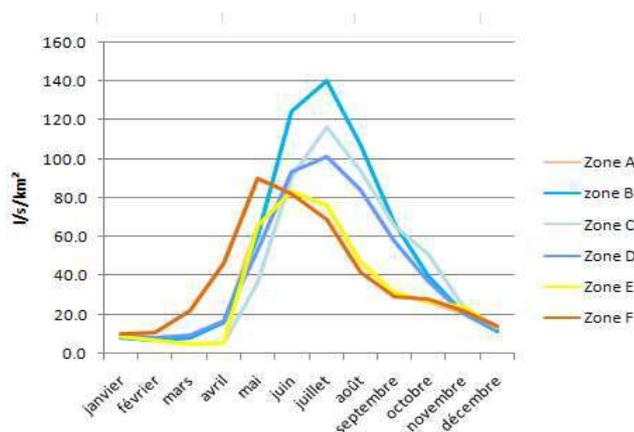


Figure 15 : Hydrogrammes théoriques reconstitués correspondants aux 6 zones géographiques

En haute altitude, les étiages sont les plus marqués et les plus longs (jusque fin avril), du fait de l'immobilisation de la ressource dans le manteau neigeux en période hivernale. On parle de **régime nival**, voire **glaciaire**. Sur les versants sud les moins élevés (ex : le Merdaret à Venosc), un étiage estival se fait sentir en septembre ; on parle de **régime pluvio-nival**.

Le Tableau 2 détaille les débits moyens mensuels spécifiques pour chacune des zones.

	A	B	C	D	E	F
janvier	8.1	8.1	8.7	9.4	8.7	9.9
février	6.9	6.9	6.8	8.2	6.8	10.5
mars	8.1	8.1	5.0	9.3	5.0	21.5
avril	16.3	16.3	5.8	16.8	5.8	46.5
mai	65.3	60.4	36.7	52.9	65.3	89.9
juin	83.2	124.3	90.8	93.5	83.2	82.0
juillet	75.7	140.1	116.8	101.4	75.7	68.6
août	47.1	107.2	94.5	84.0	47.1	41.9
septembre	31.3	67.0	66.1	57.7	31.3	29.2
octobre	26.6	40.0	51.0	37.0	26.6	28.0
novembre	20.7	20.7	24.0	20.6	24.0	21.5
décembre	11.3	11.3	13.4	12.3	13.4	13.9
QMNA5	4.2	4.2	3.0	5.7	3.0	9.0

Tableau 2 : Débits mensuels spécifiques interannuels (en l/s/km²) calculés pour chaque secteur hydrologique concerné par le domaine des 2 Alpes

On s'assure que les hydrogrammes sont cohérents avec les paramètres physiques des bassins versants de chaque zone :

- 1) les bassins versants des **zones B, C et D**, présentant un taux d'englacement notable, sont caractérisés par une pointe en juillet et les débits d'étiage sont faibles et se prolongent jusqu'en avril ;
- 2) le bassin versant de la Pisse en amont du Plan du Sautet (**zone E**) est caractérisé par un hydrogramme présentant un déficit de l'ordre de 20 % de ruissellement moyen annuel par rapport aux précédents, justifié par l'absence de fonte glaciaire ; si l'étiage est faible (5 l/s/ha), également en avril, la pointe est décalée en juin ;
- 3) le bassin versant du ruisseau de la Pisse à l'aval du Grand Plan (**Zone A**) et ses voisins, orientés au nord, sont caractérisés par des étiages moins longs (reprise des écoulements dès avril), moins sévères (6,9 l/s/km²) et une pointe en juin ;
- 4) les bassins versants orientés vers le sud (**zone F**) sont caractérisés par des débits d'étiage plus soutenus (9,9 l/s/km²), moins longs (reprise des écoulements dès mars) et une pointe avancée en mai.

III Méthodologie pour le calcul des valeurs de référence pour la quantification de la ressource disponible et marge d'incertitude

III.1 Méthodologie pour le calcul des valeurs de référence (quantification de la ressource en eau)

L'évaluation de la ressource disponible sur les bassins versants concernés par le domaine skiable a été faite sur la base d'une extrapolation des données mesurées sur les bassins versants suivis à proximité :

- o soit par simple homothétie entre les débits et les superficies des bassins versants,
- o soit par homothétie et par ajustement de la forme des hydrogrammes aux conditions météorologiques moyennes des bassins à caractériser, via l'ajustement d'une loi « pluies-débits » définie a posteriori par calage d'un modèle sur toute la période de suivi disponible (cf. Figure 17).

L'Oisans, et le département de l'Isère en général, bénéficient d'un niveau de suivi appréciable et au vu de l'ensemble des données qui ont été mises à notre disposition, soit via la « Banque Hydro » gérée par le DREAL, soit par EDF, il a été possible d'envisager des extrapolations raisonnables vers l'ensemble des bassins versants concernés par notre étude (cf. Figure 16).

Pour le domaine des Deux Alpes, les similitudes identifiées sont les suivantes :

- 1) les bassins versants situés à l'est du domaine (B, C et D), et qui présentent un taux d'englacement non négligeable, sont caractérisés par les hydrogrammes de référence du bassin versant du Vénéon à la station des Etages, bassin versant immédiatement voisin qui présente un taux d'englacement et une altitude moyenne comparables ; afin de prendre en compte leur altitude moyenne relativement plus élevée que

celle du Vénéon aux Etages, leurs hydrogrammes ont été adaptés aux températures de la station d'altitude de Saint-Christophe-en-Oisans via le modèle GARDENIA ;

- 2) le bassin du ruisseau de la Pisse à l'aval de la cote du Grand Plan du Sautet (A) a été caractérisé dans les études locales précédentes (études de la Mura notamment) par un hydrogramme mixte moyennant les débits caractéristiques de la Bonne à Pont-Battant, la Romanche au Plan de l'Alpe et La Sarenne à Huez (pour cette dernière, le glacier qui représente 30 % participe à environ 30 % des ruissellements sur le bassin versant amont de la Sarenne) ; nous sommes assurés que l'hydrogramme ainsi établi présentait une bonne compatibilité avec les hydrogrammes des bassins voisins ;
- 3) le bassin versant du Grand Plan du Sautet (E), qui ne contient pas de glacier dans son périmètre mais se trouve à une altitude élevée, a été caractérisé par un hydrogramme mixte reprenant, pour la période d'étiage, les débits calculés sur les bassins versants est, et pour la période estivale, les débits calculés dans les études précédentes et présentés plus haut ;
- 4) enfin, les petits bassins versants situés à l'ouest du domaine et orientés vers le sud (F), notamment le Merdereau, ont été caractérisés par les débits de référence de la Sarenne à Huez, également d'exposition sud bien que d'altitude légèrement supérieure.

Cette méthode est cohérente avec celle retenue par les porteurs de projet lors de la création de retenues d'altitude.

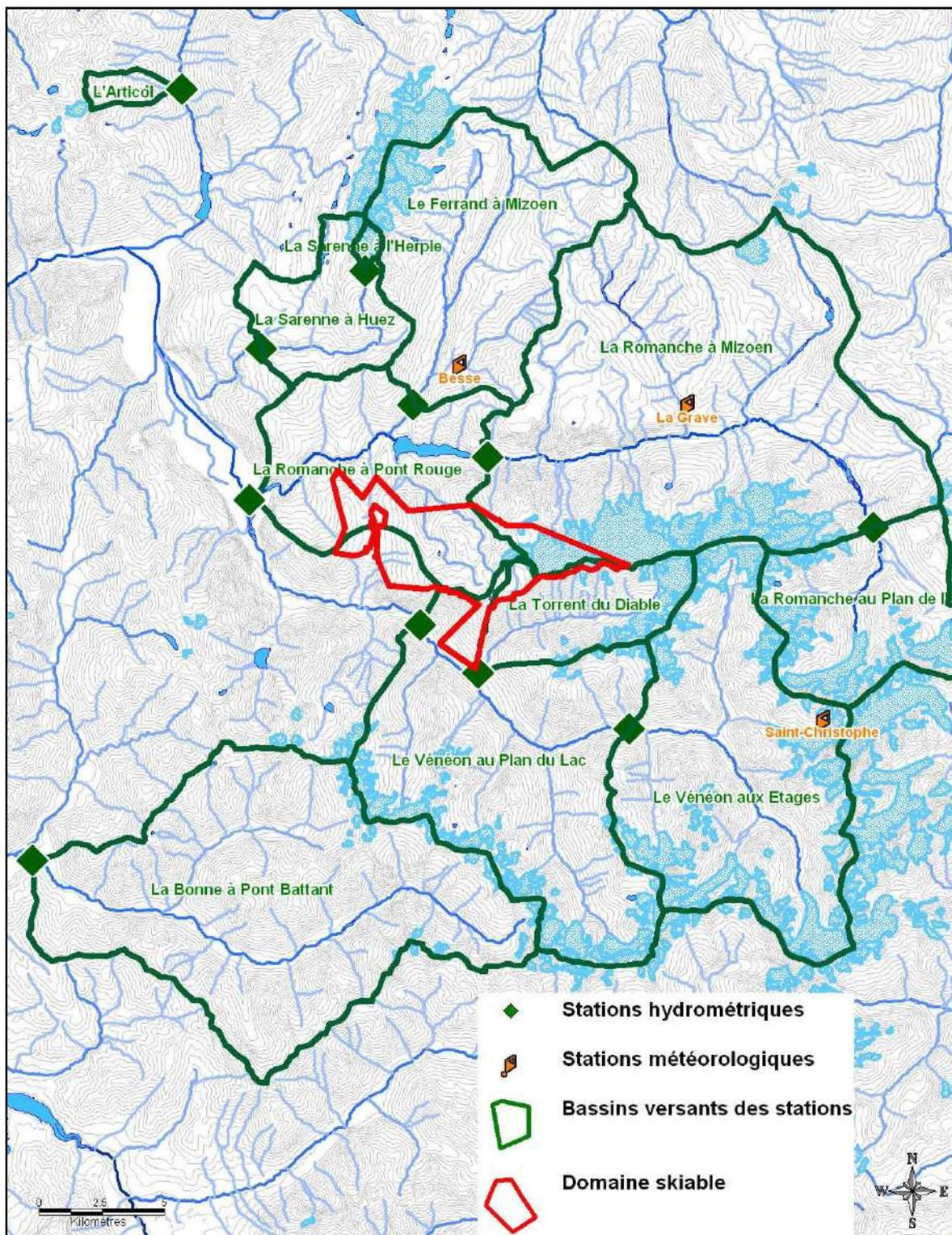


Figure 16 : localisation des stations de mesures utilisées pour la quantification de la ressource en eau (source : ANTEA/Sepia)

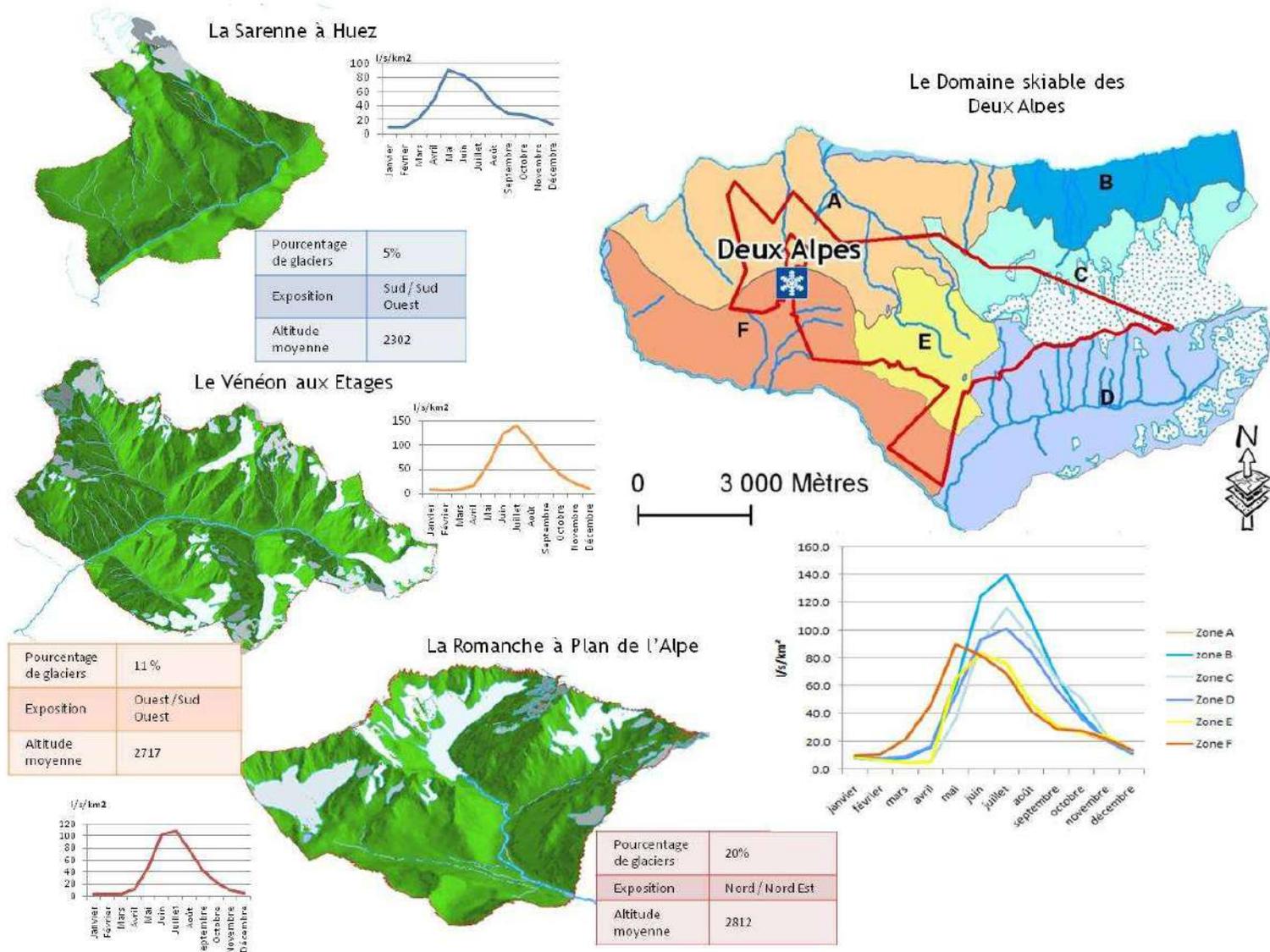


Figure 17 : hydrogrammes caractéristiques pour les principales stations de mesures utilisées pour la quantification de la ressource en eau (source : ANTEA/Sepia)

III.1 Evaluation de l'incertitude des calculs

Les extrapolations retenues pour calculer les grandeurs caractéristiques de la ressource, si elles tiennent compte autant des conditions d'exposition et de l'altitude des bassins versants, induisent toutefois des incertitudes à différents niveaux qu'il convient de cerner pour apprécier la pertinence des grandeurs avancées et, de là, les investigations de terrain éventuellement nécessaires pour les préciser.

Nous présentons ici l'évaluation de ces incertitudes en fonction des calculs et des hypothèses prises dans notre étude.

Notre analyse porte sur une série d'enregistrements synchrones qui constitue notre base de données utilisable pour quantifier la ressource en eau. Les données ont été transmises par les services d'EDF, sur 7 stations proches des domaines de l'Oisans (cf. Figure 16).

Leur analyse (cf. Figure 18) permet d'apprécier les éléments suivants :

- o à l'année 1964 près, qui présente des hydrogrammes très particuliers, l'Articol caractérisé par de fortes pentes et une exposition à l'est présente les débits spécifiques les plus élevés en période de hautes eaux, et le Ferrand caractérisé par des pentes plus faibles et une exposition au sud, les débits spécifiques les plus faibles ; le rapport peut aller du simple au triple entre les extrêmes ;
- o le volume total qui ruisselle sur le bassin du Ferrand peut être égal à la moitié de celui qui ruisselle sur les deux autres bassins, à superficie comparable ; c'est le cours d'eau qui présente la pente moyenne la plus faible ; **on confirme ainsi la singularité de l'hydrologie du Ferrand, et l'usage a priori difficile des hydrogrammes qui en sont issus.**

Le Tableau 3 permet de comparer les valeurs des débits d'étiage utilisables a

priori dans notre analyse de la ressource disponible sur les domaines skiables, à savoir les débits mensuels moyens d'étiage (QMNA) et les débits mensuels quinquennaux secs (QMNA₅).

En dehors de toute considération sur les similitudes et contrastes physiques entre ces bassins (altitude moyenne, pente, taux d'englacement et exposition), **on constate une grande similitude entre les valeurs qui seront extrapolées aux autres bassins, excepté pour les bassins du Vénéon au Plan du Lac** qui présente des débits spécifiques relativement faibles, **et pour la Romanche à Pont Rouge** qui présente des valeurs significativement plus élevées. Ces données, ainsi que celle du Torrent du Diable, ont donc ensuite été écartées.

Néanmoins, cette analyse indique que les effets de stockage liés aux circulations souterraines sont ici négligeables, et qu'à l'échelle de petits bassins versants (quelques dizaines de km²) tels que ceux étudiés, ce sont essentiellement les phénomènes de gel et de dégel qui induisent une temporisation de l'évacuation des hauteurs d'eau précipitées notable au pas de temps mensuel. Dans ce cas, les extrapolations peuvent s'affranchir d'une analyse géologique et pédologique fine.

Le choix circonstancié des hydrogrammes adaptés à chacune des extrapolations envisagées permet de réduire considérablement l'incertitude évaluée ci-dessus. Les écarts s'en trouvent réduits à +/- 20 %(cf. Tableau 4).

Le principe de quantification de la ressource exploitable, par extrapolation des débits mesurés sur certains bassins versants de référence, est donc valide sur l'ensemble du réseau pérenne.

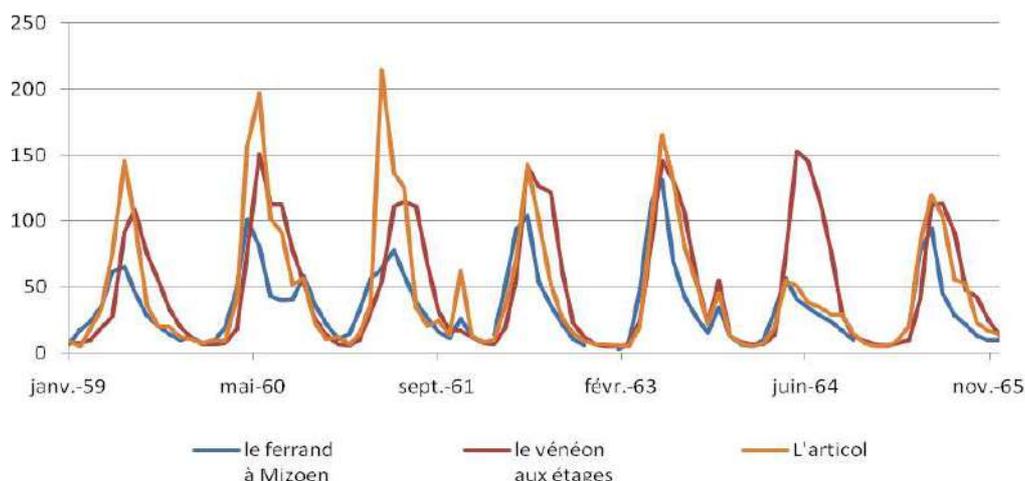


Figure 18 : Mise en évidence de la faible dispersion des débits d'étiage spécifiques des différents cours d'eau pour lesquels des hydrogrammes sont disponibles

	le Ferrand à Mizoen	le Vénéon aux Etages	le Vénéon au Plan du Lac	La Romanche à Pont Rouge	L'Articol	La Sarenne à Huez	Le Torrent du Diable à St-Christophe en Oisans
QMNA (l/s/km²)	7,98	6,73	5,90	11,32	6,88	8,62	4,81
écarts par rapport à la moyenne	+1 %	-15 %	- 25 %	+ 43 %	- 13 %	+9 %	
QMNA_{5/S} (l/s/km²)	5,13	5,34	3,90	10,00	5,19	6,55	(une seule donnée)
écarts par rapport à la moyenne	- 11 %	- 9 %	- 27 %	+ 50 %	- 10 %	+ 7 %	

Tableau 3 : Mise en évidence de la faible dispersion des débits d'étiage spécifiques mesurés sur les 7 stations de mesures pour lesquelles des hydrogrammes sont disponibles

	(le Ferrand à Mizoen)	le Vénéon aux Etages	le Vénéon au Plan du Lac	La Sarenne à Huez
QMNA (l/s/km²)	(7,98)	6,73	5,9	8,62
écarts par rapport à la moyenne	(10,5 %)	-6,8 %	-18,3 %	19,4 %
QMNA_{5/S} (l/s/km²)	(5,13)	5,34	3,9	6,55
écarts par rapport à la moyenne	(-1,3 %)	1,6 %	-18,3 %	18,4 %

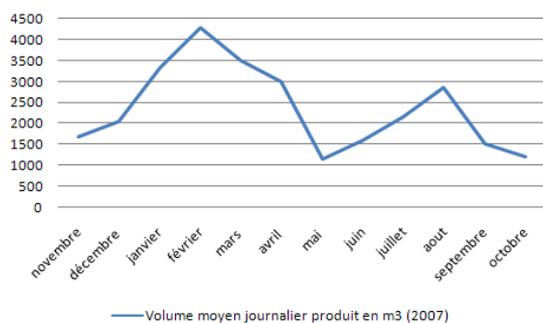
Tableau 4 : Mise en évidence de la faible dispersion des débits d'étiage spécifiques sur les stations de mesures disponibles pour la quantification de la ressource sur le domaine des Deux Alpes

IV Usages de l'eau et risques d'excès de prélèvement

IV.1 Usages anthropiques actuels de l'eau

IV.1.1 Alimentation en Eau Potable (AEP) : 875 000 m³/an

La production totale d'eau potable de la Communauté de Communes a diminué entre 2006 et 2007. Elle est passée de 1 million de m³ à 875 000 m³, tandis que le rendement des réseaux a été amélioré de 70% à 80% environ. Le volume d'eau consommé était donc de 718 000 m³ en 2006 et 696 000 m³ en 2007.



Cette consommation est variable suivant les saisons (cf. évolution de la production ci-dessus). Elle atteint un pic en hiver (février) avec une consommation journalière de 200 litres par personne environ. Les eaux usées sont dirigées vers la station d'épuration « Aquavallées » à Bourg d'Oisans, en aval de la zone d'étude.

IV.1.2 Hydroélectricité : 350 Mm³/an

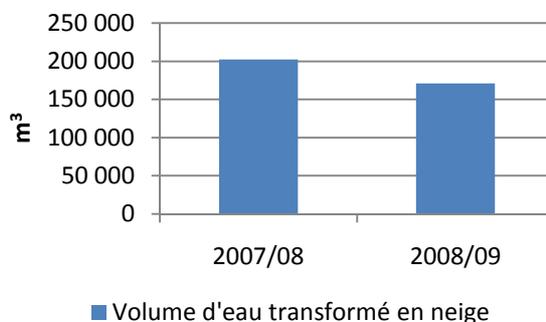
Le domaine skiable est situé dans les bassins versants d'alimentation :

- au nord, du barrage du Chambon,
- au sud, de l'usine hydroélectrique du Torrent du Diable.

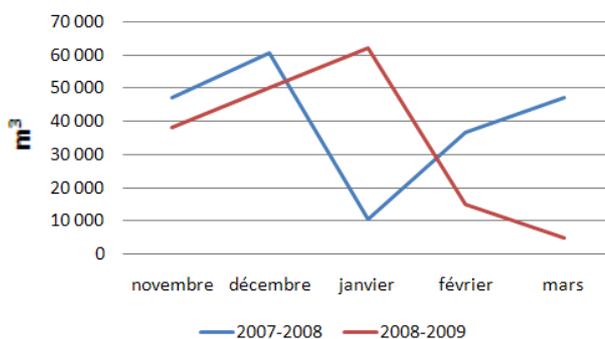
Le lac du Chambon a un volume maximal utile de 48,5 Mm³, (source EDF), il se remplit 7 à 8 fois par an (bassin versant de 25 400 ha).



IV.1.3 Neige de culture : 200 000 m³/an



Les volumes d'eau transformés en neige sont variables d'une année à l'autre selon les conditions climatiques. On remarque que le volume d'eau transformé pendant la saison 07/08 (202 372 m³) est légèrement supérieur au volume maximum de la retenue, ce qui peut indiquer que des apports rejoignent la retenue entre novembre et mars.



Le volume d'eau transformé est généralement important au début de la saison hivernale, afin de garantir l'ouverture de la station en formant une sous-couche de neige qui permet de maintenir la neige naturelle.

Quelques ordres de grandeur :
AEP (production) : environ 875 000 m³/an
Neige de culture : environ 200 000 m³/an
Hydroélectricité : environ 350 000 000 m³/an

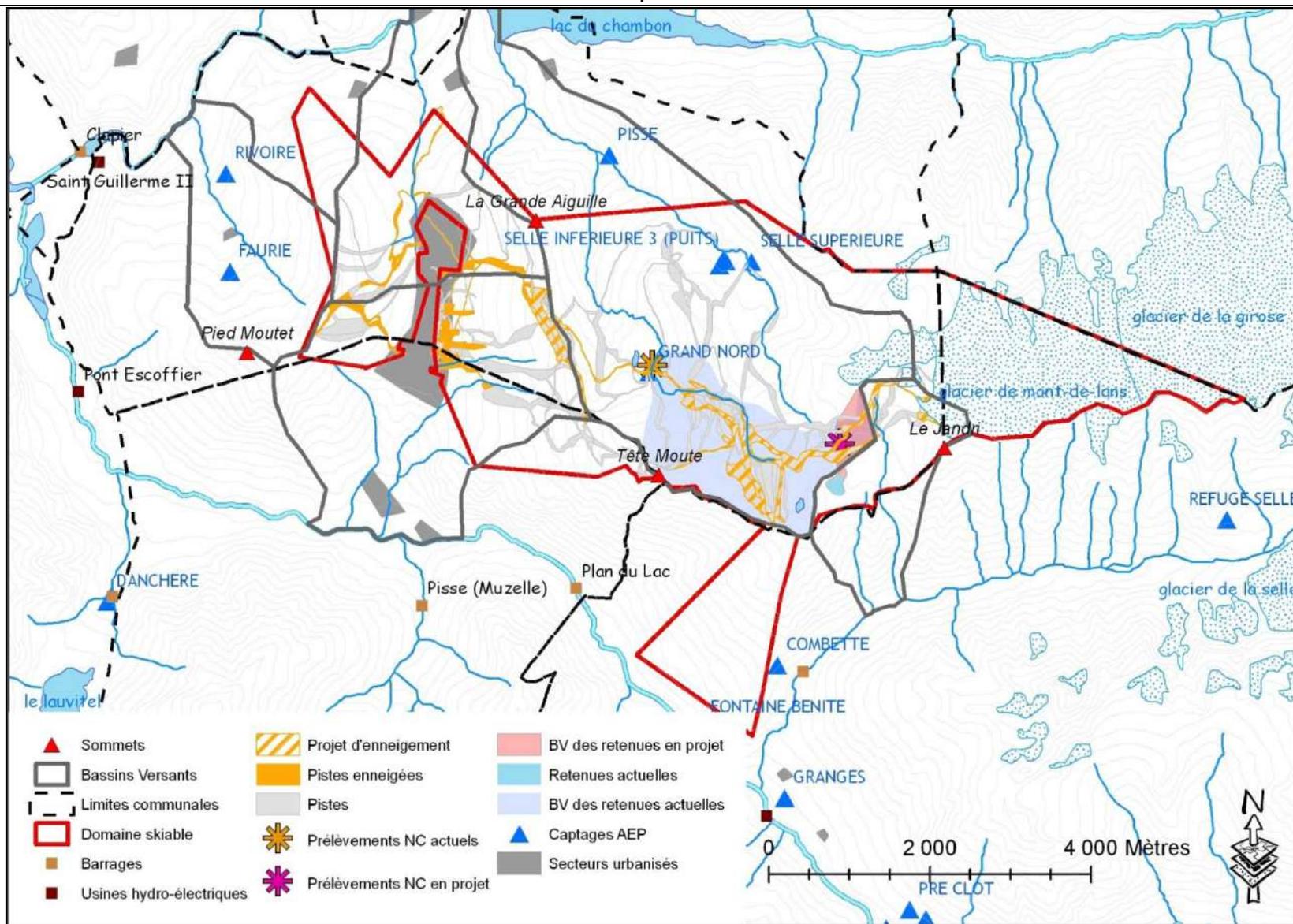


Figure 19 : Prélèvements d'eau actuels et futurs sur le domaine des Deux Alpes

IV.2 Usages anthropiques futurs de l'eau

IV.2.1 AEP : stabilité

En l'absence d'un Schéma Directeur d'Alimentation en Eau potable, les besoins en eau potable sont considérés comme stables au regard de la tendance à la baisse de la consommation.

IV.2.2 Hydroélectricité : stabilité

Un éventuel projet de micro-centrale à Cuculet, sur le ruisseau de la Pisse, est

actuellement envisagé par EDF et la mairie de Mont-De-Lans.

IV.2.3 Neige de culture : + 300 000 m³

Les besoins supplémentaires pour la neige de culture sont estimés à 300 000 m³ obtenus grâce au projet de retenue de la Mura.

IV.3 Conciliation des usages : évaluation des impacts quantitatifs et identification des contextes sensibles

IV.3.1 Ajustement de l'analyse aux échelles qui permettent d'identifier au mieux les impacts des prélèvements

On conçoit que l'identification des effets d'un prélèvement ou d'un rejet sur les milieux aquatiques et sur les autres usages de l'eau est directement liée à l'échelle d'analyse retenue : ces effets sont *a priori* d'autant plus sensibles que l'on se rapproche du site de prélèvement ou de rejet.



Figure 20 : Les prélèvements dans le ruisseau du Grand Plan, directement perceptibles à l'aval du site de prélèvement (le Grand Plan à gauche), ne sont plus identifiables 2 kilomètres plus bas, à l'aval de la cascade de la Pisse (la cascade de la Pisse, à droite)

A contrario, ils sont d'autant moins perceptibles que l'on élargit le territoire d'analyse, que l'on prend du « recul ».

L'objectif de notre étude étant d'identifier les impacts des pratiques liées à la neige de culture, il convient donc de choisir les échelles

d'analyse qui permettent de mettre le mieux en évidence ces impacts, au regard des différentes cibles considérées : usages et milieux aquatiques.

A cette fin, **notre travail est organisé en raisonnant à l'échelle des bassins versants situés à l'amont immédiat des premières cibles potentiellement impactées.**

Dans le cas des 2 Alpes, il s'agit précisément :

- pour les usages, de l'alimentation en eau potable (**champs captants du Grand Nord et de la Selle**) et de l'énergie hydroélectrique (**lac du Chambon et usine du torrent du Diable**),
- pour les milieux aquatiques, de **l'ensemble du réseau pérenne** au regard de l'application de la loi Pêche (respect d'un débit réservé égal à au moins 1/10 du module interannuel) et plus précisément, des **tronçons hydrographiques présentant un intérêt piscicole avéré** (les confluences avec la Romanche et le Vénéon).

Nous concentrerons notre analyse sur les bassins versants où sont identifiés les prélèvements pour la neige (cf. IV.3.2).

IV.3.2 Transferts d'eau inter bassins versants : plus d'un million de m³ sortent du bassin versant du ruisseau de la Pisse dont 200 000 m³ pour la neige de culture

Le stockage et les prélèvements* d'eau pour la neige de culture se font dans le lac du Grand Plan du Sautet, situé dans le bassin versant « Pisse » et représentent un volume de l'ordre de 200 000 m³ par saison.

Les restitutions d'eau liées à la fonte de la neige produite se font l'année suivante sur les bassins versants « Alpe » et « Merdaret » (cf. Figure 21).

Cette restitution n'est pas intégrale. En fonction des conditions climatiques, un prélèvement pouvant atteindre 30 % peut se faire par évaporation (ce qui ne figure pas dans la Figure 21).

Par ailleurs, l'alimentation en eau potable induit elle-même un transfert d'eau, de 875 000 m³ en 2007. Ce volume est essentiellement prélevé sur le bassin versant « Pisse » (800 000 m³), la restitution se faisant pour une large part à la station d'épuration Aquavallées.

L'analyse des éventuels impacts des prélèvements pour la neige de culture, étudiée dans les chapitres suivants ne porte donc que sur le bassin versant « Pisse » déficitaire en eau, caractérisé par des prélèvements sans restitutions.

Notre analyse portera tout d'abord sur le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet où est prélevée l'intégralité de l'eau utilisée pour la neige de culture (cf. chapitre IV.3.3.).

Nous étudierons ensuite les éventuels impacts à l'échelle de tout le bassin versant de la Pisse, notamment pour la conciliation avec l'usage « hydroélectricité » et avec les milieux (cf. chapitre IV.3.4.).

**Par prélèvement, on entend aussi bien les pompages dans les eaux de surface ou souterraines, la dérivation des eaux, que les ruissellements interceptés par un barrage*

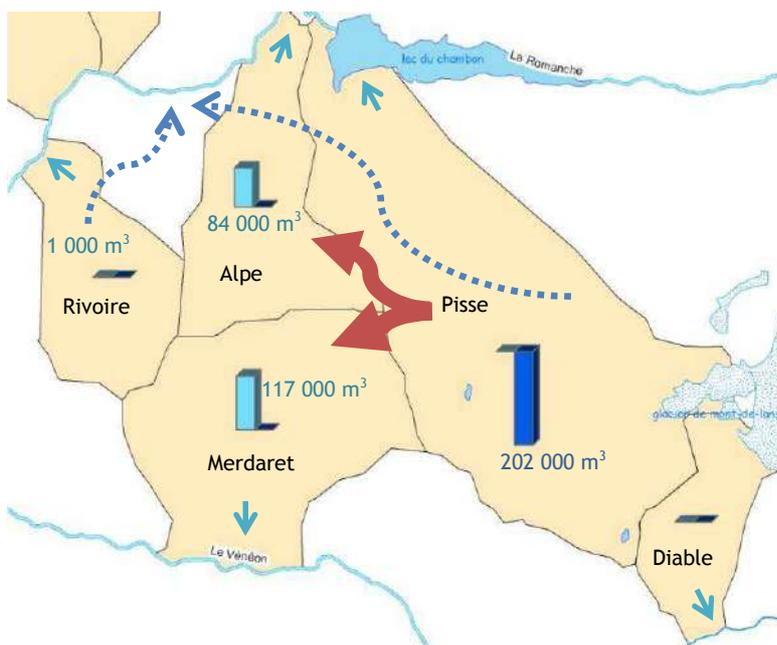


Figure 21 : Comparaison entre prélèvements et restitution d'eau liés à la production de neige de culture - Bilan moyen sur la saison 2007-2008

- Transferts de BV pour la neige de culture
- Transferts de BV pour l'eau potable
- Restitutions lors de la fonte des neiges
- Prélèvements pour la neige

IV.3.3 Conciliation des usages dans le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet (bassin versant de la Pisse)

Il convient d'analyser à quel moment de l'année se font ces prélèvements.

Le graphique présenté à la Figure 23 présente les volumes prélevés et les volumes restants de la ressource totale estimée sur le bassin versant situé à l'amont du Plan du Sautet.

La ressource présentée sur ce graphique est constituée pour une grande partie d'écoulements souterrains peu profonds, dits « hypodermiques ». On constate en effet l'absence fréquente d'écoulement superficiel sur les pentes à l'amont du Grand Plan du Sautet.

Lors de la fonte des neiges et d'épisodes pluvieux conséquents, des ruissellements rejoignent épisodiquement le système de fossés réalisé au milieu des pistes et de là, la retenue du Grand Plan.

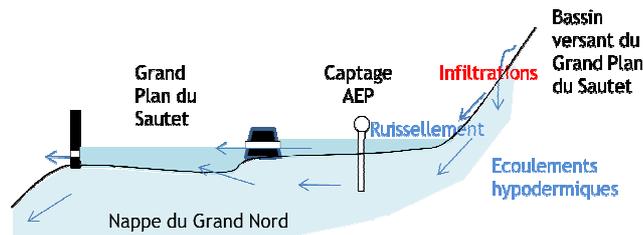


Figure 22 : Schéma de principe des écoulements hypodermiques et superficiels

La répartition exacte des écoulements superficiels et hypodermiques est toutefois très difficile à estimer. Par hypothèse, la part ruisselée a été fixée à 30% de la ressource totale.

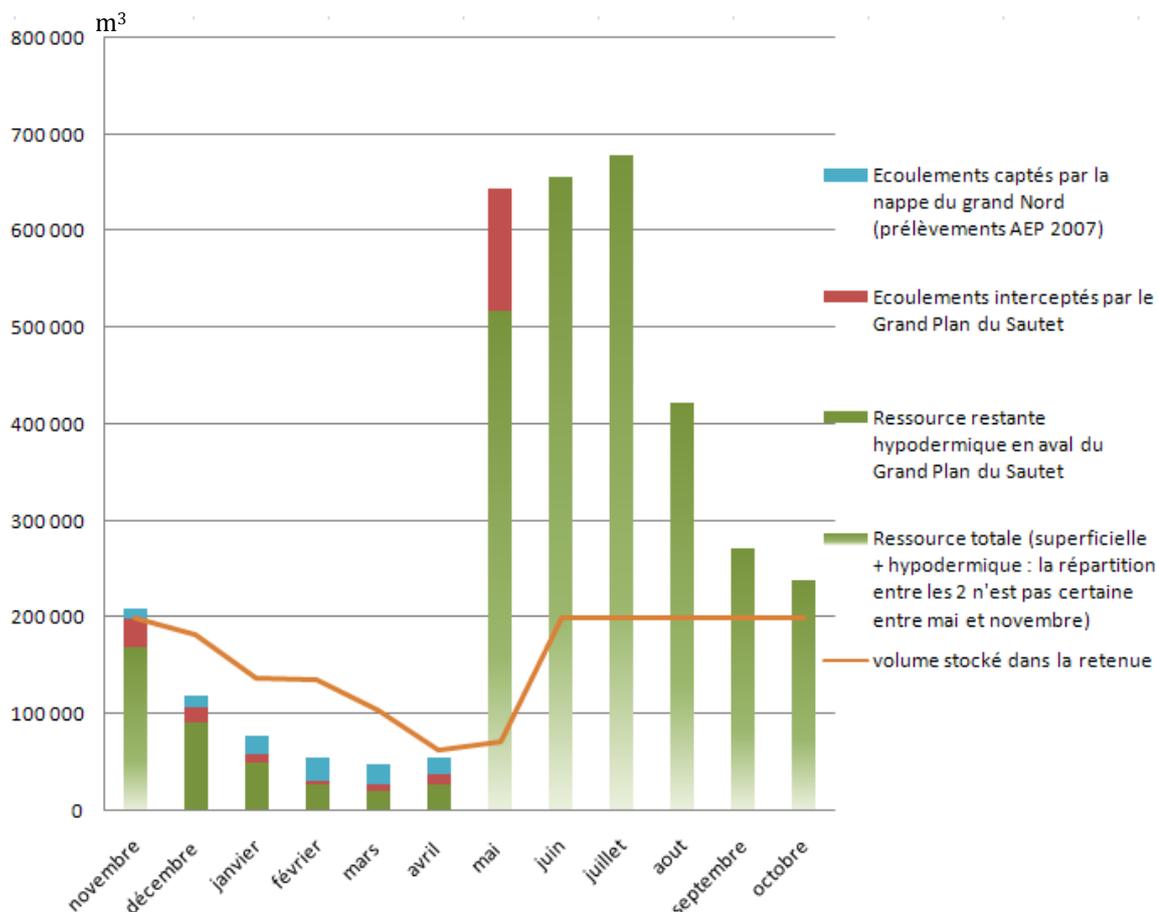


Figure 23 : Comparaison des différents volumes d'eau disponibles et prélevés chaque mois au cours d'une année moyenne dans le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet

IV. 3. 3. a *Impacts de la neige de culture sur l'AEP : une inquiétude liée davantage aux travaux des pistes qu'aux volumes transformés pour la neige*

La retenue du Grand Plan du Sautet est partiellement connectée à la nappe du Grand Nord, exploitée pour l'eau potable en période hivernale. La retenue est en partie alimentée lors du débordement de la nappe du Grand Nord. **Il y a donc ici un partage du trop plein de la nappe entre la neige de culture et l'AEP.** Néanmoins la dépendance du lac et de la nappe est limitée par un verrou, qui déconnecte les deux masses d'eau à partir d'un marnage du lac de - 3 mètres et isole de ce fait la ressource AEP des prélèvements pour la neige.

On notera toutefois que la retenue était initialement destinée à soutenir la ressource disponible pour l'AEP à l'étiage. Son utilisation actuelle pour la neige de culture ne permet plus d'assurer cette fonction à la hauteur des ambitions initiales.



Figure 24 : Terrassements et canaux sur le bassin versant de la retenue - 27 juillet 2009

Par ailleurs, l'aménagement des pistes et les travaux de terrassement récents, liés à une volonté d'optimisation des pratiques d'enneigement, ont fortement **modifié la morphologie et la perméabilité du bassin versant** du Grand Plan du Sautet.

Cette modification risque de réduire les écoulements hypodermiques à l'échelle du bassin et donc l'alimentation de la nappe du Grand Nord. Elle induira une augmentation sensible des ruissellements printaniers et estivaux vers la retenue. On peut donc craindre une réduction de l'alimentation des

captages AEP, les écoulements étant court-circuités vers la retenue.

Il conviendrait de s'assurer que ces modifications restent marginales par rapport à la situation antérieure et qu'il y a bien un remplissage de la nappe avant la fin de l'été, par exemple **par un suivi piézométrique de la nappe.**

IV. 3. 3. b *Impacts de la neige de culture sur les milieux : difficiles à estimer puisque les cours d'eau sont non pérennes*

La retenue du Grand Plan du Sautet intercepte donc la totalité des écoulements superficiels et une partie des écoulements hypodermiques issus de l'amont.

Les cours d'eau situés à l'aval immédiat du Grand Plan sont donc tributaires de la quantité d'eau laissée par celui-ci. En l'absence d'un débit de fuite superficiel assuré en permanence à l'aval de la retenue, la ressource est donc restituée :

- ✓ de manière hypodermique pendant toute l'année,
- ✓ via les fuites de la retenue s'écoulant vers le Grand Plan entre mars et octobre/novembre (arrêt de pompage des fuites quand la retenue n'est pas utilisée),
- ✓ par surverse lorsque la retenue est pleine, en général à partir du mois de juin vers un petit affluent du Grand Plan.

En l'état actuel des connaissances sur les caractéristiques et le fonctionnement du ruisseau du Grand Plan, il n'existe pas d'éléments pour conclure sur l'opportunité de la mise en place d'un débit réservé en aval de la retenue du Grand Plan du Sautet.



Figure 25 : l'amont du Plan du Sautet : un bassin versant sec la plupart du temps...

IV.3.4 Conciliation des usages à l'échelle du bassin versant de la Pisse

IV.3.4.a Impacts de la neige de culture sur les milieux : mise en évidence du respect du débit réservé dans les secteurs à enjeu piscicole (confluence avec le Chambon) au cours d'une année moyenne

A la confluence avec le lac du Chambon, la ressource est devenue principalement superficielle et a rejoint le ruisseau de la Pisse, juste en aval de la cascade de la Pisse. A cette échelle, les prélèvements au niveau du Grand Plan du Sautet et de la Selle apparaissent **cohérents avec l'objectif du 1/10^e du module** (le 1/10^e du module étant le débit réservé imposé par la Loi dans le cadre des prélèvements en rivières) pendant les mois d'étiage et on constate que les **prélèvements pour l'AEP** sont alors **largement prédominants** (cf Figure 28).

En revanche, en cas d'**étiage quinquennal** (généralement en février), on calcule que la ressource totale disponible est à peine supérieure au débit réservé. Le débit réservé n'est donc plus assuré une fois l'eau prélevée pour l'AEP (cf. Figure 29).

Au pas de temps **hebdomadaire**, les prélèvements pour l'eau potable atteignent environ **90 % de la ressource totale** produite pendant la semaine **quinquennale sèche** (cf. Figure 30).

Ainsi, il est possible que la ressource prélevée pour l'AEP au niveau des captages de la Selle et du Plan du Sautet soit supérieure à la ressource produite par l'amont du bassin versant, lors d'une année particulièrement sèche. Une telle situation est permise par l'existence des nappes qui jouent le rôle de réservoirs naturels ($V_{tot} = 250\ 000\ m^3$).



Figure 26 : ruisseau de la Pisse sous la confluence avec le Grand Plan du Sautet (06/10/09)

IV.3.4.b Impact sur l'hydroélectricité : négligeable

Le bassin versant du Grand Plan du Sautet (336 ha) représente 1,32 % de la superficie du bassin versant du Lac du Chambon (25 400 ha) et il n'y a pas d'autre installation de production de neige de culture significative sur le bassin versant du Chambon. Les prélèvements d'eau liés à la neige de culture et non restitués au Lac s'élevaient à 202 372 m³ en 2007, soit **moins de 0,5% du volume maximum du Lac du Chambon**, lui-même rempli 7 à 8 fois par an.

Les impacts de la neige de culture sur les aménagements hydroélectriques peuvent donc être considérés comme **peu significatifs** au niveau du lac du Chambon à l'heure actuelle.



Figure 27 : retenue du Chambon (06/10/09)

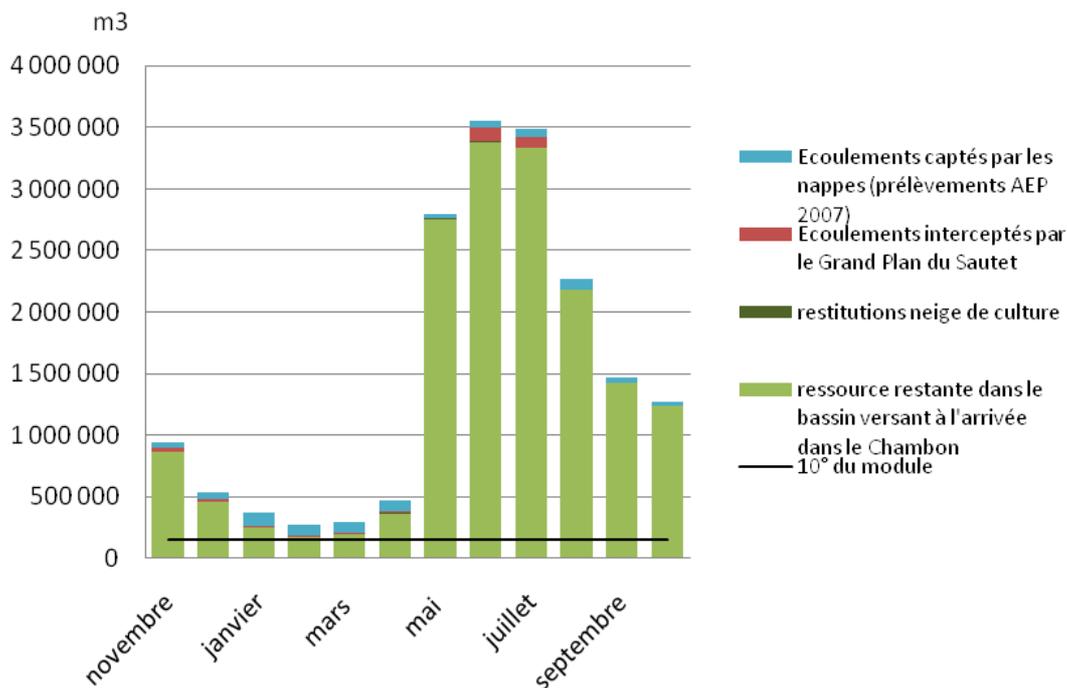


Figure 28 : Bilan au niveau de la confluence avec le Chambon des volumes d'eau disponibles et prélevés chaque mois au cours d'une année moyenne dans le bassin versant du ruisseau de la Pisse

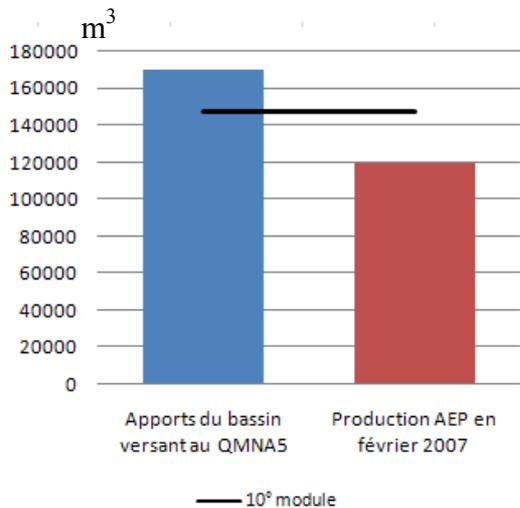


Figure 29 : en février 2007, les volumes prélevés (majoritairement pour l'AEP) sont proches de la ressource totale disponible à l'étiage une année sur cinq...

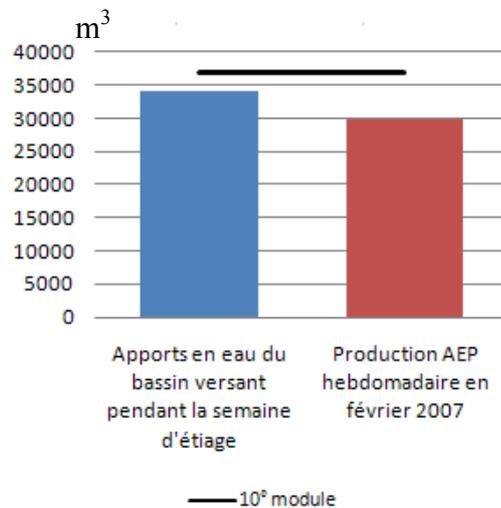


Figure 30 : durant la semaine de pointe, une fois tous les cinq ans en moyenne, la ressource produite est tout juste suffisante pour l'alimentation en eau potable

IV.4 Conciliation des usages et prélèvements futurs

IV.4.1 Transferts d'eau inter bassins versants induits par le projet de la Mura

Les transferts du bassin versant du Chambon vers les autres bassins versants sont augmentés :

- ❖ de 33 000 m³ vers le BV « Diable »,
- ❖ de 55 000 m³ vers le BV « Merdaret ».

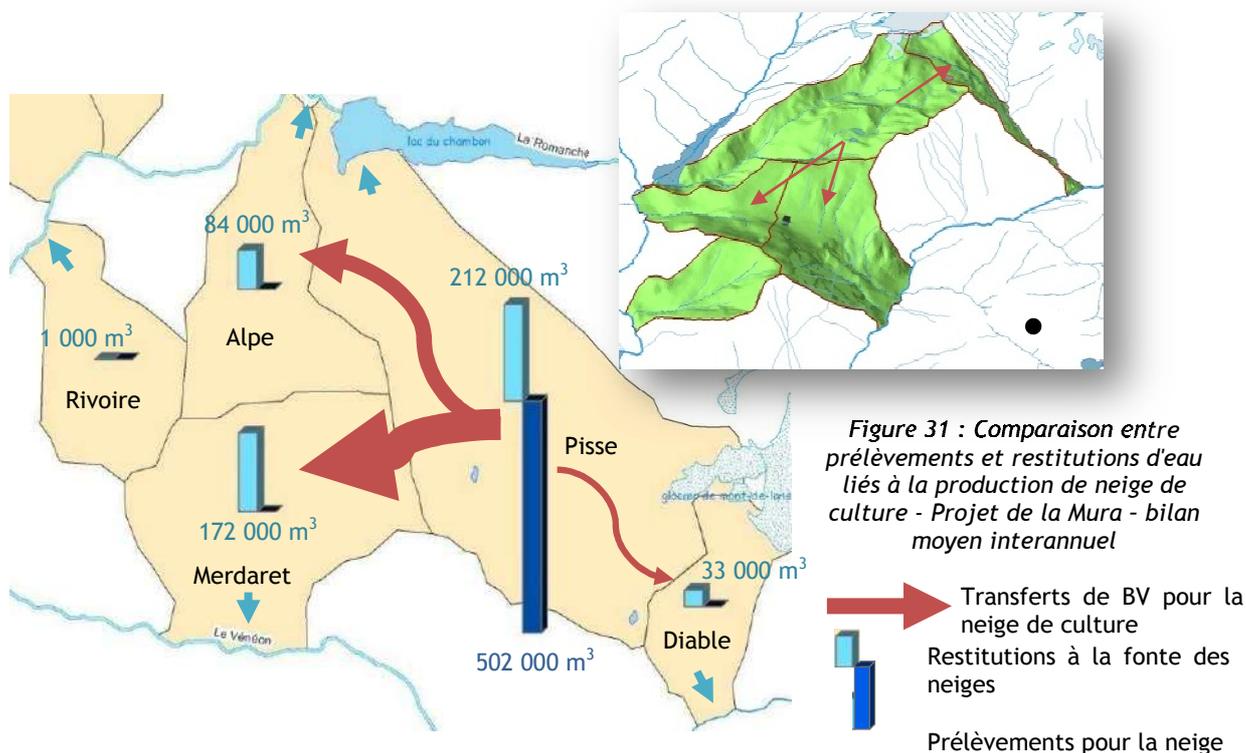
En revanche, l'**essentiel** des prélèvements supplémentaires liés au projet (212 000 m³) **sera restitué au même bassin versant**, et même pour l'essentiel dans la partie située à l'amont du Grand Plan du Sautet (cf. Figure 31).

On constate ainsi que l'eau interceptée à l'amont du Grand Plan en été (après la

vidange) sera restituée au même endroit à la fonte des neiges l'année suivante, mais un peu plus tôt dans l'année (au printemps).

En fonction de la gestion de la retenue du Grand Plan, on peut donc supposer que le projet de la Mura aura pour effet d'augmenter les apports au ruisseau du Grand Plan à la fonte des neiges, lorsque l'eau est abondante, et de les restreindre ensuite dans les mêmes proportions en été lorsque les écoulements superficiels sont rares.

Il convient maintenant de quantifier les volumes mis en jeu à l'échelle du bassin versant de la Pisse.



IV.4.2 Impacts du projet de la Mura sur les milieux aquatiques : inchangés durant les mois d'étiage

Aux prélèvements actuels dans le bassin versant « Pisse » s'ajoutent donc la dérivation des eaux d'une partie du bassin versant du Grand Plan du Sautet vers la retenue de la Mura, ainsi que le remplissage complémentaire du lac de la Mura à partir du Grand Plan du Sautet.

Ces deux prélèvements seront principalement printaniers et estivaux et **n'influenceront donc pas sur les écoulements lors des mois d'étiage** (les ruissellements superficiels captés par le fossé de dérivation des eaux seront négligeables à cette époque et à cette altitude).

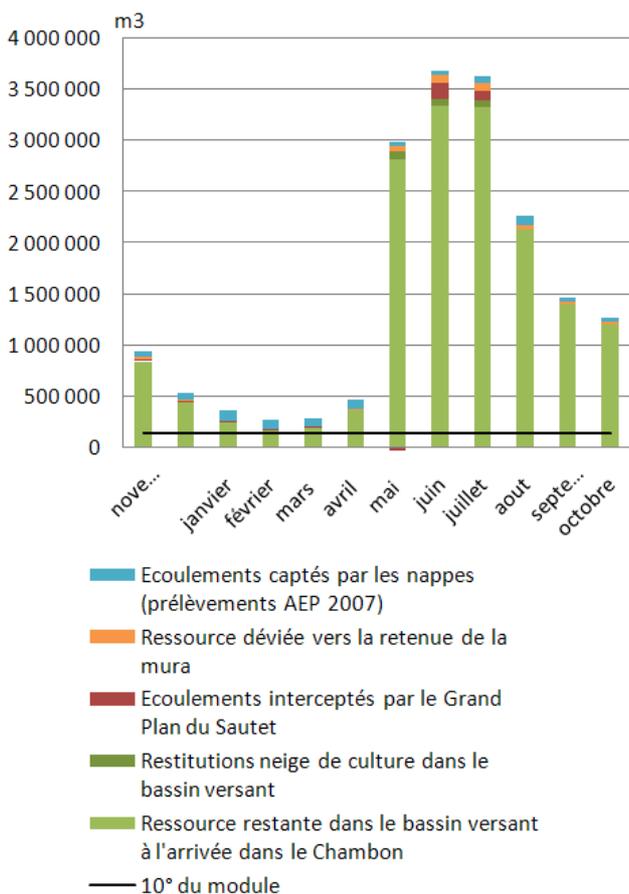


Figure 32 : Répartition des usages de l'eau dans le bassin versant de la Pisse - Projet de la Mura

IV.4.3 Impacts du projet de la Mura sur l'AEP : risques a priori limités

Sur les 300 000 m³ d'eau supplémentaires prélevés dans le bassin versant de la nappe du Grand Nord, 171 000 m³ environ seront restitués dans le même bassin versant lors de la fonte printanière. A priori, le déficit de 129 000 m³ d'eau ne devrait pas menacer la recharge de la nappe, au regard des 2 millions de m³ d'eau qui y transitent chaque année.

Toutefois, de nombreuses nouvelles pistes situées dans le périmètre éloigné du captage du Grand Nord seront enneigées artificiellement. **Il sera donc indispensable de s'assurer qu'aucune pollution liée à l'enneigement ne pourra menacer la nappe.**

IV.4.4 Impacts du projet de la Mura sur la ressource pour l'hydroélectricité : toujours peu significatif

Le projet de la Mura est situé en tête du bassin versant de la prise d'eau du Torrent du Diable, qui alimente l'usine hydroélectrique de Saint-Christophe. Le bassin versant de la retenue de la Mura du côté du Torrent du Diable représente 0.2 % de la superficie du bassin versant de la prise d'eau et un débit réservé de 1,3 l/s sera assuré à l'aval de la retenue toute l'année (cf. projet d'arrêté). La ressource en eau de la prise d'eau du Torrent du Diable ne sera donc pas diminuée.

En revanche, du côté du Lac du Chambon, on augmentera les prélèvements annuels de 300 000 m³ environ. L'eau prélevée servant en partie à l'enneigement de pistes sur le bassin versant du Chambon, il y aura donc une restitution d'eau vers le lac de 210 000 m³. Le volume annuel total soustrait au lac du Chambon sera de 290 000 m³ environ, ce qui correspond à 0.6 % du volume total de la retenue du Chambon.

L'impact de la neige de culture sur le Chambon sera donc toujours peu significatif.

IV.5 Conclusion sur les conséquences de la neige de culture sur les milieux aquatiques et les autres usages

La totalité des prélèvements pour la neige de culture du domaine des 2 Alpes se concentre sur le bassin versant du ruisseau de la Pisse. La particularité géologique de ce bassin versant et de son affluent principal, le ruisseau du Grand Plan, est sa couverture par des éboulis qui constituent des réservoirs naturels. Ces réservoirs stockent un volume que l'on peut estimer à **250 000 m³ environ**, dont 150 000 m³ au Grand Plan du Sautet (nappe du Grand Nord) et 100 000 m³ à la Selle (nappe de la Selle). Rappelons que plus de 2 millions de m³ d'eau transitent chaque année par la nappe du Grand Nord.



Figure 33 :
Résurgence au pied
d'un éboulis
à la Selle-d'en-Haut
(05/10/09)

La présence de ces **éboulis** dans l'axe des vallées **réduit naturellement les écoulements superficiels** sur tout le bassin versant. Seuls les endroits où le substratum affleure sont propices à leur résurgence, comme c'est le cas au Grand Plan du Sautet, à la Selle et à la Cascade de la Pisse. **Ailleurs, les écoulements sont hypodermiques (de sub-surface) et souterrains.**



Figure 34 : Ecoulements à l'aval des captages de la Selle montrant les faibles prélèvements pour l'AEP durant l'étiage de l'automne 2009 (04/10/2009)



Figure 35 : L'affleurement du substratum favorise les écoulements superficiels à la cascade de la Pisse

C'est précisément dans ce bassin versant que sont prélevées l'essentiel des eaux potables. Des études antérieures ont montré que **les prélèvements pour l'AEP sollicitent en partie la nappe du Grand Nord en hiver (60 000 m³ pompés) et plus largement les eaux de sub-surface (300 000 m³ gravitaires) et souterraines (60 000 m³ pompés) de la nappe de la Selle**, les prélèvements totaux étant de l'ordre de **450 000 m³ pendant les cinq mois d'hiver (décembre à avril)**.

Les prélèvements par pompage induisent un **abaissement du niveau des nappes** dans les éboulis. Ce faisant, ils **réduisent** le débordement naturel de ces nappes et donc, **l'alimentation des cours d'eau à l'aval**.

Une visite sur le site à l'occasion de **l'étiage très sévère de l'automne 2009** nous a permis de constater l'état des écoulements dans les différents cours d'eau, et notamment le contraste entre

- le sous-bassin versant de la Pisse en amont des captages de la Selle partiellement alimenté par la fonte d'un petit glacier, et en aval des captages où les écoulements superficiels sont visibles et
- le sous-bassin versant du Grand Plan du Sautet équipé d'une retenue (cf. Figure 34) où les écoulements superficiels sont quasiment inexistants.

L'aménagement du barrage du Grand Plan, initialement conçu pour l'alimentation en eau potable, a eu tendance pour sa part à **réduire davantage les écoulements** dans le ruisseau à son aval, puisqu'il n'est pas équipé d'un dispositif assurant un débit réservé.



Figure 36 : la digue du Grand Plan du Sautet réduit les écoulements superficiels lorsque l'ouvrage n'est pas rempli (05/10/09)

L'impact quantitatif de l'ouvrage est sensible à son aval immédiat, tant que la retenue n'est pas pleine, soit de novembre à début juin en général. En dehors de cette période, les fuites de l'ouvrage et la surverse par-dessus la digue alimentent le ruisseau et l'impact de l'ouvrage ne se fait plus sentir.



Figure 37 : A l'aval du Grand Plan, le ruisseau est totalement asséché sur plusieurs centaines de mètres (05/10/09)

A l'échelle du bassin versant de la Pisse, sur l'année, la quantification de l'ensemble des prélèvements au regard de la ressource totale

annuelle disponible sur le bassin versant montre **que 6 % environ de la ressource sont utilisés, dont 2 % pour la neige de culture.**

L'analyse resserrée sur le mois d'étiage (QMNA en février/mars) montre en revanche que la pression, quasi-exclusivement due à l'alimentation en eau potable, se fait davantage ressentir à ce moment, puisque **la totalité des prélèvements approche alors 50 % de la ressource** que le bassin versant est susceptible de produire à son exutoire dans le lac du Chambon, **voire 100 % à la hauteur des prélèvements eux-mêmes** à l'occasion d'un mois d'étiage quinquennal (QMNA5) à l'échelle des sous-bassins versants des captages de la Selle et du Grand Nord et de la retenue du Grand Plan du Sautet). Ce sont les réserves constituées par les nappes qui assurent alors le complément de ressource nécessaire.

Le bassin versant du ruisseau de la Pisse nécessite donc **une attention particulière pendant la période d'étiage hivernal** :

- pour assurer autant une ressource suffisante pour les milieux aquatiques à l'aval de la cascade : il faudra s'assurer que le 10^{ème} du module interannuel, considéré au stade actuel des connaissances comme le débit objectif d'étiage, est assuré,
- pour la pérennité de l'AEP elle-même en période d'étiage sévère, en suivant le niveau de la nappe de la Selle et en vérifiant que sa recharge est complète à la fin de l'été.

Le mode de gestion de la ressource adopté pour la neige de culture, à savoir un stockage conséquent permettant de limiter la période de prélèvement aux mois les plus productifs (fin du printemps à fin de l'été) apporte une solution théoriquement très confortable et la moins impactante puisque les volumes en jeu deviennent négligeables (environ 2 %, y compris le projet de la Mura) au regard de la ressource totale annuelle.

V Les critères d'implantation géographiques

V.1 Zones protégées

Cette carte présente les zones faisant l'objet de réglementations contraignantes qui peuvent interdire certains aménagements tels que la mise en place de retenues d'altitude.

- ❖ Les objectifs et la réglementation du **Parc National des Ecrins** (Bruit, interdiction de circuler en véhicule motorisé, travaux) sont incompatibles avec l'aménagement de pistes de ski alpin ou de retenues d'altitude dans la zone centrale.
- ❖ Située dans la zone centrale du Parc des Ecrins, **la réserve intégrale du Lauvitel** est interdite d'accès à quiconque hormis les scientifiques disposant d'une autorisation du directeur du Parc.
- ❖ **L'arrêté de biotope du site de Lanchatra - Les Soreillers** est situé sur la Commune de Saint-Christophe en Oisans. La réglementation de l'arrêté de biotope est incompatible avec l'aménagement d'un domaine skiable ou la création de retenues d'altitude.
- ❖ Il y a quatre **sites inscrits** sur la Communauté de communes des Deux Alpes : le lac de la Muzelle et ses abords, la cascade de la Muzelle ; les rochers et les blocs du Clapier de Saint-Christophe ainsi que l'Alpe de Venosc. Un site inscrit ne peut subir de modification qu'après avis de l'Architecte des Bâtiments de France.
- ❖ **Les tourbières** sont des zones humides particulières et leur aménagement nécessite la réalisation d'un dossier Loi sur l'Eau. Sur la Communauté de communes des Deux Alpes, on rencontre deux sites : la tourbière de la Muzelle, située dans le Parc National des Ecrins et les tourbières de la Fée, située à proximité des captages de la Selle.
- ❖ La **zone Natura 2000 ZPS** (zone de protection spéciale) **« les Ecrins »** est située sur le périmètre de la zone centrale du parc. Le DOCOB (document d'objectif) de cette zone est en cours de réalisation par le Parc National des Ecrins, gestionnaire de la zone. **Une autre zone Natura 2000 ZSC** (zone spéciale de conservation) se situe dans le vallon du Ferrand et sur le plateau d'Emparis. Celle-ci ne dispose pas encore de DOCOB.
- ❖ Les captages du Grand Nord, de la Selle, de la Pisse, de Rivoire, de Faurie et de la Danchère sont dotés de **périmètres de protection**. Tous les travaux, installations, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols sont interdits dans le **périmètre de protection immédiate** et les travaux, installations, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols susceptibles d'entraîner une pollution de nature à rendre l'eau impropre à la consommation humaine sont interdits dans le **périmètre de protection rapprochée**.

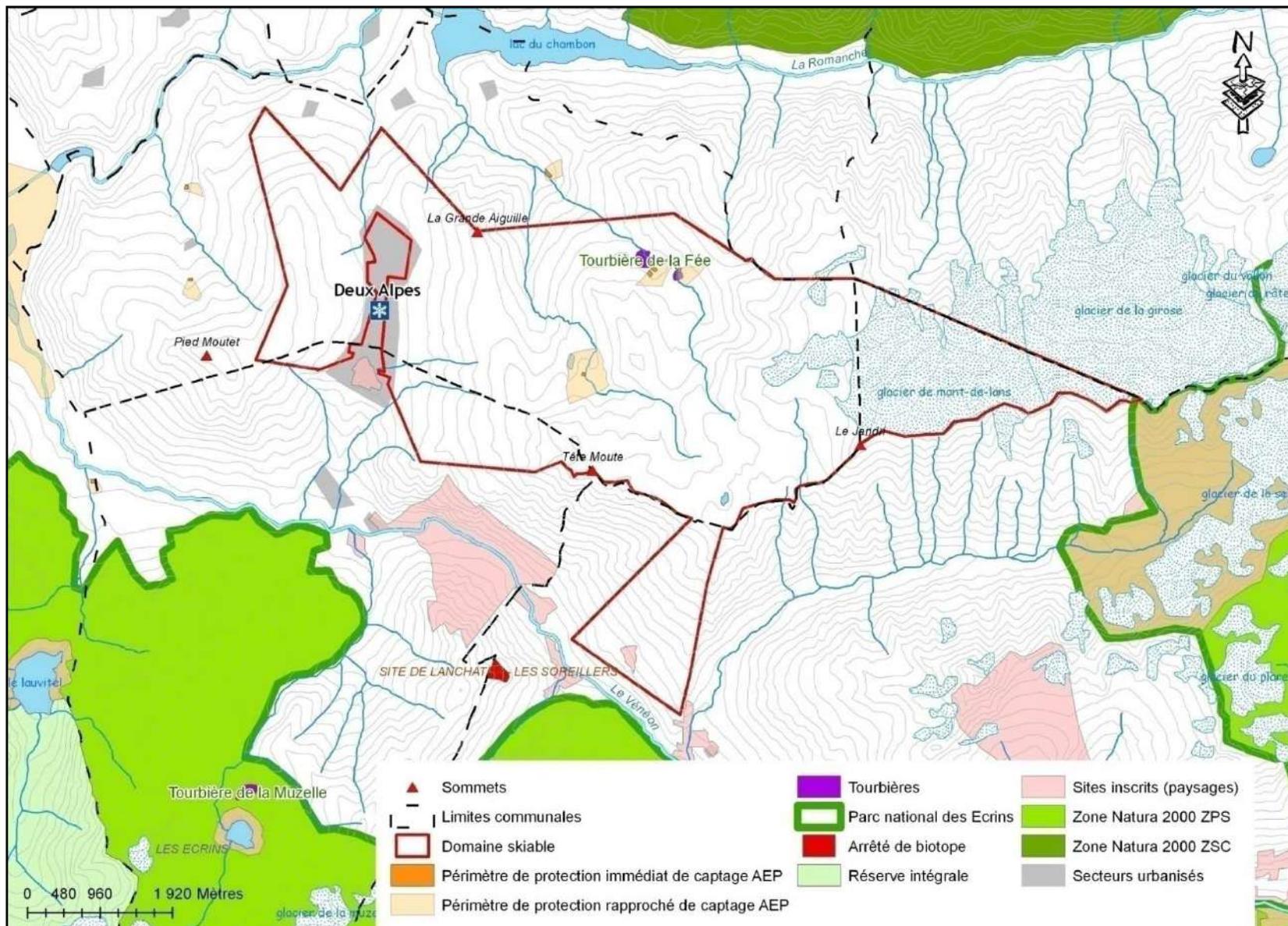


Figure 38 : Zones avec protections réglementaires sur la Communauté de Communes des Deux Alpes

V.2 Zones d'intérêt environnemental ou sanitaire

Cette carte présente les zones qui ne sont pas protégées réglementairement, mais qui pourraient le devenir ou qui présentent des enjeux environnementaux ou sanitaires qui doivent être pris en compte lors de la conception de nouveaux projets d'aménagements.

❖ Le Vénéon, qui passe à Venosc a été classé **candidat réservoir biologique** par le projet de SDAGE. L'application de l'article L214-17 du Code de l'environnement relatif aux nouveaux critères de classement des cours d'eau instaurés par la Loi sur l'eau et les milieux aquatiques de décembre 2006, rend nécessaire l'identification dans le SDAGE des réservoirs biologiques, c'est-à-dire des cours d'eau, tronçons de cours d'eau ou canaux nécessaires au maintien ou à l'atteinte du bon état écologique des cours d'eau d'un bassin versant.

❖ La Communauté de Communes des Deux Alpes se situe sur **3 ZNIEFF** (zone naturelle d'intérêt écologique faunistique et floristique) **de type 2** : Le massif de l'Oisans, le massif des Grandes Rousses et les Adrets de la Romanche ; et **16 ZNIEFF de type 1** sont situées entièrement ou pour partie sur son territoire. L'existence d'une ZNIEFF n'est pas en elle-même une protection réglementaire, mais sa présence est révélatrice d'un intérêt biologique qui doit être pris en compte dans l'aménagement du territoire au titre de la protection des milieux naturels.

❖ L'existence d'une **ZICO** n'est pas en elle-même une protection réglementaire de la biodiversité. Mais la présence d'une ZICO est révélatrice d'un intérêt biologique qui doit être pris en compte dans l'aménagement du territoire au titre de la protection des milieux naturels.

❖ **Zones Natura 2000 SIC** (site d'importance Communautaire) : Un

inventaire identifiant les sites susceptibles d'être proposé au Réseau NATURA 2000 a été initialement réalisé et agréé par le Muséum National d'Histoire Naturelle (sites éligibles). Un site sera successivement une « proposition » de site d'importance communautaire (pSIC), puis un SIC après désignation par la commission européenne et enfin une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) après arrêté du ministre chargé de l'Environnement. (Source : Géosource et DIREN PACA).

❖ A l'intérieur du **périmètre de protection éloignée** de captage AEP, peuvent être réglementés les travaux, installations, activités, dépôts, ouvrages, aménagement ou occupation des sols qui, compte tenu de la nature des terrains, présentent un danger de pollution pour les eaux prélevées ou transportées.

❖ **Les zones humides dont la préservation et la gestion durable sont d'intérêt général, selon le code de l'environnement** ; à ce jour, celles qui sont recensées (recensement par AVENIR pour le Conseil général) ont une superficie supérieure à 1 hectare : la CLE préconise aujourd'hui aux collectivités de réaliser un recensement exhaustif de ces zones humides sur leurs territoires, et de statuer sur les dispositions réglementaires à adopter pour garantir leur intégration dans les projets d'aménagement, ce qui est préconisé dans la charte formulée par l'Agence de l'Eau RMC.

❖ **Les alpages** : l'enquête pastorale de 1996 (en cours de mise à jour) localise les zones d'alpages ; il convient de les prendre en compte pour préserver ces zones et garantir les accès à l'eau.

❖ **Les zones d'habitat et de reproduction de la faune sauvage** : à compléter, attente de données de la FDC38

Tous ces périmètres n'ont pas de valeur contraignante. En revanche, ils sont indicateurs d'enjeux environnementaux ou sanitaires qui ne doivent pas être ignorés et peuvent faire l'objet de contestations.

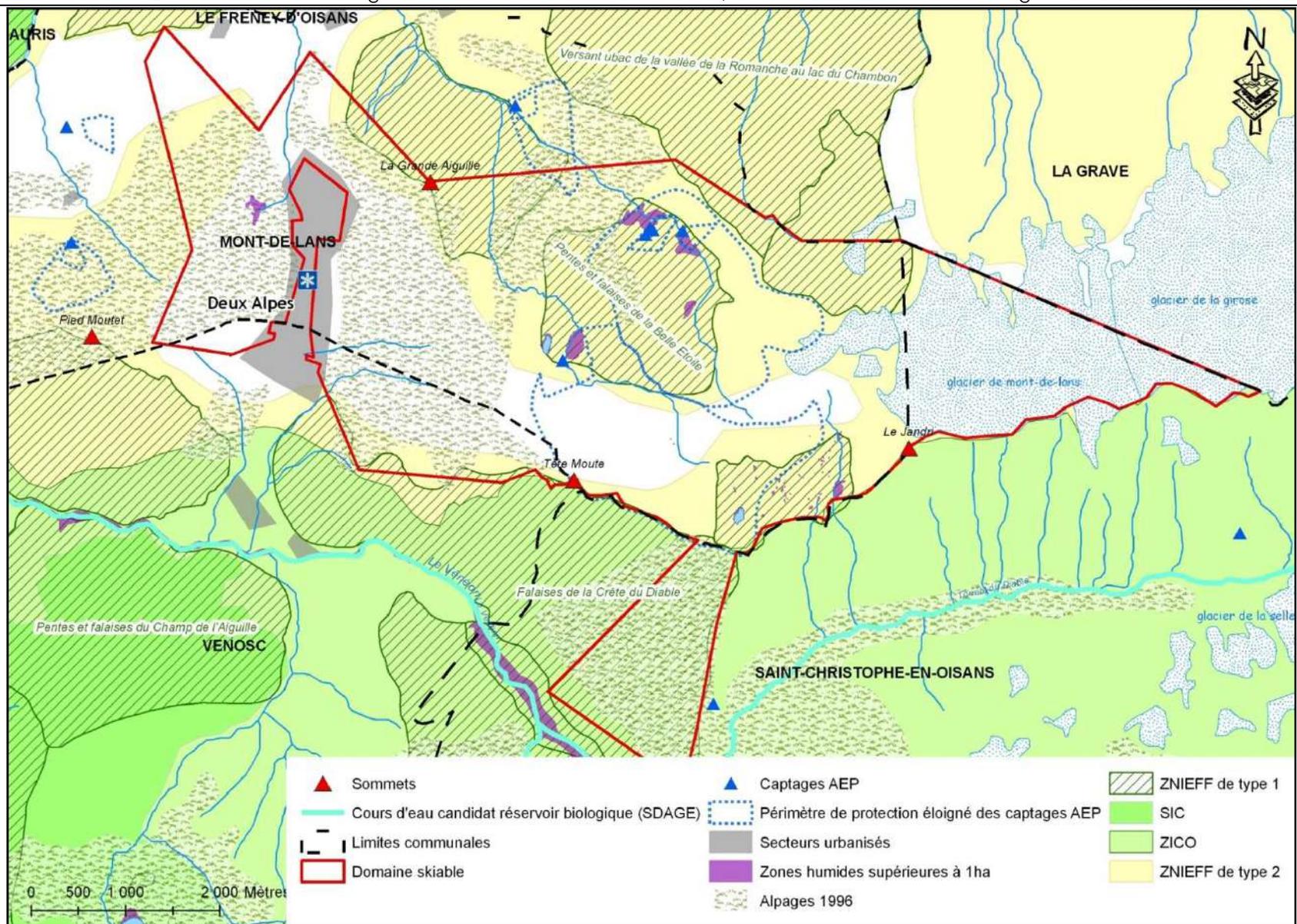


Figure 39 : Zones d'intérêt environnemental ou sanitaire à prendre en compte dans l'implantation des installations de neige de culture

VI Synthèse et recommandations

VI.1 Prendre en compte le zonage « ressource en eau et conciliation des usages »

Les deux cartes précédentes nous permettent de découper l'espace disponible en quatre zones :

- ❖ **Une zone rouge dans laquelle sont interdits réglementairement ou contractuellement les aménagements importants** de type aménagement de piste, installation d'enneigeurs ou de retenues d'altitude. Cette zone comprend le parc national des écrins, la réserve intégrale, l'arrêté de protection de biotope, les périmètres immédiats et rapprochés des captages AEP.
- ❖ **Une zone orange recouvrant les espaces présentant des enjeux environnementaux ou sanitaires importants**, qu'il convient de prendre en compte avant d'envisager tout aménagement. Cette zone comporte les inventaires Natura 2000 (pSIC et ZICO), les périmètres éloignés des captages AEP, les zones humides, les sites inscrits, les ZNIEFF de type 1 et 2, et les bassins versants des tourbières. **Certains espaces pourront fortement contraindre voire interdire certains travaux tels que la création de retenues ou nécessiter la mise en place de suivis pour améliorer la connaissance sur la ressource.**
- ❖ **Une zone verte sur laquelle il n'est pas identifié à de jour d'enjeu particulier lié à l'eau** qui recouvre les espaces restants dans laquelle les projets peuvent a priori être menés à terme sous réserve du respect de la réglementation habituelle (Dossier d'Autorisation au titre du Code de l'environnement notamment), de la prise en compte des besoins en eau pour les alpages et des autres usages du site (au regard de la faune sauvage par exemple).

- ❖ **Enfin, le bassin versant du ruisseau de la Pisse est le territoire sur lequel la quasi-totalité des prélèvements pour la neige de culture et l'alimentation en eau potable sont concentrés.**

La ressource y étant sollicitée à plus 50 % lors d'un étiage moyen, tout prélèvement supplémentaire devra au moins épargner cette période d'étiage, ce qui justifie a priori l'aménagement d'ouvrages de stockage conséquents.

Dans cette zone, **le bassin versant situé à l'amont du champ captant de la Selle nécessite dès aujourd'hui une attention toute particulière** puisque les prélèvements susceptibles d'y être réalisés pour l'alimentation en eau potable en période de consommation de pointe sont du même ordre de grandeur que la ressource totale produite par le bassin versant en période d'étiage.

Le zonage ainsi établi en concertation doit constituer le socle de travail commun notamment aux collectivités, aux gestionnaires de domaines skiables, aux services de l'Etat et à la CLE du Drac et de la Romanche.



Figure 40 : la Brèche de la Mura ...

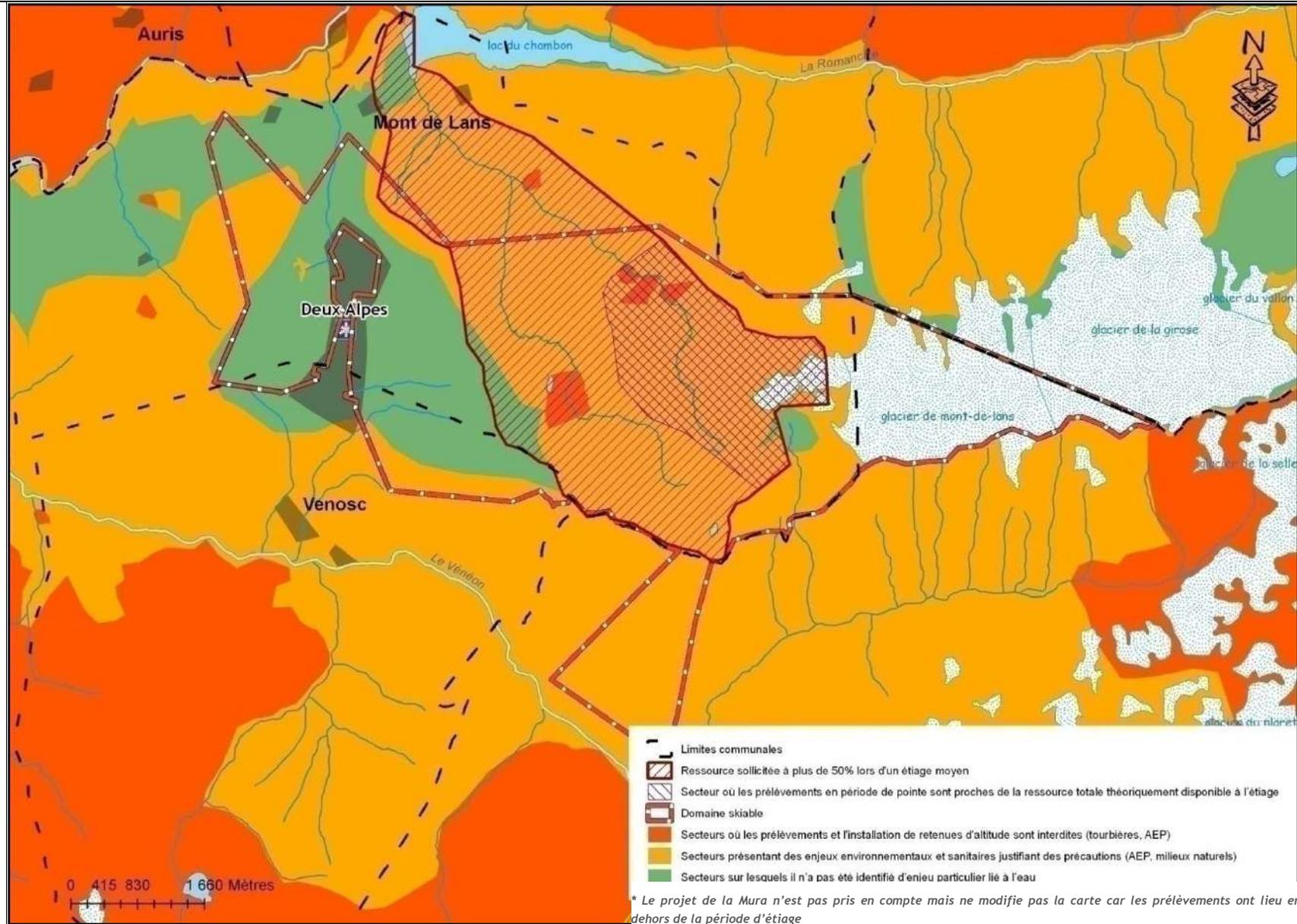


Figure 41 : Récapitulatif des contraintes à prendre en compte pour tout nouveaux prélèvements en eau sur le territoire de la Communauté de Communes des Deux Alpes

VI.2 Etudier les effets des travaux de terrassement

Les travaux de terrassement, qu'ils soient motivés par l'installation d'équipements pour la neige de culture ou non, doivent être limités afin de préserver au tant que faire se peut le fonctionnement hydrologique naturel, à savoir l'infiltration des eaux dans les nappes lorsque celles-ci sont présentes. La diminution de l'infiltration accentuée par ailleurs les phénomènes de ruissellement des eaux qui peuvent s'avérer dangereux en période de fortes précipitations.

Il convient de mettre en place un suivi de la nappe exploitée pour l'alimentation en eau potable, afin de s'assurer de sa bonne recharge au fil des mois. Dans le cas des Deux-Alpes, il s'agit d'une part de la nappe du Grand Nord et d'autre part la nappe des captages de la Selle.

VI.3 Réaliser un suivi de débit

Un suivi en continu du débit du ruisseau de la Pisse en aval de la confluence avec le Ruisseau du Grand plan permettrait de vérifier le respect du débit objectif d'étiage, notamment durant les mois de février et mars.

VI.4 Effectuer un inventaire des zones humides pour l'inscription dans les documents d'urbanisme

En altitude, si l'enjeu « milieu aquatique » est *a priori* limité dans les cours d'eau en raison du caractère non pérenne de ceux-ci, il convient néanmoins de **motiver la préservation rigoureuse des zones humides car celles-ci assurent une fonction écologique particulièrement importante**. Emplacement, volume, travaux de terrassement et gestion des remplissages d'une retenue d'altitude sont de ce fait autant de paramètres qu'il convient d'intégrer dans l'analyse des enjeux et de la conciliation des usages.

La CLE du Drac et de la Romanche a décidé, en 2007, via l'objectif 20 du SAGE, de confier aux communes du bassin versant du Drac et de la Romanche la responsabilité d'effectuer un inventaire des zones humides pour classement au PLU avec annexe réglementaire précisant leur degré de protection (à définir) et leur destination possible.

Cet inventaire doit s'appuyer sur l'inventaire réalisé par AVENIR, le Conservatoire des espaces naturels de l'Isère, des zones humides de plus de 1 ha.

La CLE est à la disposition de la commune pour l'accompagner dans ce travail sur la base d'une méthodologie mise au point et testée en 2008 et 2009 sur la commune de Vaulnaveys le Haut.

VI.5 Prendre en compte la dimension paysagère des ouvrages

Dans tous les cas, des précautions seront toujours nécessaires pour **assurer la meilleure intégration paysagère et écologique des ouvrages de stockage et des enneigeurs dans leur environnement**, tant il est vrai que les dimensions des réalisations en cours ou en projet en font des composantes majeures du paysage.

L'artificialisation du milieu montagnard est souvent contraire à l'intérêt à long terme de ces territoires dont la première valeur est le paysage. Elle doit donc être limitée et, lorsqu'elle est réellement nécessaire, bien maîtrisée. Dans un milieu d'ores et déjà fortement artificialisé, il convient de réfléchir aux solutions compensatoires, à l'amélioration de la situation.

Il est recommandé aux futurs porteurs de projet de retenues d'altitude d'intégrer un paysagiste, aux côtés d'un prestataire compétent en hydraulique et en sécurité, dès la phase de conception du projet et réflexion sur son implantation.



Commission Locale de l'Eau DRAC & ROMANCHE
24 Avenue de Rivalta
38450 VIF
Tél : 04 76 75 16 39



Schéma de conciliation de la neige de culture et de la ressource en eau, avec les milieux et les autres usages

Document n°2 : Analyse des enjeux économiques autour
du domaine skiable des Deux Alpes



DOCUMENT DE TRAVAIL
6 JANVIER 2010



Affaire 08A 145 suivie par Daniel PIERLOT et Christelle SENECHAL

SEPIA CONSEILS - 53, rue de Turbigo - 75003 PARIS France

☎ : +33 1 53 01 92 95 • fax : +33 1 42 71 85 24 • e-mail : sepia@sepia-conseils.fr • <http://www.sepia-conseils.fr>

S.A.S. au capital de 50 000 € - R.C.S. Paris B 382 310 761 - NAF 7112B • Siret 382 310 761 00046 •

N°Identification TVA : FR27382310761

TABLE DES MATIERES

I	LES DONNEES DU DOMAINE POUR EVALUER LE CONTEXTE ECONOMIQUE	4
I.1	EQUIPEMENTS POUR LA NEIGE DE CULTURE ET INVESTISSEMENTS CORRESPONDANTS.....	4
I.1.1	<i>Rappel des équipements actuels pour la neige de culture</i>	4
I.1.2	<i>Les investissements réalisés depuis 1990.....</i>	4
I.2	GESTION DU DOMAINE SKIABLE.....	4
I.2.1	<i>Evolution de l'étendue du domaine skiable.....</i>	4
I.2.2	<i>Evolution de l'équipement du domaine skiable en enneigeurs</i>	4
I.2.3	<i>Le « cœur » du domaine.....</i>	4
I.2.4	<i>Evolution de l'enneigement.....</i>	5
I.2.5	<i>Evolution du nombre de jours d'ouverture du domaine.....</i>	5
I.3	PRIX DU FORFAIT ET CHIFFRE D'AFFAIRE DES REMONTEES MECANIQUES	5
I.3.1	<i>Evolution et variabilité du CA hivernal entre 1998 et 2008.....</i>	5
I.3.2	<i>Evolution du CA estival au cours des 10 dernières saisons.....</i>	6
I.3.3	<i>Evolution du prix du forfait au cours des 10 dernières saisons.....</i>	6
I.4	FREQUENTATION DU DOMAINE SKIABLE ET DE LA STATION	6
I.4.1	<i>Evolution du nombre de journées skieurs entre 1998 et 2008</i>	6
I.4.2	<i>Nombre de lits touristiques dans la station et évolution depuis 10 ans.....</i>	6
I.4.3	<i>Evolution du taux de remplissage des hébergements depuis 10 ans.....</i>	6
I.5	TAXES LOI MONTAGNE SUR LES REMONTEES MECANIQUES	6
I.6	POPULATION ET EMPLOIS DANS LA STATION ET DANS L'ENVIRONNEMENT IMMEDIAT.....	6
I.6.1	<i>Personnel pour l'exploitation du domaine : évolution depuis 10 ans.....</i>	6
I.6.2	<i>Evolution de la population et nombre d'emplois sur le territoire du domaine skiable.....</i>	6
I.6.3	<i>Evolution de la population et nombre d'emplois dans le canton</i>	7
I.7	POIDS DANS L'ECONOMIE TOURISTIQUE	7
II	LES DONNEES CONCERNANT LE PROJET DE RETENUE D'ALTITUDE	8
II.1	PROJET D'EQUIPEMENTS POUR LA NEIGE DE CULTURE	8
II.2	INVESTISSEMENTS POUR LA GESTION DU DOMAINE SKIABLE.....	8
III	LES DONNEES GENERALES DE REFERENCE	9
III.1	COUT DE LA NEIGE DE CULTURE	9
III.2	CLASSIFICATION DES DOMAINES SKIABLES EN FONCTION DE LEUR CHIFFRE D'AFFAIRES ET RETOMBEEES ECONOMIQUES.....	10
III.2.1	<i>Classification des domaines skiables</i>	10
III.2.2	<i>Retombées économiques.....</i>	10
III.2.3	<i>Nivalliance, un principe de solidarité entre grandes et petites stations.....</i>	10
III.3	EVOLUTION DE L'ENNEIGEMENT NATUREL ET DUREE DE LA SAISON	11
III.3.1	<i>Evolution possible de l'enneigement naturel dans l'hypothèse d'un réchauffement climatique..</i>	11
III.3.2	<i>Conséquences sur l'exploitation des domaines (hypothèses de l'OCDE reprises par Pierre Paccard)</i>	11
III.4	L'ACTIVITE TOURISTIQUE HIVERNALE A L'ECHELLE DU MASSIF, DU DEPARTEMENT, DE LA REGION.....	12
III.4.1	<i>L'Oisans, 1^{ère} destination touristique de l'Isère.....</i>	12
III.4.2	<i>Le tourisme en Isère.....</i>	12
III.4.3	<i>Le tourisme en Rhône-Alpes (source, Livre blanc du tourisme, Région Rhône-Alpes).....</i>	13
	BIBLIOGRAPHIE.....	14

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Evolution du taux d'équipement (approximatif) en enneigeurs durant les 10 dernières saisons (source données : Deux Alpes Loisirs)	4
Figure 2 : Evolution de la hauteur de neige naturelle tombée à 2600 m (source données : Deux Alpes Loisirs)	5
Figure 3 : Evolution du nombre de jours d'ouverture durant les 10 dernières saisons (source données : Deux Alpes Loisirs)	5
Figure 4 : Evolution du CA hivernal entre 1998 et 2008 en comparaison avec l'évolution de l'enneigement naturel (source données : ODIT France et Deux Alpes Loisirs)	5
Figure 5 : Evolution du CA TTC hivernal entre 1998 et 2008 (M : millions d'euros) (données ODIT)	5
Figure 6 : Evolution du nombre de journées skieurs (JS) entre 1998 et 2008 (source : ODIT)	6
Figure 7 : Evolution de la population, du nombre d'actifs ayant un emploi sur le territoire de la Communauté de communes des Deux Alpes (source données : insee, communes)	7
Figure 8 : Evolution de la population, du nombre d'actifs ayant un emploi sur le territoire du canton de Bourg d'Oisans (source données : INSEE, communes)	7
Figure 9 Coût moyen du m3 de neige produite en € (saison 07/08) Source ODIT France, chiffres clés 2009	9
Figure 10 Coûts de la neige de culture et recettes par journée skieur, Source ODIT France, dossier neige 2008	10
Figure 11 Durée moyenne de l'enneigement à 1500 m, à partir de la modélisation de Météo-France, en situation actuelle et selon un scénario climatique (Source ODIT France, chiffres clés 2009)	11
Figure 12 Evolution de la fréquentation hivernale entre 2003 et 2008 dans le périmètre à neige de l'Isère comprenant Chamrousse, Vercors et Oisans, seuls territoires équipés de compteurs routiers (source CDT bilan hiver 2007-2008)	12
Figure 13 Répartition des cours et longs séjours en Isère durant l'hiver entre 2004 et 2007 (source CDT bilan hiver 2006-2007)	13

I Les données du domaine pour évaluer le contexte économique

I.1 Equipements pour la neige de culture et investissements correspondants

I.1.1 Rappel des équipements actuels pour la neige de culture

Le domaine skiable des Deux Alpes comprend **420 ha de pistes** (225 km) et s'étend entre 1300 m et 3568 m d'altitude. Aujourd'hui, environ **58 ha de pistes sont équipés avec 208 enneigeurs**, implantés entre 1300 et 2180 m d'altitude, selon la répartition suivante :

- 3 % entre 1 300 et 1 500 m (2 ha),
- 85 % entre 1 500 et 2 000 m (49 ha),
- 12 % entre 2 000 et 2 180 m (7 ha).

On a donc un **taux d'équipement de 14 %**. 60 ha de pistes environ sont situés sur le glacier et disposent d'un enneigement assuré. Au total, l'enneigement de 118 ha, soit **28% du domaine, est donc sécurisé**.

Pour l'approvisionnement en eau des enneigeurs, les Deux Alpes disposent d'une retenue d'altitude artificielle, le **Grand Plan du Sautet, à 2320 m d'altitude, d'une capacité de 198 800 m³**.

En moyenne (sur les saisons 07/08 et 08/09), les **volumes transformés sont de 186 700 m³/an**, soit l'équivalent de **64 cm de neige** produite sur les pistes équipées (hauteur cumulée sur une saison, variable dans l'espace et d'une année à l'autre avec un ratio neige/eau de 2).

I.1.2 Les investissements réalisés depuis 1990

Le montant total des investissements est de l'ordre de 11 890 000 € TTC (hors coût de la retenue), soit l'équivalent de **205 000 € TTC/ha de piste équipée en enneigeurs**, ou encore 171 000 € HT/ha piste équipée (hors amortissements). L'investissement a été supporté pour environ 58 % par la collectivité et 42 % par la société d'exploitation des remontées mécaniques.

I.2 Gestion du domaine skiable

I.2.1 Evolution de l'étendue du domaine skiable

L'exploitation du domaine skiable des 2 Alpes avec des remontées mécaniques existe depuis 1950. Au début des années 80, il y avait 160 km de pistes, l'on atteint aujourd'hui 225 km de pistes. Le domaine skiable a peu évolué ces dix dernières années.

I.2.2 Evolution de l'équipement du domaine skiable en enneigeurs

L'équipement a débuté en 1990. L'usine à neige date de 1993. Entre 1990 et 1996, près de 36 ha ont été équipés. En 1998, une piste de 8 ha a été équipée. Ces 10 dernières années, de nouvelles pistes ont été progressivement équipées (passant de 44 à 58 ha).

00-01 10,5 %	01-02 11 %	02-03 11 %	03-04 11,5 %	04-05 12 %
05-06 12,5 %	06-07 13,5 %	07-08 14 %	08-09 14 %	09-10 14 %

Figure 1 : Evolution du taux d'équipement (approximatif) en enneigeurs durant les 10 dernières saisons (source données : Deux Alpes Loisirs)

I.2.3 Le « cœur » du domaine

Concernant les notions de cœur du domaine, Gérard FRAYSSINET précise que sa signification est particulière à chaque domaine. Aux 2 Alpes, c'est la partie du domaine qui reste accessible et attractive sur l'ensemble de la saison d'hiver. Située entre 2000 et 3000 mètres, elle doit être garantie d'enneigement. Il en est de même pour les retours stations et les espaces débutants sur le bas de la station. Ceci représente près de 250 ha, soit près de 60 % du domaine.

1.2.4 Evolution de l'enneigement

Le graphique ci-dessous met en évidence l'évolution de l'enneigement naturel au cours des dix dernières saisons.

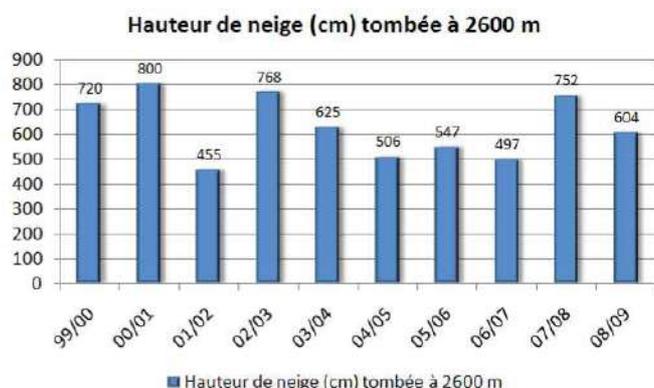


Figure 2 : Evolution de la hauteur de neige naturelle tombée à 2600 m (source données : Deux Alpes Loisirs)

La moyenne de l'enneigement sur les dix dernières années est de 627 cm. La saison 2001/2002, avec 455 cm, fut la plus mauvaise d'un point de vue de l'enneigement naturel, contrairement à la saison 2000/2001 la plus enneigée avec 800 cm à 2600 m.

1.2.5 Evolution du nombre de jours d'ouverture du domaine

Selon Deux Alpes Loisirs, le nombre de jours d'ouverture n'a pas évolué durant ces dernières années. Correspondant à 21 semaines d'ouverture, l'exploitation est assurée pendant au minimum 147 j par saison.

00-01 ≥ 147 j	01-02 ≥ 147 j	02-03 ≥ 147 j	03-04 ≥ 147 j	04-05 ≥ 147 j
05-06 ≥ 147 j	06-07 ≥ 147 j	07-08 ≥ 147 j	08-09 ≥ 147 j	09-10 -

Figure 3 : Evolution du nombre de jours d'ouverture durant les 10 dernières saisons (source données : Deux Alpes Loisirs)

1.3 Prix du forfait et chiffre d'affaire des remontées mécaniques

1.3.1 Evolution et variabilité du CA hivernal entre 1998 et 2008

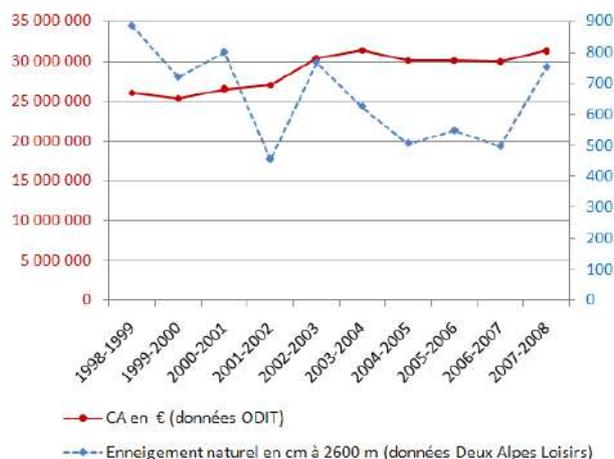


Figure 4 : Evolution du CA hivernal entre 1998 et 2008 en comparaison avec l'évolution de l'enneigement naturel (source données : ODIT France et Deux Alpes Loisirs)

Entre 1998 et 2008, le CA moyen de la saison hivernale est de 29 146 156 €. Ce CA est en constante progression, avec un minimum en 1999-2000 (25,4 M €) à l'exception de deux saisons (2004-2005 et 2006-2007) où l'enneigement fut plus faible.

98-99 26,1 M €	99-00 25,4 M €	00-01 26,6 M €	01-02 27,0 M €	02-03 30,3 M €
03-04 31,3 M €	04-05 30,1 M €	05-06 30,2 M €	06-07 30,0 M €	07-08 31,3 M €

Figure 5 : Evolution du CA TTC hivernal entre 1998 et 2008 (M : millions d'euros) (données ODIT)

La variabilité du CA, calculée entre 1990 et 2008 est très faible : elle est de l'ordre de 4 %.

Deux Alpes Loisirs, cotisant à Nivalliance, n'a pas eu recours à l'assurance et n'a donc pas bénéficié d'indemnités au cours de ces dix saisons.

I.3.2 Evolution du CA estival au cours des 10 dernières saisons

Le CA estival représente de l'ordre de 10 % du CA hivernal, soit entre 3 et 4 M €. Si avant 2000 l'activité estivale représentait une part plus importante, depuis, cette part reste stable.

I.3.3 Evolution du prix du forfait au cours des 10 dernières saisons

En 2009-2010, le prix (adulte) du forfait journée est fixé à 38,7 €, celui du forfait 6 jours à 189 €. Depuis 10 ans, la hausse du prix du forfait est de l'ordre de 2 à 3 % par an.

I.4 Fréquentation du domaine skiable et de la station

I.4.1 Evolution du nombre de journées skieurs entre 1998 et 2008

Entre 1998 et 2008, il y a en moyenne chaque année 1 376 500 journées skieurs (JS) (source : ODIT). La part des visiteurs venant du 38 n'est pas connue par Deux Alpes Loisirs.

98-99 1,41 M	99-00 1,32 M	00-01 1,39 M	01-02 1,35 M	02-03 1,46 M
03-04 1,44 M	04-05 1,38 M	05-06 1,33 M	06-07 1,32 M	07-08 1,37 M

Figure 6 : Evolution du nombre de journées skieurs (JS) entre 1998 et 2008 (source : ODIT)

Durant la saison 07-08, il y a près de 1 371 000 journées skieurs (JS), soit un **ratio CA/JS de l'ordre de 22,8 € TTC.**

I.4.2 Nombre de lits touristiques dans la station et évolution depuis 10 ans

Aujourd'hui, on compte environ **29 700 lits touristiques.**

Evolution : attente des données OT.

I.4.3 Evolution du taux de remplissage des hébergements depuis 10 ans

Durant l'hiver 2007-2008, **1 435 130 nuitées** ont été enregistrées.

Evolution du taux de remplissage : Attente des données OT

I.5 Taxes Loi Montagne sur les remontées mécaniques

En application des articles 85, 86 et 87 de la Loi Montagne, Deux Alpes Loisirs verse une taxe pour les remontées mécaniques égale à 5 % du CA de la station (3 % versés aux communes et 2 % versés au département). Ceci représente donc un montant moyen annuel de l'ordre de 1 450 000 € entre 1998 et 2008 (580 000 € au département, 870 000 € aux communes).

Les communes utilisent le produit de la taxe pour assurer notamment le développement du tourisme en montagne. Le Conseil général finance des opérations en zone de montagne, par exemple via des contrats de développement diversifiés.

I.6 Population et emplois dans la station et dans l'environnement immédiat

I.6.1 Personnel pour l'exploitation du domaine : évolution depuis 10 ans

Le nombre d'emplois au sein de Deux Alpes Loisirs pour les remontées mécaniques **est relativement stable depuis 10 ans.** 51 salariés permanents travaillent pour la gestion des remontées mécaniques et environ 175 saisonniers sont recrutés au maximum (équivalents temps plein) durant la saison hivernale (donnée : Montagne Leaders et Deux Alpes Loisirs).

I.6.2 Evolution de la population et nombre d'emplois sur le territoire du domaine skiable

La Figure 7 montre la tendance à la stabilisation de la population permanente des communes de Vénosc et de Mont-de-Lans, les deux communes, support de la station.

Près de **2 000 personnes habitent** aujourd'hui en permanence sur le territoire de la Communauté de Communes des 2 Alpes.

Une forte augmentation a eu lieu entre 1975 et 1982 (+ 78 %), parallèlement à une phase importante de développement du domaine skiable.

On observe que l'on est passé entre 1975 et 2006 de 450 emplois à 650 emplois pour 1 000 habitants (soit 1 200 emplois en 2006). Depuis 1990, on compte **près de 600 emplois pour 1 000 habitants**, une large majorité travaillant sur la commune d'habitation (cf. Figure 7).

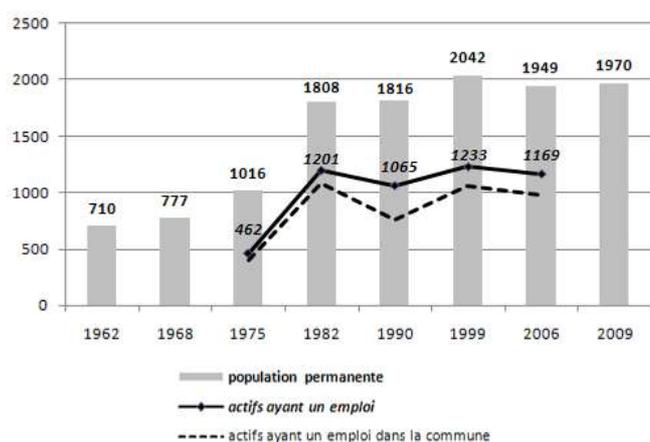


Figure 7 : Evolution de la population, du nombre d'actifs ayant un emploi sur le territoire de la Communauté de communes des Deux Alpes (source données : insee, communes)

1.6.3 Evolution de la population et nombre d'emplois dans le canton

La Figure 8 montre l'évolution de la population du **canton de Bourg d'Oisans**.

En 2006, **le canton compte près de 10 700 habitants avec un taux d'emploi de l'ordre de 50 %** (supérieur à 50 % depuis 1982 si l'on considère toutes les communes hors Livet-Gavet).

Une étude réalisée par l'Agence d'Etude et de Promotion de l'Isère en 2008 signale que le tourisme dope la croissance de l'emploi dans le commerce de détail et les services privés à la population. Au 01/01/07, les 5 premiers employeurs du domaine privé sont la SATA, Deux Alpes Loisirs, Le Club méditerranée, MMV Gestion et Ferropem.

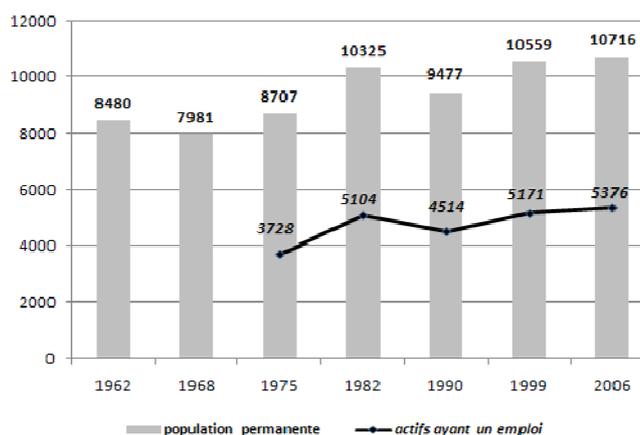


Figure 8 : Evolution de la population, du nombre d'actifs ayant un emploi sur le territoire du canton de Bourg d'Oisans (source données : INSEE, communes)

1.7 Poids dans l'économie touristique

La neige de culture est indissociable du « produit ski ».

Le domaine skiable des Deux Alpes représente un poids important dans l'économie touristique de l'Oisans (30 % des lits touristiques) et plus globalement de l'Isère (près de 10 % des lits touristiques, 22 % des nuitées touristiques durant l'hiver 2007-2008). Les retombées économiques indirectes locales, à savoir à l'échelle de la station, en considérant un CA de l'ordre de 30 millions d'euros pour les remontées mécaniques, pourraient être estimées à 100 millions d'euros. C'est un des domaines qui contribue au maintien de la population du canton à hauteur de 10 000 habitants permanents. Deux Alpes Loisirs est le deuxième employeur du domaine privé. **La neige de culture apporte une garantie sur le nombre des emplois et sur la durée des contrats du personnel saisonnier.**

La neige de culture est aujourd'hui indispensable dans ce grand domaine **pour satisfaire la clientèle**. Sans cette satisfaction des clients de plus en plus exigeants sur la qualité de la neige et la surface garantie en neige, la fréquentation française et étrangère baisserait. **La concurrence est très forte. Il faut garantir au moins 50 % du domaine**, même si dans tous les cas, la neige naturelle est indispensable.

II Les données concernant le projet de retenue d'altitude

II.1 Projet d'équipements pour la neige de culture

Le projet permettra un équipement de 84 ha de pistes supplémentaires entre 1650 et 3200 m d'altitude. A terme, environ 142 ha de pistes (sur 420 ha) seront équipés avec des enneigeurs, entre 1300 et 3200 m d'altitude, soit un **taux d'équipement de 34 % (au lieu de 14 % actuellement)**.

En ajoutant les 60 ha de pistes situés sur le glacier, au total l'enneigement sera donc sécurisé sur 202 ha, soit 48% du domaine (au lieu de 28 % actuellement).

Pour cela, en plus du Grand Plan du Sautet de 198 800 m³, la création d'une nouvelle retenue, « la Mura » de **350 000 m³** (307 500 m³ en volume utile) est envisagée à 2800 m d'altitude.

Elle permettra de subvenir à l'intégralité des besoins en eau estimés à environ 300 000 m³ au cours d'une saison (soit environ 600 000 m³ de neige, l'équivalent de **71 cm de neige** sur les nouvelles pistes équipées). Une partie de cette neige produite pourra néanmoins permettre de conforter les autres secteurs équipés où les besoins en neige peuvent ponctuellement être plus importants.

En considérant l'usage maximal des deux retenues, le volume total d'eau transformé sera de l'ordre de 500 000 m³, soit la production d'environ 1 000 000 m³ de neige, l'équivalent de 70 cm de neige sur l'ensemble des pistes équipées (épaisseur valeur moyenne annuelle variable dans l'espace et d'une année à l'autre).

Cette retenue aura pour usage principal la neige de culture. Elle pourrait néanmoins être utilisée en tant que de besoin comme réserve pour une défense incendie (réserve d'altitude ou utilisation a priori envisageable via le réseau

neige) voire pour l'alimentation en eau potable via transit par le Grand Plan du Sautet.

II.2 Investissements pour la gestion du domaine skiable

Le coût du projet de la retenue est évalué à 5 700 000 € HT, soit environ 19 € HT/m³ stocké. En tenant compte d'un amortissement sur 20 ans, cela porte le coût d'investissement à environ 1 €/m³ stocké.

La totalité du projet (retenue et réseau) est estimé à un montant total de l'ordre de 30 millions d'euros (15 millions environ pour la retenue et la connexion entre les deux retenues et 15 millions environ pour les enneigeurs et le réseau d'accompagnement (eau, air, électricité ...)).

Le coût de fonctionnement n'est pas estimé à l'heure actuelle.

III Les données générales de référence

AVERTISSEMENT

Les valeurs présentées dans le III.1 et le III.2 fournissent des ordres de grandeur de référence.

La CLE du Drac et de la Romanche et le Conseil général de l'Isère, qui ont réalisé cette étude, jugent important de préciser que :

1 - Ces données sont issues de calculs réalisés à l'échelle nationale : ce sont des moyennes qui proviennent de sources diverses.

2 - Ces données n'ont pas pour objet de juger de la pertinence économique d'un projet.

3 - Ces données n'ont pas pour objet de définir ce que devrait être le coût d'un projet. Ce dernier est en effet variable en fonction des caractéristiques du domaine skiable.

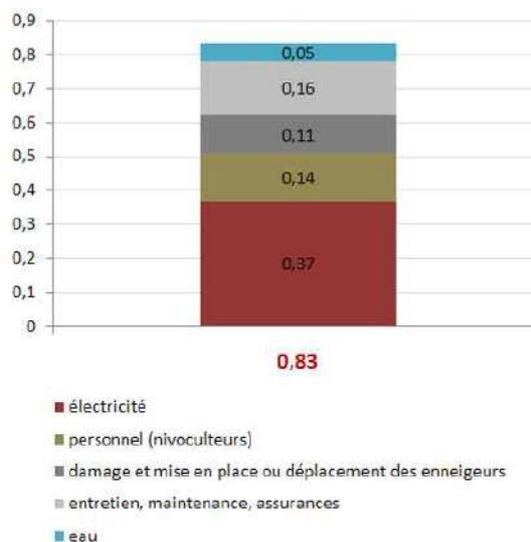


Figure 9 Coût moyen du m³ de neige produite en € (saison 07/08) Source ODIS France, chiffres clés 2009

III.1 Coût de la neige de culture

Le coût moyen d'investissement, hors retenues collinaires, est de l'ordre de 150 000 à 200 000 € HT /ha enneigé, sachant qu'en moyenne 70 cm d'épaisseur de neige sont produits par saison sur les surfaces équipées (avec une variabilité de cette épaisseur dans l'espace et d'une année à l'autre). Pour les retenues collinaires, on compte de l'ordre de 20 à 30 € par m³ de stockage (MEEDDAT, 2009).

Le coût moyen de la production de la neige de culture est de l'ordre de 2 à 2,5 €/m³ de neige intégrant notamment :

- un coût de production hors amortissement de l'ordre de 0,80 €/m³ de neige, (Figure 9)
- un coût d'amortissement des investissements hors retenue de l'ordre de 1€/m³ de neige (durée d'amortissement comprise entre 20 et 30 ans),
- un coût d'amortissement des investissements pour les retenues de l'ordre de 0,25 €/m³ (durée d'amortissement de l'ordre de 20 ans).

La durée d'amortissement est de l'ordre de :

- 5 ans pour les enneigeurs,
- 20 ans pour les investissements hors retenues,
- 30 ans pour les retenues.

L'analyse des investissements dans les domaines skiables (ODIS France, dossier 2008) montre que la neige de culture représente environ 20% du budget total d'investissement pour la gestion du domaine skiable. L'achat et les modifications des remontées mécaniques représentent 50 % ou plus des investissements.



III.2 Classification des domaines skiables en fonction de leur chiffre d'affaires et retombées économiques

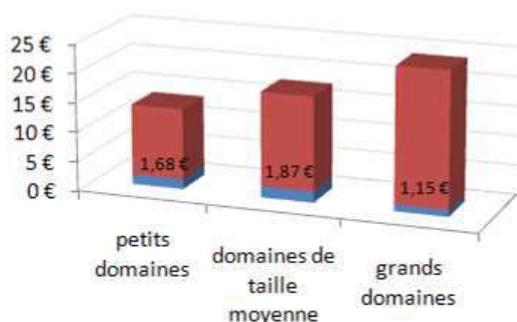
III.2.1 Classification des domaines skiables

Les domaines skiables peuvent être classés selon différents critères, par exemple :

- Le moment de puissance total des appareils exploités (classement « classique » du SNTF en quatre catégories)
- Le CA et le nombre de lits (cf. SNTF Savoie) :
 - . grandes stations : CA > 10 M € ; lits > 15 000
 - . moyennes stations : 2 < CA < 10 M € ; 5 000 < lits < 15 000
 - . petites stations : 0,1 < CA < 2 M € ; lits < 5 000
 - . domaines d'animation : CA < 0,1 M €

III.2.2 Retombées économiques

ODIT a comparé le ratio coût de la neige/recettes par journée skieur (JS) : respectivement de l'ordre de 1,15 à 1,87 € et de 12 à 23 €/journée skieur en fonction de la taille du domaine (cf. Figure 10). En 2008-2009, en Isère, le ratio recette/JS est compris entre 8,6 € pour les petites stations, 17,97 € pour les grandes et 22,98 € pour les très grandes (source : SNTF, 2009).



■ Coût de la neige de culture ■ CA remontées mécaniques

Figure 10 Coûts de la neige de culture et recettes par journée skieur, Source ODI France, dossier neige 2008

Ce ratio est beaucoup plus favorable aux grands domaines qu'aux petits. Les premiers vendent plus cher la journée de ski et ont une fréquentation plus régulière, ce qui leur permet de répartir leurs coûts de production de neige sur un plus grand nombre de journées skieur.

Ceci explique que le niveau d'équipement des petits domaines (souvent situés à faible altitude) a tendance à plafonner alors que le développement se poursuit dans les grandes stations d'altitude.

Par ailleurs, **le ratio CA des remontées mécaniques/CA global sur la commune (commerces...)** est évalué à 3 à 6.

III.2.3 Nivalliance, un principe de solidarité entre grandes et petites stations

Nivalliance est l'assurance mutualisée des opérateurs français de domaines skiables membres du SNTF contre les aléas d'exploitation.

En début de saison, les opérateurs paient une cotisation comprise entre 0,35 % et 0,75 % du CA. En fin de saison, le préjudice se traduit par une baisse du nombre de journées skieurs entre la saison du sinistre et le maximum entre la saison précédente ou la moyenne des 3 dernières saisons et par une baisse du CA de l'assuré sur la saison considérée par rapport à la moyenne des 3 dernières saisons.

Il existe une franchise qui varie de 15% à 40% du CA de référence de l'assuré. Le calcul de l'indemnité est fonction des franchises et de la différence entre le CA de référence et le CA de l'exploitant pour la période garantie.

Le premier contrat Nivalliance a été mis en œuvre en 2000. Sur les quatre saisons du contrat actuellement en cours :

- deux n'ont donné lieu à aucune indemnisation (2005-2006 et 2008-2009)
- deux ont connu des sinistres : d'une part 2006-2007 avec deux rappels de prime à payer et 5 millions d'euros d'indemnisation répartis entre tous les massifs ; d'autre part 2007-2008 avec une sinistralité concentrée dans les Pyrénées, les Vosges et le Jura.

Ces logiques d'assurance apportent donc une garantie aux exploitants. **La neige de culture devrait contribuer à limiter les baisses du chiffre d'affaire en cas de manque de neige et donc limiter le recours à cette assurance pour d'autres aléas.**

III.3 Evolution de l'enneigement naturel et durée de la saison

III.3.1 Evolution possible de l'enneigement naturel dans l'hypothèse d'un réchauffement climatique

METEO France (Etchevers et al) a modélisé les conséquences d'un réchauffement climatique sur le nombre de jours avec enneigement au sol : la Figure 11 montre la différence entre la situation actuelle et la situation future en prenant l'hypothèse simplificatrice d'une augmentation uniforme de la température de 1,8°C.

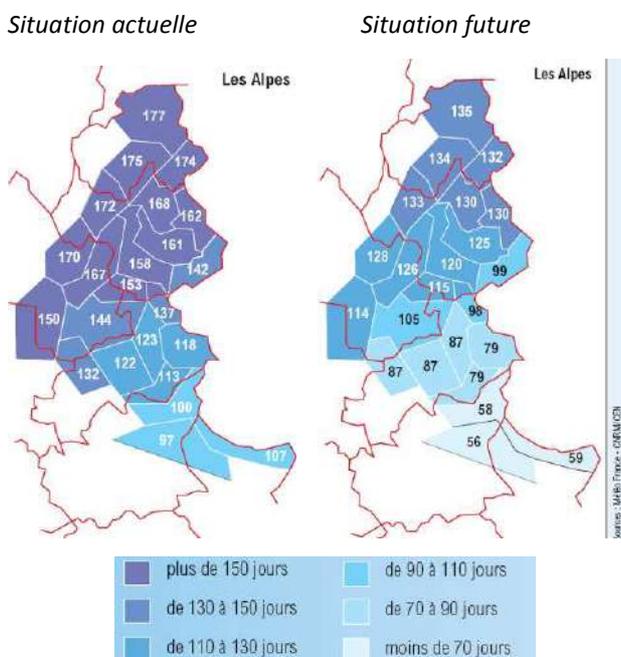


Figure 11 Durée moyenne de l'enneigement à 1500 m, à partir de la modélisation de Météo-France, en situation actuelle et selon un scénario climatique (Source ODIT France, chiffres clés 2009)

III.3.2 Conséquences sur l'exploitation des domaines (hypothèses de l'OCDE reprises par Pierre Paccard)

1ère hypothèse : pour exploiter un domaine skiable avec un résultat satisfaisant, il faut un manteau neigeux suffisant pour la pratique du ski pendant au moins 100 jours par saison (avec une épaisseur au sol minimum de 30 cm). Sans neige de culture, un certain nombre de domaines sont ou risquent d'être dans la situation où cette durée est inférieure à 100 j (cf. Figure 11). Il faut néanmoins signaler qu'aujourd'hui, des petites stations fonctionnent avec un nombre de jours d'exploitation inférieur à 100 j.

2ème hypothèse : un domaine skiable donné est considéré comme fiable du point de vue de son enneigement naturel si la moitié supérieure de la plage d'altitude dans laquelle il se situe se trouve au-dessus de la valeur seuil de la limite de la fiabilité de l'enneigement naturel. L'OCDE a déterminé cette limite à 1200 m en Isère (altitude permettant 100 jours avec 30 cm de neige). Cette altitude augmenterait avec le réchauffement climatique et conduirait à diminuer le nombre de domaines skiabiles « fiables ».

Remarque 1 : Pierre Paccard a réalisé des travaux de recherche montrant que la limite moyenne de 1200 m en Savoie et Haute Savoie était a priori variable entre 1 100 et 1 400 m selon les domaines.

Remarque 2 : en 2008-2009, 108 jours moyens d'ouverture des stations en Isère (cf. recueil des indicateurs 2009)

III.4 L'activité touristique hivernale à l'échelle du massif, du département, de la région

Avant de présenter l'activité touristique à l'échelle locale, rappelons **qu'en 1999, on comptait en moyenne 464 emplois pour 1000 habitants pour une commune support de station, 246 emplois pour 1000 hab. pour une autre commune de montagne, dans les Alpes du Nord** (source : ODIT, chiffres clés 2009).

III.4.1 L'Oisans, 1^{ère} destination touristique de l'Isère

Le **canton de l'Oisans** compte près de **10 700 habitants** et près de **98 000 lits touristiques** (donnée CDT Isère 2008).

L'Oisans totalise 33% des lits de l'Isère en été et 45% en hiver. L'Oisans est la première destination touristique de l'Isère.

Les trois-quarts des emplois sont salariés et **près de 60% des emplois sont directement liés au tourisme** (soit en 2003 : 2 630 emplois avec un pic à 4 170 en hiver) (source CDT/INSEE).

L'Oisans compte 6,55 millions de nuitées estimées par an, dont 60 % l'hiver, 34 % l'été de 6 % en intersaison. Plus d'un tiers de la clientèle est étrangère.

Ce canton totalise près de 55 % de l'activité hivernale de l'Isère et 35 % de l'activité estivale.

L'impact économique estimé pour l'Oisans (en 2003) s'élève à 240 millions d'euros, soit 45% de la consommation touristique iséroise [hors clients étrangers qui représentent 30%].

En moyenne en hiver, 60% des hébergements marchands de l'Oisans sont loués. Cela oscille depuis 10 ans (1997-1998 à 2007-2008) entre 55% et 66%.

Au cours de l'été 2007: 33% des hébergements marchands de l'Oisans sont loués en moyenne sur la saison. Ce résultat est presque deux fois moins élevé que le taux hivernal. On peut néanmoins distinguer différentes tendances: la fréquentation a tendance à augmenter dans les hôtels, contrairement aux autres types d'hébergement.

Le remplissage des hébergements connaît une baisse depuis 3 saisons à l'image de la tendance nationale.

III.4.2 Le tourisme en Isère

L'Isère compte près d'**1 172 000 habitants** et près de **309 500 lits touristiques**.

En Isère, en 2008, le nombre de nuitées était de l'ordre de 13,5 millions de nuitées, dont 6,9 millions en été et 6,6 millions en hiver.

Néanmoins, l'hiver représente près de 56 % de la consommation touristique globale, tandis que l'été représente 44 %. Cela est corrélé au fait qu'un touriste consomme en 2008, en moyenne 51 €/jour en hiver, alors qu'il ne consomme que 33 €/jour en été.

Le CDT souligne la variation de la fréquentation touristique hivernale en Isère (cf. Figure 12).

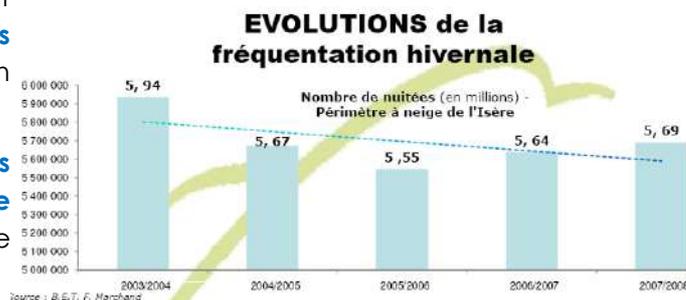


Figure 12 Evolution de la fréquentation hivernale entre 2003 et 2008 dans le périmètre à neige de l'Isère comprenant Chamrousse, Vercors et Oisans, seuls territoires équipés de compteurs routiers (source CDT bilan hiver 2007-2008)

La durée moyenne de séjour est de 4,1 nuits en hiver (source CDT Isère). Durant cette saison, la clientèle provient majoritairement de Rhône-Alpes (31% de Rhône-Alpes, 23 % d'Île-de-France, 11% de PACA).

La répartition des courts et longs séjours durant l'hiver est relativement stable à l'échelle de l'Isère comme le montre la Figure 13. Les courts séjours représentent entre 21 et 57 % des séjours hivernaux.

En bilan global annuel (saison été et hiver), 41% des séjours sont longs, 59 % sont courts.

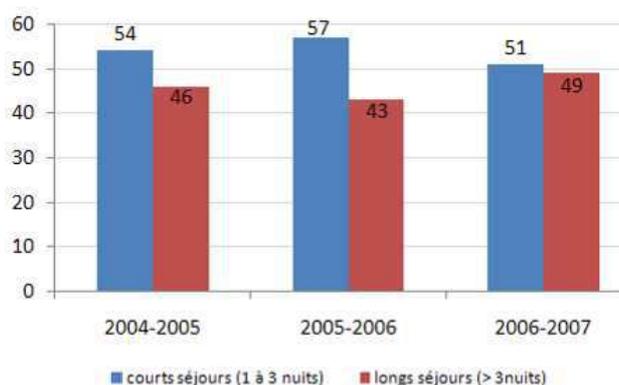


Figure 13 Répartition des courts et longs séjours en Isère durant l'hiver entre 2004 et 2007 (source CDT bilan hiver 2006-2007)

En moyenne en hiver, 50% des hébergements marchands de l'Isère sont loués. Cela oscille depuis 10 ans (1997-1998 à 2007-2008) entre 49% et 54%.

L'été, avec un taux de remplissage de 37 %, l'Isère a une fréquentation stable par rapport à 2007. Mais d'une manière générale, le remplissage des hébergements connaît une baisse depuis 3 saisons à l'image de la tendance nationale.

La destination montagne a perdu de son attractivité : reléguée désormais au rang de 4^{ème} destination des Français derrière la mer, la campagne et la ville alors qu'elle occupait la seconde position quelques années auparavant, la montagne est victime d'une baisse constante de fréquentation.

Malgré une baisse d'attrait, la montagne pèse les trois quarts de la consommation touristique du département [hors clients étrangers].

III.4.3 Le tourisme en Rhône-Alpes (source, Livre blanc du tourisme, Région Rhône-Alpes)

La Région Rhône-Alpes se classe au 3^{ème} rang des régions françaises pour la consommation touristique en 2005 avec 9,8 milliards d'euros (10,7%), derrière l'Île-de-France et PACA qui représentent respectivement 15,5% et 13,3% des 92,4 milliards d'euros générés (chiffres clés du tourisme, 2006).

Elle se classe cependant au 2^{ème} rang en pour le nombre de nuitées. En 2007, **147 millions de nuitées touristiques, dont 39 % sur les 5 mois d'hiver, de décembre à avril (puis 35 % en juillet/août).**

La région réalise 80% du chiffre d'affaires national des remontées mécaniques soit 747 millions d'euros de recettes pour l'hiver 2006/2007 (-5,3% par rapport à l'hiver 2006), dont 61% réalisés par la Savoie, 27% par la Haute-Savoie et 11% par l'Isère.

On comptabilise près de **98.000 emplois** dans les activités caractéristiques du tourisme en Rhône-Alpes en 2006, soit 12% des effectifs salariés du secteur en France.

En Rhône-Alpes, le secteur touristique emploie 4% de la population active (hors emplois saisonniers). La restauration est, devant l'hôtellerie, l'activité qui est à l'origine du plus grand nombre d'emplois touristiques en France comme en Rhône-Alpes.

En région Rhône-Alpes, l'Isère est le troisième département qui compte le plus de nuitées derrière la Savoie et la Haute-Savoie. Il en est de même d'un point de vue de la consommation touristique. L'Isère est marquée par une activité touristique qui s'étale tout au long de l'année. Une prépondérance de l'espace montagne axant l'offre sur les sports d'hiver et activités outdoor l'été (VTT, parapente, escalade, ...) avec des pratiques plus ou moins extrêmes selon la typologie des massifs montagneux (Chartreuse, Oisans, Belledonne,...). Une offre marquée par une activité économique forte drainant un tourisme d'affaires grâce aux fortes concentrations urbaines.

La région Rhône-Alpes possède le plus grand domaine skiable équipé du monde et génère les ¼ du CA national des remontées mécaniques et une grande diversité dans l'offre montagne.

BIBLIOGRAPHIE

Agence d'Etudes et de Promotion de l'Isère, *Territoire de l'Oisans, Population, Emploi, Marché du travail, Guide statistique*, septembre 2008, 31p.

CDT (Comité départemental du Tourisme de l'Isère), *Les chiffres clés du tourisme en Isère* édition 2009, 3 p.

CDT, *Les chiffres clés du tourisme en Oisans*, octobre 2008, 20 p.

Ministère du tourisme, *Chiffres clés du tourisme*, édition 2008, 8 p.

MEEDDAT, *Neige de culture, état des lieux et impacts environnementaux, note socio-économique*, Rapport du Conseil général de l'Environnement et du Développement durable n°006332-01, juin 2009, 152p.

ODIT France, *Bilan de fonctionnement des installations de neige de culture, saison 2007/2008*, 2008, 7p.

ODIT France, *Les domaines skiables face aux aléas d'enneigement et le développement de la neige de culture*, janvier 2008, 12 p.

ODIT France, *Les chiffres clés du tourisme de montagne en France*, 7^{ème} édition, 2009, 61p.

PACCARD Pierre, *Réchauffement climatique et ressource neige en domaines skiables*, Article des Cahiers de Géographie, collection EDYTEM, n°8, année 2009, pp181-192

Région Rhône-Alpes, *Schéma régional de développement du tourisme et des loisirs*, Livre Blanc, mars 2008, 120 p.

SNTF, *Recueil d'indicateurs et analyses 2008*, 20p.

SNTF, *Recueil d'indicateurs, analyses 2009*, 28p.

TEC, *Adaptation au changement climatique et développement durable du tourisme*, étude exploratoire en vue d'un programme de recherche, mai 2006, 131 p.

Autres sources de données :

www.insee.fr

www.isere-tourismepro.fr

Commune de Les Deux Alpes

An aerial photograph of a vast, snow-covered mountain range. The peaks are jagged and covered in snow, with some rocky outcrops visible. The foreground shows a wide, flat expanse of snow, possibly a valley or a plateau, with some faint tracks or paths. A specific area in the middle ground is highlighted with a semi-transparent, light blue overlay, indicating a site of interest for the Natura 2000 project.

**FORMULAIRE SIMPLIFIÉ
NATURA 2000**

Annexe PU 9

FORMULAIRE D'ÉVALUATION SIMPLIFIÉE OU PRÉLIMINAIRE
DES INCIDENCES NATURA 2000



COORDONNÉES DU PORTEUR DE PROJET :

Nom (personne morale ou physique) : **Mairie de Les Deux Alpes**

Commune et département : **Les Deux Alpes — Isère**

Adresse : **48 avenue de la Muzelle — 38860 Les Deux Alpes**

Tél. : **04 76 79 24 24**

Fax : **04 76 79 57 09**

Courriel : **D.LECOT@mairie2alpes.fr**

Nom du projet : **Retenue d'altitude de la Mura**

À quel titre le projet est-il soumis à évaluation des incidences ?

Projet de création d'une retenue d'altitude pour l'approvisionnement en eau vue de la production de neige — **soumis à Étude d'impact selon les rubriques n° 17 3° alinéa - Barrage de retenue et n° 43 alinéa 1 b - installation permettant d'enneiger, hors site vierge une superficie supérieure ou égale à 4 ha** — article R 122-2 du Code de l'environnement

1— DESCRIPTION DU PROJET :

1— a. Nature du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Création d'une retenue d'altitude de type collinaire d'un volume maximum de 350 000 m³ sur le replat de la Mura - altitude 2800 m

1— b. Localisation du projet par rapport au (x) site(s) Natura 2000 et cartographie

Le projet est situé :

Nom de la commune : Les Deux Alpes
N° Département : Isère
Lieu-dit : La Mura

En site(s) Natura 2000

n° de site(s) :

n° de site(s) :

Hors site(s) Natura 2000 — À quelle distance ?

À environ 5 km (m ou km) du site n° de site(s) : ZSC FR 820 1751 Massif de la Muzelle

À environ 5 km (m ou km) du site n° de site(s) : ZPS FR 931 0036 Les Écrins

1— c. Étendue/emprise du projet, de la manifestation ou de l'intervention

Emprises au sol temporaire et permanente de l'implantation ou de la manifestation

- si connue : m² ou classe de surface approximative :

< 100 m²

100 à 1 000 m²

1 000 à 10 000 m² (1 ha)

> 10 000 m² (> 1 ha)

- Longueur (si linéaire impacté) : m

- Emprises en phase chantier : m

- Aménagement(s) connexe(s) :

1— d. Durée prévisible et période envisagée des travaux, de la manifestation ou de l'intervention :

- Projet, manifestation :

diurne

nocturne

- Durée précise si connue : (jours, mois)

Ou durée approximative en cochant la case correspondante :

< 1 mois

1 mois à 1 an

1 an à 5 ans

> 5 ans

- Période précise si connue : (de tel mois à tel mois)

ou période approximative :

Printemps

Automne

Été

Hiver

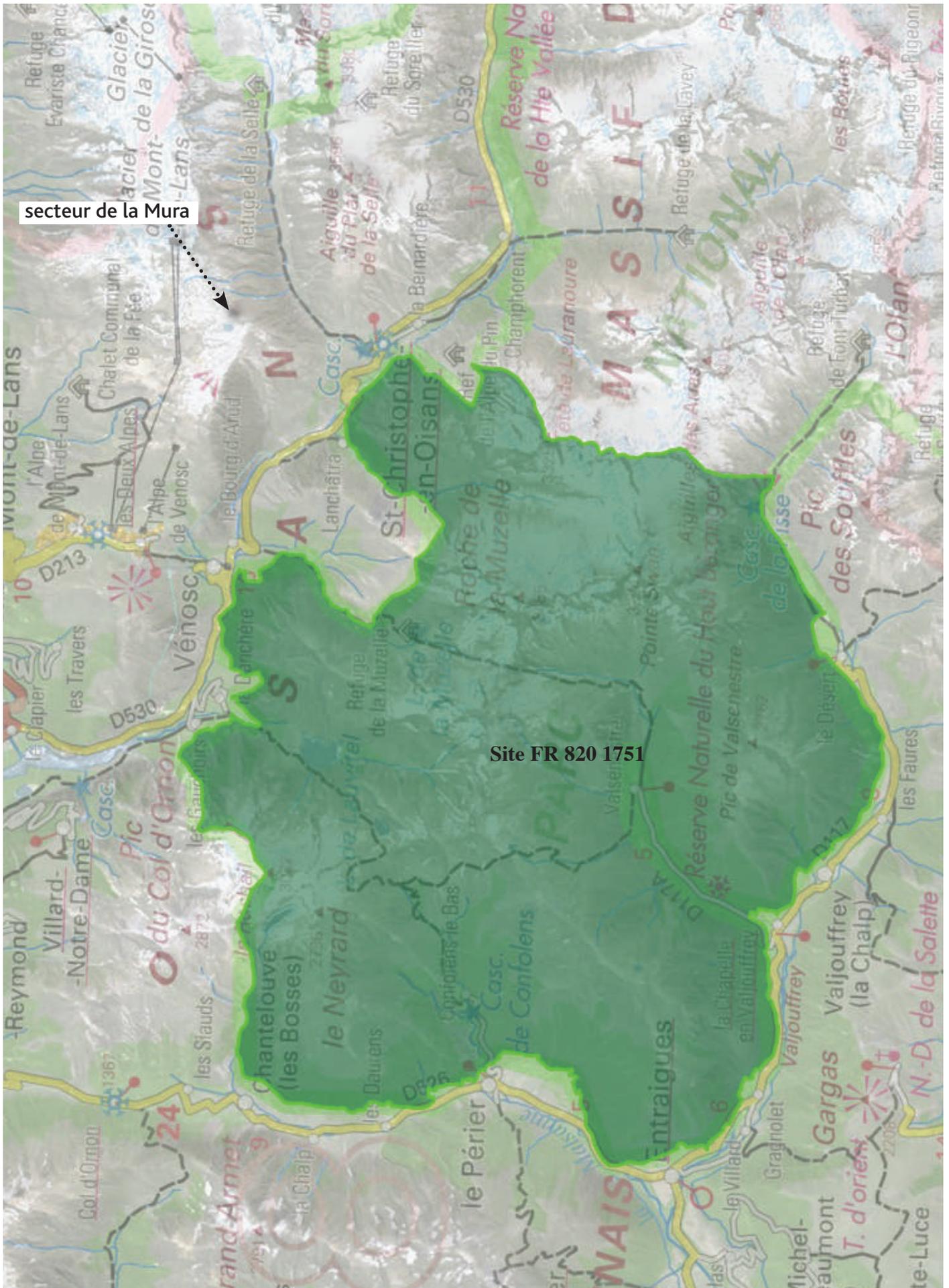
- Fréquence :

chaque année

chaque mois

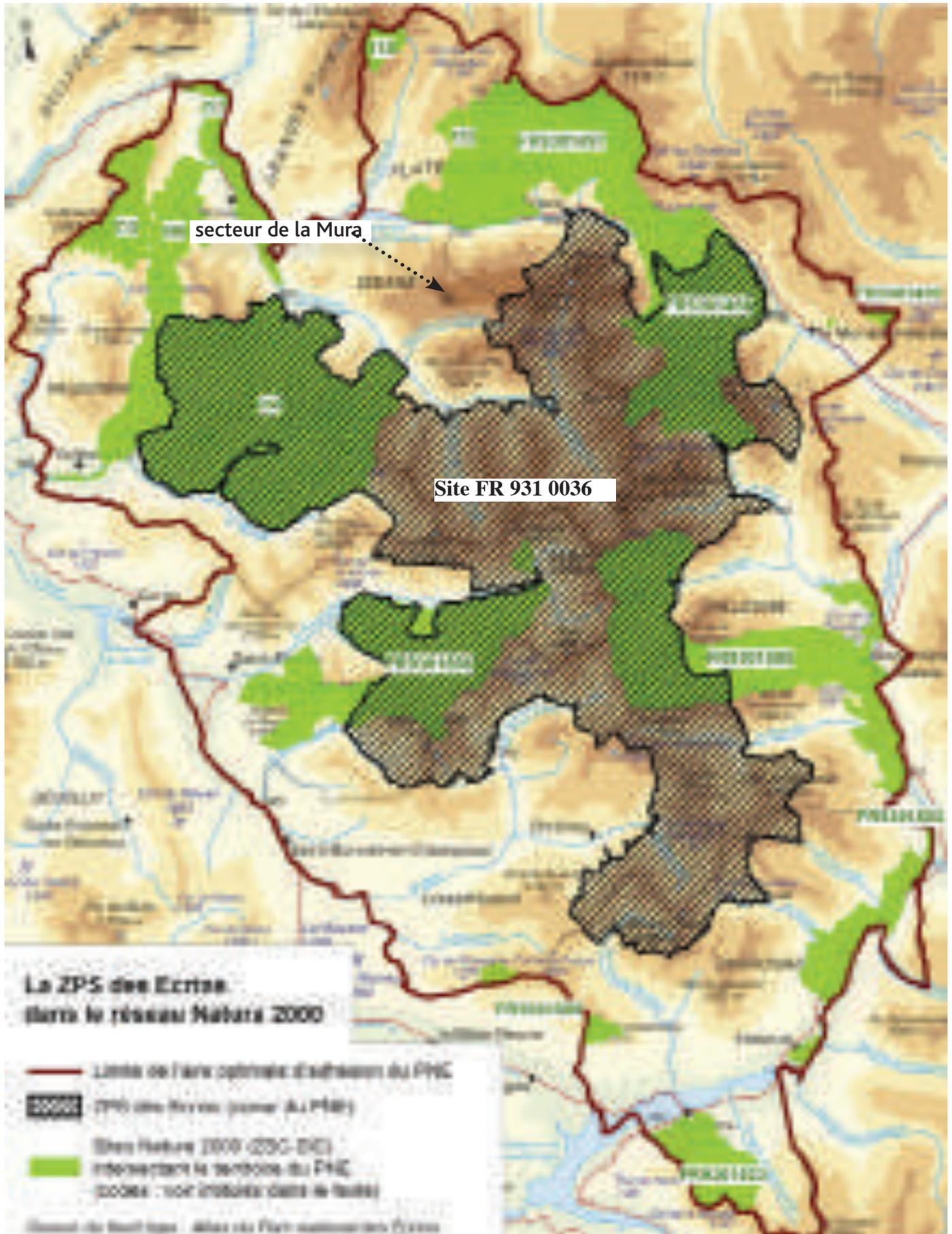
autre (préciser) :

Site(s) Natura 2000



secteur de la Mura

Site FR 820 1751



1— e. Entretien/fonctionnement/rejet

Protocole de contrôle quotidien de la retenue en période hivernale réalisé par un agent de l'exploitation du domaine skiable (DAL).

Protocole d'entretien annuel de la retenue en période estivale réalisé par un/des agent (s) de l'exploitation du domaine skiable (DAL) ou de sociétés tierces.

Pas de rejets particuliers en fonctionnement.

1— f. Budget

Coût global du projet :
ou coût approximatif

< 5 000 €
 de 5 000 à 20 000 €

de 20 000 € à 100 000 €
 > à 100 000 €

2 DÉFINITION ET CARTOGRAPHIE DE LA ZONE D'INFLUENCE DU PROJET

- Rejets dans le milieu aquatique
- Pistes de chantier, circulation
- Rupture de corridors écologiques (rupture de continuité écologique pour les espèces)
- Poussières, vibrations
- Pollutions possibles
- Perturbation d'une espèce en dehors de la zone d'implantation
- Bruits
- Autres incidences

3 ÉTAT DES LIEUX DE LA ZONE D'INFLUENCE

PROTECTIONS :

Le projet est situé en :

- Réserve Naturelle Nationale
- Réserve Naturelle Régionale
- Parc National
- Arrêté de protection de biotope
- Site classé
- Site inscrit
- PIG (projet d'intérêt général) de protection
- Parc Naturel Régional
- ✓ ZNIÉFF (zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique)
- Réserve de biosphère
- Site RAMSAR

USAGES :

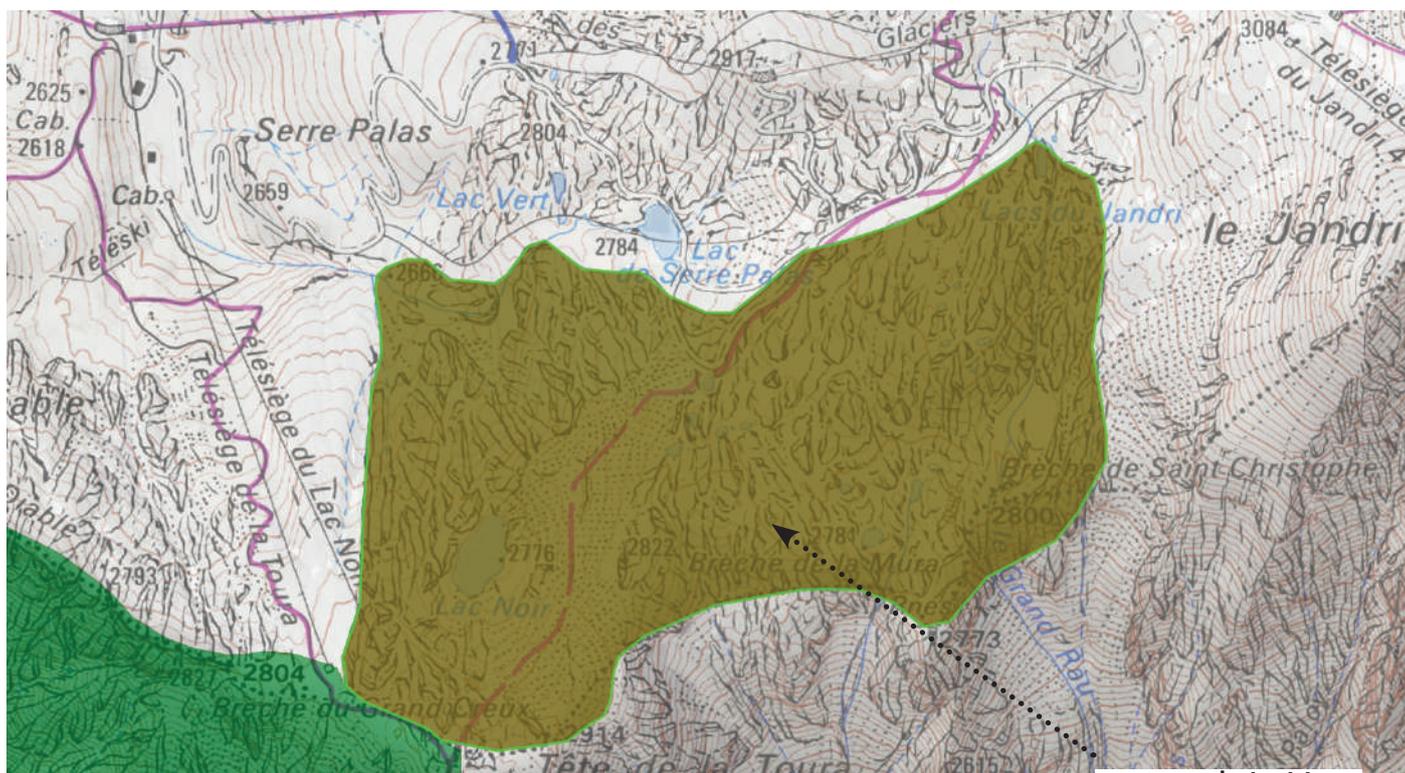
- Aucun
- Pâturage/fauche
- Chasse
- Pêche
- ✓ Sport & Loisirs (VTT, 4x4, quads, escalade, vol libre...)
- Agriculture
- Sylviculture
- Décharge sauvage
- Perturbations diverses (inondation, incendie...)
- Cabanisation
- Construite, non naturelle :
- Autre (préciser l'usage) :
- Commentaires : [Domaine skiable pistes et remontées mécaniques](#)

MILIEUX NATURELS ET ESPÈCES :

Photo du site : [La Mura](#)



Autres indicateurs environnementaux



secteur de La Mura



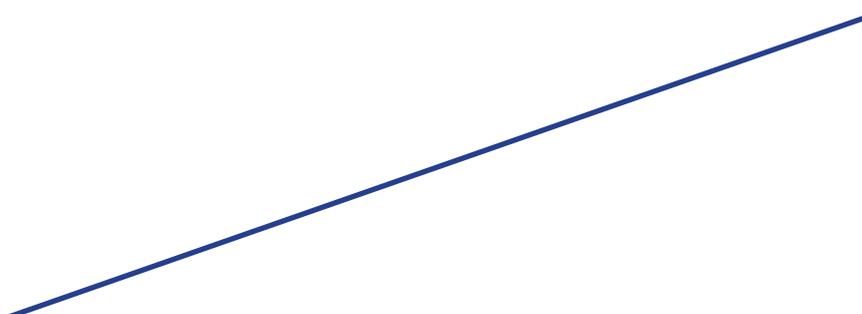
TYPE D'HABITAT NATUREL

- Milieux ouverts ou semi-ouverte** pelouse
pelouse semi-boisée
lande
garrigue/maquis
autre :
- Milieux forestiers** forêt de résineux
forêt de feuillus
forêt mixte
plantation
autre :
- Milieux rocheux** falaise
✓ affleurement rocheux
✓ éboulis
✓ blocs
autre :
- Zones humides** fossé
cours d'eau
étang
tourbières
gravière
prairie humide
✓ autre : mares temporaires
- Milieux littoraux et marins** Falaises et récifs
Grottes
Herbiers
Plages et bancs de sables
Lagunes
autre :

Autre type de milieu

ESPÈCES NATURA 2000 — FLORE & FAUNE

- Mammifères terrestres**
Mammifères marins
Oiseaux
Poissons
Amphibiens, reptiles
Crustacés
Insectes

Plantes
- 

4 INCIDENCES DU PROJET

Destruction ou détérioration d'habitat (= milieu naturel) ou habitat d'espèce (type d'habitat et surface) :
Les espèces végétales observées sur l'emprise du projet sont largement représentées dans ce type de milieu et aucune d'entre elles ne bénéficie d'une protection, au niveau national comme régional ni ne présente d'originalité particulière à l'échelle des Alpes, à celle de l'Oisans ou de la commune de les Deux Alpes.

Les trois vérifications floristiques réalisées par Cime sur 12 ans sur l'emprise du projet et ses abords immédiats ont permis d'identifier le pavot des Alpes *Papaver rhaeticum* — espèce bénéficiant d'une protection départementale qui colonise très activement les terrassements récents (bordures et talus de pistes) proches du site de la retenue et qui ont été remblayés avec du concassé de cargneules. Il n'est pas présent dans l'emprise de la retenue et du chantier. Ainsi que six touffes de genépi jaune *Artemisia umbelliformis* également protégé au niveau départemental - cueillette limitée à 100 brins fleuris par personne - qui ont été identifiées dans l'emprise et positionnées par GPS.

Sur ce site, la présence de l'Écaille du Cervin *Chelis cervini*, espèce relicte glaciaire qui vit aux abords des glaciers, principalement entre 2600 m et 3200 m, est avérée et une étude sur la population de cette espèce sur cet espace a été engagée. La présence du lagopède alpin *Lagopus muta* a été observée par le PNE, un suivi de cette population sera engagé avant et post-chantier.

Destruction ou perturbation d'espèces (lesquelles et nombre d'individus) :

Une gêne temporaire pour l'avifaune pourra être occasionnée pendant la phase travaux (bruit et présence d'engins).

Perturbations possibles des espèces dans leurs fonctions vitales (reproduction, repos, alimentation...) :

Il n'y a pas — a priori — de perturbation particulière à craindre vis-à-vis de la mise en place d'une retenue sur un espace où la faune, quelle qu'elle soit n'est pas sédentaire en raison des rudes conditions écoclimatiques et des dérangements multiples liés à une activité touristique hivernale et estivale soutenue.

5 CONCLUSIONS

Le projet est-il susceptible d'avoir une incidence ?



NON : ce formulaire, accompagné de ses pièces, est joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

Les vérifications floristiques réalisées par Cime en période estivale - juin et août - n'ont pas permis d'identifier sur ce site les **habitats prioritaires** «*Pelouses rupicoles calcaires ou basiphiles de l'Alyso-Sedion albi* 6110; *Pavements calcaires et Fraxinus excelsior* 8240; *Forêts alluviales à Alnus glutinosa et Fraxinus excelsior (Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae)* 91E0; *Forêts de pentes, éboulis ou ravins du Tilio-Acerion* 9180; *Forêts montagnardes et subalpines à Pinus uncinata* (* si sur substrat gypseux ou calcaire) 9430 » ou les **espèces** «*Damier de la Succise, Écaille chinée, Rosalie des Alpes, Buxbaumia viridis, Dracocéphale d'Autriche, Épipogon sans feuilles, Panicaut des Alpes, Potentille du Dauphiné, Sabot de Vénus* » à l'origine de la désignation de la Zone Spéciale de Conservation FR 8201751. Ces habitats et espèces ne sont pas représentés sur le site et leurs exigences ne sont pas liées à ce type de milieu.



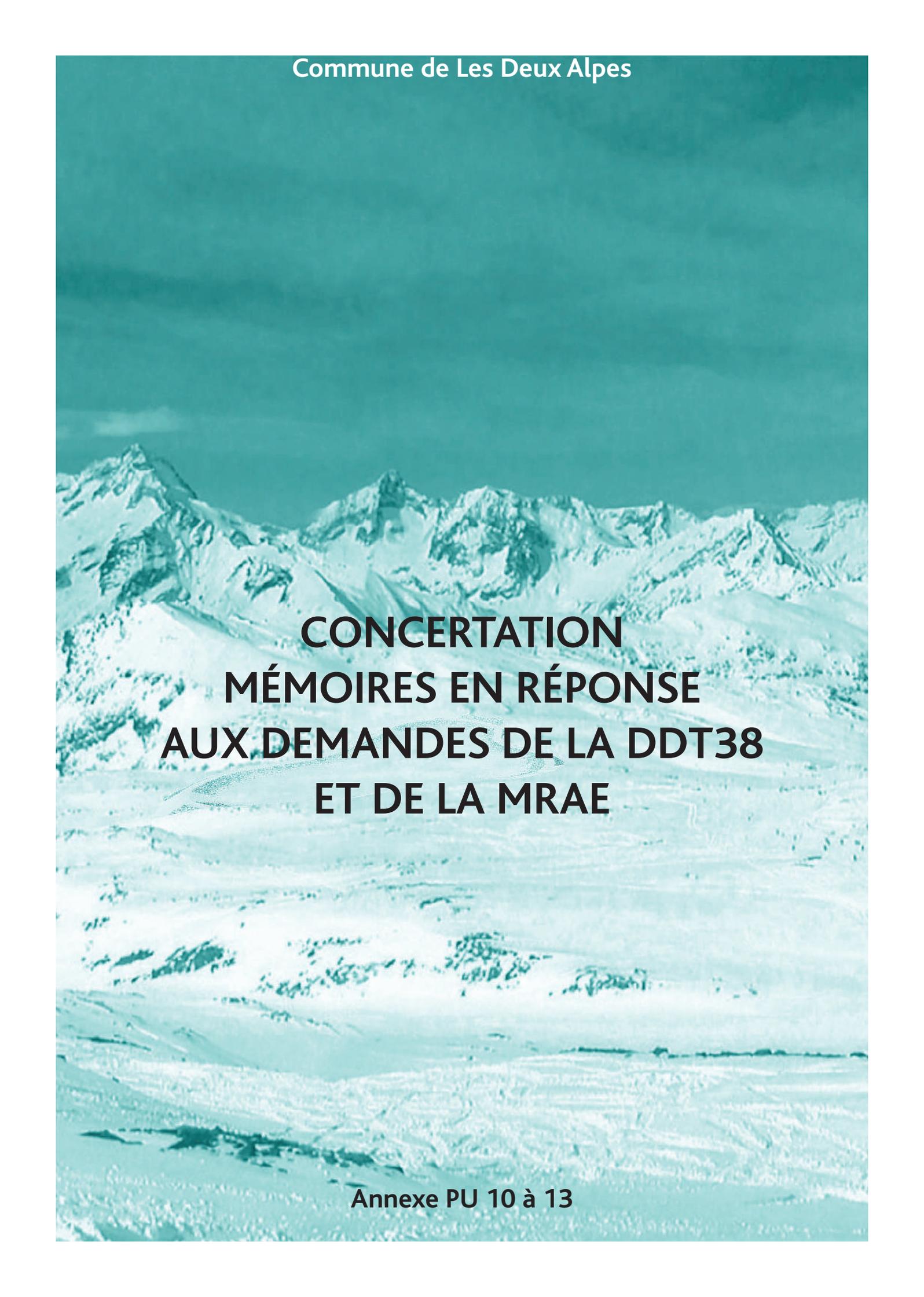
OUI : l'évaluation d'incidences doit se poursuivre. Un dossier plus poussé doit être réalisé. Ce dossier sera joint à la demande d'autorisation ou à la déclaration, et remis au service instructeur.

À La Tronche
Le 20 novembre 2019

Signature : J. Dupuy — Cime



Commune de Les Deux Alpes



**CONCERTATION
MÉMOIRES EN RÉPONSE
AUX DEMANDES DE LA DDT38
ET DE LA MRAE**

Annexe PU 10 à 13



CONSEIL & INGÉNIERIE
EN MONTAGNE
ET ENVIRONNEMENT

LES  ALPES3600

RETENUE DE LA MURA

© Cime

**MÉMOIRE EN RÉPONSE
À LA DEMANDE DE COMPLÉMENTS
DE LA DDT 38**

Demande de compléments de la DDT 38 du 8 août 2018

Par courrier en date du 8 août 2018, la DDT38 - service instructeur de la demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau du projet d'une retenue d'altitude sur le site de la Mura en vu de l'approvisionnement du système de production de neige de culture du domaine skiable des 2Alpes - a transmis au pétitionnaire les remarques et demandes de compléments formulées sur le dossier suite aux conférences administratives, éléments d'information qu'il convient de lever pour la complétude réglementaire de cette demande.

Nous vous formulons ci-après les éléments de réponse qui concernent les différents points soulevés dans l'annexe au courrier du 8 août 2018 relatif à l'instruction du projet de retenue de la Mura.

1 - Concernant les enjeux relatifs à la loi sur l'eau

1-1• Périmètre de protection des captages AEP

"L'étude d'impact ne répond pas aux questions posées sur les modalités de gestion des prélèvements "neige de culture" réalisés actuellement dans le lac du Grand Plan du Sautet (volumes annuels et calendrier des prélèvements qui peuvent atteindre 186 000 m³ par an) et leur incidence sur la piézométrie de la nappe exploitée par les deux forages de la nappe du Grand Nord (p. 134 de l'étude d'impact).

Dans la mesure où le remplissage de la retenue de la Mura sera sécurisé par des prélèvements d'eau complémentaires dans le lac du Grand Plan du Sautet (jusqu'à 150 000 m³ par an transportés par canalisation en années de faible hydraulicité, dont l'occurrence n'est pas analysée), le dossier doit être complété sur ce point essentiel et démontrer que la sécurisation de l'ouvrage prioritaire de la production d'eau potable à partir des captages du Grand Nord n'est pas fragilisée (absence d'incidence quantitative et qualitative sur les eaux souterraines de la nappe soutenue par le lac du Grand Plan du Sautet)."

AEP

La réserve du **Grand Plan du Sautet** – capacité de 200 000 m³ – sert à la fois à **limiter le battement de la nappe du Grand Nord** qui assure en hiver un complément du système d'Alimentation en Eau Potable (AEP) de la Selle et à **approvisionner une unité de production de neige de culture**.

Elle est **alimentée par infiltration** à partir de la nappe alluviale du Grand Nord et par exurgence d'eaux de fissure.

Les volumes annuels moyens en transit atteignent 2 455 000 m³, avec un maximum à la fonte des neiges (507 100) et un minimum en hiver (22 700).

Le prélèvement d'eau pour la production de neige de culture depuis le lac du Grand Plan du Sautet est acté par l'arrêté préfectoral en date du 1^{er} septembre 1994, joint au dossier (pièce PU1) et notamment dans le document annexé à ce dernier qui indique clairement que « *l'alimentation en eau de l'usine de fabrication de neige s'effectuera à partir du lac artificiel du Grand Plan du Sautet....* ».

Le volume d'eau moyen annuel prélevé sur dix années entre 2007 à 2017 dans le lac, pour la production de neige de culture, représente environ 220 000 m³.

La période de prélèvement s'étend de décembre à mars suivant l'enneigement naturel à compléter.

Dans le même temps, les volumes d'eau sur une année moyenne, qui transitent par le bassin versant de la nappe du Grand Nord, du fait de l'infiltration et du ruissellement

du ruisseau du Grand Nord, s'évaluent à 110 900 m³ en année moyenne et à 71 700 m³ en année sèche (source étude hydrologique de la Mura et du Grand Plan du Sautet, PY Fafournoux avril 2004, pièce PU3 du dossier).

Sur cette même période, le pompage pour l'eau potable dans la nappe du Grand Nord en complément ponctuel de la ressource de la Selle (débit mensuel hivernal entre 120 000 m³ et 140 000 m³) a été compris, ces dernières années, entre 822 m³ et 25 017 m³ (source Suez fermier du service d'eau potable)

La capacité d'approvisionnement en eau potable est la priorité pour la collectivité, de ce fait, le prélèvement de la ressource pour la production de neige de culture doit s'adapter à ce paramètre.

Cet engagement se confirme par des prélèvements qui préservent la capacité de production d'eau potable depuis la nappe du Grand Nord, ainsi que par la sanctuarisation du lac du Grand Plan d'une capacité de 50 000 m³, l'ensemble représentant des volumes nettement supérieurs au besoin en eau potable à partir de la nappe du Grand Nord.

Remplissage de la retenue :

Afin de réduire le risque de rupture de la digue en cas de forte précipitation pluviale (orage) il a été décidé de maintenir le volume d'eau du lac de la Mura à 270 000 m³ sur la saison estivale.

Cette préconisation nécessitera de compléter les apports du bassin versant de la Mura à partir du mois de septembre par un pompage dans le lac du Grand Plan du Sautet.

Ce prélèvement complémentaire sur le lac du Grand Plan du Sautet s'effectuera sur l'automne.

En année moyenne, les volumes d'eau qui transitent sur la période de septembre à novembre par le bassin versant de la nappe du Grand Nord du fait de l'infiltration et du ruissellement du ruisseau du Grand Nord, déduit des débits réservés, sont de 420 000 m³.

Ils sont de l'ordre de 250 000 m³ en année sèche (source étude hydrologique de la Mura et du Grand Plan du Sautet, PY Fafournoux avril 2004, pièce PU3 du dossier).

Sur cette même période aucun pompage pour l'eau potable n'est nécessaire, le gravitaire des captages de la Selle suffit largement à l'alimentation en eau du territoire communal.

Le prélèvement d'eau complémentaire d'un maximum de 150 000 m³, prévu dans le cadre du dossier de création du lac de la Mura, dans le contexte existant, n'aura pas d'impact sur l'alimentation en eau potable du territoire des Deux Alpes.

Mise en place de conduites :

Dans cette partie le service instructeur semble faire référence au réseaux de distribution neige, or notre dossier ne prend pas en compte les réseaux autres que ceux nécessaire au fonctionnement du lac de la Mura soit la liaison entre les lacs Mura / GPS, tout autre réseau futur de distribution des enneigeurs devra faire l'objet d'autorisation ultérieure.



Prélèvements sur la nappe du Grand Nord

HIVER	GRAND NORD (en m ³)	Date début pompage	Date arrêt pompage	Hauteur nappe début pompage (en m)	Hauteur nappe fin pompage (en m)
1999 / 2000	92 840				
2000 / 2001	43 674				
2001 / 2002	41 622				
2002 / 2003	99 054				
2003 / 2004	74 683				
2004 / 2005	52 214				
2005 / 2006	88 170				
2006 / 2007	61 703				
2007 / 2008	30 378				
2008 / 2009	28 241				
2009 / 2010	19 576	30/12/2009	05/03/2010	-2,88	-5,3
2010 / 2011	8 800	26/12/2010	15/03/2011	-2,16	-5,93
2011 / 2012	20 589	14/02/2012	11/03/2012	-3,4	-4,78
2012 / 2013	25 017	30/12/2012	01/03/2013	-1,3	-4,75
2013 / 2014	822	30/12/2013	10/03/2014	-0,88	-2,75
2014 / 2015	6 285	01/01/2015	07/03/2015	-0,85	-4,35
2015 / 2016	6 166	06/02/2015	14/03/2016	-1,5	-2,94
2016 / 2017	6 011	30/01/2016	03/03/2017	-3,07	-4,97
2017 / 2018	11 640	13/02/2018	19/03/2018	-2,46	-4,43

remarque : la nappe est pleine indique 0 et vide -15m

1-2• Sécurité du barrage

"Un document réalisé le 17 octobre 2017 par HYDRETTUES, bureau d'études agréé pour les études de ce type de barrage, expertise les études hydrologiques, hydrauliques et de rupture de barrage réalisées par FAFOURNOUX.

Ce document semble valider l'étude hydrologique et l'étude de rupture du barrage mais n'indique pas explicitement s'il valide la dimensionnement des deux évacuateurs de crues. Il est nécessaire de faire figurer les calculs réalisés pour leur dimensionnement ainsi que leur validation dans le dossier déposé.

Certains éléments mentionnés dans l'article D.181-15-1-111 du Code de l'Environnement sont manquants:

- les consignes de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances et d'exploitation en période de crue;
- une note décrivant les mesures de sécurité pendant la première mise en eau;
- une note précisant que le porteur de projet disposera des capacités techniques et financières permettant d'assumer ses obligations à compter de l'exécution de l'autorisation environnementale jusqu'à la remise en état du site."

NOTE TECHNIQUE HYDRETTUES - Complémentaire à la note 17-042 du 17/10/2017

1. Objet de la note complémentaire

L'objet de la note complémentaire est de valider le dimensionnement du déversoir de sécurité proposé dans l'étude initiale de PY Farfouroux.

1-1 Dimensionnement des deux déversoirs de crues

La crue maximale pouvant survenir à un moment où la retenue est remplie, il convient de disposer d'une réserve de hauteur permettant de stocker une partie de la crue (effet de « laminage ») et d'un déversoir de sécurité pour évacuer le débit excédentaire.

Le projet prévoit la réalisation de deux déversoirs de crue de 30 m de longueur, offrant une longueur totale déversante de 60 m, pour une hauteur de lame déversante de 1,00 m.

Réparti sur la surface du plan d'eau à la cote maximale d'exploitation (soit au moins 40 000 m²), l'effet de laminage permet de retenir la moitié du volume ruisselé et d'écarter le débit de pointe de la crue de 110 à 100 m³/s. L'hydrogramme de la crue résultant est donné ci-dessous :

HYDROGRAMME DE L'ONDE DE LA CRUE DE PROJET (P.M.P.) APRÈS LAMINAGE DE LA CRUE

Temps (minutes)	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30
Débit déversé (m ³ /s)	5	34	77	99	89	52	26	16	10	7

1-2. Vérification du dimensionnement du déversoir

En considérant une longueur déversante totale de 60 m et d'une hauteur de 1 m et en appliquant une loi de seuil dénoyé avec un coefficient de débit à 0.37, le débit maximum transitant est de :

- pour un seuil droit : $Q_{max} = 98.3 \text{ m}^3/\text{s}$
- pour un seuil trapézoïdal (avec un fruit du parement de 1h/1v) = $Q_{max} = 110 \text{ m}^3/\text{s}$

Formule loi de seuil dénoyé :

La loi du seuil s'écrit alors :

$$Q = \mu.L.\sqrt{2.g.H^{3/2}}$$

où L = longueur du seuil ;

p = pelle du seuil ;

μ = coefficient du débit du seuil varie entre 0,32 et 0,50 selon que le seuil est mal ou bien profilé

Résultat :

Seuil droit

$\mu =$	0.37
Longueur de l'ouvrage	60 m
g	9.81
Hauteur d'eau sur la crête H	1 m

Débit	98,3 m ³ /s	(Courley et Grir
Débit	98,3 m ³ /s	(G.Degoutte)

Seuil trapézoïdal

$\mu =$	0.37
Longueur de l'ouvrage	60 m
Tan (alpha)	xH/1V
Hauteur d'eau sur la crête H	1 m
H	1 m

Débit	110 m ³ /s
-------	-----------------------

Conclusion :

Nous validons le dimensionnement des déversoirs de sécurité pour une longueur totale de 60 m et d'une hauteur de 1 m.

(document original en annexe)

1-3• Fonctionnement — remplissage de la retenue

"L'utilisation de la retenue du Grand Plan du Sautet pour compléter le remplissage de celle de la Mura, peut avoir une influence sur son fonctionnement.

L'Arrêté Préfectoral n°2009-01508 du 26 février 2009 encadrant la vidange de la retenue du Grand Plan du Sautet est absent du dossier de demande d'autorisation. Il est nécessaire d'étudier cet arrêté afin d'estimer sa compatibilité avec la nouvelle fonction de la retenue du Grand Plan du Sautet."

ARRÊTÉ PRÉFECTORAL n°2009-01508

portant autorisation

au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 du Code de l'Environnement

relatif à la retenue du plan d'eau du GRAND PLAN du SAUTET

sur la commune de MONT DE LANS

LE PRÉFET DE L'ISÈRE

Chevalier de la Légion d'Honneur
Chevalier de l'Ordre National du Mérite

VU le Code de l'Environnement, notamment les articles L. 214-1 et suivants ainsi que les articles R. 214-1 à R. 214-5 et R. 214-112 à R. 214-151,

VU la loi n° 87-565 du 22 juillet 1987 relative à l'organisation de la sécurité civile, à la protection de la forêt contre l'incendie et à la prévention des risques majeurs,

VU l'arrêté ministériel du 29 février 2008 fixant des prescriptions relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques,

VU l'arrêté préfectoral n° 2007-480 du 6 février 2007 portant organisation administrative dans le domaine de l'eau dans le département de l'Isère,

VU l'arrêté préfectoral n° 2007-7403 du 30 août 2007 portant ouverture d'une enquête publique du 24 septembre au 12 octobre 2007,

VU l'ensemble des pièces du dossier de demande d'autorisation déposé le 13 mars 2006 et complété le 20 juin 2007 par la Communauté de Communes des 2 Alpes,

VU le rapport et les conclusions du commissaire-enquêteur en date du 4 décembre 2007,

VU le rapport de la Direction Départementale de l'Agriculture et de la Forêt - Service chargé de la Police de l'Eau et des Milieux Aquatiques en date du 25 août 2008,

VU l'avis des services consultés,

VU l'avis du Conseil Départemental de l'Environnement et des Risques Sanitaires et Technologiques en date du 11 septembre 2008,

CONSIDÉRANT que l'opération projetée est soumise à procédure d'autorisation pour les travaux visés sous les rubriques 2.6.2 et 2.7.0 de la nomenclature instituée par le décret modifié n° 93-743 du 29 Mars 1993, codifiée sous l'article R. 214-1 du Code de l'Environnement,

CONSIDÉRANT que le dossier déposé par le permissionnaire indiquant que la retenue du Grand Plan du Sautet réalisée en 1987 était existante avant la parution de la loi sur l'eau du 3 Janvier 1992,

CONSIDÉRANT que les éléments du dossier sont de nature à justifier la mise en conformité de l'ouvrage avec les dispositions de l'article R. 214-53 du Code de l'Environnement,

CONSIDÉRANT que le barrage du Plan du Sautet a une hauteur de 7,5 m et une contenance de 200 000 m³, au sens de l'articles R. 214-112 du Code de l'Environnement,

SUR proposition de Monsieur le Secrétaire Général de la Préfecture de l'Isère,

ARRÊTE

ARTICLE 1er - Objet de l'autorisation

Les travaux et opération de vidange de la retenue d'altitude du Grand Plan du Sautet, implantés sur la commune de MONT DE LANS, décrits dans le présent arrêté, sont autorisés au titre des articles L. 214-1 à L. 214-6 du Code de l'Environnement.

La Communauté de Communes des 2 Alpes, dénommée ci-après le permissionnaire, est autorisée à entreprendre, dans les conditions du présent règlement, tous les travaux et opérations correspondants.

Les rubriques concernées en application de la nomenclature annexée au décret n° 93-743 modifié sont les suivantes :

RUBRIQUE	LIBELLÉ	RÉGIME
2.6.2.	Vidanges de plans d'eau issus de barrages de retenue, dont la superficie est supérieure à 1 ha dans le cas où l'eau se déverse directement ou indirectement dans un cours d'eau de 1ère catégorie piscicole.	Autorisation
2.7.0	Plans d'eau, permanents ou non, dont la superficie est supérieure à 1 ha	Autorisation

ARTICLE 2 - Caractères généraux de l'autorisation**2-1 - Clauses de précarité :**

Si, à quelque époque que ce soit, l'administration décidait, dans un but d'intérêt général, en application des articles L. 210-1 et L. 211-1 du Code de l'Environnement, de modifier d'une manière temporaire ou définitive l'usage des avantages concédés par le présent arrêté, le permissionnaire ne pourrait réclamer aucune indemnité.

2-2 - Responsabilité :

Le permissionnaire demeure responsable des accidents ou dommages qui seraient la conséquence de l'exécution des travaux et des aménagements.

2-3 - Durée de l'autorisation

Les opérations de vidange du plan d'eau sont autorisées pour une durée de **TRENTE ANS**.

2-4 - Arrêtés complémentaires :

Des prescriptions complémentaires, modificatives ou additives à celles prévues par le présent arrêté pourront être édictées à tout moment pour améliorer la sécurité des ouvrages, suite ou non à un événement extérieur, ou pour l'insertion des aménagements dans le milieu aquatique. Il en sera de même pour définir le cas échéant, des prescriptions relatives à certains aménagements annexes ou celles relatives à la surveillance de l'ouvrage, qui se révéleraient insuffisamment prises en compte dans le présent arrêté.

Le permissionnaire ne pourra prétendre à aucune indemnité ou à quelconque dédommagement à ce titre.

2-5 - Conformité des aménagements :

Les travaux et ouvrages concernés par le présent arrêté sont ceux présentés par le permissionnaire dans son dossier de demande d'autorisation au titre de la loi sur l'eau dans sa version définitive en date du 20 Juin 2007.

Sauf prescriptions contraires définies dans le présent arrêté, le permissionnaire est tenu de respecter les dispositions prévues dans son dossier.

Tout changement susceptible de modifier de manière notable les caractéristiques, la consistance des travaux et des aménagements autorisés, devra être au préalable porté à la connaissance du service chargé de la police de l'eau et des milieux aquatiques avec tous les éléments d'appréciation.

Dans les cas où les modifications à apporter aux aménagements ne sont pas incompatibles avec les objectifs initiaux fixés par l'arrêté en ce qui concerne la protection de la ressource en eau et des milieux aquatiques, ou ne sont pas de nature à entraîner des dangers ou des inconvénients pour les éléments énumérés à l'article L. 211-1 du Code de l'Environnement, celles-ci pourront faire l'objet d'un arrêté préfectoral complémentaire dans les conditions prévues par les articles R. 214-17 et R. 214-18 du Code de l'Environnement.

Dans les cas contraires, celles-ci seront soumises aux mêmes formalités que pour une autorisation initiale.

ARTICLE 3 - Classement de l'ouvrage

Le barrage de la retenue du "Grand Plan du Sautet" est classé en classe C, en application des dispositions de l'article R. 214-112 du Code de l'Environnement. Les mesures de surveillance et d'entretien résultant de ce classement sont décrites dans les articles suivants du présent arrêté.

ARTICLE 4 - Prescriptions relatives à l'ouvrage

Le barrage du Grand Plan du Sautet doit être rendu conforme aux dispositions des articles R. 214-119 à R. 214-125, R. 214-133 à 135 et R. 214-146 et 147 du Code de l'Environnement et à l'arrêté du 29 Février 2008, suivant les délais et modalités ci-après :

- constitution du dossier de l'ouvrage avant le 30 septembre 2009,
- constitution du registre de l'ouvrage dans le délai de 6 mois suivant la date du présent arrêté,
- description de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage dans le délai de 3 mois suivant la date de signature du présent arrêté,
- transmission au service Police de l'eau et des Milieux Aquatiques, du rapport de surveillance avant le 30 septembre 2009, puis tous les 5 ans,
- transmission au service Police de l'eau et des Milieux Aquatiques, du rapport d'auscultation avant le 30 septembre 2009, puis tous les 5 ans,
- transmission au service Police de l'eau et des Milieux Aquatiques, du compte rendu de la visite technique approfondie avant le 30 septembre 2009, puis tous les 5 ans.

ARTICLE 5 - Aménagements autorisés

Les travaux concernent :

- * une retenue d'altitude implantée au lieu-dit "Plan du Sautet",
- * les opérations de vidange de cette retenue.

La réalisation des installations, ouvrages, travaux et activités respectera scrupuleusement l'ensemble des règles de l'art en vigueur. En outre, vu l'implantation de l'ouvrage en altitude, toutes dispositions seront prises afin de tenir compte des conséquences du gel et de la neige, notamment dans le fonctionnement des organes de vidange ou des dispositifs d'auscultation et d'alarme.

5-1 - Caractéristiques techniques de la retenue du "Plan du Sautet":**Calages altimétriques**

- Niveau normal des eaux	2314,86 NGF,
- Cote du seuil de l'évacuateur de crue	2314,86 NGF,
- Niveau de la crête du barrage en remblai	2317,00 NGF,
- Niveau de la crête du barrage en béton	2315,32 NGF.

Caractéristiques dimensionnelles de la réserve en eau

- Capacité totale de la retenue au niveau normal : .	198 800 m ³ ,
--	--------------------------

- Superficie en eau au niveau normal : 4,16 ha,
- Cote du fond de la retenue : 2308,00 NGF.

Barrages

Un barrage en remblais au Nord constitué en matériaux compactés prélevés sur le site :

- Longueur : 96 m,
- Largeur en crête : 4 m minimum,
- Hauteur maximale du barrage sur fondation : 7,5 m environ,
- Pente des talus extérieurs du barrage : 1 V/2,5 H
- Pente des talus intérieurs du barrage : 1 V/2 H

Un mur en béton armé à l'Ouest :

- Longueur : 81 ml
- Hauteur : 2,80 m
- Epaisseur : 0,70 m sur 24 ml (partie la plus au Nord)
- Epaisseur : 0,30 m sur 57 ml (partie la plus au Sud)

Organe évacuateur de crue

Un évacuateur de crue à surface libre est aménagé sur ce barrage en béton afin de permettre un déversement vers le thalweg du ruisseau du Grand Plan du Sautet. Il aura les caractéristiques suivantes :

- Côte du déversoir : 2314,86 NGF
- Longueur : 57 m

5-2 - Conception spécifique des barrages :

5-2-1 - Barrage en remblai -

L'étanchéité du barrage en remblai est assurée par un Dispositif d'Étanchéité par Géomembrane (DEG) qui comporte du bas vers le haut :

- ➔ une paroi injectée de coulis de béton en pied amont du barrage,
- ➔ un remblai compacté du site,
- ➔ un géotextile anti-poinçonnant,
- ➔ une géomembrane bitumeuse.

À ce complexe d'étanchéité est associé un système de drainage.

5-2-2 - Barrage en béton -

Des repères topographiques espacés de 5 ml seront mis en place en crête du barrage, encadrés par un repère sur chacun des appuis latéraux.

5-3 - Conduite de vidange -

La vidange de fond est assurée par une conduite de Ø 450 mm équipée d'une vanne motorisée permettant l'évacuation d'un débit maximum de 250 l/s dans le ruisseau du Grand Plan.

ARTICLE 6 - Modalités d'exploitation

6-1 - Remplissage :

Le remplissage de la retenue se fait à partir de la nappe du Grand Nord, qui gravitairement, se déverse dans la retenue.

6-2 - Vidange de la retenue :

Le dispositif de vidange permet la vidange totale de la retenue en 10 jours au maximum avec un débit de 250 l/s. Le réseau de production de neige pourra également être utilisé, afin notamment d'accélérer la vidange.

Dans un contexte de risque fort d'avalanches sur les pentes de la Belle Étoile dominant le plan d'eau, le permissionnaire devra pratiquer une vidange rapide de la retenue en 3 jours.

Les vidanges ordinaires de la retenue avec rejet dans le milieu naturel seront effectuées au Printemps (Mai/Juin).

Le débit du rejet sera limité à la valeur de 25 l/s et dans tous les cas à une valeur maximum de 20 % de la valeur du débit du cours d'eau récepteur.

Durant la vidange, les eaux rejetées ne devront pas dépasser les valeurs suivantes :

- 1 g/l : de matières en suspension (MES),
- >1 mg/l : d'ammonium (NH₄),
- > 6 mg/l : de teneur en oxygène dissous (O₂).

La qualité des eaux de vidange sera mesurée juste avant le rejet dans le cours d'eau.

Le service de l'État chargé du contrôle sera informé au moins 15 jours à l'avance de la date du début de la vidange.

ARTICLE 7 - Surveillance - Suivi -

Il appartient au permissionnaire de s'assurer de la conservation et du maintien des ouvrages dans un bon état de service. À cette fin, il sera tenu de mettre en place une consigne de surveillance. Ce dispositif a pour but de connaître aussitôt que possible tous les incidents qui affecteraient la vie de l'ouvrage de manière à parer à leurs conséquences dangereuses, de découvrir tous les symptômes de vieillissement et d'affaiblissement de manière à prévenir leur aggravation et de vérifier le bon fonctionnement de tous les organes essentiels d'exploitation et de vidange.

Cette consigne portera au minimum sur les points indiqués ci-après :

7-1 - Surveillance visuelle de l'ouvrage :

Une surveillance périodique et au minimum tous les 15 jours, des barrages (parements avals, et partie visible des parements amont, de la crête et du déversoir de crue) sera réalisée, afin de déceler toute anomalie telle que suintement, apparition de zone humide, tassement excessif, glissement, fissuration, etc ...

7-2 - Mesures de niveau de l'eau dans la retenue :

Une mesure manuelle du niveau de l'eau dans la retenue sera réalisée toutes les semaines, par lecture sur un marquage mis en place à cet effet. Ces mesures manuelles seront complétées par une mesure en continu, en période d'exploitation, du niveau de l'eau dans la retenue.

7-3 - Suivi topographique :

Des repères topographiques seront mis en place en crête du barrage et au pied du talus aval du barrage.

Toute disposition sera prise afin d'assurer la conservation de ces points de surveillance qui seront, le cas échéant, réimplantés dans les meilleurs délais en cas de destruction.

Le nivellement de ces repères sera effectué une fois par an pendant CINQ ANS et ensuite de façon triennale (si aucune anomalie n'apparaît) avec l'accord du service de contrôle.

7-4 - Mesures piézométriques :

Des piézomètres seront mis en place selon l'implantation définie par le géotechnicien. Les mesures piézométriques seront effectuées tous les 15 jours.

7-5 - Mesures de débits de fuite :

Des mesures manuelles des débits des drains seront réalisées, au minimum, tous les 15 jours.

Les mesures manuelles visées ci-dessus seront complétées par un dispositif d'alarme téléphonique fonctionnant en permanence, et se déclenchant en cas d'augmentation du débit des drains au-delà d'un seuil qui sera déterminé par le géotechnicien. La liste des personnes référentes sera affichée dans la salle des machines avec leur numéro de téléphone.

7-6 - Vérification des organes particuliers :

Une fois par an, le concessionnaire procédera à la vérification du bon fonctionnement des organes de vidange et de l'ensemble des dispositifs d'alarme, notamment l'alarme de détection de l'élévation anormale du débit de fuite du système de drainage.

7-7 - Mesures des débits entrants et sortants :

La mesure des débits entrants dans la retenue et des débits sortants par l'intermédiaire du réseau d'enneigement sera réalisée en continu. Le logiciel de gestion de l'installation de la neige de culture enregistrera tous les jours les volumes sortants (production de neige). L'ensemble de ces données sera réuni dans un tableur, les calculs et comparaisons seront faits à un rythme hebdomadaire. Hors période d'exploitation, un relevé manuel sera réalisé tous les 15 jours.

7-8 - Surveillance du dispositif d'étanchéité :

Chaque printemps, avant le début du remplissage de la retenue, une inspection détaillée des parties habituellement immergées sera réalisée, afin de déceler toute anomalie. Cette visite sera réalisée avec la retenue la plus vide possible, sans vidange. Cette inspection annuelle donnera lieu à l'établissement d'un compte rendu.

7-9 - Surveillance du thalweg à l'aval du déversoir :

L'évolution du thalweg situé à l'aval du déversoir de crue (barrage en béton) sera surveillée annuellement par le concessionnaire et après chaque crue.

7-10 - Périodicité des opérations de surveillance :

le concessionnaire respectera le tableau suivant :

Opération de suivi	Périodicité
Visite de surveillance	tous les 15 jours
Mesure du niveau de l'eau	Du 1 ^{er} novembre au 30 avril en continu par capteur de pression Hors saison hivernale tous les 15 jours
Débits de fuite	tous les 15 jours
Mesures piézométriques	tous les 15 jours
Mesures topographiques	- une fois par an pendant 5 ans - tous les 3 ans ensuite (sauf problèmes particuliers)
Débits prélevés	Automatique (en continu) en période d'exploitation Manuellement hors période d'exploitation
Débits sortants	Automatique (en continu) en période d'exploitation Manuellement hors période d'exploitation
Surveillance du dispositif d'étanchéité	Annuelle (chaque printemps)
Essai des ouvrages de vidange	Annuelle
Surveillance du thalweg à l'aval du déversoir	Annuelle et après chaque crue importante
Visite technique approfondie	tous les 2 ans

7-11 - Exploitation des données :

L'exploitation des données sera conduite selon les instructions de surveillance définies par le concessionnaire dans des consignes écrites.

Dans tous les cas, toute anomalie émanant du dispositif de surveillance devra impérativement être immédiatement signalée au service chargé du contrôle ainsi que les dispositions prises en conséquence.

ARTICLE 8 - Registre du barrage - Dossier du barrage - Transmission des informations

8-1 - Constitution du dossier du barrage :

Dès réception du présent arrêté, le permissionnaire devra constituer et tenir à jour un dossier contenant :

- tous les documents relatifs à l'ouvrage permettant d'avoir une connaissance la plus complète possible de sa configuration exacte, de sa fondation, de ses ouvrages annexes, de son environnement hydrologique, géomorphologique et géologique ainsi que l'exposé des faits essentiels survenus pendant la construction et l'exploitation depuis sa mise en service,
- une description de l'organisation mise en place pour assurer l'exploitation et la surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances,
- des consignes écrites dans lesquelles sont fixées les instructions de surveillance de l'ouvrage, ainsi que celles concernant son exploitation en période de crue.

8-2 - Constitution du registre du barrage :

Le permissionnaire doit tenir à jour un registre sur lequel seront inscrits les principaux renseignements relatifs à l'exploitation, à la surveillance (remplissage, vidange, mise en eau, travaux d'entretien, de réparation, d'amélioration ou de confortement réalisés depuis la mise en service de l'ouvrage ...), ainsi que tous les rapports techniques relatifs à la retenue et les informations relatives aux incidents constatés (fuites, fissures ...), et à l'environnement (conditions météorologiques, hydrauliques, sismiques ...) de l'ouvrage.

Ce dossier et ce registre seront d'une utilisation en toutes circonstances et tenus à la disposition du service chargé du contrôle en tant que de besoin.

8-3 - Rapport de surveillance :

Le propriétaire du barrage sera tenu d'adresser au moins tous les 5 ans au service du contrôle, un rapport sur la surveillance de l'ouvrage incluant tous les renseignements utiles sur l'exploitation et l'entretien de l'ouvrage.

Ce rapport sera adressé à toutes les communes susceptibles d'être impactées et qui en feront la demande écrite au permissionnaire.

ARTICLE 9 - Remise en état des lieux

En cas de cessation de l'activité et sans reprenneur de la gestion des ouvrages, le permissionnaire sera tenu de détruire ses ouvrages en particulier les digues, de façon à ce qu'elles ne présentent plus aucun risque pour la sécurité publique.

ARTICLE 10 - Autres réglementations

Cette autorisation ne dispense pas le permissionnaire de respecter toutes les autres réglementations en vigueur.

ARTICLE 11 - Droits des tiers

Les droits des tiers sont et demeurent expressément réservés.

ARTICLE 12 - Responsabilité

Le permissionnaire demeure responsable des accidents ou dommages causés par son fait ou par le fait de personnes dont il doit répondre ou des choses qu'il a sous sa garde, que le dommage soit subit par les riverains du cours d'eau, par des usagers ou des tiers.

En cas de cessation de l'activité ou de défaillance du permissionnaire dans la mise en oeuvre des dispositions décrites au présent arrêté, et indépendamment des poursuites pénales encourues, celui-ci sera mis en demeure de satisfaire à ses obligations dans un délai déterminé.

ARTICLE 13 Voies et Délai de recours

Le présent arrêté est susceptible de recours devant le Tribunal Administratif de GRENOBLE, dans un délai de deux mois en ce qui concerne le permissionnaire à partir de la date de notification du présent arrêté et de quatre ans pour les tiers à compter de sa publication.

ARTICLE 14 - Publicité

Un avis au public faisant connaître les termes de la présente autorisation sera publié à la diligence des services de la Préfecture de l'Isère, et aux frais du permissionnaire, dans deux journaux locaux ou régionaux diffusés dans le département de l'Isère.

Une copie de la présente autorisation sera transmise pour information au conseil municipal de MONT DE LANS.

Un extrait de la présente autorisation énumérant notamment les principales prescriptions auxquelles cette autorisation est soumise sera affiché dans la Mairie de MONT DE LANS, pendant une durée minimale d'un mois. Cette formalité sera justifiée par un procès-verbal du maire.

Un exemplaire du dossier de demande d'autorisation sera mis à la disposition du public pour information à la Préfecture de l'Isère ainsi qu'à la Mairie de MONT DE LANS.

La présente autorisation sera mise à disposition du public sur le site internet de la Préfecture de l'Isère pendant une durée d'au moins un an.

ARTICLE 15 - Exécution et Notification

Le Secrétaire Général de la Préfecture de l'Isère, le Maire de MONT DE LANS, le Chef du service départemental de l'Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques (ONEMA), le Directeur Départemental de l'Agriculture et de la Forêt de l'Isère, sont chargés, chacun en ce qui le concerne de l'exécution du présent arrêté dont copie sera notifiée au permissionnaire.

Grenoble, le 26 FÉV. 2009

Pour le Préfet et par délégation, Le Secrétaire Général
François LOBIT

Les dispositions de cet arrêté de vidange prévoient l'utilisation du réseau de production de neige (débit de 250 l/s) pour assurer cette dernière. En conformité avec l'arrêté les eaux seront apportées à la retenue de la Mura par les conduites du réseau d'enneigement.

1-4• Débit réservé

"Il est proposé (p.27 de l'étude d'impact) de laisser toute l'année un débit réservé de 1,31/s afin d'apporter un soutien à la microcentrale hydroélectrique située en aval. Compte tenu de la situation du projet, à 2800m d'altitude, il paraît très difficile de garantir ce débit réservé toute l'année. Ce point doit être amélioré en proposant sur la période s'étendant d'avril à novembre un débit réservé revalorisé en fonction des enjeux hydrobiologiques. Un dispositif d'auto-contrôle du débit réservé doit être étudié."

Le bassin versant (40 ha) intercepté pour le remplissage de la retenue correspond pour environ 5 ha à des eaux s'écoulant en direction du torrent du Diable.

Lors de la concertation, l'exploitant de la microcentrale (capacité de turbinage 1 m³/s) située en aval du torrent du Diable a souhaité qu'un débit réservé lui soit renvoyé toute l'année et pas seulement en période estivale.

En effet, envoyer deux ou trois litres en période estivale ne revêtait pour lui aucune utilité dans la mesure où le débit du torrent est de l'ordre de 1,5 à 3,5 m³/s entre mai et septembre et que son installation est limitée à 1 m³/s. En revanche un soutien en hiver lorsque le débit est de l'ordre de 200 l/s lui paraissait plus utile même s'il apparaît hypothétique en période de grand froid.

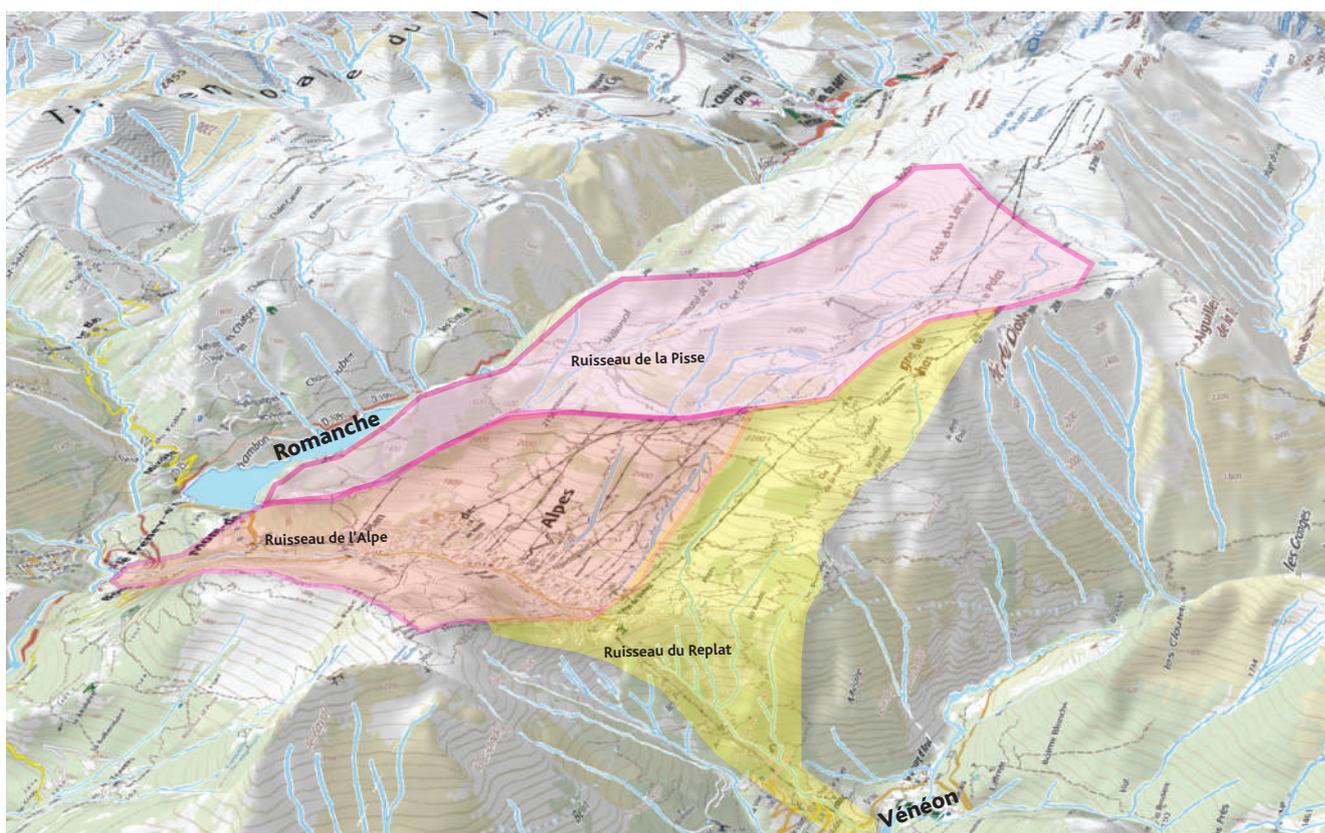
Sa demande a été acceptée car sur un plan hydrobiologique un apport de quelques litres quand le débit est de l'ordre de 2 m³/s ne modifie en rien ni n'améliore les équilibres pour la faune aquatique.

1-5• Répartition de la neige de culture

"Les informations présentées dans l'étude d'impact montrent que la neige produite à l'aide de la retenue de la Mura permettra d'étendre l'enneigement sur 164,2ha supplémentaires (p. 17 de l'étude d'impact).

Cette zone est répartie sur plusieurs bassins versants, modifiant l'hydrologie actuelle. Il est nécessaire de quantifier la répartition du volume de neige produite sur chaque bassin versant concerné et d'en analyser les impacts."

Le domaine skiable des Deux Alpes s'appuie essentiellement sur les bassins versants de trois cours d'eau principaux affluents de la Romanche et du Vénéon - lui même affluent de la Romanche.



Les apports dans la retenue de la Mura seront issus d'une part du petit bassin versant amont de 40 ha dont 35 ha concernent le bassin versant du ruisseau de la Pisse et de compléments issus du lac du Grand Plan du Sautet lui même contenu dans le bassin versant du ruisseau de la Pisse.

Ainsi, environ 15 000 m³ sur les 300 000 m³ de la retenue proviendront des écoulements vers le torrent du Diable, lui même tributaire du Vénéon.

Le prévisionnel des surfaces à enneiger par le biais des eaux de la retenue de la Mura envisage de sécuriser 164,2 ha du domaine skiable. L'essentiel de ces pistes (104,1 ha) sont incluses dans le bassin versant de la Pisse qui correspond au bassin versant intercepté 28,4 ha appartiennent au bassin versant du ruisseau de l'Alpe - 132,5 ha sur 164,2 soit 81%.

Les pistes du Diable1, du Vallon du Diable et de Super Diable 1 se situent pour leur part dans le bassin versant du ruisseau du Replat, affluent du Vénéon. Le besoin en eau pour les sécuriser est estimé à 63 000 m³. Il y a aura donc un transfert d'environ 48 000 m³ d'eaux issues du bassin versant de la Pisse vers le bassin versant du Replat et vers le Vénéon. Cet apport supplémentaire minime au moment de la fonte ne semble pas apporter de contrainte particulières vis-vis des aléas torrentiels de ce cours d'eau.

1-6• Séquence Éviter — Réduire — Compenser

Les arguments "éviter — réduire — compenser" sont à étoffer au niveau des incidences sur la faune et la flore lors du chantier de la Mura.

Le chapitre consacré aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation (p. 176 de l'étude d'impact) propose des mesures de réduction mais n'aborde pas l'évitement et ne propose pas de mesures compensatoires vis à vis de la destruction des espèces floristiques et des mares.

Par ailleurs il convient de préciser ce que sont les "espèces lacunaires" (p. 185 de l'étude d'impact). Le dossier doit être complété sur ces points.

Évitement

Les mesures d'évitement permettent de supprimer un impact dès la conception du projet (par exemple le changement d'implantation pour éviter un milieu sensible).

C'est cette démarche d'évitement qui a conduit à abandonner l'hypothèse d'une utilisation de la cuvette naturelle du Lac Noir pour ce projet.

Outre une géologie relativement complexe qui aurait imposé un recours à d'importants travaux d'étanchéité de l'ensemble de la cuvette avec un reprofilage obligatoire des berges et une alimentation extérieure, l'originalité de ce lac — en équilibre biologique — en fait un site naturel apprécié de la clientèle estivale de promeneurs comme des amoureux de la montagne et son utilisation aurait amené la destruction de l'état naturel actuel.

En revanche, une fois adoptée l'hypothèse d'une retenue sur le replat de la Brèche de la Mura, à 2 800 m d'altitude en bordure du domaine skiable il n'y avait pas de mesures d'évitement réalistes à proposer sinon ne rien faire et renoncer à sécuriser l'activité économique hivernale de la station des 2 Alpes.

Réduction

Les habitats naturels présents sur l'emprise des travaux de la retenue de La Mura et aux abords immédiats seront supprimés. La vérification botanique a permis de localiser les taxons (2) de la flore protégés au niveau départemental.

Le pavot des Alpes présent à proximité de l'emprise sera mis en défens par la pose de rubans de chantier et une sensibilisation des personnels.

Les six touffes de génépi répertoriées au GPS seront enlevées du site par récupération des blocs d'assise par godet de pelle mécanique. Les blocs rocheux seront déposés avec une orientation similaire en dehors de l'emprise de manière à assurer la survie de ces touffes. Il n'est malheureusement pas exclu que quelques pieds puissent être mutilés voire détruits pendant l'opération de déroctage et de transport en milieu chaotique.

En raison du caractère majoritairement minéral du site, il n'y aura pas de reverdissement artificiel des digues.

Les reverdissements présents sur les pistes au niveau de l'emprise des tranchées du réseau de neige et aux abords immédiats seront pour partie supprimés. Lorsqu'elle existe, la terre végétale sera décapée et stockée en cordon ou en tas en limite de terrassements. Elle sera régalerée sur les surfaces terrassées en fin de chantier. Après les travaux, les zones terrassées seront reverdies avec un mélange d'espèces adaptées aux conditions d'exposition et d'altitude pour reconstituer la strate herbacée, assurer l'intégration de l'aménagement et sa qualité en période estivale. Les réhabilitations des terrassements seront conduites selon le schéma habituel défini par l'IRSTEA pour s'assurer de la meilleure reprise et entretenues pendant deux à trois ans.

Quelques mares temporaires présentes sur l'emprise des travaux de la retenue de La Mura et aux abords immédiats seront supprimées.

Il n'y a pas d'amphibiens ou d'ichtyofaune dans ces mares temporaires. La destruction concernera quelques larves d'invertébrés (diptères) et des vers.



L'enlèvement des blocs couvert de diatomées — et de vers — et leur mise en dépôt dans les mares proches non touchées par le projet ou des mares artificielles de conservation permettront de préserver au maximum cette micro-faune d'altitude. Ensuite ces "roches vivantes" seront déposées au milieu des blocs de confinement de la bache d'étanchéité pour permettre un développement plus rapide du recouvrement des micro-algues et constituer une biocénose favorables aux invertébrés.



Le site de la la Mura retenu pour ces travaux présente un fort caractère minéral où la végétation se distribue en tâches éparées et constitue un recouvrement dit "lacunaire".

C'est la distribution des plantes qui est lacunaire, pas les taxons.



2 - Concernant les enjeux liés au patrimoine naturel et paysager

2-1• Mise en place des conduites du réseau d'enneigement

"L'étude d'impact présente les incidences de la mise en place des conduites du réseau d'enneigement sur l'hydrologie, mais pas sur la faune et la flore (p.25 de l'étude d'impact). Les éléments présentés dans l'étude ne permettent pas d'apprécier les impacts potentiels sur le patrimoine naturel. Il convient de compléter ce point en apportant des précisions sur l'emplacement précis des conduites, leurs diamètres, les différentes largeurs de tranchées nécessaires, les travaux envisagés pour les creuser, ainsi que sur la présence ou non d'espèces protégées sur le tracé."

Le réseau de production de neige à venir, comme le réseau déjà en place, sera implanté en bordure des pistes terrassées du domaine skiable. En effet pour limiter la couche de neige, naturelle ou non nécessaire pour ouvrir les pistes aux skieurs, ces dernières ont fait depuis plus de 30 ans l'objet de travaux d'adaptation des profils.



Les tranchées nécessaires à la mise en place des conduites (généralement d'une largeur inférieure à 2 mètres pour contenir 1 canalisation fonte pour l'eau, 1 canalisation PEHD pour l'air, 1 fourreau pour l'alimentation électrique BT, 1 fourreau pour le système de communication) seront réalisées à la pelle mécanique en bordure de pistes terrassées et pour certaines reverdies artificiellement.

Les canalisations sont disposées à 1,10/1,20m de profondeur le long des pistes de ski à enneiger.

Dans ces milieux récemment et fortement anthropisés, la végétation naturelle est quasi absente et on n'y observe pas d'espèce végétale bénéficiant d'un statut de protection.



2-2• Volet paysage

"Il est affirmé dans l'analyse que le replat de la Mura confère un "caractère absorbant pour les équipements" (p. 110 de l'étude d'impact). Ce discours doit être justifié par des illustrations de photos-montages et de croquis.

Une réflexion sur la perception du site depuis les sommets emblématiques environnants doit être menée.

Le volume de la retenue pouvant être obtenu soit en agrandissant la surface et en limitant la profondeur, soit l'inverse, le choix fait doit être justifié en terme de paysage. Le traitement de la digue tant par son tracé que par sa texture et couleur doit être défini. Il importe de montrer comment la prise en compte du paysage fait évoluer le seul projet technique."

La dimension (vaste), la faible déclivité du replat de la Mura privilégie les échappées visuelles lointaines et « le paysage » est constitué par les sommets et lignes de crêtes qui constituent « le panorama ».

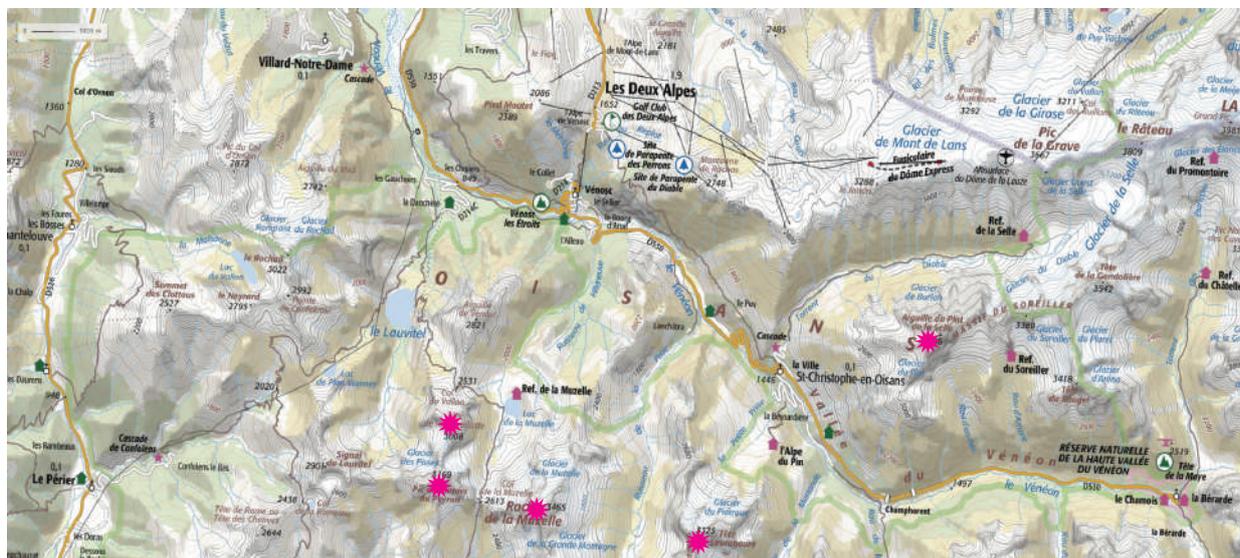


Cette monotonie au sens chromatique comme morphologique du replat et sa très vaste dimension gomme l'été comme hiver les équipements qui l'occupent ce qui lui confère un "caractère absorbant".



site de la retenue

Le replat de la Mura se situe à plus de 2800 m. Il n'est perceptible que depuis quelques sommets des Écrins - Aiguille du Plat de la Selle (3596 m), Tête de Lauranoure (3325 m), Roche de la Muzelle (3465 m), Tête de la Muraillette (3008 m) ou Pic du Clapier (3169 m) qui le surplombent, à la fréquentation estivale limitée à quelques alpinistes.



En revanche, en raison de la rupture de pente ou des écrans constitués par les reliefs, il est totalement invisible des lieux de forte fréquentation touristique comme le lac du Lauvitel, le lac de la Muzelle ou la Bérarde.

Le dimensionnement de la retenue a été défini de manière à disposer d'un volume d'eau de l'ordre de 300000 m³. En raison de la nature du substratum constitué de roches compactes très dures - gneiss - un lac de grande profondeur et de surface réduite n'était pas techniquement et économiquement réaliste. En raison de l'altitude et de la prise en glace hivernale importante en surface, sa définition a pris en compte une profondeur de l'ordre de 11,5 m pour disposer d'une hauteur d'eau liquide utile d'environ 10 m. Cette profondeur permet de disposer du volume souhaité avec une surface de l'ordre de 4,25 ha similaire à celle du lac du Grand Plan du Sautet (4,16 ha).

Grace aux digues formées avec les matériaux extraits - même texture, même couleur - et au caractère chaotique du lieu en été, cet ouvrage pourra s'intégrer dans le paysage sans apporter un caractère artificiel incongru.



En hiver avec les fortes hauteurs de neige que connaît cet espace et qui gomment totalement le relief cf. photo du site de la retenue supra, le lac et sa digue seront très largement dissimulés.

2-3• Améliorations possibles

"Afin d'améliorer votre dossier en vue de l'enquête publique, vous pouvez apporter des précisions sur les points suivants:

- *corriger les références réglementaires de l'arrêté réglementant la cueillette;*
- *localiser les habitats d'intérêt communautaire, préciser qu'ils ne seront pas impactés par les travaux, ou s'ils le sont, analyser la surface impactée au regard de la représentativité locale de l'habitat et conclure sur le niveau d'incidence;*
- *argumenter sur l'absence d'incidence potentielle du projet au regard de l'enjeu "lagopède";*
- *Le dossier cite à plusieurs reprises l'arrêté 93-295 du 21 janvier 1993 relatif à la protection des espèces sauvages dans le département de l'Isère (p.185 de l'étude d'impact). Cet arrêté n'est plus en vigueur; il a été remplacé par l'arrêté n°2010-06151 du 22 octobre 2010 relatif à la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère."*

2.3.1 - Cueillette

corriger les références réglementaires de l'arrêté réglementant la cueillette

L'arrêté préfectoral n°2010- 06151 du 22 octobre 2010 pour la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère prévoit dans son article 3 : Activités soumises à restrictions :

Pour les spécimens sauvages de chacune des espèces suivantes, il est interdit en tout temps et sur tout le territoire du Département de l'Isère de :

- cueillir une quantité de fleurs ou de plants supérieure à ce que peut contenir la main d'une personne adulte, sauf pour les espèces où une quantité plus restrictive est indiquée ci-dessous en raison de la pression de récolte ;
- récolter, ramasser les parties souterraines de ces espèces, sauf pour la Gentiane jaune
- les céder à titre gratuit ou onéreux.

Cette cueillette ne peut être réalisée que sous réserve de l'autorisation du ou des propriétaires du sol. Les végétaux ne devront pas être piétinés et aucun dommage ne devra être causé à la souche et aux racines.

... Génépis et vulnéraire : 100 brins au total par personne qui devront être coupés avec un sécateur ou des ciseaux.

2.3.2 - Habitats d'intérêt prioritaire

localiser les habitats d'intérêt communautaire, préciser qu'ils ne seront pas impactés par les travaux, ou s'ils le sont, analyser la surface impactée au regard de la représentativité locale de l'habitat et conclure sur le niveau d'incidence

Les formations végétales recensées sur cet espace, Combes à neige - E4.11 "*Pelouses et habitats herbacés boréo-alpins acidoclines des combes à neige*", Éboulis fins et alluvions siliceux - 8110-2 - "*Éboulis siliceux subalpins à alpins à éléments fins des Alpes*" Intérêt communautaire, Éboulis fins et alluvions calcaire - 8120-2 - "*Éboulis calcaires et de schistes calcaires des étages montagnard à alpin*" Intérêt communautaire, Rochers, rocailles à gros blocs, pierriers - 8220 - "*Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique*" Intérêt communautaire, constituent une mosaïque végétale éparse où les stations sont décimétriques et dont les plus grandes ne font des recouvrements que de quelques m².

Les habitats représentés sont d'intérêt communautaire mais aucun d'entre eux n'est d'intérêt prioritaire. Tous ces habitats sont largement représentés sur l'ensemble du versant et l'incidence de la destruction ponctuelle de quelques stations apparaît modérée vis-à-vis du dynamisme végétal du secteur.

2.3.3 - Absence d'incidence potentielle du projet au regard de l'enjeu "lagopède".

argumenter sur l'absence d'incidence potentielle du projet au regard de l'enjeu "lagopède"

Lors des inventaires naturalistes - flore, faune, hydrobiologie - la présence du lagopède alpin *Lagopus muta* (Montin, 1776) n'a pas été observée par les trois intervenants sur le site à aménager. Sa présence sur le massif est potentielle, mais ce secteur fortement anthropisé avec une présence humaine régulière - engins motorisés, vététistes, promeneurs quelque fois accompagnés de chiens - ne constitue pas un habitat favorable pour cette espèce relativement farouche. Dans ces circonstances, la réalisation du chantier puis la présence d'une vaste étendue d'eau ne semble pas constituer une menace particulière pour une espèce aujourd'hui absente.

2.3.4 - Arrêté préfectoral n°2010- 06151 du 22 octobre 2010 pour la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère.

Le dossier cite à plusieurs reprises l'arrêté 93-295 du 21 janvier 1993 relatif à la protection des espèces sauvages dans le département de l'Isère (p. 185 de l'étude d'impact). Cet arrêté n'est plus en vigueur; il a été remplacé par l'arrêté n°2010-06151 du 22 octobre 2010 "relatif à la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère."

ARRÊTÉ n°2010-06 151 pour la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère

LE PRÉFET,
Officier de la Légion d'Honneur,
Officier de l'Ordre National du Mérite

VU le Code de l'environnement, notamment ses articles L.110-1, L.412-1, d'une part, et R.412-8, R.412-9 et R.415-3 d'autre part ;

VU l'arrêté ministériel du 20 janvier 1982 relatif à la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire, modifié par l'arrêté ministériel du 31 août 1995 ;

VU l'arrêté ministériel du 4 décembre 1990 relatif à la liste des espèces protégées en région Rhône-Alpes et dans le département de l'Isère complétant la liste nationale ;

VU l'arrêté ministériel du 13 octobre 1989 relatif à la liste des espèces végétales sauvages pouvant faire l'objet d'une réglementation préfectorale permanente ou temporaire, modifié par arrêté du 9 mars 2009 ;

VU l'avis du Conservatoire botanique alpin en date du 31 août 2010 ;

VU l'avis de la commission départementale de la nature, des paysages et des sites, dans sa formation nature, en date du 14 septembre 2010 ;

Considérant qu'il convient d'actualiser les mesures de protection de la flore fixées dans l'arrêté préfectoral n°93-295 du 21 janvier 1993, en application de l'arrêté ministériel du 13 octobre 1989 relatif à la liste des espèces végétales sauvages pouvant faire l'objet d'une réglementation préfectorale permanente ou temporaire, modifié par l'arrêté ministériel du 9 mars 2009 ;

Sur proposition du Secrétaire Général de la Préfecture de l'Isère ;

ARRÊTE

ARTICLE 1er : l'arrêté préfectoral n°93-295 en date du 21 janvier 1993 est abrogé.

ARTICLE 2 : Activités strictement interdites

Outre les espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national, ou dans la région Rhône-Alpes, ou dans le département de l'Isère, il est interdit de cueillir, récolter, ramasser et céder à titre gratuit ou onéreux tout ou partie (aérienne ou souterraine) des végétaux et des spécimens sauvages des espèces ci-après énumérées :

BRYOPHYTES

<i>Leucobryum glaucum</i> (Heydw.) Angstr.	Coussinet des bois
--	--------------------

PTERIDOPHYTES

<i>Lycopodium annotinum</i> L.	Lycopode à rameaux d'un an
--------------------------------	----------------------------

<i>Lycopodium clavatum</i> L.	Lycopode en massue
-------------------------------	--------------------

<i>Osmunda regalis</i> L.	Osmonde royale
---------------------------	----------------

<i>Polystichum aculeatum</i> (L.) Roth	Polystic à aiguillons
--	-----------------------

Polystichum setiferum (Forssk.) T. Moore ex Woyn. Polystic à frondes soyeuses

PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES

Monocotylédones

Erythronium dens-canis L. Dent de chien
Fritillaria tubiformis Gre. & Godr. Fritillaire du Dauphiné
Hyacinthoides non-scripta (L.) Chouard ex Rothm. Jacinthe sauvage
Iris chamaeiris Bertol. Iris nain
Leucojum vernum L. Nivéole du printemps
Lilium bulbiferum L. var. *croceum* (Chaix) Pers. Lis orangé

Dicotylédones

Aconitum napellus L. Aconits du groupe napel
Aconitum paniculatum Lam. Aconit paniculé
Arnica montana L. Arnica des montagnes
sur les massifs de Chartreuse, Vercors et Obiou-Dévoluy
Carlina acanthifolia All. Carlina à feuilles d'acanthé
Cyclamen purpurescens Miller Cyclamen d'Europe
Dianthus ssp toutes les espèces d'oeillets
Helichrysum stoechas (L.) Moench Immortelles stoechas
Leontopodium alpinum Cass. Edelweiss
Papaver rhaeticum Leresche Pavot des Alpes

ARTICLE 3 : Activités soumises à restrictions

Pour les spécimens sauvages de chacune des espèces suivantes, il est interdit **en tout temps et sur tout le territoire du Département de l'Isère** de :

- cueillir une quantité de fleurs ou de plants supérieure à ce que peut contenir la main d'une personne adulte, sauf pour les espèces où une quantité plus restrictive est indiquée ci-dessous en raison de la pression de récolte ;
- récolter, ramasser les parties souterraines de ces espèces, sauf pour la Gentiane jaune
- les céder à titre gratuit ou onéreux.

Cette cueillette ne peut être réalisée que sous réserve de l'autorisation du ou des propriétaires du sol. Les végétaux ne devront pas être piétinés et aucun dommage ne devra être causé à la souche et aux racines.

THALLOPHYTES ET BRYOPHYTES

Toutes les espèces de lichens fruticuleux pour une quantité limitée à quelques échantillons par personne

Sphagnum ssp toutes les espèces de sphaignes

PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES

Monocotylédones :

Convallaria majalis L. Muguet
Galanthus nivalis L. Perce-neige
Lilium martagon L. Lis martagon
Narcissus poeticus L. Narcisse des poètes pour une quantité de 15 brins par personne
Narcissus pseudonarcissus L. Jonquille pour une quantité de 15 brins par personne

Dicotylédones :

Arnica montana L. Arnica des montagnes
pour les autres massifs que ceux cités à l'article 2
Daphne mezereum L. Bois joli
Gentiane lutea L. Gentiane jaune pour une quantité de 4 racines par an et par adulte
Ilex aquifolium L. Houx

Génépi et vulnéraire :

100 brins au total par personne qui devront être coupés avec un sécateur ou des ciseaux

Artemisia genipi Weber Génépi noir
Artemisia glacialis L. Génépi des glaciers
Artemisia umbelliformis Lam. Génépi jaune
Hypericum nummularium L. Vulnéraire des Chartreux

ARTICLE 4 : Ramassage de champignons et aïrelles

Sur tout le territoire du Département de l'Isère, et sous réserve de l'autorisation du propriétaire, la cueillette des champignons et aïrelles/myrtilles non cultivés ne pourra être effectuée qu'aux conditions suivantes :

- pour les champignons, obligation de pratiquer une récolte manuelle (couteaux ou engins coupants autorisés), interdiction d'utilisation de tout engin de ramassage (râteau...) qui porterait atteinte aux réseaux souterrains de ces champignons ; la récolte est limitée à un panier de 5 litres par personne et par jour (sauf pour les propriétaires ou ayant-droits de cette activité de ramassage)
- pour les aïrelles/myrtilles (*Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Vaccinium vitis idaea* L.), limitation aux besoins familiaux (1 kg par personne et par jour) et dans le respect d'autres dispositions éventuelles édictées localement par des Conseils municipaux sur les territoires communaux ou par l'Office National des Forêts sur les terrains privés de l'État. Les peignes sont interdits avant le 15 août.

ARTICLE 5 : Activités commerciales soumises à autorisations

Les ramasseurs professionnels groupés en coopérative ou agissant individuellement devront solliciter auprès du Directeur départemental des Territoires une autorisation spéciale pour récolter les spécimens sauvages des espèces mentionnées aux articles 3 et 4 précédents, ainsi que pour les prélèvements des espèces de sphaignes (*Sphagnum* spp). Ils devront la présenter à toute réquisition des agents chargés de l'application du présent arrêté.

ARTICLE 6

Le fait de contrevenir aux dispositions du présent arrêté est passible de la peine d'amende prévue pour les contraventions de quatrième classe en application de l'article R.415-3 du Code de l'environnement.

ARTICLE 7

Le Secrétaire Général de la Préfecture de l'Isère, les Sous-Préfets des Arrondissements de La Tour du Pin et de Vienne, le Directeur départemental des territoires, le Colonel, Commandant le Groupement de Gendarmerie de l'Isère, le Chef du Service départemental de l'Office National des Forêts, le chef du service départemental de l'Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage, l'ensemble des agents commissionnés par le ministère chargé de l'Environnement et habilités à constater les infractions au titre de la Protection de la Nature sont chargés de l'exécution du présent arrêté qui sera publié au recueil des actes administratifs de la préfecture de l'Isère.

Grenoble, le 22 octobre 2010

Le PRÉFET



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE L'ISÈRE

**Direction Départementale des Territoires
Service Environnement**

Affaire suivie par : Annick Chifflet/Claire Godayer/Jean-Baptiste Butin

Tel : 04 56 59 42 26 / 42 52 / 42 82

Fax : 04 56 59 42 49

Courriel : annick.chifflet@isere.gouv.fr

claire.godayer@isere.gouv.fr

Jean-baptiste.butin@isere.gouv.fr

Références : ACH/CG/JBB

Grenoble, le 8 août 2018

Le Préfet
à
Monsieur le Maire
48 avenue de la Muzelle
38860 Les Deux Alpes

Objet : Autorisation loi sur l'eau – demande de compléments

Commune : les Deux Alpes

Pétitionnaire : Mairie des Deux Alpes

Travaux : retenue d'altitude pour la neige de culture

Législations visées : Loi sur l'eau (R.214-1 du code de l'environnement), Évaluation environnementale (R.122-2 et R.122-3 du code de l'environnement)

N° IOTA : 38-2017-00098

L'instruction de votre dossier de demande d'autorisation loi sur l'eau concerne la création d'une retenue d'altitude pour la production de neige de culture dont les références administratives sont les suivantes :

- Date de réception du dossier : 11 mai 2018
- Numéro d'enregistrement : 38-2017-00098
- Date de l'accusé de réception du dossier complet : 11 mai 2018

Votre dossier est réputé complet.

J'ai d'ores-et-déjà engagé la conférence administrative et à l'occasion de l'examen par les services instructeurs est apparue la nécessité de régulariser votre dossier, notamment sur les points suivants :

- l'incidence du projet sur la piézométrie de la nappe du Grand Nord exploitée par deux forages ;
- le détail des calculs réalisés pour le dimensionnement du barrage de la retenue ;
- la répartition des volumes de neiges de culture sur le domaine et leur influence sur les bassins versants ;
- le tracé des réseaux d'acheminement et leur incidence sur le patrimoine naturel du site.

Je vous invite à me faire parvenir les éléments évoqués en annexe de ce courrier sous un délai de trois mois afin de pouvoir reprendre l'instruction de votre demande. Le délai d'instruction prévu par l'article R.181-17 du Code de l'Environnement est suspendu

jusqu'à la réception de l'intégralité des éléments définis en annexe.

Le service environnement de la Direction Départementale des Territoires de l'Isère, en charge de la police de l'eau, coordonne l'instruction de votre demande et se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous rappelle qu'il vous est interdit de débiter les travaux avant la fin de l'instruction de votre dossier.

Pour le Préfet de l'Isère et par délégation,
La Directrice Départementale des Territoires,
La Chef du Service Environnement,

Pour la Direction Départementale de l'Environnement

Pascale BUDLARAND

Clémentine BLIGNY

Copie à :

- DREAL POH
- Bureau d'étude SAGE Ingénierie, BP17, 2 rue de la Condamine 38610 Gières

ANNEXE

au courrier du 8 août 2018 relatif à l'instruction du projet de retenue de la Mura

Le projet concerne la construction d'une retenue d'altitude sur la commune des Deux Alpes dans le but de renforcer la production de neige de la station de ski. Cette retenue, d'une capacité maximum de 350 000 m³ sera alimentée par les eaux de fonte des neiges et de ruissellement du bassin versant situé en amont. En années de faible hydraulicité, un pompage complémentaire est envisagé dans le Plan du Sautet (apport maximal d'environ 150 000 m³).

Le dossier a été soumis à étude d'impact. Les remarques et demandes de compléments formulées sur le dossier suite aux conférences administratives sont détaillées ci-après.

Concernant les enjeux relatifs à la loi sur l'eau

- **Périmètre de protection des captages AEP**

L'étude d'impact ne répond pas aux questions posées sur les modalités de gestion des prélèvements "neige de culture" réalisés actuellement dans le lac du Grand Plan du Sautet (volumes annuels et calendrier des prélèvements qui peuvent atteindre 186 000 m³ par an) et leur incidence sur la piézométrie de la nappe exploitée par les deux forages de la nappe du Grand Nord (*p.134 de l'étude d'impact*).

Dans la mesure où le remplissage de la retenue de la Mura sera sécurisé par des prélèvements d'eau complémentaires dans le lac du Grand Plan du Sautet (jusqu'à 150 000 m³ par an transportés par canalisation en années de faible hydraulicité, dont l'occurrence n'est pas analysée), le dossier doit être complété sur ce point essentiel et démontrer que la sécurisation de l'ouvrage prioritaire de la production d'eau potable à partir des captages du Grand Nord n'est pas fragilisée (absence d'incidence quantitative et qualitative sur les eaux souterraines de la nappe soutenue par le lac du Grand Plan du Sautet).

- **Sécurité du barrage**

Un document réalisé le 17 octobre 2017 par HYDRETTUDES, bureau d'études agréé pour les études de ce type de barrage, expertise les études hydrologiques, hydrauliques et de rupture de barrage réalisées par FAFOURNOUX. Ce document semble valider l'étude hydrologique et l'étude de rupture du barrage mais n'indique pas explicitement s'il valide la dimensionnement des deux évacuateurs de crues.

Il est nécessaire de faire figurer les calculs réalisés pour leur dimensionnement ainsi que leur validation dans le dossier déposé.

Certains éléments mentionnés dans l'article D.181-15-1-III du Code de l'Environnement sont manquants:

- les consignes de surveillance de l'ouvrage en toutes circonstances et d'exploitation en période de crue;
- une note décrivant les mesures de sécurité pendant la première mise en eau;
- une note précisant que le porteur de projet disposera des capacités techniques et financières permettant d'assumer ses obligations à compter de l'exécution de l'autorisation environnementale jusqu'à la remise en état du site.

- **Fonctionnement – remplissage de la retenue**

L'utilisation de la retenue du Grand Plan du Sautet pour compléter le remplissage de celle de la Mura, peut avoir une influence sur son fonctionnement.

L'Arrêté Préfectoral n°2009-01508 du 26 février 2009 encadrant la vidange de la retenue du Grand Plan du Sautet est absent du dossier de demande d'autorisation. Il est nécessaire d'étudier cet arrêté afin d'estimer sa compatibilité avec la nouvelle fonction de la retenue du Grand Plan du Sautet.

- **Débit réservé**

Il est proposé (p.27 de l'étude d'impact) de laisser toute l'année un débit réservé de 1,3l/s afin d'apporter un soutien à la microcentrale hydroélectrique située en aval. Compte tenu de la situation du projet, à 2800m d'altitude, il paraît très difficile de garantir ce débit réservé toute l'année. Ce point doit être amélioré

en proposant sur la période s'étendant d'avril à novembre un débit réservé revalorisé en fonction des enjeux hydrobiologiques.

Un dispositif d'auto-contrôle du débit réservé doit être étudié.

- **Répartition de la neige de culture**

Les informations présentées dans l'étude d'impact montrent que la neige produite à l'aide de la retenue de la Mura permettra d'étendre l'enneigement sur 164,2ha supplémentaires (p.17 de l'étude d'impact). Cette zone est répartie sur plusieurs bassins versants, modifiant l'hydrologie actuelle. Il est nécessaire de quantifier la répartition du volume de neige produite sur chaque bassin versant concerné et d'en analyser les impacts.

- **Séquence Éviter – Réduire – Compenser**

Les arguments "éviter – réduire – compenser" sont à étoffer au niveau des incidences sur la faune et la flore lors du chantier de la Mura. Le chapitre consacré aux mesures d'évitement, de réduction et de compensation (p.176 de l'étude d'impact) propose des mesures de réduction mais n'aborde pas l'évitement et ne propose pas de mesures compensatoires vis à vis de la destruction des espèces floristiques et des mares. Par ailleurs il convient de préciser ce que sont les "espèces lacunaires" (p.185 de l'étude d'impact). Le dossier doit être complété sur ces points.

Concernant les enjeux liés au patrimoine naturel et paysager

- **Mise en place des conduites du réseau d'enneigement**

L'étude d'impact présente les incidences de la mise en place des conduites du réseau d'enneigement sur l'hydrologie, mais pas sur la faune et la flore (p.25 de l'étude d'impact). Les éléments présentés dans l'étude ne permettent pas d'apprécier les impacts potentiels sur le patrimoine naturel. Il convient de compléter ce point en apportant des précisions sur l'emplacement précis des conduites, leurs diamètres, les différentes largeurs de tranchées nécessaires, les travaux envisagés pour les creuser, ainsi que sur la présence ou non d'espèces protégées sur le tracé.

- **Volet paysage**

Il est affirmé dans l'analyse que le replat de la Mura confère un "caractère absorbant pour les équipements" (p.110 de l'étude d'impact). Ce discours doit être justifié par des illustrations de photos-montages et de croquis. Une réflexion sur la perception du site depuis les sommets emblématiques environnants doit être menée.

Le volume de la retenue pouvant être obtenu soit en agrandissant la surface et en limitant la profondeur, soit l'inverse, le choix fait doit être justifié en terme de paysage.

Le traitement de la digue tant par son tracé que par sa texture et couleur doit être défini.

Il importe de montrer comment la prise en compte du paysage fait évoluer le seul projet technique.

- **Améliorations possibles**

Afin d'améliorer votre dossier en vue de l'enquête publique, vous pouvez apporter des précisions sur les points suivants:

- corriger les références réglementaires de l'arrêté réglementant la cueillette;
- localiser les habitats d'intérêt communautaire, préciser qu'ils ne seront pas impactés par les travaux, ou s'ils le sont, analyser la surface impactée au regard de la représentativité locale de l'habitat et conclure sur le niveau d'incidence;
- argumenter sur l'absence d'incidence potentielle du projet au regard de l'enjeu "lagopède";
- Le dossier cite à plusieurs reprises l'arrêté 93-295 du 21 janvier 1993 relatif à la protection des espèces sauvages dans le département de l'Isère (p.185 de l'étude d'impact). Cet arrêté n'est plus en vigueur; il a été remplacé par l'arrêté n°2010-06151 du 22 octobre 2010 relatif à la protection des espèces végétales sauvages et champignons dans le département de l'Isère.

Concernant le projet dans sa globalité

- **Prescriptions envisagées dans l'arrêté préfectoral**

- Les périodes de remplissage de la retenue à partir de la retenue du Grand Plan du Sautet seront fixées précisément dans l'arrêté préfectoral.
- Un article de l'arrêté préfectoral encadrera les vidanges de la retenue.



RETENUE DE LA MURA

MÉMOIRE EN RÉPONSE À LA DEMANDE DE COMPLÉMENTS DE LA DDT 38

Demande de compléments de la DDT 38 du 21 janvier 2019

Par courrier en date du 21 janvier 2019, la DDT38 — service instructeur de la demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau du projet d'une retenue d'altitude sur le site de la Mura en vue de l'approvisionnement du système de production de neige de culture du domaine skiable des 2Alpes — a transmis au pétitionnaire les remarques et demandes de compléments formulées sur le dossier par l'ARS et le Parc National des Écrins.

Nous vous formulons ci-après les éléments de réponse qui concernent les différents points soulevés par ce courrier.

1 — Concernant les enjeux relatifs à la loi sur l'eau

1-1• Périmètre de protection des captages AEP

« Les compléments présentés n'abordent pas le rôle premier (et prioritaire) de la retenue du Grand Plan du Sautet pour soutenir la piézométrie de la nappe du Grand Nord exploitée par les forages AEP pendant les périodes de fortes consommations hivernales (prélèvement AEP ayant déjà atteint 74 000 m³ pendant les hivers faiblement enneigés ou succédant à des périodes d'étiages sévères des captages principaux des Deux Alpes comme en 2003/2004).

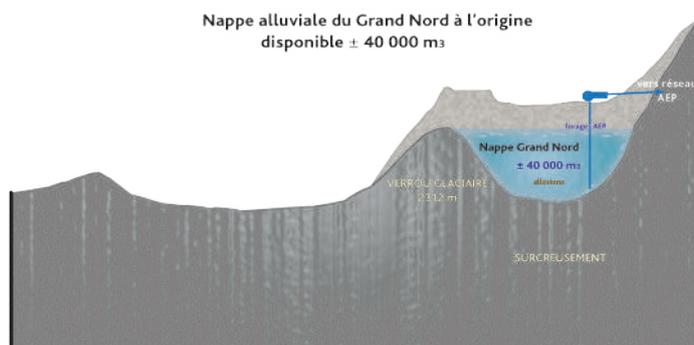
L'incidence des prélèvements supplémentaires (150 000 m³ dans le lac du Grand Plan du Sautet en période automnale pour compléter la retenue d'altitude de la Mura) sur la piézométrie de la nappe du Grand Nord n'est pas analysée et l'engagement de sanctuariser un volume minimum de 50 000 m³ dans le Grand Plan du Sautet ne garantit nullement que la collectivité soit en mesure de sécuriser son besoin d'exploitation des forages du Grand Nord (jusqu'à 80 000 m³/hiver) dans ces conditions défavorables. »

Nappe du Grand Nord et retenue du Grand Plan du Sautet

La nappe aquifère dans laquelle sont implantés les deux forages (environ 21 mètres de profondeur) du Grand Nord correspond au remblaiement par des matériaux détritiques (alluvions et éboulis) d'une ancienne auge de surcreusement glaciaire dont le fond est assez irrégulier (cf. rapport J. Biju-Duval 1960).

Le substratum rocheux semble comporter un seuil séparant deux zones de surcreusement plus marquées.

Le volume des alluvions du Grand Nord est assez considérable et représente un réservoir assez important estimé par les études géophysiques et les sondages réalisés à environ 40 000 m³.



Cet aquifère est vraisemblablement alimenté partiellement par des apports des fissures du substratum rocheux qui sont nombreuses et très étendues, mais l'essentiel de son alimentation provient des apports dus aux infiltrations du ruisseau du Grand Plan.

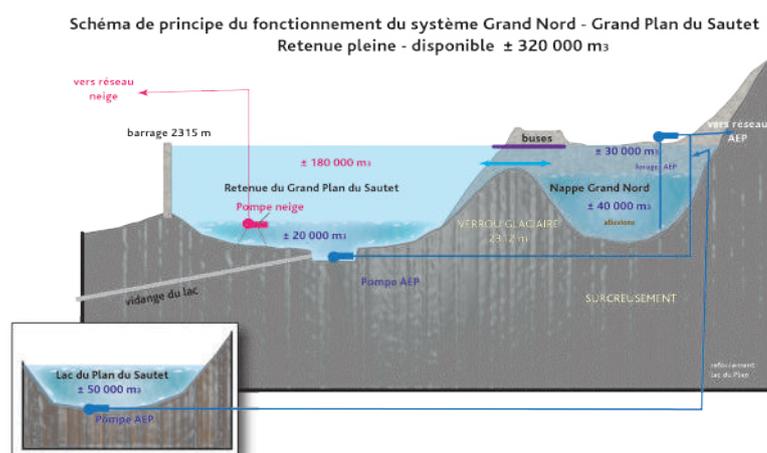
Cette part de l'alimentation varie très fortement selon les saisons. Elle est très importante lors de la fonte des neiges et des épisodes orageux, mais est très faible lors des étiages d'hiver et de fin d'automne.

Sur la base d'un apport par infiltration et ruissellement des eaux du ruisseau du Grand Plan, les volumes annuels moyens qui transitent dans la nappe et la réserve correspondent à environ 2 455 000 m³.

Les études hydrogéologiques diligentées en septembre 1977 et avril 1980 ont pu montrer que la réalisation d'une digue à l'extrémité aval de la dépression du Grand Plan pouvait permettre de relever le niveau supérieur de la nappe du Grand Nord et augmenter de façon sensible l'aquifère disponible pour l'AEP qui sinon serait perdu pour cet usage par écoulement naturel.

La réserve collinaire du Grand Plan du Sautet a donc été réalisée par la collectivité locale pour limiter les battements de la nappe AEP du Grand Nord et assurer l'optimisation — avant saison d'hiver — de l'aquifère AEP du Grand Nord.

La présence d'un verrou entre la réserve et la nappe du Grand Nord permet une indépendance des deux ressources à la cote 2312. Ainsi, lorsque la réserve collinaire est pleine, elle est en équilibre avec la nappe du Grand Nord qu'elle maintient à son niveau le plus haut (soit environ 70 000 m³). Lorsque le niveau de la réserve baisse de 3 m, il n'y a plus d'échanges significatifs entre les deux milieux en raison de la présence du verrou rocheux, et les deux ressources sont indépendantes.



De mai à août, environ 1 700 000 m³ transitent par la réserve collinaire et s'écoulent dans le ruisseau du Grand Plan vers la retenue du Chambon.

Les suivis du battement de la nappe ont permis de montrer que le marnage du lac, passé la côte de 2312 m, du fait du prélèvement pour la production de neige de culture, n'a plus aucune influence sur le volume original de 40 000 m³, situé en dessous du verrou naturel.

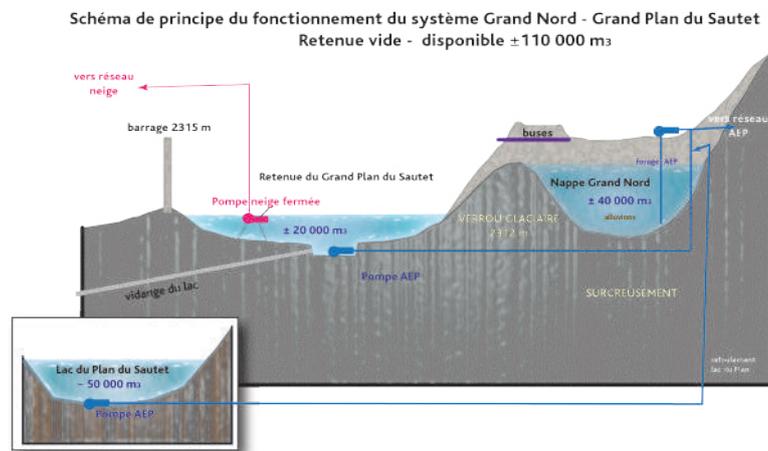
Ce volume initial est donc sanctuarisé pour l'eau potable.

Le lac du Grand plan du Sautet d'un volume total de 200 000 m³ a un volume utile de 170 000 m³, du fait de la présence de glace de surface (estimé à environ 10 000 m³) et de la hauteur des pompes de refoulement implantées dans le lac pour la neige qui laissent un volume d'eau de fond de lac non exploitable pour la neige de l'ordre de 20 000 m³.

Ce volume de 20 000 m³ est donc également sanctuarisé pour l'eau potable et peut être renvoyé dans la nappe du Grand Nord à partir du pompage AEP existant en fond de lac.

Le lac du Plan existant en contre bas du lac du Grand Plan du Sautet d'une capacité de 50 000 m³ est complètement réservé pour l'eau potable. Le lac étant relié à la nappe par un pompage, ce volume est réinjectable dans la nappe si besoin à travers ce dernier.

Les éléments énoncés ci-dessus montrent qu'un volume de 110 000 m³ est de fait sanctuarisé depuis la cuvette du Grand Nord pour l'eau potable, quel que soit le volume prélevé dans le lac du Grand plan du Sautet.



Avec une réserve du Grand Plan du Sautet et une nappe du Grand Nord au maximum de leurs charges en fin d'été, il est possible d'assurer en deux mois — octobre et novembre (ou transitent un écoulement de 290 000 m³ soit environ 56 l/s) — le complément de la réserve de la Mura.

1-2•• Débit réservé

« Vous proposez un débit réservé de 1,3 l/s, correspondant au dixième du module estimé du torrent de la Mura. Vous justifiez cette valeur par le fait qu'elle a notamment été convenue avec l'exploitant de l'exploitation hydroélectrique située en aval sur le torrent du Diable.

Il convient également d'évaluer l'impact de ce débit réservé sur le torrent de la Mura, directement concerné par le prélèvement et de justifier qu'il sera suffisant pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans ses eaux.

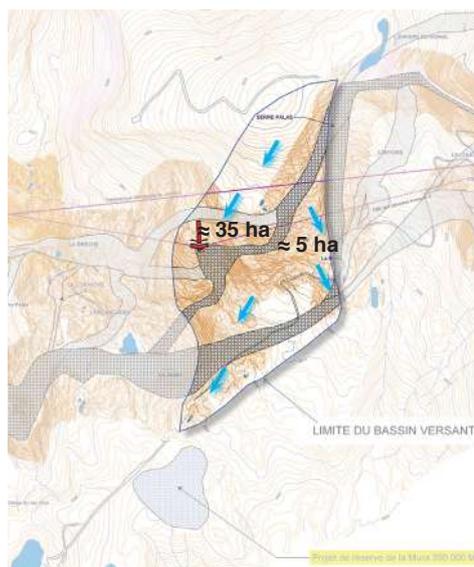
De plus, je vous rappelle que vous devrez être en mesure de restituer et de contrôler le débit réservé toute l'année. »

Le remplissage de la retenue est prévu par la récupération à la fonte, des eaux de ruissellements superficiels venant du bassin versant en amont de la retenue (35 hectares correspondant au BV du ruisseau du Grand Plan et 5 hectares correspondant BV du torrent du Diable).

Pour le bassin versant du Torrent du Diable — cours d'eau pérenne — la surface interceptée (5 hectares) n'en représente que 0,2 %.

La période de prélèvement aura lieu à la fonte des neiges (de mai à juillet), période de l'année où le débit du Torrent du Diable est le plus élevé (régime nivo-glaciaire) — de 1,5 m³/s à 3,5 m³/s.

La diminution théorique du débit du cours d'eau serait comprise entre 3 et 7 litres. Cette diminution ne devrait pas avoir d'incidences réelles pour la faune aquatique du torrent.



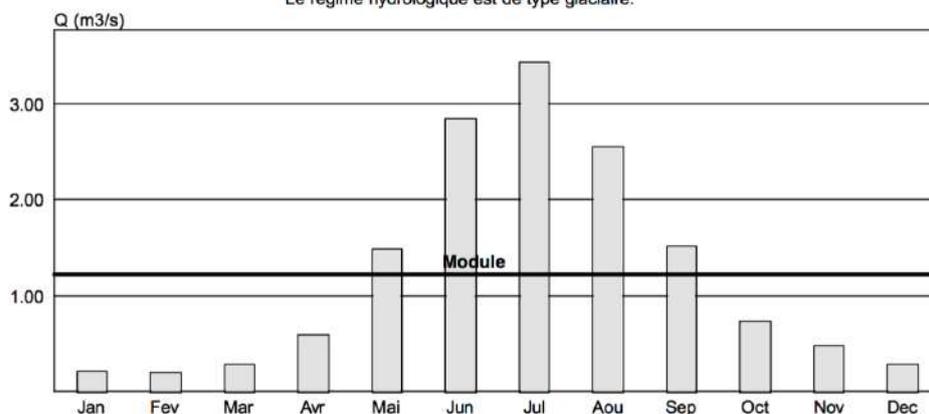
Écoulements moyens

Module calculé sur 5 ans : 1.22 m³/s (44.5 l/s/km²)

Débits moyens mensuels

	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
m ³ /s	0.204	0.194	0.273	0.581	1.48	2.85	3.43	2.55	1.51	0.729	0.470	0.273
l/s/km ²	7.4	7.1	10.0	21.2	54.0	104.0	125.2	93.1	55.1	26.6	17.2	10.0

Le régime hydrologique est de type glaciaire.



Pour autant, à la demande de l'exploitant de la microcentrale installée sur ce cours d'eau, il a été prévu de restituer un débit réservé continu de 1,3 l/s correspondant au débit moyen annuel intercepté vers le torrent le torrent du Diable.

Comme indiqué sur les plans de l'ouvrage, en parallèle à la canalisation en \varnothing 350 de vidange, une canalisation en \varnothing 100, équipée d'un débitmètre permettra la restitution d'un débit de fuite contrôlé supérieur ou égal à 1,3 l/s. En hiver ce rejet sera, compte tenu des températures négatives, transformé en glace et ne pourra pas rejoindre le torrent du Diable.

2 — Concernant les enjeux liés au patrimoine naturel et paysager

« Au regard des informations relatives aux habitats, aux espèces et au paysage, au regard de l'enjeu économique important que représente la neige artificielle pour la station des Deux Alpes, une démarche ERC plus rigoureuse aurait pu être mise en œuvre.

Dans la rédaction actuelle du chapitre 8 de l'étude d'impact, l'évitement et la réduction sont mélangés sans logique, que ce soit en phase préparatoire du dossier ou dans les propositions de mesures en phase travaux. Les supports méthodologiques de mise en application de la séquence ERC restent pourtant nombreux. »

2-1• Mesures d'évitement

« Le chapitre 8 ne prévoit pas de mesure d'évitement.

Toutefois, on peut lire, dans les compléments envoyés par la suite, que l'exclusion du lac Noir semblerait constituer une mesure d'évitement. Or, le projet a toujours été présenté (depuis 2008) sur le site de la Mura. Le choix de la Mura ne relève donc pas de la recherche d'une autre implantation pour éviter le lac Noir. De plus, le lac Noir a été rejeté d'entrée du fait de problèmes techniques et d'un bassin versant insuffisant pour l'alimentation en eau, alors qu'il est avant tout un site naturel non dégradé dans l'emprise du domaine skiable. Il ne constitue donc pas une alternative d'évitement des impacts qui soit réellement crédible. »

La définition des besoins en eau pour l'approvisionnement du réseau de neige a été calculée piste par piste en tenant compte des pistes prioritaires cf. tableau infra. Ce besoin a été estimé à environ 300 000 m³.

Pour permettre un approvisionnement gravitaire du réseau — sous pression naturelle grâce à une forte colonne d'eau — il a été décidé de retenir un site en altitude.

Trois sites ont été pressentis lors des recherches en 2004, deux lacs naturels : le lac Noir et le lac de Serre Palas, et une réserve ex nihilo sur le replat de la Mura.

Rapidement le site de Serre Palas a été écarté, car sa dimension réduite (environ 8 000 m² disponibles pour son extension) ne permettait pas d'accueillir une retenue de 300 000 m³.

De plus situé à l'intersection de pistes de ski à destination de skieurs de niveau technique modeste, il posait un problème de sécurité majeur.

Le Lac noir — en équilibre biologique — constitue un site naturel apprécié de la clientèle estivale de promeneurs comme des amoureux de la montagne et de la nature.

La mauvaise qualité des matériels géologiques (cargneules) perméables imposait un recours à des travaux d'étanchéité de l'ensemble de la cuvette avec un reprofilage obligatoire des berges.

Son utilisation aurait entraîné la destruction de l'état naturel actuel et cette hypothèse a été abandonnée.



Le replat de la Mura, à l'écart des pistes et non contraint par des risques avalancheux présentait les meilleures caractéristiques pour implanter un ouvrage de ce volume et a été retenu pour ce projet par la commune.



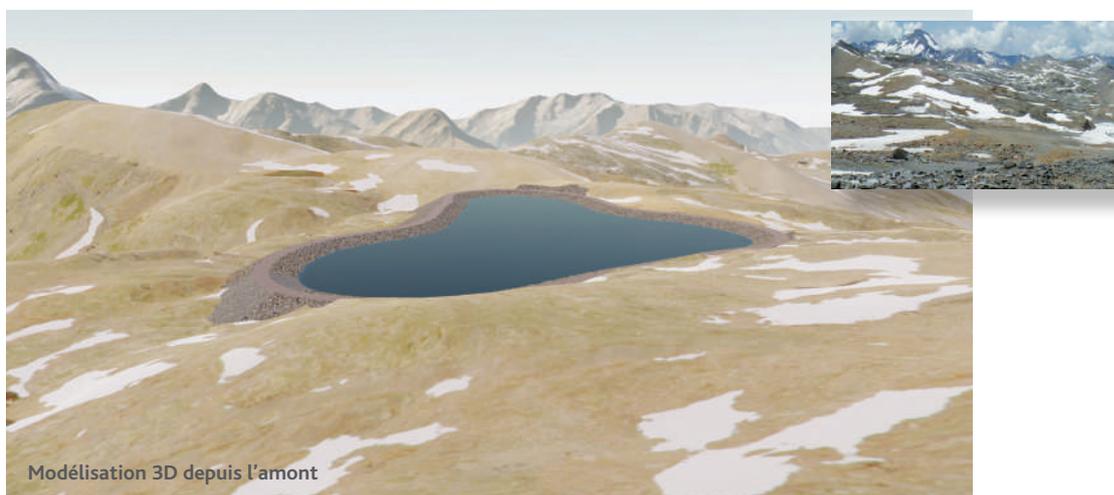
« Une première option d'évitement à considérer consisterait à déplacer la retenue sur une zone proche et déjà anthropisée. À ce titre, le lac de Serre Palas constitue un bon candidat puisque situé sur une zone fortement anthropisée et dénaturée (lac drainé et intégré pour partie à la piste de ski de Jandri). Le lac est situé environ à la même altitude que la Mura et des infrastructures sont déjà présentes. Il se trouve en bordure de piste et ne nécessite donc pas d'accès supplémentaire.

2-2• Mesures de réduction

« La mesure d'évitement décrite ci-dessus pourrait s'avérer insuffisante au regard des impacts, mais aussi de l'objectif de garantie des besoins en eau si les estimations restaient dans les volumes annoncés. Il serait alors intéressant de combiner les deux sites de Serre Palas et de la Mura au lieu de concentrer le stockage sur une seule et grande retenue à la Mura. Dans le cas d'une réduction de 40 à 50 % de la surface du projet sur la Mura, les impacts environnementaux seraient très fortement réduits : sauvegarde de plusieurs mares détruites dans le projet actuel, meilleure préservation des mares inférieures au Sud et à l'Est de l'ouvrage, gain fort en matière d'impact paysager depuis la station elle-même et depuis le cœur du parc national. En maintenant une capacité de stockage conforme aux attentes du porteur de projet, l'utilisation de deux retenues permettrait de réduire significativement les impacts sur les milieux naturels. Des scénarios de réduction devraient également concerner les durées d'enneigement et les surfaces, piste par piste, notamment à basse altitude et dans les zones très ensoleillées. Ces scénarios pourraient permettre de réduire les prélèvements en eau et ainsi la dimension de la taille des (ou de la) retenues collinaires. Avec une retenue plus modeste à la Mura, il y aurait moins de chapelets de mares impactés et un maintien d'habitat plus conséquent pour les espèces.

La réduction de l'impact paysager de la retenue, même après une diminution de son emprise, reste une mesure essentielle. À ce titre, un travail doit être réalisé sur les modalités de construction de la digue : choix des matériaux, texture et teinte, réverbération, pente extérieure de la digue, etc. Des photomontages doivent être présentés dans le dossier de demande. »

Des photomontages de différents points de vue — en hiver période de fréquentation maximale du domaine skiable et en été pour la clientèle qui fréquente le glacier — de l'insertion de la retenue dans le site ont été réalisés par Nicolas Rateau, concepteur paysagiste du groupe Eleven Core. Ces photomontages sont présentés dans les pages suivantes. Ils ont été réalisés à partir d'une modélisation 3D du terrain sur laquelle le projet de la retenue a été intégré par géoréférencement avant plaquage des photos et reconstitution des perspectives hivernales et estivales pour des points de vue de large fréquentation. En hiver la hauteur de neige cumulée est de l'ordre de 4 à 8 m et joue un effet de masque du microrelief.



Replat de la Mura hiver - existant



Replat de la Mura hiver - projet





Vue depuis le DMC - existant



Vue depuis le DMC - projet

Vue depuis le DMC - existant



Vue depuis le DMC - projet



Vue depuis la piste Jandri 4 - existant



Vue depuis la piste Jandri 4 - projet



panoramique estival depuis le Jandri - existant



panoramique estival depuis le Jandri - projet



2-3• Mesures de réduction en phase chantier

« L'essentiel des mesures proposées au chapitre 8.2 relève du déroulement des travaux, mais ne constitue pas des mesures de réduction en phase travaux.

La délimitation par rubalise des espèces sensibles et/ou protégées est bien une mesure de réduction en phase chantier, de même que la proposition de transférer temporairement les pierres supports de diatomées depuis la Mura vers le lac de Serre Palas. Ce transfert semble toutefois aléatoire, il conviendrait de préciser la méthode utilisée et le planning des prélèvements. En cas d'utilisation du lac de Serre Palas (à la place ou en complément de la Mura), cette mesure ne serait plus possible.

Au regard de la présence de l'espèce Écaille du Cervin, un inventaire de l'espèce avant travaux devrait être réalisé afin de déplacer l'espèce (chrysalides notamment) si besoin. Ce travail doit être conduit avec des spécialistes de l'espèce.

L'impact du chantier sera important compte tenu des nombreux minages et du volume des déblais et remblais. Il conviendrait de stocker les déblais sur des zones déjà anthropisées et contiguës. Sans cela les zones de stockage, décrites comme temporaires, ajouteront encore des surfaces d'habitat détruites. Les zones de stockage devraient être définies préalablement à l'autorisation, de même que l'espace de stockage des engins, du matériel et des bâtiments de chantier. »

Diatomées, micro algues

Les « pierres vivantes » constituées par des petits blocs de taille décimétrique que l'on peut observer dans les mares temporaires les plus profondes et qui connaissent la mise en eau la plus longue seront prélevées manuellement et déposées à plat dans des bennes avant un transport immédiat vers le lac de Serre Plas situé à quelques centaines de mètres.

Elles seront déposées — manuellement — cote à cote dans le lac avec la face recouverte d'algues et de diatomées orientée vers le haut.

La même manipulation sera réalisée en sens inverse le premier été après la mise en eau de la retenue. Ces pierres seront déposées entre 50 cm et 1 m de la surface sur la berge orientée au Sud.



Écaille du Cervin — état des lieux

Un état des lieux concernant l'Écaille du Cervin, *Chelis cervini* sera confié à l'association Flavia —Ape qui a mis en évidence sa présence sur ce site « Nouvelle observation d'*Holoarctia cervini* (Fallou, 1862) en Oisans (Isère). État des lieux sur la répartition française (Lepidoptera Arctiidae) —Yann Baillet et Grégory Guicherd —Oreina —avril 2008 ».

Il s'agit d'une espèce relicte glaciaire qui vit aux abords des glaciers, principalement entre 2600 m et 3200 m. Les chenilles, polyphages, se développent lentement en deux, voire trois ans, sur la végétation clairsemée des pierriers et des moraines. Comme d'autres espèces d'Arctiidae de haute altitude, la nymphose a lieu sous les petites pierres, ainsi que l'accouplement puis la ponte. L'adulte vole de juillet à août, période durant laquelle tous les stades du développement peuvent être observés.

Ce travail sera réalisé l'année avant le début des travaux de terrassement afin d'évaluer la population de *Chelis cervini* sur le site du plateau de la Mura. Pour cela, un protocole sera rédigé et mis en place afin de normer les relevés et de les comparer dans le temps.

Ainsi, l'état zéro permettra lors des suivis ultérieurs de comparer et d'évaluer l'impact du projet sur l'espèce. En complément, un inventaire de *Chelis cervini* sur l'emprise des travaux du chantier sera effectué afin de déplacer les individus sur des mailles suivies propices à leur épanouissement.



Imago de *Chelis cervini*
L'Écaille du Cervin

photo © Daniel Morel

Définition succincte du protocole.

Le protocole ciblera avant tout les stades préimaginaux, œufs, chenilles et chrysalides (faible dispersion et indicateur des zones de reproduction).

Il s'organisera autour d'un échantillonnage de mailles de 100 m² intersectant le milieu de vie de l'espèce. Ces mailles seront tirées au hasard et le nombre de mailles inventoriées sera représentatif (estimation du nombre de mailles entre 70 et 100).

Cela permettra d'évaluer statistiquement la taille de la population ainsi que d'autres paramètres bioécologiques. On notera que la zone d'emprise du projet sera exclue de la zone protocolée. L'échantillonnage aura lieu de mi-juin à fin août en fonction des conditions climatiques.

Déplacement de *Chelis cervini* hors zones impactées par le projet.

Un des objectifs est de limiter l'impact sur la population de *Chelis cervini*, pour cela un inventaire et un déplacement des individus observés sur l'emprise du projet seront systématiquement effectués.

Les individus seront « stockés » dans des boîtes codifiées afin de conserver une traçabilité (géolocalisation source, dénombrement, etc.).

Cela permettra lors du relâché, d'évaluer, sur des mailles suivies, la réussite du déplacement.

Écaille du Cervin — suivi de la population

Un suivi sur 10 ans de cette espèce sera également confié à l'association Flavia — Ape.

Année N+1 après travaux

Ce travail sera effectué l'année après la fin des travaux. Il permettra d'évaluer l'impact de ces travaux sur la population de *Chelis cervini* ainsi que de définir un état zéro de la digue externe de la retenue pour une potentielle recolonisation par l'espèce (la colonisation de l'espèce sera certainement corrélée avec le développement de la végétation).

Le suivi de la population s'appuiera sur le protocole mis en place avant travaux. Il se focalisera sur les mailles identifiées lors du premier relevé en incluant celles sur lesquelles *Chelis cervini* a été déplacée. Cet échantillonnage permettra de comparer les résultats et d'évaluer la résilience de l'espèce sur les mailles où elle a été relâchée et sur celles où elle a été trouvée.

Les mailles sur lesquelles l'espèce n'a pas été observée seront de nouveau échantillonnées afin de voir si dans le temps il y a un déplacement aléatoire de ses sous-populations ou si elles sont « sédentaires ».

Afin d'évaluer la recolonisation de la digue par *Chelis cervini*, des mailles seront positionnées et placées sur les secteurs qui sembleront les plus propices à l'espèce (exposition, typologie du substrat, etc.).

Année N+3 après travaux

Reconduction des protocoles effectués lors de la phase 2.

Année N+6 après travaux

Reconduction des protocoles effectués lors des phases 2 et 3.

Année N+10 après travaux

Reconduction des protocoles effectués lors des phases 2, 3 et 4



Chenille de *Chelis cervini*
L'Écaille du Cervin

photo © Grégory Guicherd



Chrysalide de *Chelis cervini*
L'Écaille du Cervin

photo © Grégory Guicherd

Pour chaque phase, un rapport présenté de la façon suivante pour la phase 1 à 4 sera produit.

- 1— Définition du protocole suivi.
- 2— Résultats des échantillonnages : paramètre des relevés, localisation, dénombrement, liste des espèces inventoriées, etc.
- 3— Analyse et interprétation des résultats.

Pour le rendu de la phase 5, un rapport plus conséquent sera réalisé notamment sur l'analyse et l'interprétation de l'ensemble des résultats. Il s'agit d'une étude novatrice pour cette espèce méconnue, aussi les résultats feront l'objet d'un article dans une publication scientifique afin de présenter les résultats et les connaissances bioécologiques acquises.

Chantier

Les aires de stationnement et de vie du chantier ainsi que le stockage des matériaux extraits qui seront réutilisés pour la réalisation des digues seront positionnées en bordure des pistes terrassées existantes en secteur non naturel.



2-4• Mesures de réduction en phase exploitation

« Les mesures proposées au chapitre 8.3 relèvent de l'exploitation courante, mais ne constituent pas des mesures de réduction en phase d'exploitation.

Les retenues constituent des pièges pour de nombreuses espèces qui ne peuvent pas remonter la digue intérieure. Il convient d'ajouter impérativement plusieurs rampes ou autres dispositifs de remontée de digue pour les espèces entrées ou tombées dans la retenue. Les oiseaux peuvent aussi être concernés avec une impossibilité de décollage sur le plan d'eau pour certains. »

Effectivement, comme pour la majorité des retenues d'altitude, l'étanchéité sera réalisée au moyen d'une membrane PVC.

Pour les retenues où la membrane est en contact avec l'eau, la pente et le caractère lisse de ce matériel constituent des obstacles infranchissables pour la faune ou pour des humains qui pourraient tomber à l'eau et ces ouvrages sont dotés çà et là de dispositifs spécifiques — échelles de sécurité, échelles à rongeur — pour permettre leur remontée.



échelle de sécurité

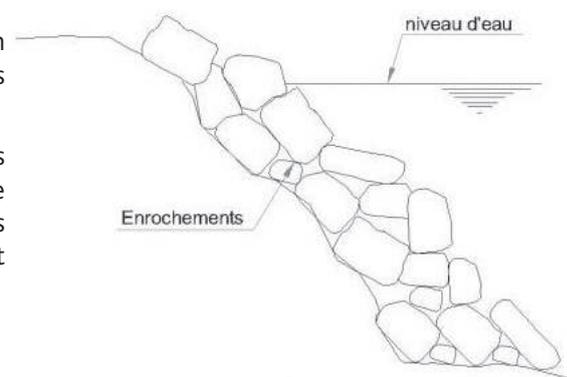


échelle à rongeur

Pour le cas de la retenue de la Mura, il est indispensable de protéger la membrane de l'effondrement de la couche de glace importante qui se formera en surface du lac.

Il est donc prévu une couche de confinement en enrochement de l'ordre 0,40 m d'épaisseur avec les matériels issus du minage.

La présence de ces blocs rocheux offre des aspérités sur les pentes du bassin autorisant une remontée aisée pour les espèces animales — habituées à des déplacements en milieu rocheux — qui fréquentent cet espace ou pour des humains.



2-5• Mesures d'accompagnement

« Sur la proposition de végétalisation des sols après travaux, compte tenu du milieu et du climat, il serait inutile d'apporter des semences commerciales inadaptées et qui ne pousseraient pas sur le site. L'usage de semences pourrait apporter plus d'inconvénients que d'avantages. »

En page 136 de l'étude d'impact, il est indiqué « Retenue : En raison du caractère minéral du site, il n'y aura pas de reverdissement artificiel des talus. »

En revanche, page 129 pour ce qui concerne les réseaux d'enneigement il est proposé un reverdissement ultérieurement aux travaux de pose des conduites. « Les reverdissements présents sur les pistes au niveau de l'emprise des tranchées et aux abords immédiats seront pour partie supprimés. ... Après les travaux, les zones terrassées seront reverdies avec un mélange d'espèces adaptées aux conditions d'exposition et d'altitude pour reconstituer la strate herbacée, assurer l'intégration de l'aménagement et sa qualité en période estivale. Les réhabilitations des terrassements seront conduites selon le schéma habituel défini par l'IRSTEA pour s'assurer de la meilleure reprise et entretenues pendant deux à trois ans. »

Les travaux de reverdissements proposés ne concernent que les zones — aujourd'hui végétalisées — de pistes où seront enterrées les conduites du réseau d'enneigement et en aucun cas les talus de la retenue situés en secteur minéral où un reverdissement outre sa faible possibilité de succès compte tenu de l'altitude serait de plus incongru sur un plan paysager.

2-6• Dispositifs de suivi

« Il convient de rappeler que tout dispositif de suivi doit être rattaché à une mesure définie dans la séquence ERC, ce qui n'est pas le cas dans le dossier. En effet, l'objectif d'un suivi est bien d'évaluer l'efficacité d'une mesure précise.

La mesure de réduction relative à *Chelis cervini* (l'écaille du Cervin) devrait s'accompagner d'un suivi de la population sur le site de la Mura. Ce suivi pourrait se dérouler sur douze ans, à raison d'un inventaire tous les deux ans. En cas de présence de matériel génétique utilisable (chrysalide, individu mort) il serait intéressant de conduire une étude génétique pour déterminer si cette espèce de l'Oisans est une espèce à part entière ou une sous-espèce alpine.

Les mesures de compensation pour maintenir et favoriser l'alimentation en eau sur le versant devraient s'accompagner de relevés sur l'état des mares. Un échantillon de quelques mares pourrait être défini, avec un inventaire sur douze ans, à raison d'un inventaire tous les deux ans. Des relevés de diatomées et de micro-invertébrés seraient adaptés. »

Chelis cervini

Un projet d'étude génétique est envisagé et en cours de formalisation avec Flavia appuyé par une chercheuse du LECA.

Cette étude pourrait débuter à l'été 2020 (prélèvement de 5 individus) avec un génotypage en automne 2020 et l'analyse des données au premier semestre 2021.

Pour réaliser cette analyse, des prélèvements d'individus dans les quatre autres populations connues sont nécessaires (Suisse, Italie et Autriche). Ainsi, les délais seront en fonction des capacités de capture par des lépidoptéristes confirmés de ces pays ou si ce n'est pas possible, par les membres de Flavia ce qui entrainerait un décalage du planning d'1 an.

Cette étude permettra de déterminer s'il s'agit d'une sous-espèce de *Chelis cervini* ou d'une espèce endémique originale.

Microfaune aquatique

Un projet d'étude est envisagé, mais il n'a pas encore été trouvé de structure apte à réaliser un protocole scientifique irréfutable.

3 — Impacts paysager

« Le projet de retenue est situé en bordure extérieure du domaine skiable. Cette bordure correspond à un plateau légèrement en pente comprenant de nombreuses petites cuvettes et mares. Ces mares de la Mura constituent une des dernières zones "naturelles" du secteur. L'ouvrage occupera une surface de 4,25 ha avec une digue de 16 m de hauteur sur son côté Sud. La pente de la digue sera de 50 %. Sur ce relief particulièrement doux, l'impact paysager de l'ouvrage sera particulièrement imposant et visible de loin (cf. cartes de visibilité réalisées à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN) :

- au niveau du massif, la retenue et/ou la digue seront particulièrement visibles depuis le cœur du Parc National des Écrins, notamment depuis les vallons de la Lavey, de la Mariande et de l'Alpe du Pin. À moindre mesure, la retenue sera visible depuis certains sommets (peu fréquentés) du vallon de la Selle. Selon l'altitude, le plan d'eau et/ou seulement la digue seront visibles ;

- au niveau de la station de ski, l'impact paysager sera majeur, avec une très forte visibilité depuis la gare d'arrivée du Jandri et le départ du funiculaire, points phares de la station. L'impact visuel majeur de la retenue concerne donc l'activité touristique de la station elle-même, c'est pourquoi il est très surprenant qu'aucune analyse de visibilité ni aucun photomontage ne soient présentés au dossier.

La visibilité de l'ouvrage, que ce soit au niveau du massif ou au niveau de la station, présentera un impact paysager "notable" au sens juridique. Or, je constate l'absence totale d'analyse paysagère dans l'étude d'impact. En effet le chapitre 4.4 relatif au paysage expose des définitions théoriques, mais ne traite pas le projet. La construction de la digue devrait s'appuyer sur des garanties d'intégration paysagère pour limiter sa visibilité, notamment en matière d'aspect extérieur (teintes intégrées à l'environnement proche, réverbération des matériaux utilisés, rampe d'évacuation des trop-pleins). Pour cela, des photomontages s'avèrent nécessaires. »

Les sites extérieurs dominants la retenue — implantée à 2800 m — sont forts peu nombreux, difficilement accessibles en dehors de la saison estivale par des alpinistes peu confirmés et éloignés de plusieurs kilomètres à vol d'oiseau. À cette distance la retenue en projet n'apparaîtra que comme un élément d'un paysage lointain dans un domaine skiable équipé sans se distinguer par un aspect incongru dans ce contexte.

Les digues seront constituées à partir des roches extraites in situ pour creuser la dépression. Ces matériels rocheux auront la même tonalité que le substratum rocheux alentour et cette homochromie limitera la perception de la digue qui reste de petite échelle dans ce vaste panorama.

Les visualisations réalisées à l'intérieur du domaine skiable lui-même sur des sites de forte fréquentation accessibles à tous — remontées mécaniques — montrent une bonne discrétion vis-à-vis de paysages qui privilégient les échappées visuelles lointaines vers les lignes de crêtes. cf. supra

4 — Intégration des données naturalistes relatives aux espèces patrimoniales

« Habitats :

Le site de la Mura correspond à un milieu de haute montagne (2 800 m) situé en bordure d'un plateau légèrement incliné vers le Sud. Cette faible pente, combinée à un faciès géologique directement assis sur la roche mère (Gneiss), donne lieu à un réseau important de mares permanentes et temporaires.

Ce réseau ne répond pas aux critères juridiques de définition des zones humides, du fait de la faible présence de végétation hygrophile. Toutefois, la spécificité de ces mares est reconnue, c'est pourquoi le site a fait l'objet d'un enregistrement à l'inventaire départemental des zones humides de plus d'1ha (identifiant 38RD0091). De plus, ces mares sont intégrées dans le type 11 du SDAGE ("plan d'eau isolé, peu profond, en réseau et plus ou moins temporaire"). La spécificité du site a également conduit à désigner la zone en ZNIÉFF de type I (identifiant régional 38 300 028, cf. annexe) et fait également partie d'une zone plus large classée ZNIÉFF de type II (identifiée n° 3830 et indiqué dans le dossier d'étude d'impact).

Il est nécessaire de raisonner à l'échelle de l'emprise du projet puisque les effets induits concernent environ 50 hectares, soit 4,25 hectares de retenue plus 40-45 hectares de bassin versant amont, mais également à l'aval de l'ouvrage (présence de mares qui ne sont pas mentionnées dans le dossier).

Au regard des plans topographiques précis (pages 31, 32 et 33), je constate que l'ouvrage détruit directement une dizaine de mares et coupe l'alimentation en eau pour les mares situées directement à l'aval (SUD) de l'ouvrage. Cette coupure d'alimentation peut être relativisée puisque la retenue comprend deux "étalements de lame d'eau" vers le Sud. Ce dispositif de surverse alimentera donc les mares, mais uniquement en cas de trop-plein de la retenue. De ce fait, il pourrait être intéressant d'ajouter un dispositif d'écoulement vers le Sud non dépendant du trop-plein, afin d'alimenter ces mares.

Un troisième "étalement de lame d'eau" permet de diriger la surverse vers l'Est (Brèche de Saint-Christophe). L'enjeu sur cette zone Est consiste à conserver l'alimentation en eau depuis le versant supérieur. Bien que le dossier ne mentionne pas de dérivation d'eau sur ce versant, il conviendrait que le projet affiche clairement l'absence de toute dérivation future sur cette zone Est.

Ces mares, pour la plupart temporaires se constituent par la fonte de la neige qui remplit une dépression dans le substratum. Avec le soleil et le vent, elles connaissent rapidement une forte évaporation et seules les plus profondes peuvent rester en eau jusqu'à la fin de l'été avec une réalimentation par les apports météoriques.



Elles sont alimentées par la fonte de la neige présente dans les dépressions qu'elles occupent et réalimentées en été par d'éventuels ruissellements issus des bordures de chaque micro dépression.

Sur la forme, certains plans de la retenue présentent trois déversoirs (ou « étalements de lame d'eau ») quand d'autres plans n'en présentent que deux. Il reste donc difficile de connaître le fonctionnement des surverses de la retenue.

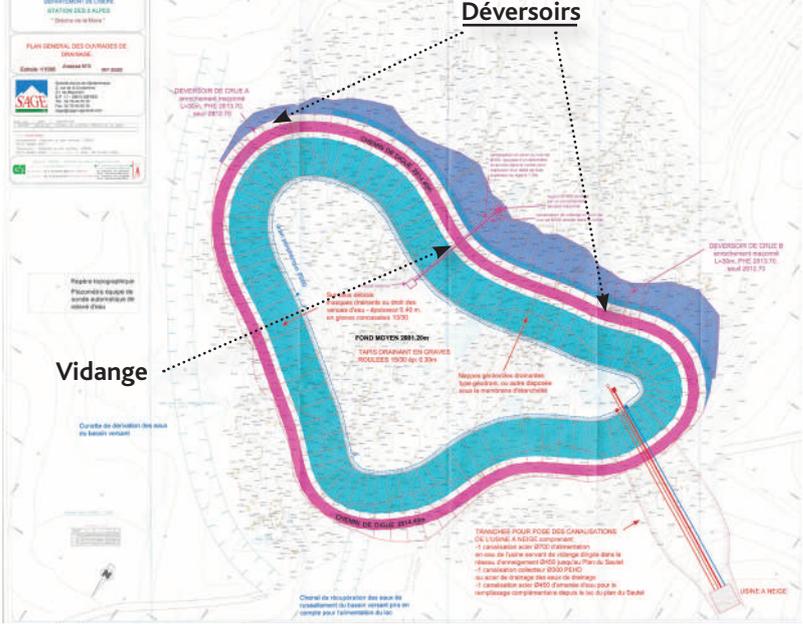
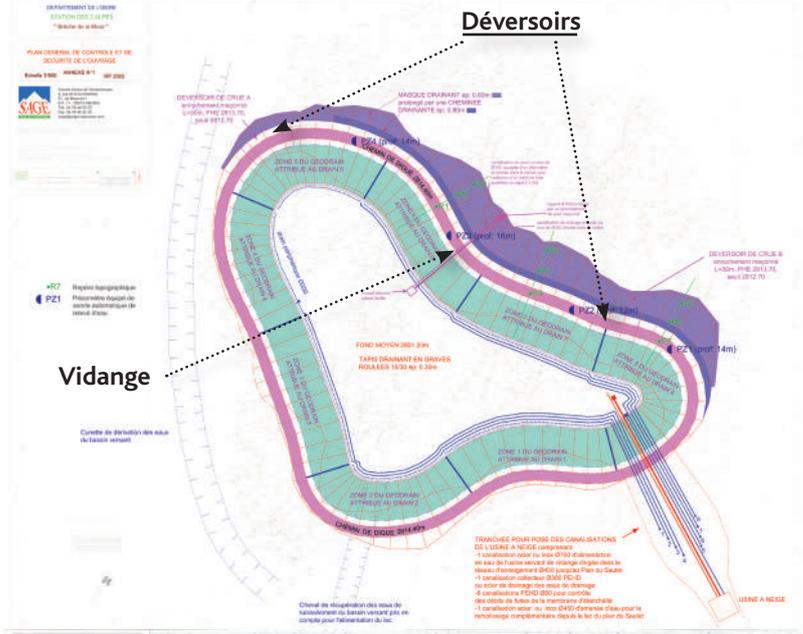
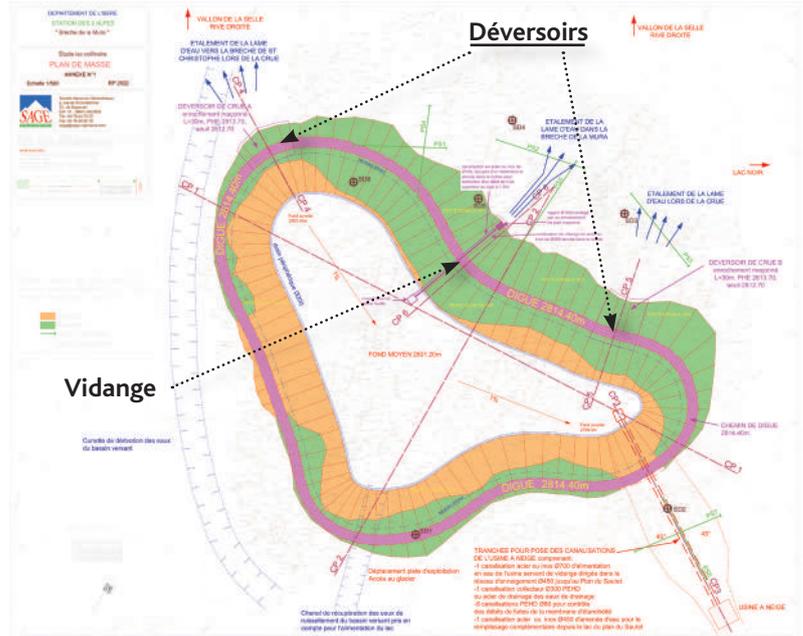
De manière générale, la présence de milieux aquatiques sur le site demanderait de suivre les impacts des prélèvements d'eau sur les mares et les lacs évoqués ci-dessus.

L'habitat du site présente une forte dominance minérale. Il s'agit de l'habitat d'intérêt communautaire n° 8110 (Éboulis siliceux de l'étage montagnard à nival). S'ajoutent sur la Mura des contraintes apportées par le vent (plateau), le froid (altitude) et par la pauvreté du sol (roche mère). Il est donc logique de retrouver sur le site des populations animales et végétales aux traits arctico-alpins.

Les plans présentés dans le dossier depuis l'origine indiquent que cet ouvrage sera doté de deux déversoirs de crues et d'une installation de vidange.

Le dimensionnement de ces deux déversoirs réalisé par P.Y. Fafournoux, a été confirmé à la demande de la DDT par une note technique réalisée par Hydrétudes et présentée en annexe au dossier.

Cette note précise « Le projet prévoit la réalisation de deux déversoirs de crue de 30 m de longueur, offrant une longueur totale déversante de 60 m, pour une hauteur de lame déversante de 1,00 m. Nous validons le dimensionnement des déversoirs de sécurité pour une longueur totale de 60 m et d'une hauteur de 1 m. »



« Espèces »

Le site n'a jamais fait l'objet de prospections ciblées ou complètes. Les relevés du Parc national datent d'un passage en 2008 puis d'un passage en 2018. Ces relevés sont complétés par des observations du Conservatoire Botanique National Alpin (18/08/2010), de l'association des lépidoptéristes FLAVIA et de la LPO. Toutefois, ces données ne sauraient être exhaustives.

Les zones comprenant le plus de mares ont fait l'objet de passages. Toutefois, la majeure partie des 5 hectares concernés par la future retenue n'a pas été prospectée (de la piste du Jandri à la digue Sud de la retenue). Malgré cette très faible prospection, plusieurs espèces remarquables et/ou protégées ont été relevées (cf. cartes). Huit espèces protégées au niveau national ou au niveau européen sont enregistrées, auxquelles s'ajoutent les deux espèces de flore citées dans l'étude d'impact : *Papaver aurantiacum* et *Artemisia umbelliformis*.

Flore :

Trisetum spicatum (L.) K.Richt., 1890

Artemisia eriantha Ten., 1831

Les trois inventaires floristiques successifs réalisés par O. Senn Botaniste spécialiste de la flore d'altitude et J. Dupuy Cime en juillet et en août — période de floraison — sur l'emprise du projet de retenue n'ont pas permis d'observer ces espèces sur l'espace du projet de chantier.

Faune :

Parnassius apollo (Linnæus, 1758)

Lièvre variable

Traquet motteux, Pipit spioncelle, Rougequeue noir, Chocard à bec jaune.

Lors des inventaires sur l'emprise du projet de retenue ces espèces aviennes ont été contactées visuellement mais aucune ne semblait nicheuse sur cet espace relativement dérangé en été — proximité d'une piste empruntée par des véhicules motorisés et passages de promeneurs parfois accompagnés de chiens.

Les chockards en particulier sont en grand nombre aux Deux Alpes comme sur la plupart des domaines skiables et des sites de montagne très fréquentés car cette espèce commensale profite des nombreux déchets et restes de nourriture laissés en hiver comme en été par les visiteurs.

Trois espèces remarquables, mais sans statut de protection, ont été détectées sur les mares de la Mura.

- *Chelis cervini* (Fallou, 1864) ou l'Écaille du Cervin. Il s'agit d'un papillon qui n'est connu que de quelques stations dans l'arc alpin (Millet Y. et Guicherd G., 2008). Le Muséum National d'Histoire Naturelle précise que : "Cette espèce s'observe aux abords des glaciers dans les éboulis, les moraines et les plateaux rocheux généralement exposés au sud, où la végétation y est clairsemée. L'espèce s'observe de l'étage alpin à nival ; en France les quelques stations où l'espèce a été citée sont toutes situées entre 2 700 mètres et 3 500 mètres d'altitude".

Depuis 2008, cette espèce n'a été détectée en France que sur le site de la Mura. L'association lépidoptériste de l'Isère (Flavia) indique en date du 8 octobre 2018 : "Endémique des Alpes, l'écaille du Cervin est extrêmement localisée. En France, la population des Écrins présente un aspect différent des populations des Alpes suisses, italiennes et autrichiennes. De ce fait, l'espèce a été décrite comme une sous-espèce (*Orodemias cervini scriniensis*) lors de sa découverte par Henri Berthet en 1948. Actuellement, le MNHN n'a pas retenu cette sous-espèce du fait de l'absence de recul sur la divergence par rapport aux autres populations. Toutefois, au vu de son isolement, il est possible qu'il s'agisse d'une espèce différente de celle des Alpes centrales. Si cela était le cas, la seule population reproductrice connue à ce jour à l'échelle mondiale serait celle du secteur des lacs de la Mura situés sur la commune des Deux-Alpes. Observée pour la première fois en 2006, l'espèce a été réobservée sur ce secteur en 2018 (deux chenilles, une chrysalide et une dizaine de chrysalides). Par principe de précaution, la conservation de la zone est impérative."

En Suisse, l'espèce est inscrite sur la liste rouge avec le plus haut degré de menace : très élevée. En France, si une liste rouge existait sur les papillons "nocturnes", cette espèce serait classée en danger critique d'extinction, avant-dernier seuil avant l'extinction.

Sur le secteur des lacs de la Mura, d'autres espèces de papillons "nocturnes" sont présentes

Sciadia tenebraria (Sciadie menaçante) ; *Anarta melanopa** (Anarte du Marsault) ;

Elophos unicoloraria (Gnophos concolore) ; *Elophos caelibaria* (Gnophos esseulée).



Ces espèces restent très localisées et peu abondantes. Pour le département de l'Isère, certaines ne sont connues, à ce jour, que dans ce secteur des lacs de la Mura.

Une étude spécifique sur *Chelis Cervini* est programmée dans le cadre de ce projet cf. supra. À l'occasion des recherches ciblées sur l'Écaille du Cervin des inventaires entomologiques seront réalisés à chacune des interventions de Flavia et les autres hétérocères et rhopalocères ou hémiptères qui pourraient se trouver sur le site et ses abords seront recensés.

- Bombus alpinus est un bourdon, qui ne dispose pas de statut réglementaire. En effet, aucune espèce d'hyménoptère n'est protégée à ce jour en France. Cette espèce est classée "VU —, vulnérable" à la fois sur la liste rouge européenne et sur la liste rouge mondiale de l'UICN. Les observations françaises de cette espèce restent extrêmement rares et localisées à proximité des glaciers. Lors d'une prospection de spécialistes internationaux le 30/07/2018, cette espèce a été détectée sur la zone d'implantation du projet. Le site de la Mura dispose donc des données les plus occidentales connues à ce jour. La cartographie de la répartition française et une carte précise du site de la Mura seront disponibles dans le courant de l'hiver 2018-2019.

Cette espèce est observée sur tout le domaine des Deux Alpes et n'est pas inféodée au plateau rocheux de la Mura où la végétation mellifère est rare. Les populations les plus importantes sont observées plus en aval et plus particulièrement dans les prairies d'altitude du vallon de la Selle.

- Lepus timidus ou Lièvre variable. Cette espèce est classée en liste rouge européenne, en liste rouge mondiale UICN et sur la liste rouge française.

Cette espèce pourrait être peu impactée par le projet au regard de sa mobilité. Comme d'autres espèces, la retenue pourra constituer un piège, c'est pourquoi il est impératif de prévoir des dispositifs limitant l'intrusion des animaux. Il convient également de prévoir des dispositifs de sorties du plan d'eau (de type rampes), car les berges du plan d'eau ne peuvent pas être remontées par la faune (les petits mammifères, reptiles et amphibiens restent les plus vulnérables).

Comme il est rappelé supra, la bâche d'étanchéité de la retenue — en raison de la formation de glace — sera confinée afin de la protéger de la chute de blocs acérés à la fonte par la mise en place d'un enrochement interne de 0,40 m d'épaisseur. Si d'aventure des petits mammifères dont le lièvre variable venaient dans la retenue en été, la présence de ces blocs leur permettrait une sortie aisée. À cette altitude et en secteur minéral il n'a pas été observé d'amphibiens.

Les espèces présentées ci-dessus ne font l'objet d'aucune mention dans l'étude d'impact, bien que l'essentiel des données soit disponible auprès du Parc national des Écrins et du CBNA. De plus, la majorité des inventaires figurant au dossier semble dater de près de 10 ans. En matière de méthodologie des inventaires, deux autres éléments peuvent être signalés

- Le site de la Mura comprend toutes les potentialités favorables à Lagopus muta ou Lagopède alpin : vent, froid, altitude. Cet oiseau est qualifié de "relique glaciaire" et le biotope potentiel de cette espèce ne fait aucun doute sur le site. Sa recherche serait assez simple à réaliser en raison de la présence de crottiers.

Le Lagopède alpin, espèce très bien adaptée aux conditions arctiques-alpines, niche régulièrement entre 1900 et 2600 m d'altitude. Ses habitats de reproduction privilégiés sont les versants richement structurés situés au-dessus de la limite de la forêt et offrant de bons abris. Les poules recherchent des couverts herbacés riches et variés pour l'élevage de leurs nichées.



Par ailleurs, une alternance à petite échelle de vallons enneigés, de crêtes venteuses, de petites bandes rocheuses dotées de végétation et d'éboulis, tout comme la présence de perchoirs destinés au chant et au repos, sont importants pour cette espèce.

Le site de la Mura en bordure du domaine skiable est relativement exposé à des dérangements autant en hiver — un lagopède à l'abri dans son igloo peut ressentir les vibrations d'un skieur à une distance de 300 mètres et quittera alors son abri perdant ainsi une grande quantité d'énergie — qu'en été où le passage de chiens les éloignent.

Lors des contrôles environnementaux à venir, une recherche de crottiers sera également diligentée pour vérifier les indices de la présence de l'espèce sur le plateau.

- La pauvreté apparente de ce type de site minéral, vis-à-vis de la flore et de la faune "visibles", aurait dû diriger les inventaires vers les espèces invertébrées, les bryophytes et les lichens. Ces espèces, bien présentes sur ce type d'habitat rocheux, ne font l'objet d'aucune mention dans l'étude d'impact. »

Lors des contrôles environnementaux réalisés dans les mares une analyse de la microfaune invertébrée aquatique a été réalisée et mis en évidence une faible biodiversité avec une prédominance des Chironomidæ (163 taxons sur 180 prélevés).



Liberté • Égalité • Fraternité

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE L'ISÈRE

Direction Départementale des Territoires
Service Environnement

Affaire suivie par : Annick Chifflet/Jean-Baptiste Butin

Tel : 04 56 59 42 26 / 42 52 / 42 82

Fax : 04 56 59 42 49

Courriel : annick.chifflet@isere.gouv.fr

jean-baptiste.butin@isere.gouv.fr

Références : ACH/CG/JBB

Grenoble, le 25 janvier 2019

Le Préfet
à
Monsieur le Maire
48 avenue de la Muzelle
38860 Les Deux Alpes

Objet : Autorisation loi sur l'eau – demande de compléments

Commune : les Deux Alpes

Pétitionnaire : Mairie des Deux Alpes

Travaux : retenue d'altitude pour la neige de culture

Législations visées : Loi sur l'eau (R.214-1 du code de l'environnement), Évaluation
environnementale (R.122-2 et R.122-3 du code de l'environnement)

N° IOTA : 38-2017-00098

L'instruction de votre dossier de demande d'autorisation loi sur l'eau concerne la création d'une retenue d'altitude pour la production de neige de culture dont les références administratives sont les suivantes :

- Date de réception du dossier : 11 mai 2018
- Date de l'accusé de réception du dossier complet : 11 mai 2018
- Date de réception du dossier complété suite à la demande de compléments du 8 août 2018 : 23 octobre 2018
- Numéro d'enregistrement : 38-2017-00098

Suite à l'examen par les services instructeurs des compléments apportés à votre dossier le 23 octobre 2018 est apparue la nécessité de régulariser votre dossier, notamment sur les points suivants :

- l'incidence du projet sur la piézométrie de la nappe du Grand Nord exploitée par deux forages ;
- la prise en compte de la séquence éviter / réduire / compenser ;
- la prise en compte des impacts paysagers ;
- l'intégration des données naturalistes relatives aux espèces patrimoniales présentes sur le site du projet.

Vous trouverez en annexe à ce courrier le détail des compléments attendus concernant votre dossier, avec notamment les extraits des avis formulés par l'Agence Régionale de Santé et le Parc National des Ecrins.

Je vous propose par ailleurs (cf courriel du 10 janvier 2019) d'assister à une réunion dans les locaux de la Direction Départementale des Territoires de l'Isère afin d'échanger sur ce dossier et les compléments à y apporter.

L'ARS, le Parc National des Ecrins ainsi que l'Agence Française pour la Biodiversité de l'Isère seront présents.

Je vous invite à me faire parvenir les éléments évoqués en annexe de ce courrier sous un délai de trois mois afin de pouvoir reprendre l'instruction de votre demande. Le délai d'instruction prévu par l'article R.181-17 du Code de l'Environnement est suspendu jusqu'à la réception de l'intégralité des éléments définis en annexe.

Le service environnement de la Direction Départementale des Territoires de l'Isère, en charge de la police de l'eau, coordonne l'instruction de votre demande et se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous rappelle qu'il vous est interdit de débiter les travaux avant la fin de l'instruction de votre dossier.

Pour le Préfet de l'Isère et par délégation,
La Directrice Départementale des Territoires,
La Chef du Service Environnement,



Clémentine BLIGNY

Copie à :

- ARS
- Parc National des Ecrins
- AFB-SD
- AFB-DR

ANNEXE

au courrier du 21 janvier 2019 relatif à l'instruction du projet de retenue de la Mura

Le projet concerne la construction d'une retenue d'altitude sur la commune des Deux Alpes dans le but de renforcer la production de neige de la station de ski. Cette retenue, d'une capacité maximum de 350 000 m³ sera alimentée par les eaux de fonte des neiges et de ruissellement du bassin versant situé en amont. En années de faible hydraulicité, un pompage complémentaire est envisagé dans le Plan du Sautet (apport maximal d'environ 150 000 m³).

Le dossier a été soumis à étude d'impact. Les remarques et demandes de compléments formulées sur le dossier suite aux conférences administratives sont détaillées ci-après.

Concernant les enjeux relatifs à la loi sur l'eau

- **Périmètres de protection des captages AEP (extrait de l'avis de l'ARS en date du 27/12/2018) :**

« Les compléments présentés n'abordent pas le rôle premier (et prioritaire) de la retenue du Grand Plan du Sautet pour soutenir la piézométrie de la nappe du Grand Nord exploitée par les forages AEP pendant les périodes de fortes consommations hivernales (prélèvement AEP ayant déjà atteint 74 000 m³ pendant les hivers faiblement enneigés ou succédant à des périodes d'étiages sévères des captages principaux des Deux Alpes comme en 2003/2004).

L'incidence des prélèvements supplémentaires (150 000 m³ dans le lac du Grand Plan du Sautet en période automnale pour compléter la retenue d'altitude de la Mura) sur la piézométrie de la nappe du Grand Nord n'est pas analysée et l'engagement de sanctuariser un volume minimum de 50 000 m³ dans le Grand Plan du Sautet ne garantit nullement que la collectivité soit en mesure de sécuriser son besoin d'exploitation des forages du Grand Nord (jusqu'à 80 000 m³/hiver) dans ces conditions défavorables. »

- **Débit réservé**

Vous proposez un débit réservé d'1,3 l/s, correspondant au dixième du module estimé du torrent de la Mura. Vous justifiez cette valeur par le fait qu'elle a notamment été convenue avec l'exploitant de l'exploitation hydroélectrique située en aval sur le torrent du Diable.

Il convient également d'évaluer l'impact de ce débit réservé sur le torrent de la Mura, directement concerné par le prélèvement et de justifier qu'il sera suffisant pour garantir en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces vivant dans ses eaux.

De plus, je vous rappelle que vous devrez être en mesure de restituer et de contrôler le débit réservé toute l'année.

Concernant les enjeux liés au patrimoine naturel et paysagers

- **Séquence Eviter – Réduire – Compenser (extrait de l'avis du Parc National des Ecrins en date du 21 décembre 2018) :**

« Au regard des informations relatives aux habitats, aux espèces et au paysage, au regard de l'enjeu économique important que représente la neige artificielle pour la station des Deux Alpes, une démarche ERC plus rigoureuse aurait pu être mise en œuvre.

Dans la rédaction actuelle du chapitre 8 de l'étude d'impact, l'évitement et la réduction sont mélangés sans logique, que ce soit en phase préparatoire du dossier ou dans les propositions de mesures en phase travaux. Les supports méthodologiques de mise en application de la séquence ERC restent pourtant nombreux.

Mesures d'évitement

Le chapitre 8 ne prévoit pas de mesure d'évitement. Toutefois, on peut lire, dans les compléments envoyés par la suite, que l'exclusion du lac Noir semblerait constituer une mesure d'évitement. Or, le projet a toujours été présenté (depuis 2008) sur le site de la Mura. Le choix de la Mura ne relève donc pas de la recherche d'une autre implantation pour éviter le lac Noir. De plus, le lac Noir a été rejeté d'entrée du fait de problèmes techniques et d'un bassin versant insuffisant pour l'alimentation en eau, alors qu'il est avant tout un site naturel non dégradé dans l'emprise du domaine skiable. Il ne constitue donc pas une alternative d'évitement des impacts qui soit réellement crédible.

Une première option d'évitement à considérer consisterait à déplacer la retenue sur une zone proche et déjà anthropisée. A ce titre, le lac de Serre Palas constitue un bon candidat puisque situé sur une zone fortement anthropisée et dénaturée (lac drainé et intégré pour partie à la piste de ski de Jandri). Le lac est situé environ à la même altitude que la Mura et des infrastructures sont déjà présentes. Il se trouve en bordure de piste et ne nécessite donc pas d'accès supplémentaire. Cette mesure d'évitement demanderait le décalage d'une section de la piste de ski du Jandri, entraînant des travaux de décaissement de roches pour élargir la « rive gauche » de la piste.

Une deuxième option d'évitement consisterait à réaliser un diagnostic sur les volumes d'eau nécessaires. En effet, une retenue d'eau sur le site de Serre Palas serait plus modeste et ne pourrait pas stocker 350 000 m³. Le dossier affiche un besoin de 350 000 m³ d'eau en supplément des 200 000 m³ de la retenue du Sautet, afin de tripler la surface en neige de culture sur la station. Cette estimation de volume d'eau reste la même que celle proposée dans le dossier de 2008. Pourtant, de nombreuses pistes ont été reprofilées depuis dix ans afin de conserver une skiabilité avec un enneigement moindre. Le rendement des enneigeurs a aussi été amélioré. Il conviendrait également de préciser si l'enneigement artificiel sera maintenu avec autant de surface (78,7 hectares) en bas de la station. En effet, compte tenu des températures moyennes en hausse et compte-tenu des scénarios climatiques à ces altitudes (augmentation des précipitations pluviales et non pas neigeuses), la question de l'intérêt de l'enneigement artificiel se pose. D'autres facteurs entrent également en jeu dans la stratégie d'enneigement. Par exemple, l'augmentation des précipitations pluviales en hiver devient la cause majeure de la fonte de neige, obligeant à « canonner » à nouveau. Ce problème d'exploitation se cumule avec le problème du regel nocturne : la neige fondue forme des plaques de gel de plus en plus accidentogènes dès l'ouverture des pistes. L'ensemble des facteurs liés à la neige artificielle aurait dû participer à la définition des volumes d'eau nécessaires et au choix des pistes à « sécuriser ». L'objectif du projet étant de « sécuriser » 71 % de l'ensemble du domaine skiable, convient-il alors de parler de sécurisation ou de couverture quasi-systématique du domaine, sans hiérarchisation des pistes prioritaires ?

Mesures de réduction

La mesure d'évitement décrite ci-dessus pourrait s'avérer insuffisante au regard des impacts mais aussi de l'objectif de garantie des besoins en eau si les estimations restaient dans les volumes annoncés. Il serait alors intéressant de combiner les deux sites de Serre Palas et de la Mura au lieu de concentrer le stockage sur une seule et grande retenue à la Mura. Dans le cas d'une réduction de 40 à 50 % de la surface du projet sur la Mura, les impacts environnementaux seraient très fortement réduits : sauvegarde de plusieurs mares détruites dans le projet actuel, meilleure préservation des mares inférieures au Sud et à l'Est de l'ouvrage, gain fort en matière d'impact paysager depuis la station elle-même et depuis le cœur du parc national. En maintenant une capacité de stockage conforme aux attentes du porteur de projet, l'utilisation de deux retenues permettrait de réduire significativement les impacts sur les milieux naturels. Des scénarios de réduction devraient également concerner les durées d'enneigement et les surfaces, piste par piste, notamment à basse altitude et dans les zones très ensoleillées. Ces scénarios pourraient permettre de réduire les prélèvements en eau et ainsi la dimension de la taille des (ou de la) retenues collinaires. Avec une retenue plus modeste à la Mura, il y aurait moins de chapelets de mares impactés et un maintien d'habitat plus conséquent pour les

espèces.

La réduction de l'impact paysager de la retenue, même après une diminution de son emprise, reste une mesure essentielle. A ce titre, un travail doit être réalisé sur les modalités de construction de la digue : choix des matériaux, texture et teinte, réverbération, pente extérieure de la digue, etc. Des photomontages doivent être présentés dans le dossier de demande.

Mesures de réduction en phase chantier

L'essentiel des mesures proposées au chapitre 8.2 relève du déroulement des travaux mais ne constitue pas des mesures de réduction en phase travaux.

La délimitation par rubalise des espèces sensibles et/ou protégées est bien une mesure de réduction en phase chantier, de même que la proposition de transférer temporairement les pierres supports de diatomées depuis la Mura vers le lac de Serre Palas. Ce transfert semble toutefois aléatoire, il conviendrait de préciser la méthode utilisée et le planning des prélèvements. En cas d'utilisation du lac de Serre Palas (à la place ou en complément de la Mura), cette mesure ne serait plus possible.

Au regard de la présence de l'espèce Ecaille du Cervin, un inventaire de l'espèce avant travaux devrait être réalisé afin de déplacer l'espèce (chrysalides notamment) si besoin. Ce travail doit être conduit avec des spécialistes de l'espèce.

L'impact du chantier sera important compte-tenu des nombreux minages et du volume des déblais et remblais. Il conviendrait de stocker les déblais sur des zones déjà anthropisées et contiguës. Sans cela les zones de stockage, décrites comme temporaires, ajouteront encore des surfaces d'habitat détruites. Les zones de stockage devraient être définies préalablement à l'autorisation, de même que l'espace de stockage des engins, du matériel et des bâtiments de chantier.

Mesures de réduction en phase exploitation

Les mesures proposées au chapitre 8.3 relèvent de l'exploitation courante mais ne constituent pas des mesures de réduction en phase d'exploitation.

Les retenues constituent des pièges pour de nombreuses espèces qui ne peuvent pas remonter la digue intérieure. Il convient d'ajouter impérativement plusieurs rampes ou autres dispositifs de remontée de digue pour les espèces entrées ou tombées dans la retenue. Les oiseaux peuvent aussi être concernés avec une impossibilité de décollage sur le plan d'eau pour certains.

Mesures de compensation

L'étude d'impact conclut que les mesures d'évitement et de réduction suffisent au regard de l'impact décrit et des enjeux. En conséquence aucune mesure de compensation n'est proposée. Il convient de préciser que la réalisation d'un inventaire de toutes les zones humides de la commune est une disposition du SAGE et ne constitue pas en tant que tel une mesure de compensation.

Au regard de la destruction de mares et de « l'espace de bon fonctionnement » du réseau de mares (disposition 6A-01 du SDAGE, voir également la note technique SDAGE mesures compensatoires zones humides chapitre 2.2.1), des mesures de compensation pourraient consister à favoriser l'alimentation en eau sur le versant de la Mura. Afin de compenser le blocage des écoulements par l'ouvrage de la Mura, un dispositif d'écoulement doit permettre d'alimenter les mares situées au contact Sud et Est de la retenue. Ce dispositif doit être indépendant de la sur-verse temporaire de la retenue.

De manière générale, l'ensemble du bassin versant supérieur à la Brèche de St-Christophe doit conserver une bonne alimentation en eau. Il convient donc de préciser si des cunettes ou autres dispositifs de dérivation de l'eau sont en place actuellement du fait de l'exploitation de la station. Le cas échéant, il faudrait procéder à leur retrait. Toute mesure relative à « l'espace de bon fonctionnement » du réseau des mares est à mettre en œuvre.

Enfin, si la retenue de la Mura seule était maintenue, il conviendrait alors de mettre en place une mesure de compensation pour le lac de Serre Palas lui-même. Bien que ce lac soit déjà dénaturé, il constitue en effet une masse d'eau dont l'alimentation sera court-circuitée par la dérivation de

l'eau vers la Mura.

Mesures d'accompagnement

Sur la proposition de végétalisation des sols après travaux, compte tenu du milieu et du climat, il serait inutile d'apporter des semences commerciales inadaptées et qui ne pousseraient pas sur le site. L'usage de semences pourrait apporter plus d'inconvénients que d'avantages.

Dispositifs de suivi

Il convient de rappeler que tout dispositif de suivi doit être rattaché à une mesure définie dans la séquence ERC, ce qui n'est pas le cas dans le dossier. En effet, l'objectif d'un suivi est bien d'évaluer l'efficacité d'une mesure précise.

La mesure de réduction relative à *Chelis cervini* (l'écaille du Cervin) devrait s'accompagner d'un suivi de la population sur le site de la Mura. Ce suivi pourrait se dérouler sur douze ans, à raison d'un inventaire tous les deux ans. En cas de présence de matériel génétique utilisable (chrysalide, individu mort) il serait intéressant de conduire une étude génétique pour déterminer si cette espèce de l'Oisans est une espèce à part entière ou une sous-espèce alpine.

Les mesures de compensation pour maintenir et favoriser l'alimentation en eau sur le versant devraient s'accompagner de relevés sur l'état des mares. Un échantillon de quelques mares pourrait être défini, avec un inventaire sur douze ans, à raison d'un inventaire tous les deux ans. Des relevés de diatomées et de micro-invertébrés seraient adaptés. »

- **Impacts paysagers (extrait de l'avis du Parc National des Ecrins en date du 21 décembre 2018) :**

« Le projet de retenue est situé en bordure extérieure du domaine skiable. Cette bordure correspond à un plateau légèrement en pente comprenant de nombreuses petites cuvettes et mares. Ces mares de la Mura constituent une des dernières zones « naturelles » du secteur. L'ouvrage occupera une surface de 4,25 ha avec une digue de 16 m de hauteur sur son côté Sud. La pente de la digue sera de 50 %. Sur ce relief particulièrement doux, l'impact paysager de l'ouvrage sera particulièrement imposant et visible de loin (cf. cartes de visibilité réalisées à partir du modèle numérique de terrain de l'IGN) :

– au niveau du massif, la retenue et/ou la digue seront particulièrement visibles depuis le cœur du Parc National des Ecrins, notamment depuis les vallons de la Lavey, de la Mariande et de l'Alpe du Pin. A moindre mesure, la retenue sera visible depuis certains sommets (peu fréquentés) du vallon de la Selle. Selon l'altitude, le plan d'eau et/ou seulement la digue seront visibles ;

– au niveau de la station de ski, l'impact paysager sera majeur, avec une très forte visibilité depuis la gare d'arrivée du Jandri et le départ du funiculaire, points phares de la station. L'impact visuel majeur de la retenue concerne donc l'activité touristique de la station elle-même, c'est pourquoi il est très surprenant qu'aucune analyse de visibilité ni aucun photomontage ne soient présentés au dossier.

La visibilité de l'ouvrage, que ce soit au niveau du massif ou au niveau de la station, présentera un impact paysager « notable » au sens juridique. Or, je constate l'absence totale d'analyse paysagère dans l'étude d'impact. En effet le chapitre 4.4 relatif au paysage expose des définitions théoriques mais ne traite pas le projet. La construction de la digue devrait s'appuyer sur des garanties d'intégration paysagère pour limiter sa visibilité, notamment en matière d'aspect extérieur (teintes intégrées à l'environnement proche, réverbération des matériaux utilisés, rampe d'évacuation des trop pleins). Pour cela, des photomontages s'avèrent nécessaires. »

- **Intégration des données naturalistes relatives aux espèces patrimoniales (extrait de l'avis du Parc National des Ecrins en date du 21 décembre 2018) :**

« Habitats

Le site de la Mura correspond à un milieu de haute montagne (2 800 m) situé en bordure d'un plateau légèrement incliné vers le Sud. Cette faible pente, combinée à un faciès géologique directement assis sur la roche mère (Gneiss), donne lieu à un réseau important de mares permanentes et temporaires.

Ce réseau ne répond pas aux critères juridiques de définition des zones humides, du fait de la faible présence de végétation hygrophile. Toutefois, la spécificité de ces mares est reconnue, c'est pourquoi le site a fait l'objet d'un enregistrement à l'inventaire départemental des zones humides de plus d'1 ha (identifiant 38RD0091). De plus, ces mares sont intégrées dans le type 11 du SDAGE (« plan d'eau isolé, peu profond, en réseau et plus ou moins temporaire »). La spécificité du site a également conduit à désigner la zone en ZNIEFF de type I (identifiant régional 38 300 028, cf.annexe) et fait également partie d'une zone plus large classée ZNIEFF de type II (identifiée n° 3830 et indiqué dans le dossier d'étude d'impact).

Il est nécessaire de raisonner à l'échelle de l'emprise du projet puisque les effets induits concernent environ 50 hectares, soit 4.25 hectares de retenue plus 40-45 hectares de bassin versant amont mais également à l'aval de l'ouvrage (présence de mares qui ne sont pas mentionnées dans le dossier).

Au regard des plans topographiques précis (pages 31, 32 et 33), je constate que l'ouvrage détruit directement une dizaine de mares et coupe l'alimentation en eau pour les mares situées directement à l'aval (SUD) de l'ouvrage. Cette coupure d'alimentation peut être relativisée puisque la retenue comprend deux « étalements de lame d'eau » vers le Sud. Ce dispositif de sur-verse alimentera donc les mares, mais uniquement en cas de trop plein de la retenue. De ce fait, il pourrait être intéressant d'ajouter un dispositif d'écoulement vers le Sud non dépendant du trop plein, afin d'alimenter ces mares.

Un troisième « étalement de lame d'eau » permet de diriger la sur-verse vers l'Est (Brèche de Saint-Christophe). L'enjeu sur cette zone Est consiste à conserver l'alimentation en eau depuis le versant supérieur. Bien que le dossier ne mentionne pas de dérivation d'eau sur ce versant, il conviendrait que le projet affiche clairement l'absence de toute dérivation future sur cette zone Est.

Sur la forme, certains plans de la retenue présentent trois déversoirs (ou « étalements de lame d'eau ») quand d'autres plans n'en présentent que deux. Il reste donc difficile de connaître le fonctionnement des sur-verses de la retenue.

De manière générale, la présence de milieux aquatiques sur le site demanderait de suivre les impacts des prélèvements d'eau sur les mares et les lacs évoqués ci-dessus.

L'habitat du site présente une forte dominance minérale. Il s'agit de l'habitat d'intérêt communautaire n°8110 (Éboulis siliceux de l'étage montagnard à nival). S'ajoutent sur la Mura des contraintes apportées par le vent (plateau), le froid (altitude) et par la pauvreté du sol (roche mère). Il est donc logique de retrouver sur le site des populations animales et végétales aux traits artico-alpins.

Espèces

Le site n'a jamais fait l'objet de prospections ciblées ou complètes. Les relevés du Parc national datent d'un passage en 2008 puis d'un passage en 2018. Ces relevés sont complétés par des observations du Conservatoire Botanique National Alpin (18/08/2010), de l'association des lépidoptéristes FLAVIA et de la LPO. Toutefois, ces données ne sauraient être exhaustives. Les zones comprenant le plus de mares ont fait l'objet de passages. Toutefois, la majeure partie des 5 hectares concernés par la future retenue n'a pas été prospectée (de la piste du Jandri à la digue Sud de la retenue). Malgré cette très faible prospection, plusieurs espèces remarquables et/ou protégées ont été relevées (cf. cartes). Huit espèces protégées au niveau national ou au niveau européen sont enregistrées, auxquelles s'ajoutent les deux espèces de flore citées dans l'étude d'impact : *Papaver auranthiacum* et *Artemisia umbelliformis*.

Flore :

Trisetum spicatum (L.) K.Richt., 1890
Artemisia eriantha Ten., 1831

Faune :

Parnassius apollo (Linnaeus, 1758)

Lièvre variable

Traquet motteux, Pipit spioncelle, Rougequeue noir, Chocard à bec jaune.

Trois espèces remarquables, mais sans statut de protection, ont été détectées sur les mares de la Mura :

– *Chelis cervini* (Fallou, 1864) ou l'Écaille du Cervin. Il s'agit d'un papillon qui n'est connu que de quelques stations dans l'arc alpin (Baillet Y. et Guicherd G., 2008). Le Muséum National d'Histoire Naturelle précise que : « Cette espèce s'observe aux abords des glaciers dans les éboulis, les moraines et les plateaux rocheux généralement exposés au sud, où la végétation y est clairsemée. L'espèce s'observe de l'étage alpin à nival ; en France les quelques stations où l'espèce a été citée sont toutes situées entre 2 700 mètres et 3 500 mètres d'altitude ».

Depuis 2008, cette espèce n'a été détectée en France que sur le site de la Mura. L'association lépidoptériste de l'Isère (Flavia) indique en date du 8 octobre 2018 : « Endémique des Alpes, l'écaille du Cervin est extrêmement localisée. En France, la population des Écrins présente un aspect différent des populations des Alpes suisses, italiennes et autrichiennes. De ce fait, l'espèce a été décrite comme une sous-espèce (*Orodemias cervini scrinienensis*) lors de sa découverte par Henri Berthet en 1948. Actuellement, le MNHN n'a pas retenu cette sous-espèce du fait de l'absence de recul sur la divergence par rapport aux autres populations. Toutefois, au vu de son isolement, il est possible qu'il s'agisse d'une espèce différente de celle des Alpes centrales. Si cela était le cas, la seule population reproductrice connue à ce jour à l'échelle mondiale serait celle du secteur des lacs de la Mura situés sur la commune des Deux-Alpes. Observée pour la première fois en 2006, l'espèce a été ré-observée sur ce secteur en 2018 (deux chenilles, une chrysalide et une dizaine de chrysalides). Par principe de précaution, la conservation de la zone est impérative. »

En Suisse, l'espèce est inscrite sur la liste rouge avec le plus haut degré de menace : très élevée. En France, si une liste rouge existait sur les papillons « nocturnes », cette espèce serait classée en danger critique d'extinction, avant-dernier seuil avant l'extinction.

Sur le secteur des lacs de la Mura, d'autres espèces de papillons « nocturnes » sont présentes :

Sciadla tenebraria (Sciadie menaçante) ;

*Anarta melanopa** (Anarte du Marsault) ;

Elophos unicoloria (Gnophos concolore) ;

Elophos caelibaria (Gnophos esseulée).

Ces espèces restent très localisées et peu abondantes. Pour le département de l'Isère, certaines ne sont connues, à ce jour, que dans ce secteur des lacs de la Mura.

– *Bombus alpinus* est un bourdon, qui ne dispose pas de statut réglementaire. En effet, aucune espèce d'hyménoptère n'est protégée à ce jour en France. Cette espèce est classée « VU -, vulnérable » à la fois sur la liste rouge européenne et sur la liste rouge mondiale de l'UICN. Les observations françaises de cette espèce restent extrêmement rares et localisées à proximité des glaciers. Lors d'une prospection de spécialistes internationaux le 30/07/2018, cette espèce a été détectée sur la zone d'implantation du projet. Le site de la Mura dispose donc des données les plus occidentales connues à ce jour. La cartographie de la répartition française et une carte précise du site de la Mura seront disponibles dans le courant de l'hiver 2018-2019.

– *Lepus timidus* ou Lièvre variable. Cette espèce est classée en liste rouge européenne, en liste rouge mondiale UICN et sur la liste rouge française.

Cette espèce pourrait être peu impactée par le projet au regard de sa mobilité. Comme d'autres espèces, la retenue pourra constituer un piège, c'est pourquoi il est impératif de prévoir des

dispositifs limitant l'intrusion des animaux. Il convient également de prévoir des dispositifs de sorties du plan d'eau (de type rampes) car les berges du plan d'eau ne peuvent pas être remontées par la faune (les petits mammifères, reptiles et amphibiens restent les plus vulnérables).

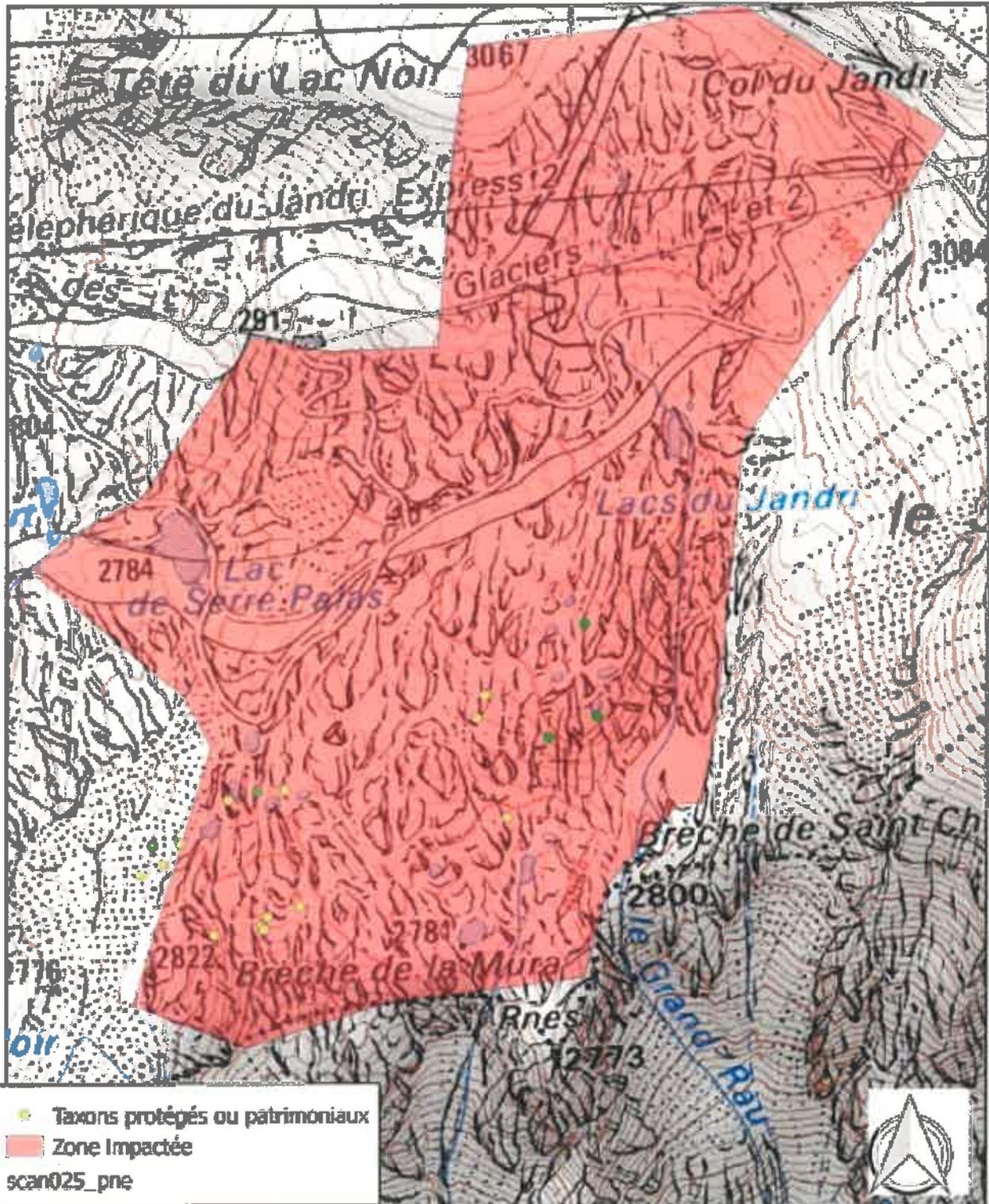
Les espèces présentées ci-dessus ne font l'objet d'aucune mention dans l'étude d'impact, bien que l'essentiel des données soit disponible auprès du Parc national des Ecrins et du CBNA. De plus, la majorité des inventaires figurant au dossier semble dater de près de 10 ans. En matière de méthodologie des inventaires, deux autres éléments peuvent être signalés :

- Le site de la Mura comprend toutes les potentialités favorables à *Lagopus muta* ou Lagopède alpin : vent, froid, altitude. Cet oiseau est qualifié de « relique glaciaire » et le biotope potentiel de cette espèce ne fait aucun doute sur le site. Sa recherche serait assez simple à réaliser en raison de la présence de crottiars.

- La pauvreté apparente de ce type de site minéral, vis-à-vis de la flore et de la faune « visibles », aurait dû diriger les inventaires vers les espèces invertébrées, les bryophytes et les lichens. Ces espèces, bien présentes sur ce type d'habitat rocheux, ne font l'objet d'aucune mention dans l'étude d'impact. »



Données faune Flore Parc National des Ecrins (2008-2018)





RETENUE DE LA MURA

**MÉMOIRE EN RÉPONSE
À LA DEMANDE DE COMPLÉMENTS
DE LA DDT 38**

Demande de compléments de la DDT 38 du 20 juin 2019

Par courrier en date du 20 juin 2019, la DDT38 — service instructeur de la demande d'autorisation au titre de la Loi sur l'Eau du projet d'une retenue d'altitude sur le site de la Mura en vue de l'approvisionnement du système de production de neige de culture du domaine skiable des 2Alpes — a transmis au pétitionnaire les demandes de précisions formulées suite à l'examen le 3 mai 2019 par les services instructeurs de la note de compléments au dossier.

Nous vous formulons ci-après les éléments de réponse qui concernent les deux points d'interrogation de ce courrier.

1 — Suivi de la population de lagopèdes

« Le lagopède est présent à proximité immédiate du projet. Il appartient comme convenu lors de la réunion du 4 mars 2019, de proposer un protocole de suivi afin d'améliorer la connaissance de l'espèce.

Lagopus muta — état des lieux sur le secteur du Jandri

Un état des lieux concernant le lagopède alpin, *Lagopus muta* sera confié par la commune à une structure spécialisée dans les galliformes de montagne (FDC38, LPO...).

Le Lagopède alpin, *Lagopus muta* fait partie des 19 espèces d'oiseaux inscrites sur les listes rouges de l'UICN.



Vivant entre 1 800 et 3 000 mètres d'altitude et par des températures pouvant aller jusqu'à -35 degrés, cette espèce emblématique des Alpes et des Pyrénées est à la croisée des enjeux entre activités humaines et dérèglement climatique.

Aujourd'hui, les populations de lagopèdes alpins du sud du paléarctique occidental ne se rencontrent plus que dans les grands massifs tels que les Alpes et les Pyrénées et sont isolées les unes des autres.

Son plumage, renouvelé à trois reprises au cours de l'année, lui offre un camouflage performant pour éviter les prédateurs. Mais avec le recul de l'enneigement, les dangers se multiplient. Nichant au sol, elle est également victime du dérangement dû à la surfréquentation humaine de son habitat et subit des dommages artificiellement accrus (chasse, rapaces, renard, chien, pâturage...), qui mettent en péril les nichées.

Le site de la Mura comprend toutes les potentialités d'habitats favorables au Lagopède alpin : vent, froid, altitude.

Cette espèce est connue sur la zone des 2 Alpes qu'elle fréquente (source www.faune-isere.org et BiodivEcrins – PNE).

Sur le secteur de la Mura, il est estimé qu'il y a deux à trois nichées par an.

Ce printemps une poule de lagopède avec jeunes a été identifiée à l'emplacement du projet de retenue (source PN Écrins). Sur les secteurs du lac Noir et du lac Mantel, on estime qu'il y a aussi 2-3 nichées par an.

Ainsi, un état zéro permettra lors des suivis ultérieurs de comparer et d'évaluer l'impact du projet de la retenue sur l'espèce.

Objectifs de la mission confiée

- Connaître l'effectif des mâles chanteurs de lagopède au printemps.
- Connaître la répartition spatiale sur la partie sud du domaine skiable.
- Connaître l'état sanitaire et les effectifs hivernant.
- Connaître les habitats de reproduction et d'hivernage.
- Quantifier l'impact de l'aménagement sur la population de lagopède identifiée ; indication des sensibilités ; proposition de mesures d'atténuation.

Définition succincte du protocole demandé

– *Connaissance de l'effectif.*

Les recensements du lagopède alpin s'organiseront préférentiellement sur méthode de protocole de dénombrement des mâles chanteurs de lagopède alpin décrite par Léonard (1995) (protocole dit OGM observatoire des galliformes de montagne). Elle permet d'obtenir un indice de la densité de mâles sur un secteur donné.

Elle pourra être affinée par un suivi bioacoustique (enregistrement automatique). Cette technique non dérangeante et non invasive par rapport à l'espèce ciblée permet d'avoir des plages d'enregistrement en continu qui permettent de gommer les aléas climatiques et d'augmenter l'échantillonnage temporel.

Les résultats obtenus sont très pertinents, cette technologie permet d'obtenir un nombre d'individus chanteurs précis, car chaque mâle de lagopède a une signature acoustique différente.

Avec cette méthode, l'analyse au cours du temps de l'activité vocale et du nombre d'individus avec des outils fiables et homogènes permettrait de quantifier finement l'impact de l'ouvrage sur la présence des lagopèdes alpins par comparaison avec le site du lac Mantel.

– *Connaissance de la répartition spatiale des habitats de reproduction et d'hivernage*

Très exigeants sur la qualité de leurs habitats, les galliformes dont les lagopèdes utilisent, selon les saisons, des sites qui répondent à leurs besoins vitaux du moment et aux traditions comportementales de leurs populations locales (hivernage, parade, reproduction).

Des travaux de suivi sur le Haut-Giffre ont montré qu'environ 70 % des poules



Balise bioacoustique F. Sebe

de lagopède équipées réalisaient entre 2 à 4 km entre leurs sites de reproduction et d'hivernage (Novoa et al., 2014).

Il sera demandé au titulaire de l'étude ;

- d'orienter les prospections sur les zones de chants, d'hivernage et de regroupement post-nuptiaux
- de définir et localiser les habitats favorables à la reproduction
- de définir et localiser les habitats favorables à l'hivernage (recueil de crottiers et autres indices de présence). La zone pourra être élargie si les premiers résultats mettent en évidence des déplacements de populations hors du périmètre d'étude.
- de définir les densités de population potentielle et de les comparer aux suivis réalisés.

– *Connaissance de l'état sanitaire*

L'examen parasitologique des crottes fraîches de lagopède alpin est intéressant, car il est non invasif et peut être réalisé en toute saison.

Il existe un équilibre hôte-parasite. Celui-ci peut se rompre en cas de baisse de la densité des hôtes (la forte baisse ou augmentation de la charge parasitaire sur l'hôte témoigne d'un dysfonctionnement).

Il serait possible de comparer les résultats obtenus avec ceux des Rousses, du Valbonnais et des Écrins...

– *Quantification de l'impact de l'aménagement*

Un suivi sur 10 ans de cette espèce sera également demandé.

Année N+1 après travaux

Ce travail sera effectué l'année après la fin des travaux. Il permettra d'évaluer l'impact de ces travaux sur les populations identifiées sur le site ou à proximité.

Le suivi de la population s'appuiera sur le même protocole que celui mis en place avant travaux pour obtenir des informations comparables.

Année N+4 après travaux

Reconduction des protocoles.

Année N+10 après travaux

Reconduction des protocoles.

Pour chaque phase, il sera demandé un rapport présenté de la façon suivante :

- 1— Définition du protocole suivi.
- 2— Résultats des échantillonnages.
- 3— Analyse et interprétation des résultats.

Pour le dernier rendu, un rapport plus conséquent (mémoire) sera demandé notamment sur l'analyse et l'interprétation de l'ensemble des résultats sur la période.

2 — Fonctionnement hydraulique

« Le fonctionnement hydraulique sur lequel se situe le projet doit être précisé, comme convenu lors de la réunion du 4 mars 2019 également. La surface drainée afin d'alimenter la retenue est à évaluer et à cartographier.

Cette carte fera figurer les mares impactées et non impactées par le drainage. Il est attendu que vous démontriez que la partie Est du projet ne sera pas impactée par l'alimentation en eau de la retenue et que vous évaluiez la perte d'alimentation du bassin versant du lac de Serre-Palas. »

Ces mares de formes variables dans le temps sont pour la plupart temporaires et se constituent par la fonte de la neige qui remplit une dépression dans le substratum.



mare pleine - juillet

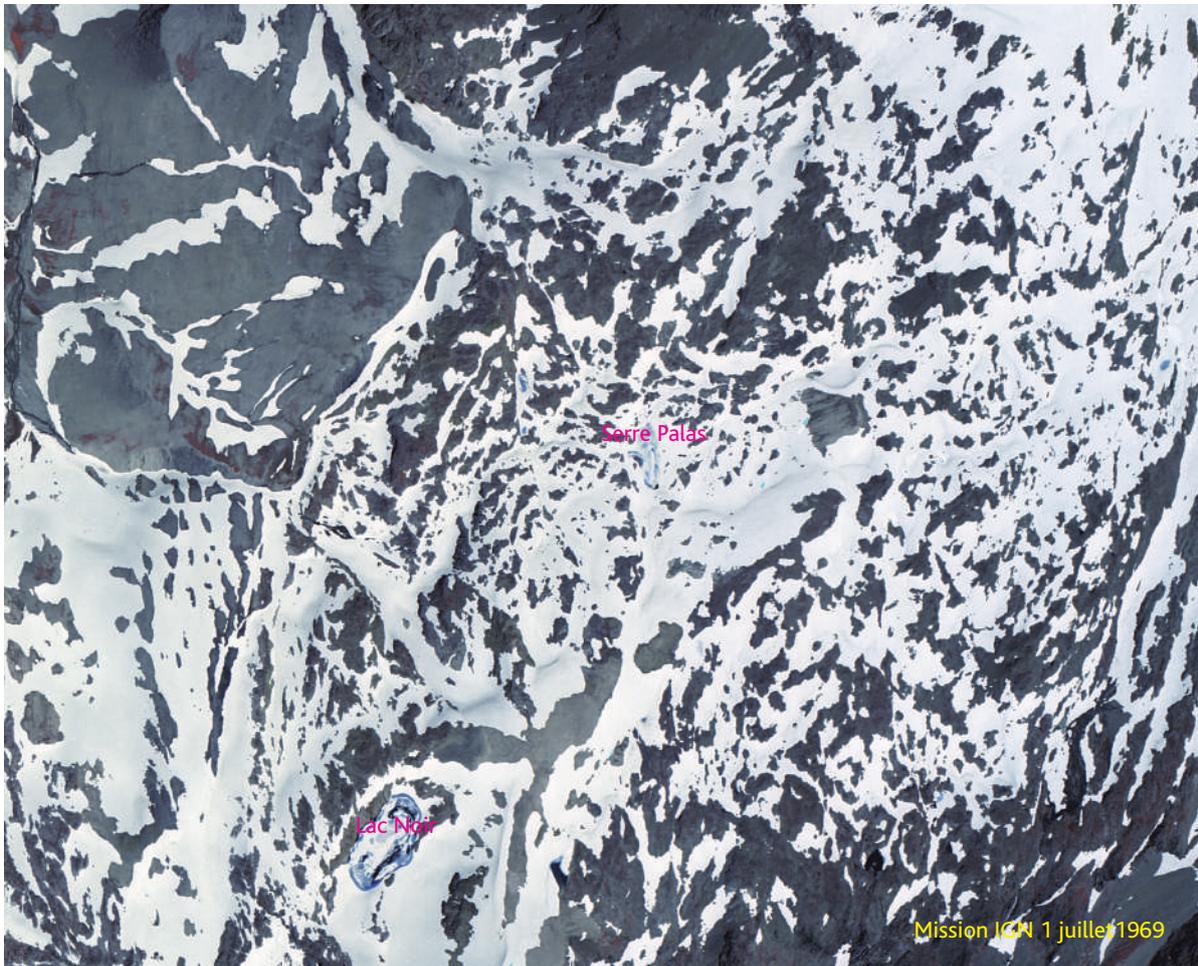
Avec le soleil et le vent, elles connaissent rapidement une forte évaporation et seules les plus profondes peuvent rester en eau jusqu'à la fin de l'été avec une réalimentation par les apports météoriques dans chaque micro dépression.

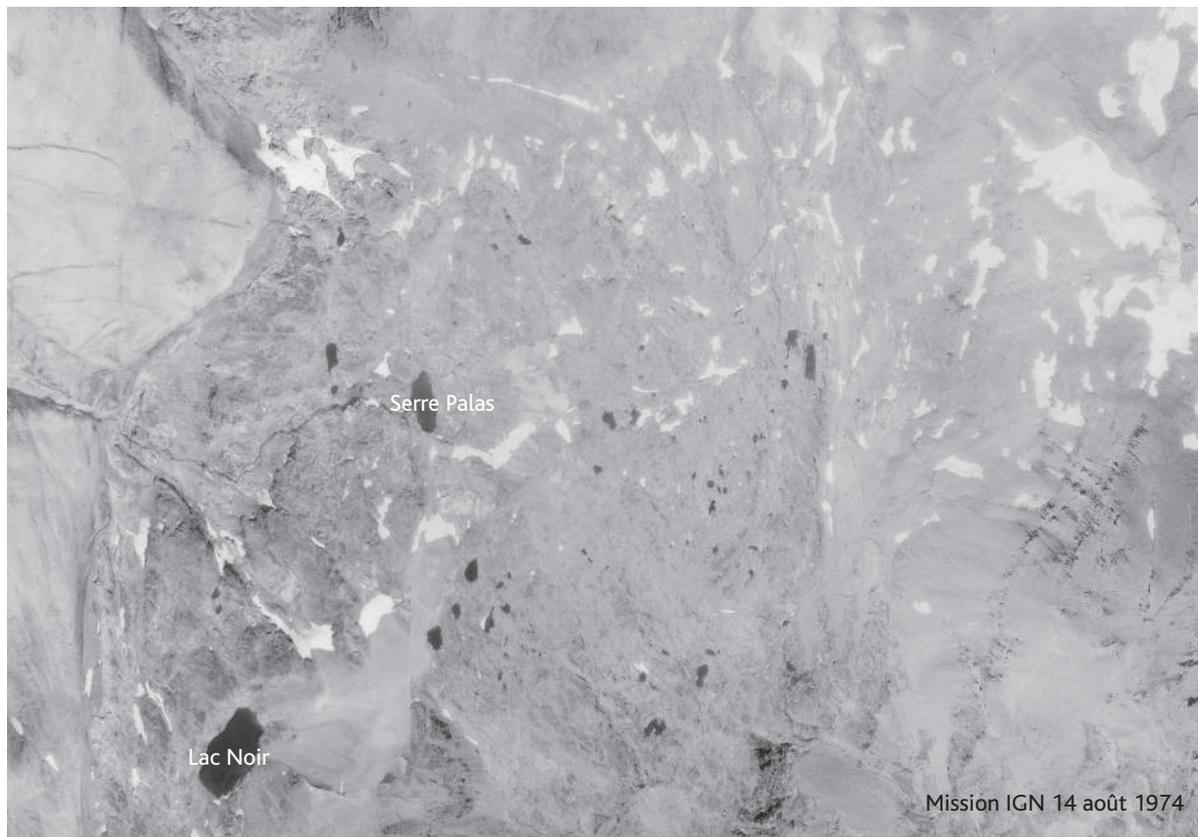
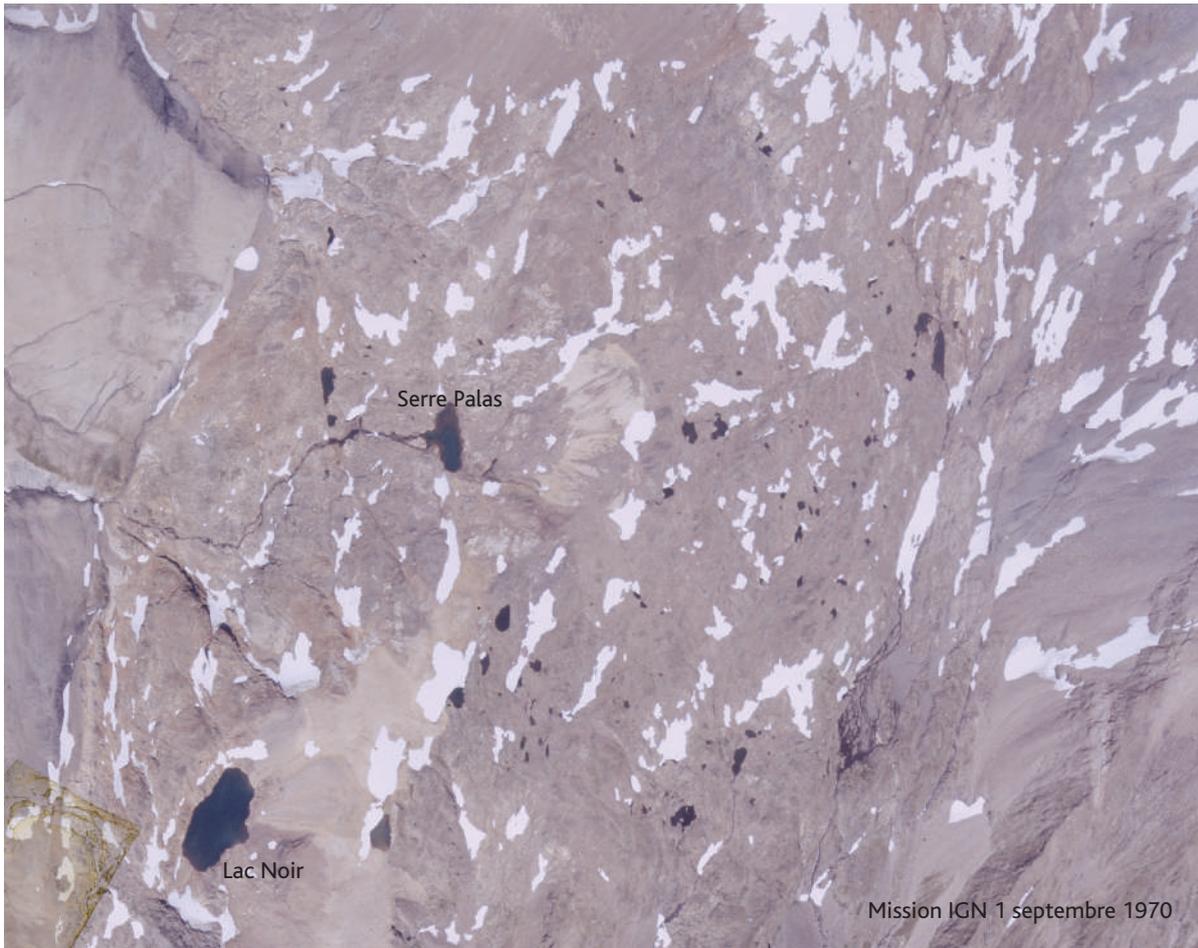


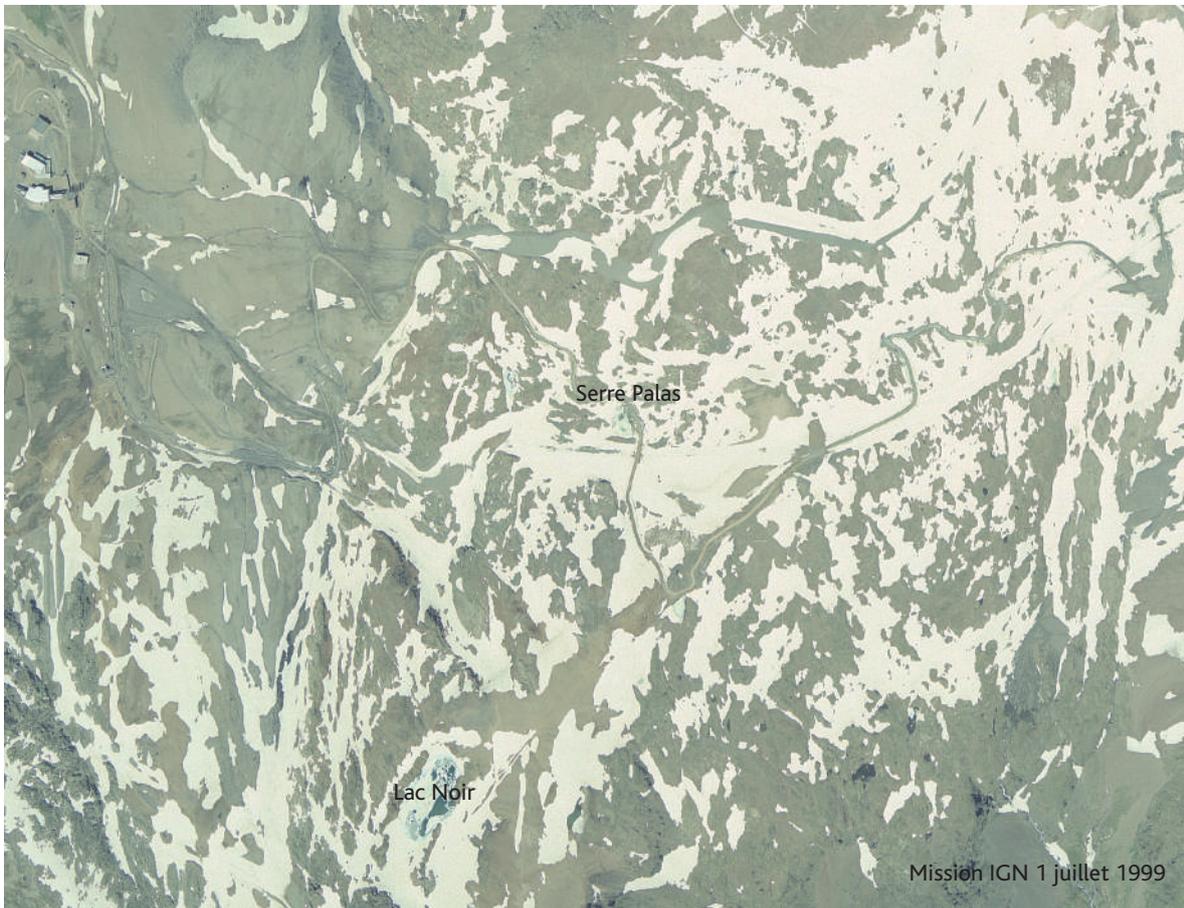
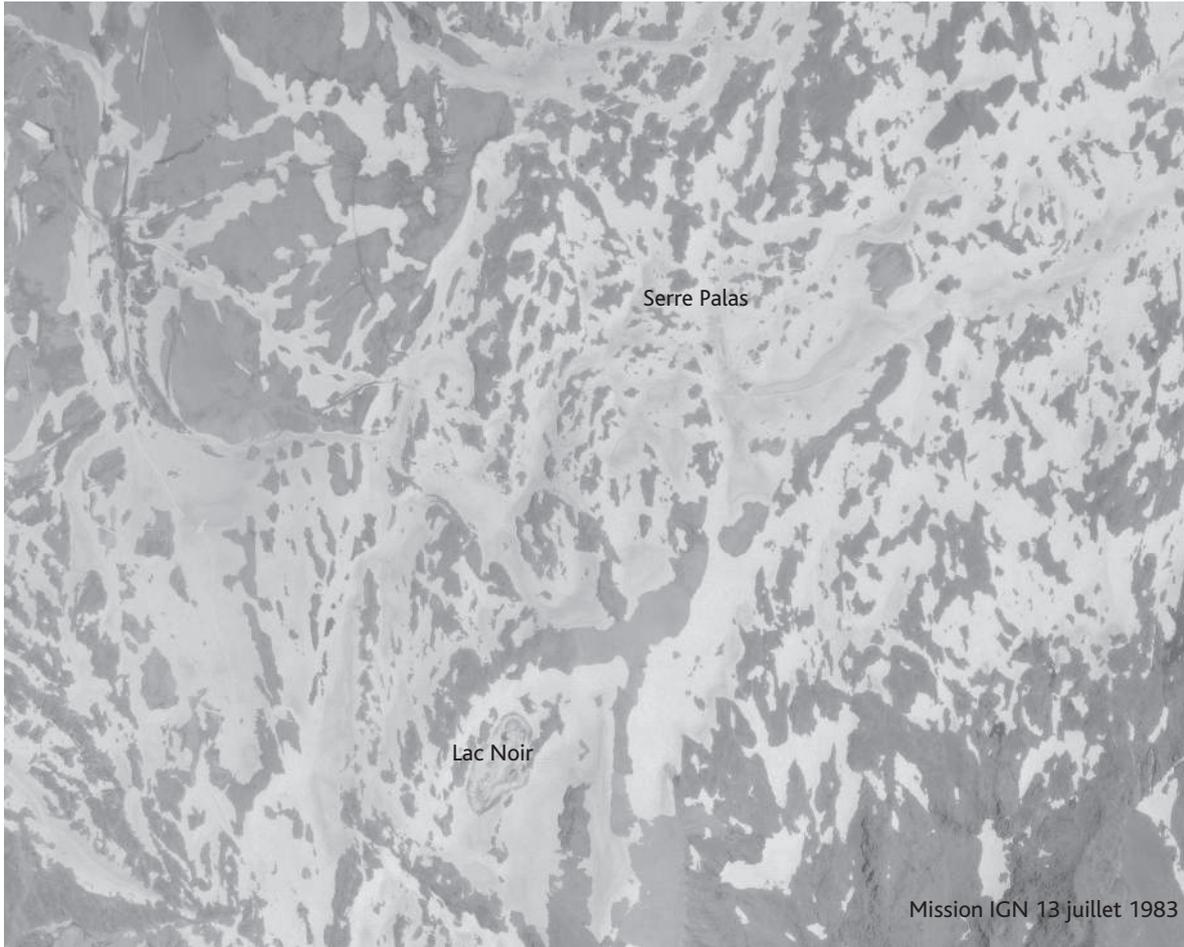
mare asséchée juillet

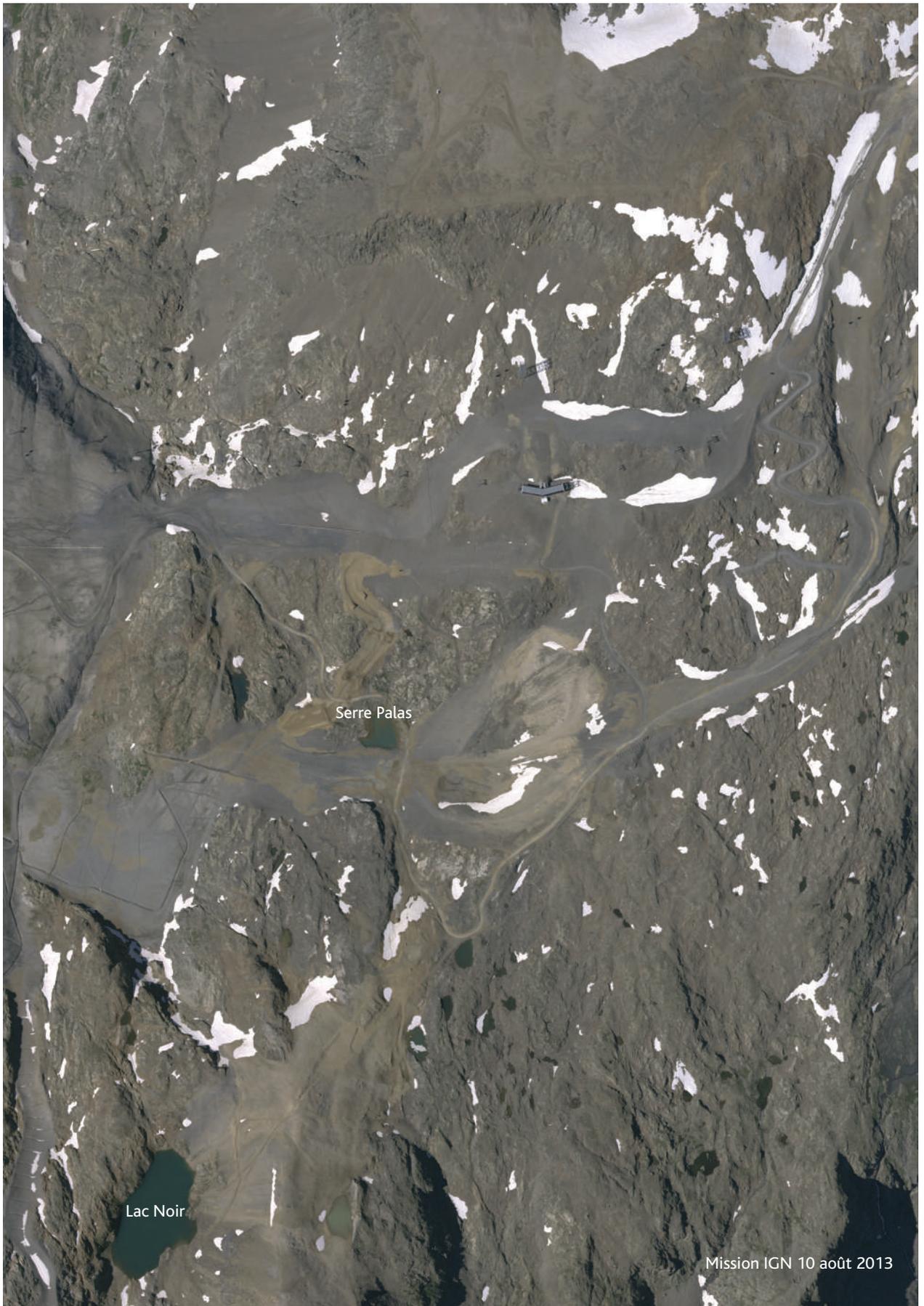
Les mares apparaissent en eau à des dates très variables en fonction du niveau d'enneigement de l'hiver précédent et des températures vernales et estivales. Celles quasi pérennes que l'on peut observer en début d'automne sont peu nombreuses. Les photos aériennes disponibles sur ce site depuis 1960. montrent bien ce phénomène.

Le cabinet de géomètre Abaque mandaté pour réaliser la cartographie précise demandée s'est appuyé pour leur report sur une situation théorique à fin juillet.



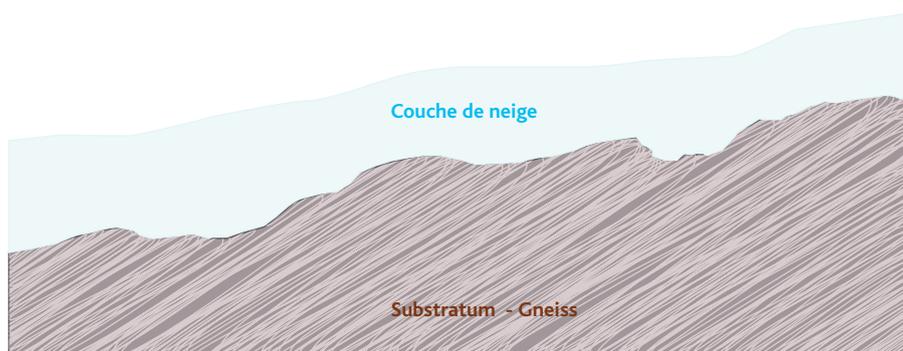




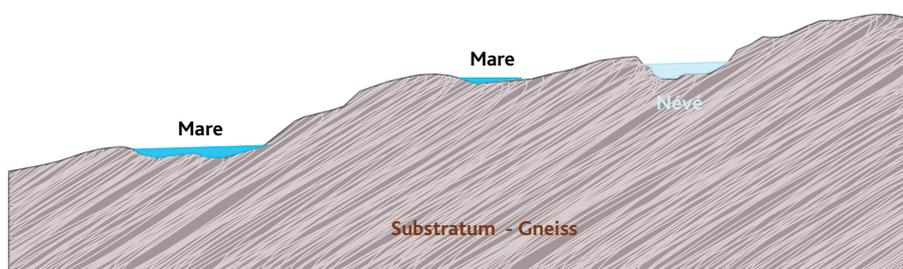


Le principe de remplissage et de vidage de ces mares peut-être décrit comme suit :

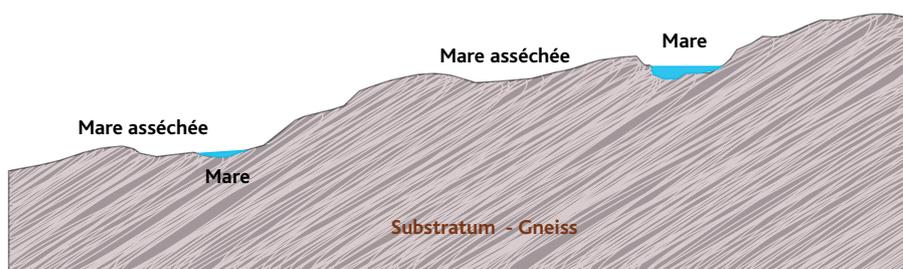
Situation hivernale



Situation vernale - début été



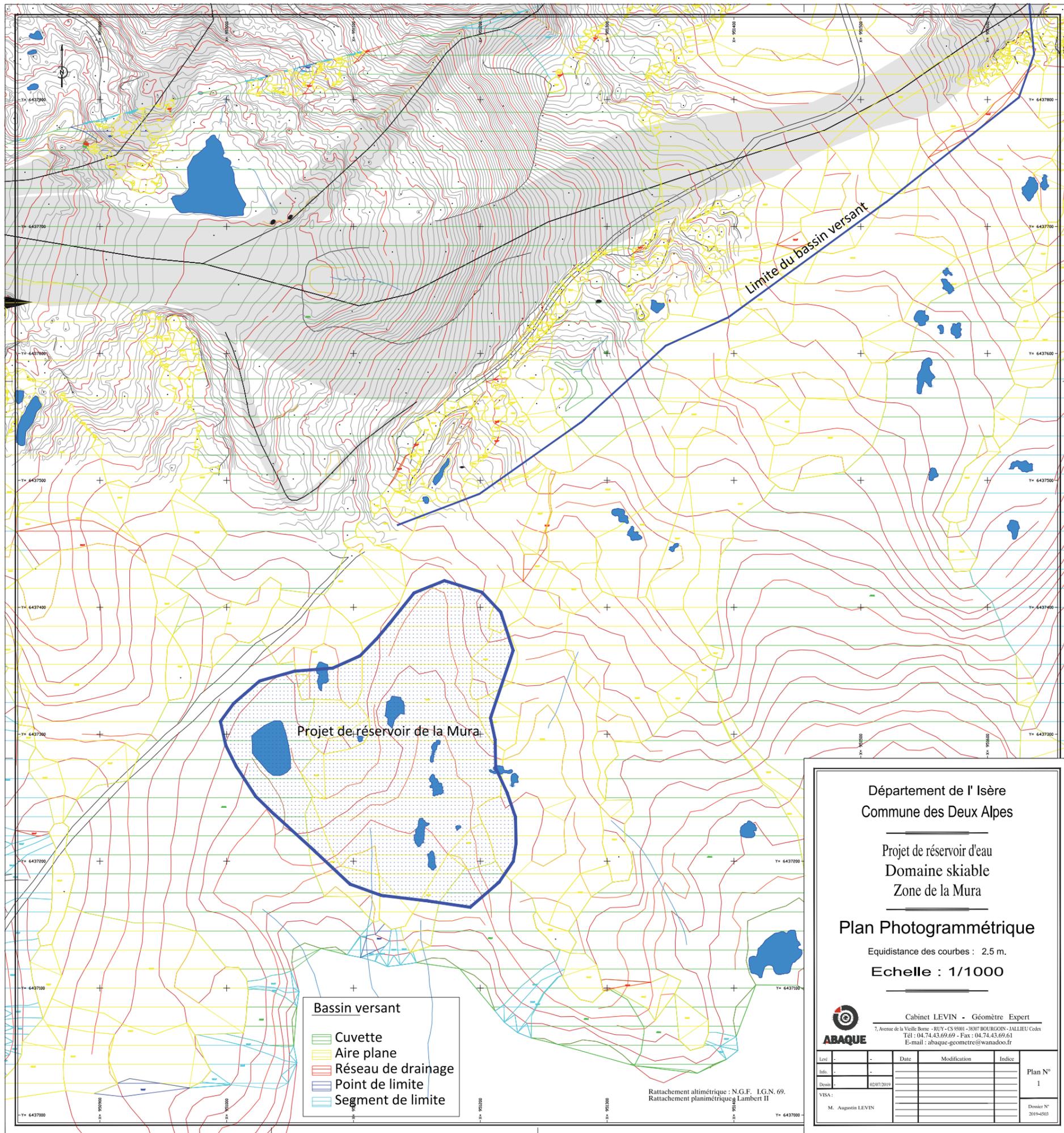
Situation en fin d'été



À la fonte, la couche de neige diminue progressivement avec de multiples ruissellements en surface. Ce sont ces ruissellements qui seront récupérés pour remplir la retenue.

Ensuite en début d'été - voire milieu d'été certaines années - la neige subsiste dans les dépressions les plus profondes cf. photos aériennes juillet, tandis que pour celles moins profondes elle s'est transformée en eau et formes des mares.

À la fin de l'été, les mares dans les dépressions les moins profondes sont asséchées. Les dépressions les plus creuses et les quelques névés forment toujours des mares dont l'eau ne peut disparaître que par évaporation et non par ruissellement.



Département de l'Isère
Commune des Deux Alpes

Projet de réservoir d'eau
Domaine skiable
Zone de la Mura

Plan Photogrammétrique

Equidistance des courbes : 2.5 m.
Echelle : 1/1000



Cabinet LEVIN - Géomètre Expert
7, Avenue de la Vieille Borne - RUY - CS 95801 - 38307 BOURGOIN - JALLIEU Cedex
Tél : 04.74.43.69.69 - Fax : 04.74.43.69.61
E-mail : abaque-geometre@wanadoo.fr

Lev.	Date	Modification	Indice	Plan N°
1	03/07/2010			
VISA :				Dossier N°
M. Augustin LEVIN				2010-4503

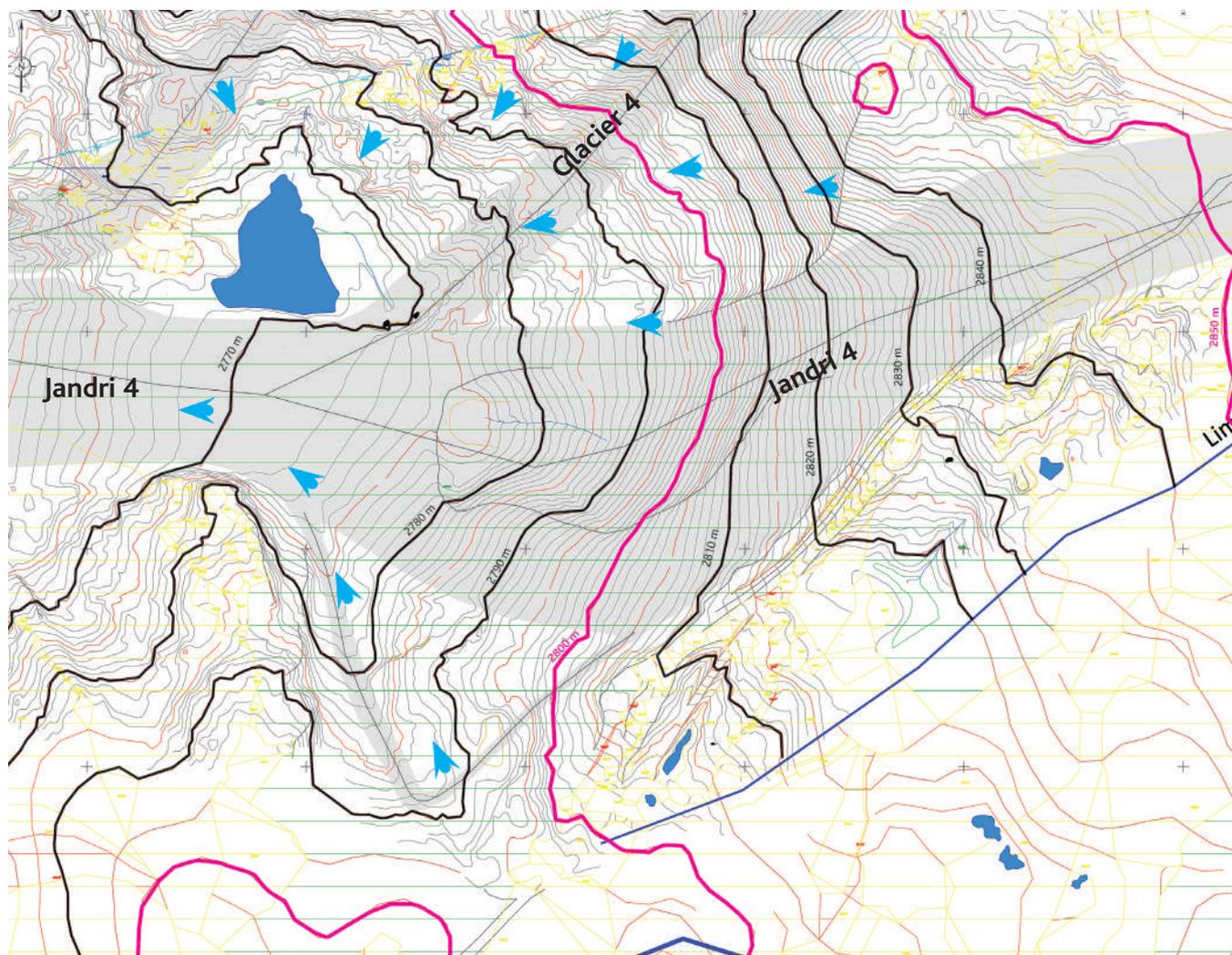
Sur la base de la cartographie des mares probablement pérennes, la retenue de la Mura devrait en supprimer **directement 11**.

Toutes les mares (16) situées à l'est de la retenue se situent en aval du bassin versant capté et ne seront pas impactées par l'aménagement.

Trois mares sont repérées dans le bassin versant intercepté. Avec le mode de remplissage de ces mares — fonte de la neige dans la dépression et confinement — le captage des eaux de fonte de la couche cumulée (comprise entre 5 et 8 m), leur alimentation ne sera pas modifiée.

Une fois la dernière épaisseur de neige transformée en eau dans la dépression, le relief interdit un ruissellement vers l'aval et la mare ne se vide que par évaporation.

L'analyse des courbes de niveau autour du lac de Serre Palas montre que son alimentation par ruissellement de la fonte des neiges est le fait de ses versants nord et est, de la piste carrossable qui le domine et de la bretelle Glacier 4.



Les écoulements sud en provenance du secteur de la Mura ne le concernent pas, car les eaux sont directement « canalisées » vers l'aval par les terrassements de la piste de Jandri 4.



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

PRÉFET DE L'ISÈRE

Direction Départementale des Territoires
Service Environnement

Affaire suivie par : Annick Chifflet/Jean-Baptiste Butin

Tel : 04 56 59 42 26 / 42 52 / 42 82

Fax : 04 56 59 42 49

Courriel : annick.chifflet@isere.gouv.fr

jean-baptiste.butin@isere.gouv.fr

Références : ACH/CG/JBB

Grenoble, le 20 juin 2019

Le Préfet
à
Monsieur le Maire
48 avenue de la Muzelle
38860 Les Deux Alpes

Objet : Autorisation loi sur l'eau – demande de compléments

Commune : Les Deux Alpes

Pétitionnaire : Commune des Deux Alpes

Travaux : retenue d'altitude pour la neige de culture

Législations visées : Loi sur l'eau (R.214-1 du code de l'environnement), Évaluation environnementale (R.122-2 et R.122-3 du code de l'environnement)

N° IOTA : 38-2017-00098

L'instruction de votre dossier de demande d'autorisation loi sur l'eau concerne la création d'une retenue d'altitude pour la production de neige de culture dont les références administratives sont les suivantes :

- Date de réception du dossier : 11 mai 2018
- Date de l'accusé de réception du dossier complet : 11 mai 2018
- Date de réception du dossier complété suite à la demande de compléments du 25 janvier 2019 : 3 mai 2019
- Numéro d'enregistrement : 38-2017-00098

Suite à l'examen par les services instructeurs des compléments apportés à votre dossier le 3 mai 2019, est apparue la nécessité de régulariser votre dossier sur les points suivants :

Suivi de la population de lagopèdes :

Le lagopède est présent à proximité immédiate du projet. Il appartient, comme convenu lors de la réunion du 4 mars 2019, de proposer un protocole de suivi afin d'améliorer la connaissance de l'espèce.

Fonctionnement hydraulique :

Le fonctionnement hydraulique du site sur lequel se situe le projet doit être précisé, comme convenu lors de la réunion du 4 mars 2019 également. La surface drainée afin d'alimenter la retenue est à évaluer et à cartographier. Cette carte fera figurer les mares

impactées et non impactées par le drainage. Il est attendu que vous démontriez que la partie Est du projet ne sera pas impactée par l'alimentation en eau de la retenue et que vous évaluiez la perte d'alimentation du bassin versant du lac de Serre-Palás.

Je vous invite à me faire parvenir dans les meilleurs délais les éléments évoqués ci-dessus afin de pouvoir poursuivre l'instruction de votre demande avec la saisine de l'Autorité Environnementale et de la CLE du SAGE Drac – Romanche. A cet effet, je vous remercie de me fournir les pièces suivantes :

Dossier de demande d'autorisation initial (version du 11 mai 2018) :

- 2 exemplaires papier.

Compléments à venir suite à la présente demande de compléments :

- 3 exemplaires papier.
- 1 version numérique.

Le délai d'instruction prévu par l'article R.181-17 du Code de l'Environnement est suspendu jusqu'à la réception de l'intégralité des compléments demandés, à fournir dans un délai maximal de trois mois.

Le service environnement de la Direction Départementale des Territoires de l'Isère, en charge de la police de l'eau, coordonne l'instruction de votre demande et se tient à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Je vous rappelle qu'il vous est interdit de débiter les travaux avant la fin de l'instruction de votre dossier.

Pour le Préfet de l'Isère et par délégation,
La Directrice Départementale des Territoires,
La Chef du Service Environnement,

Pour la Chef de Service Environnement
L'Adjointe au Chef de Service


Hélène MARQUIS

Clémentine BLIGNY



CONSEIL & INGÉNIERIE
EN MONTAGNE
ET ENVIRONNEMENT

RETENUE DE LA MURA

MÉMOIRE EN RÉPONSE

• Hydrologie

« En matière de régime hydrologique, de nivologie et de ressource en eau, les données présentées sont fondées sur des séries anciennes, datant même de plus de 38 ans pour l'hydrologie. Dans le contexte d'évolution climatique, il paraît difficile de postuler sans plus de vérification que ces données sont toujours bien représentatives de la situation actuelle. »

Pour estimer les ruissellements moyens d'eau en piémont du Jandri — secteur pour lequel il n'existait pas de série de jaugeages — ainsi que les débits d'étiages et les débits de crues exceptionnelles, Pierre Yves Fafournoux — ingénieur-hydrologue — s'est basé sur les débits spécifiques mensuels de trois torrents proches pour lesquels de longues séries fiables (38 ans) étaient disponibles.

Cette méthode de transposition de bassin versant est toujours en vigueur pour les sites non jaugés.

Cette durée permettait d'estimer avec une bonne précision les modules spécifiques pour le bassin versant en amont du site de la Mura.

Le module correspond au débit hydrologique moyen interannuel, c'est une synthèse des débits moyens annuels (QMA) d'un cours d'eau sur une période de référence (au moins 30 ans de mesures consécutives). Il est calculé, en un point d'un cours d'eau, sur une durée suffisamment longue (annuelle ou pluriannuelle) pour ne pas être influencé par les variations journalières ou saisonnières du débit (crues exceptionnelles, fontes de neige extraordinaires, etc.). Le fait que ce soit un coefficient annuel permet de connaître l'importance relative des écoulements

Le module spécifique pour sa part est le module rapporté à la surface du bassin versant, généralement exprimé en litres par seconde et par kilomètre carré. Il permet d'étudier et de comparer l'hydrologie de bassins versants de dimensions différentes.

En l'espèce, la surface du bassin versant étant petite et le sol de roches compactes peu fissurées ne permettant pas une modification par infiltration des débits, le seul paramètre contribuant à celle-ci est la température qui transforme les précipitations en neige et la neige en écoulement saisonnier.

L'estimation des débits de crues a été réalisée selon plusieurs méthodes de prévision validées par l'IRSTEA et EDF (rationnelle, gradex...) à partir des données (sur de longues séries) de cinq postes météorologiques proches.

À la demande de la DDT ces valeurs ont fait l'objet d'une réactualisation en 2017 par la société Hydrétudes. Cette mise à jour des débits spécifiques (l/s/km²) pour le bassin versant en amont de la Mura à partir des écoulements mensuels (naturels) issus de la station de la Bonne à Entraigues et calculée sur 113 ans (1905 - 2017) a montré des valeurs mensuelles similaires à celles définies initialement (moins de 3 % d'écarts).

Elle a pu conclure que les résultats présentés par l'ingénieur-conseil Pierre-Yves Fafournoux qui découlent de ces estimations étaient valides.

• Milieu naturel

« En matière d'habitat et de biodiversité, l'état initial se concentre sur le site de la retenue, mais est muet concernant les pistes et leurs abords concernés par le renforcement du réseau d'enneigement. Or, au sens de l'évaluation environnementale, le projet est constitué de l'ensemble formé par la retenue et ce pour quoi on veut la construire, c'est-à-dire l'enneigement de 21 pistes de ski. »

« Une brève description des habitats est présentée, mais elle reste très générale et ne permet pas de situer ces habitats sur l'emprise du projet (pas de cartographie), ni de connaître en particulier les surfaces des biotopes qui seront impactés directement par les travaux. »

Les habitats sur ce site se présentent en une mosaïque juxtaposant des micro-milieus de quelques mètres carrés voire décamètres carrés pour les plus grands. Cette imbrication interdisait leur représentation cartographique précise, placette par placette, en conservant une bonne lisibilité. De la même manière, il était peu réaliste de tenter une quantification précise des surfaces de chacun des quatre biotopes — Communautés acidiphiles des combes à neige alpines; Pelouses à laïche courbée et communautés apparentées; Éboulis siliceux alpins à *Oxyria digyna*; Éboulis calcaires alpiens à tabouret à feuilles rondes — concernés directement par le projet.

« L'El indique qu'un inventaire des zones humides départemental a été réalisé, mais il n'indique pas précisément ce qu'il en est pour le projet et ne les cartographie pas. Or, le mémoire n° 3 montre que des mares temporaires et 11 mares probablement pérennes sont situées sur le site de la retenue et seront donc détruites. »

Dans le dossier Loi sur l'eau (p66) il est indiqué qu'un inventaire des Zones humides de l'Isère a été réalisé par l'association AVENIR et publié en avril 2009

Il est aussi précisé que bien que le caractère très minéral des plans d'eau oligotrophes inférieurs à 6 m de l'étage alpin ne corresponde pas à la définition d'une zone humide au sens de la Loi sur l'eau de l'arrêté de juin 2008, de celui du 1er octobre 2009 ou de la circulaire du 18 janvier 2010 qui ont précisé les critères de définition et de délimitation des zones humides en application des articles L. 214-7-1 et R. 211-108 du Code de l'environnement (présence de sols hydromorphes de type histosols, réductisols, fluvisols, podzols humiques et humoduriques ou traits rédoxiques; ou recouvrement par des espèces indicatrices de la liste arrêtée; ou d'habitats humides selon la nomenclature CORINE Biotopes), le groupe de travail chargé de cet inventaire avait souhaité intégrer ces mares temporaires au type 11 du SDAGE — zones humides ponctuelles « plans d'eau douce, isolé, en réseau, peu profonds, naturels ou artificiels. L'eau qui y est plus ou moins stagnante, peut être présente de façon permanente ou temporaire » et au type 9 « petits plans d'eau et bordures de plans d'eau ». Cet inventaire avait ainsi recensé l'ensemble des mares oligotrophes temporaires de la Tête de la Toura.

Depuis, en application de la décision rendue le 22 février 2017 par le Conseil d'État, la DDT 38 a considéré que cet inventaire n'était pas opposable en ce lieu.

En effet, le Conseil d'État a précisé la définition d'une zone humide; sol hydromorphe et végétation hygrophile lorsque de la végétation est présente, ces critères étant cumulatifs et non alternatifs.

Il n'y a ni sol hydromorphe — roche nue — ni végétation hygrophile, aussi aucune zone humide selon les critères du Conseil d'État n'est retenue sur le site de la Mura par la DDT 38.

« Concernant la flore, l'étude indique que trois passages ont été réalisés, respectivement en août 2002, début août 2008 et en juin 2016. Ces passages d'une seule journée, à plusieurs années d'intervalle, paraissent insuffisants pour un inventaire exhaustif au regard de la sensibilité du milieu et de son évolution. De plus, mis à part pour les espèces protégées, les éléments présentés ne précisent pas la localisation des différentes espèces par rapport aux travaux prévus. »

Ces relevés sur une période de quatorze ans de 2002 - 2016 permettent au contraire d'avoir une bonne indication de l'évolution de ce milieu sans intervention humaine. Les repérages au GPS de quelques espèces bénéficiant d'un statut de protection départementale ont permis à Olivier Senn — expert botaniste — de retrouver les stations et de constater leur maintien, et de constater à 12 ans d'écart ni régression ni croissance.

« Concernant la faune, le rapport fait référence dans les différents documents fournis à plusieurs inspections afin de dresser un inventaire de la faune présente sur le site de la Mura. Cependant, la description des méthodes, des périodes et des zones parcourues est imprécise et ne permet pas de juger de la pertinence des éléments présentés. Le mémoire n° 2 indique que, par ailleurs, trois espèces remarquables, mais sans statut de protection en France, ont été détectées sur les mares de La Mura ; mais il renvoie ensuite à des études ultérieures pour un recensement exhaustif.

La présence de l'Écaille du Cervin — *Chelis cervini* — et du Lagopède alpin — *Lagopus muta* — et du Lièvre variable — *Lepus timidus* — est avérée sur le secteur.

Écaille du Cervin

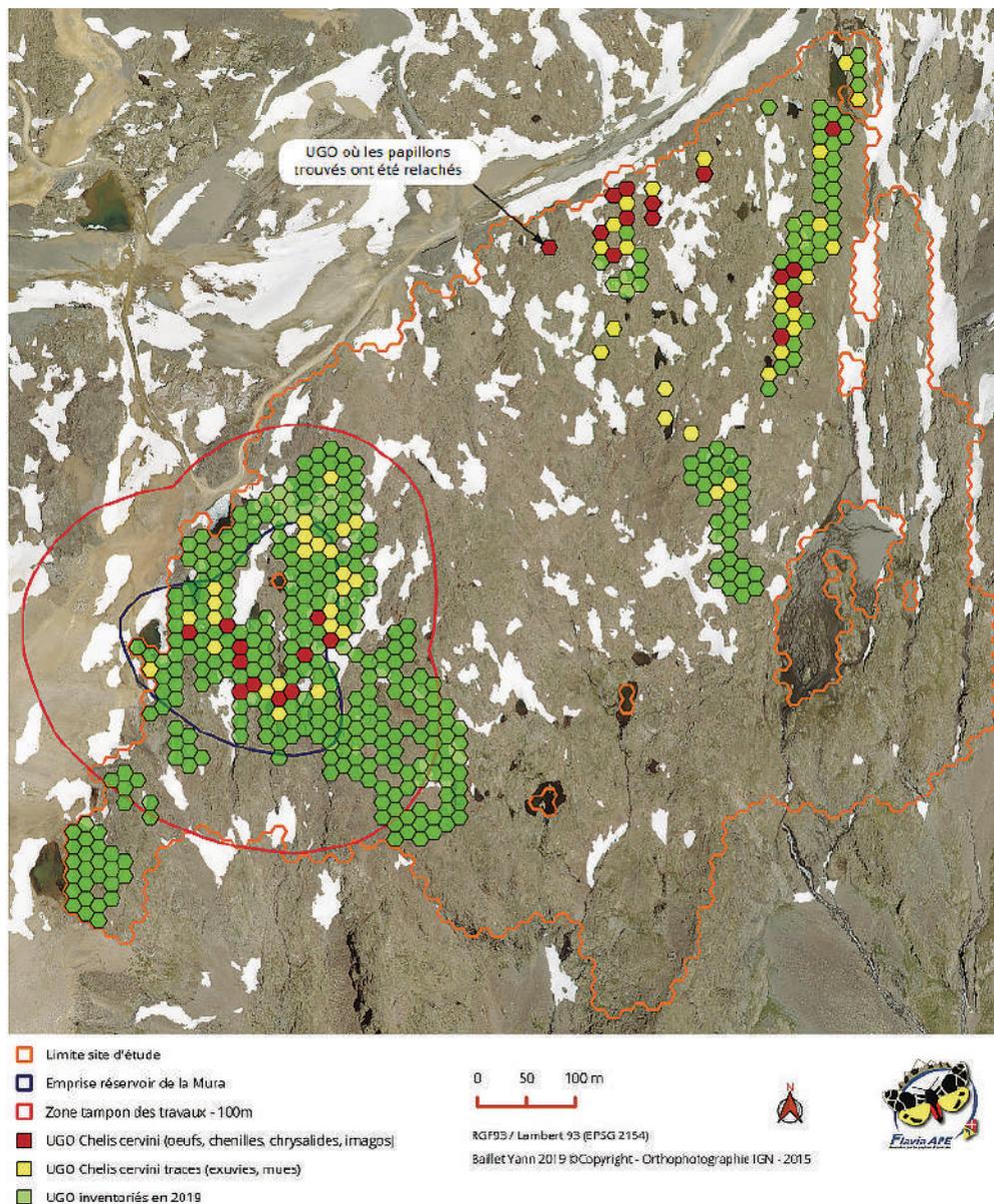
Pour l'Écaille du Cervin, une étude a été engagée par Flavia pour estimer l'incidence de ce projet sur la population de cette espèce, déplacer les individus détectés en dehors du périmètre du chantier, proposer des mesures visant à limiter l'impact des travaux et orienter l'aménagement des digues vers la reconstitution de milieux potentiellement favorables à leur recolonisation par l'espèce.

Le protocole retenu a ciblé en premier lieu les stades préimaginaux : œufs, chenilles, chrysalides et exuvies (trace). Ces stades ou traces de présence de l'espèce permettent de définir les secteurs de reproduction actuels ou d'un passé proche (exuvie nymphale qui perdure plusieurs années après l'émergence du papillon et pour lesquelles il n'y a aucune notion de la durée moyenne de conservation. Des tests seront menés lors des prochaines phases de l'étude afin d'évaluer le temps de résilience). Il s'est organisé autour d'un échantillonnage d'Unités Géographiques Opérationnelles (UGO) hexagonales d'une surface de 200 m². La maille a été parcourue par un observateur durant plus ou moins 10 minutes. Durant ce laps de temps, l'observateur a échantillonné les milieux favorables à l'espèce en retournant les pierres posées sur le substrat rocheux ou terreux.

Dans le cas où il observait la présence d'un stade préimaginal ou d'une trace,

l'observateur poursuivait ses investigations quelques minutes supplémentaires afin d'évaluer l'abondance et l'étendue de la zone occupée par l'espèce. Une fois terminé, il ciblait les UGO adjacents dont le milieu est favorable et si possible en connexion. Lorsque rien n'était trouvé, l'observateur passait au hasard sur un autre UGO attenant.

Cette méthodologie a pour objectif de compiler des informations sur la distribution de l'espèce au sein du site, la typologie des microhabitats utilisés, définir le cortège de plantes associées, les périodes et les horaires favorables à l'observation des différents stades préimaginaux, etc. Ces paramètres recueillis et analysés permettront de définir en 2020-2021 un protocole de suivi efficient, en vue d'évaluer l'incidence du projet à moyen terme (+/- 10 ans) sur la population de *Chelis cervini*.



En 2019, une cartographie de la répartition de *Chelis cervini* au sein du site des mares du Jandri a été réalisée pour estimer l'impact du projet sur cette population, mais aussi pour améliorer les connaissances sur les préférendums, milieux et autres composantes, recherchés par l'espèce pour effectuer son cycle biologique dans de bonnes conditions.

L'inventaire a permis de trouver 1 ponte de 52 œufs, 8 chenilles, 14 chrysalides, 2 imagos et 103 "traces" (exuvies, ainsi que des chrysalides, chenilles et imagos morts). Au total, cela représente 129 observations dont 57 sur l'emprise du projet et 72 sur le reste du site.

Il apparaît que l'habitat propice à *Chelis cervini* semble être étroitement lié à la topographie et à la vitesse de fonte du manteau neigeux au printemps.

Ainsi, les bombements rocheux et les pentes attenantes, bien exposées où il y'a une faible accumulation de neige sont privilégiés par l'espèce. De plus, *Chelis cervini* préfère les systèmes rocheux fracturés avec à leur surface de nombreuses pierres plates d'assez petite taille relativement stabilisées. Les combes à neiges et les éboulis de grosses granulométries ne semblent pas être utilisés. Les cortèges de plantes inventoriés par le groupe opérationnel botanique du Parc National des Écrins sur les UGO où l'espèce est présente et sur ceux où elle est absente diffèrent peu. La représentativité des plantes des combes à neige y est importante en imbrication avec d'autres plantes plus xérophiles qui en raison de leurs valences écologiques s'adaptent aux différents contextes d'exposition, de substrat, d'hygrométrie, etc. En conclusion, il est apparu une certaine "homogénéité" dans leurs distributions et il ne se dégage pas vraiment de plantes qui expliqueraient la présence de l'Écaille du Cervin — fort opportunisme des chenilles dans leurs choix de plantes pour se nourrir, choisissant souvent celles qui se trouvent à proximité des abris où elles se cachent.

Cette étude sera poursuivie sur 10 ans.

Lagopède alpin

Pour l'étude sur la présence sur ce site du Lagopède alpin, un appel d'offres a été lancé par la commune sur le protocole suivant :

Première phase - réaliser avant et pendant l'année des travaux, soit pendant deux années successives, une étude qui portera sur l'effectif des mâles chanteurs, les zones de reproduction, rassemblements post-nuptiaux et d'hivernage.

— Soit identification au chant des mâles chanteurs par écoute humaine, soit identification au chant des mâles chanteurs par enregistrement autonome.

— Identification et discrimination des habitats favorables. Très exigeants sur la qualité de leurs habitats, ces galliformes utilisent, selon les saisons, des sites qui répondent à leurs besoins vitaux du moment et aux traditions comportementales de leurs populations locales (hivernage, parade, reproduction).

— Estimation des densités de population potentielle.

Deuxième phase — poursuivre les suivis de la phase initiale 1 an, 4 ans et 10 ans après les travaux.

Lièvre variable

Le lièvre variable fréquente occasionnellement ce site proche de pistes de ski. En hiver la hauteur de la couche de neige et la prise en glace de la retenue ne créent aucun obstacle à ses déplacements. En été, la bâche d'étanchéité de la retenue sera confinée par la mise en place d'un enrochement interne de 0,40 m d'épaisseur. Si d'aventure des lièvres variables venaient à tomber dans la retenue en été, la présence de ces blocs leur permettrait une sortie aisée.

“Concernant le réseau d’enneigement, le projet n’est décrit que dans son principe ; le tracé des conduites et l’emplacement des enneigeurs n’est pas précisé. L’EI considère en substance que les pistes sont des espaces déjà fortement remaniés, ce qui est généralement exact, mais ne signifie pas qu’ils sont sans intérêt, et que les travaux n’auront donc pas d’impact particulier sur les habitats et la biodiversité, ce qui est beaucoup plus discutable et probablement erroné au vu des relevés sur des espaces similaires.

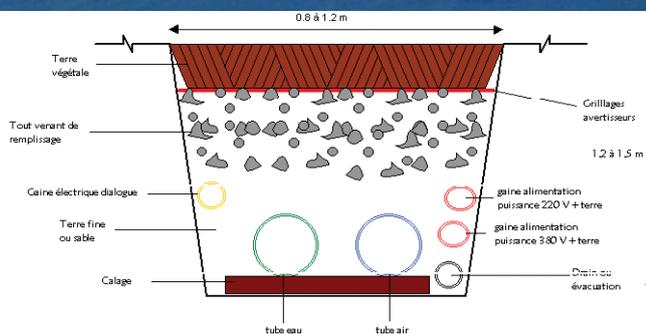
De plus, au-delà des impacts directs générés par les travaux de mise en place du réseau d’enneigement, les impacts de l’enneigement lui-même ne sont que très peu ou pas évoqués. Or, sur ces espaces ouverts de montagne, les conséquences d’un enneigement à la fois plus précoce et plus tardif, sur des surfaces bien délimitées, mais globalement importantes, peuvent être non négligeables, notamment sur la flore, sur la faune présente dans les espaces adjacents et sur les paysages (contraste entre des espaces ‘verts’ et des rubans blancs). Les impacts indirects liés au supplément de fréquentation touristique permis par l’enneigement méritent également d’être examinés.”

À ce stade du projet — retenue non encore autorisée — il n’y a pas eu d’étude spécifique de détail engagée concernant le réseau à mettre en place.

Pour autant, sur la base du réseau existant et des performances techniques améliorées ces dernières années pour ce type d’installation, les enneigeurs seront disposés environ tous les trente mètres en bordure des pistes à sécuriser.



Les enneigeurs seront alimentés en air et en eau par des conduites enterrées dans des tranchées de l’ordre de 1,2 à 2 m de profondeur selon les circonstances locales.



Les fouilles pour ces tranchées seront toutes réalisées en bordure de pistes de ski déjà terrassées et qui ont fait l’objet de reverdissements post-chantier ou de pistes carrossables.

La biodiversité végétale y est faible et les zoocénoses également.

L'impact des travaux pour ces milieux peu végétalisés issus de reverdissements et fortement anthropisés ou celui du maintien plus tardif de la neige apparaît potentiellement très faible.





Sur les espaces adjacents — non terrassés — constitués de pierriers on peut observer une flore éparse adaptée à ces sols mobiles : *Aster alpinus* L. - Aster des Alpes; *Cerastium latifolium* L. - Céraïste à larges feuilles; *Gentiana verna* L. - Gentiane printanière; *Geum reptans* L. - Benoîte rampante; *Pritzelago alpina* (L.) Kuntze — Cresson des chamois; *Noccaea rotundifolia* (L.) Moench - Tabouret à feuilles rondes; *Ranunculus glacialis* L. - Renoncule des glaciers.



Ces espaces plus originaux ne sont pas aménagés dans le cadre du domaine skiable sécurisé, mais sont néanmoins parcourus par des skieurs hors piste.

Ils ne sont pas concernés par ce projet d'enneigement qui ne prévoit de sécuriser en neige que des pistes structurantes existantes.

Ce programme d'enneigement n'a pas pour vocation d'augmenter la fréquentation touristique, mais d'assurer le maintien de l'activité hivernale de la station des 2 Alpes en assurant un cheminement sécurisé à ski entre le secteur de haute altitude — Glacier, Toura — et le secteur des Crêtes.

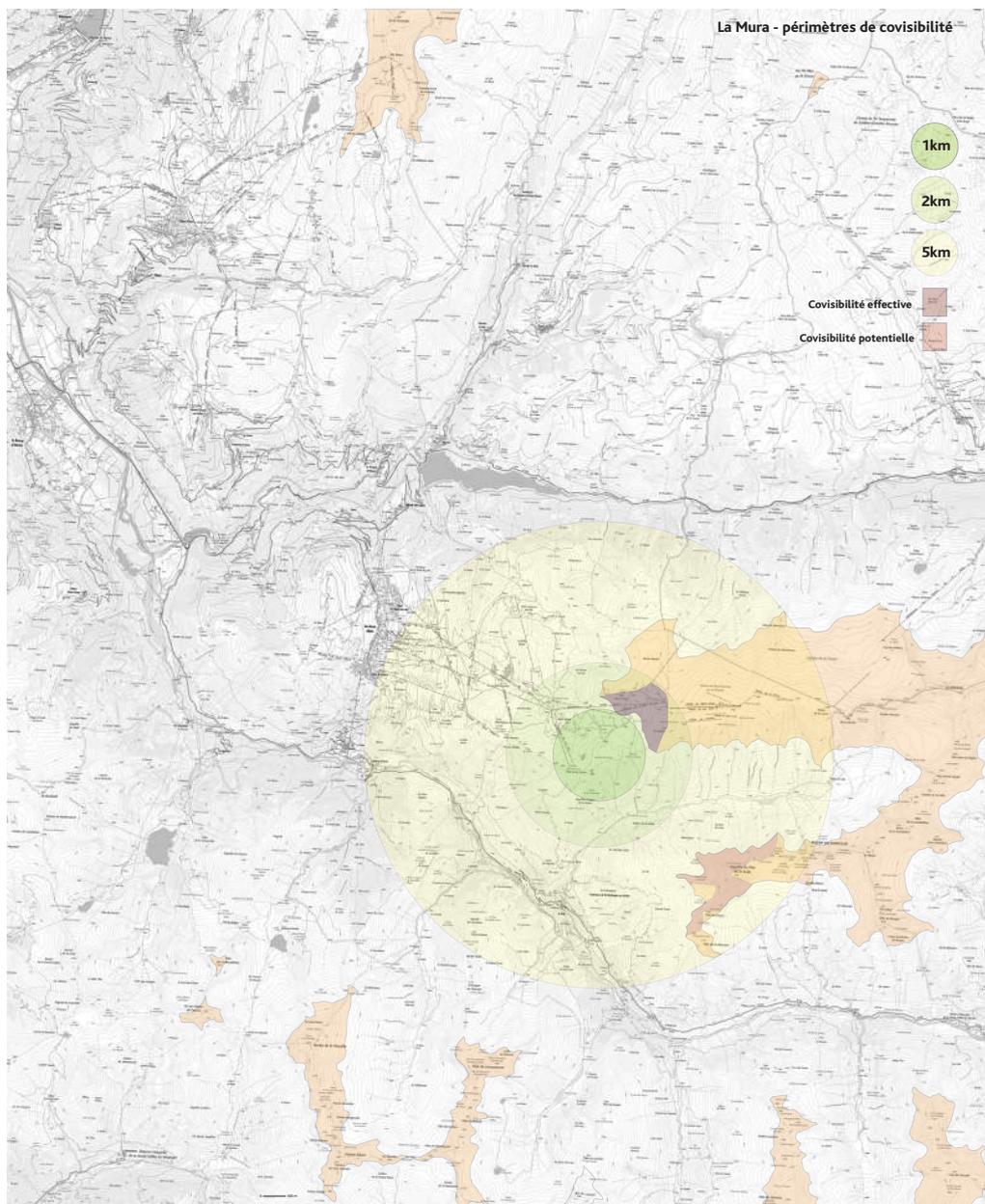
“En matière de paysage, les éléments présentés restent très généraux; en particulier, les espaces depuis lesquels la retenue et les pistes qu'il est prévu d'enneiger seront visibles ne sont pas précisés.”

Cette retenue sera implantée en haute altitude entre 2790 et 2820 m.

Elle ne sera réellement visible que depuis quelques points situés en surplomb au-dessus de la cote 2900 approximativement.



Sur le domaine skiable, ces points de vue sont limités et correspondent aux pistes du Jandri et de la tête du Lac noir ainsi qu'en fin de parcours aux appareils d'accès au glacier de Mont-de-Lans.



Depuis les massifs environnants, sa position en balcon limite sa covisibilité à quelques sommets situés à moins de 5 km — versant nord-ouest de l'aiguille du Plat de la Selle; versant nord-ouest de la tête du Graou ou de la Tête de la Marsanne — avec toutefois une présence peu lisible en raison de la distance. La fréquentation de ces sommets est limitée à la saison estivale.

Depuis les sommets des Écrins comme la Roche de la Muzelle 3465 m; la Tête de Lauranoure 3260m; la Pointe Lemerrier 3166 m; La Tête des Fétoules 3459 m ou la Cime de l'Encoula 3527 m, la forte distance comprise entre 7 et 10 km limite très fortement les capacités de perception de cet ouvrage sans dispositif optique.

Pour ces sommets également, la fréquentation, réduite en raison de la difficulté technique d'accès, est limitée à la saison estivale.

Quant aux pistes à sécuriser, elles ne sont visibles en interne que depuis le domaine aménagé.



Mission régionale d'autorité environnementale

Auvergne-Rhône-Alpes

**Avis délibéré de la mission régionale
d'autorité environnementale Auvergne-Rhône-Alpes
relatif au projet de retenue d'altitude de La Mura et du
renforcement du réseau de neige de culture
sur la commune des Deux Alpes
(département de l'Isère)**

Avis n° 2019-ARA-AP-00892

Préambule relatif à l'élaboration de l'avis

La mission régionale d'autorité environnementale (MRAe) Auvergne-Rhône-Alpes du Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD), dans sa réunion du 17 septembre 2019, a donné délégation à Jean-Pierre Nicol, en application des articles 3 et 4 de sa décision du 23 juillet 2019 portant exercice de la délégation prévue à l'article 17 du décret du 2 octobre 2015 modifié relatif au CGEDD, pour statuer sur la demande d'avis relative au projet de retenue d'altitude de la Mura et du renforcement du réseau de neige de culture sur la commune des Deux Alpes (Isère).

En application de l'article 9 du règlement intérieur du CGEDD, le délégataire cité ci-dessus atteste qu'aucun intérêt particulier ou élément dans ses activités passées ou présentes n'est de nature à mettre en cause son impartialité dans l'avis à donner sur le projet qui fait l'objet du présent avis.

La direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) Auvergne-Rhône-Alpes a été saisie le 8 août 2019, par l'autorité compétente pour avis au titre de l'autorité environnementale.

Conformément aux dispositions des articles D. 181-17-1 et R. 181-19 du même code, les avis des services de l'État concernés et de l'Agence régionale de santé, qui ont été consultés dans le cadre de la procédure liée à l'autorisation environnementale, ont été transmis à l'Autorité environnementale.

La DREAL a préparé et mis en forme toutes les informations nécessaires pour que la MRAe puisse rendre son avis.

Après en avoir délibéré, la MRAe rend l'avis qui suit.

Pour chaque projet soumis à évaluation environnementale, l'autorité environnementale doit donner son avis et le mettre à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public.

Cet avis porte sur la qualité de l'étude d'impact présentée par le maître d'ouvrage et sur la prise en compte de l'environnement par le projet. L'avis n'est donc ni favorable, ni défavorable et ne porte pas sur son opportunité. Il vise à permettre d'améliorer sa conception, ainsi que l'information du public et sa participation à l'élaboration des décisions qui s'y rapportent.

Le présent avis est publié sur le site de la DREAL. Conformément à l'article R. 122-9 du code de l'environnement, il devra être inséré dans le dossier du projet soumis à enquête publique ou à une autre procédure de consultation du public prévue par les dispositions législatives et réglementaires en vigueur.

Conformément à l'article L. 122-1 du code de l'environnement, le présent avis devra faire l'objet d'une réponse écrite de la part du maître d'ouvrage qui la mettra à disposition du public par voie électronique au plus tard au moment de l'ouverture de l'enquête publique prévue à l'article L. 123-2 ou de la participation du public par voie électronique prévue à l'article L. 123-19.

Avis

1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux.....	4
1.1. Contexte et présentation du projet.....	4
1.2. Principaux enjeux environnementaux du projet et du territoire concerné.....	5
2. Qualité du dossier.....	5
2.1. État initial de l'environnement.....	5
2.2. Incidences notables potentielles du projet sur l'environnement et mesures prévues pour éviter, réduire et le cas échéant compenser les impacts négatifs.....	7
3. Conclusion.....	8

1. Contexte, présentation du projet et enjeux environnementaux

1.1. Contexte et présentation du projet

La commune des deux Alpes est l'une des principales stations de ski de l'Isère. Située à une soixantaine de kilomètres au sud-est de Grenoble, elle totalise environ 1 900 habitants permanents, mais connaît une fréquentation annuelle de 230 000 nuitées touristiques. L'activité économique dominante du secteur est le tourisme tourné vers la pratique des sports d'hiver et des activités liées à la montagne.

La commune est située dans l'aire d'adhésion du parc national des Écrins. Elle appartient à la communauté de communes de l'Oisans et fait partie du territoire du schéma de cohérence territoriale (SCoT) de l'Oisans.

Dans l'objectif d'assurer la disponibilité d'une partie de son domaine skiable en début de saison et un bon enneigement par la suite, la commune des Deux Alpes projette la création d'une retenue d'altitude et le renforcement de son réseau de neige de culture.



La retenue projetée se situe au lieu dit de la Brèche de la Mura, à une altitude d'environ 2 800 m. Cette retenue, d'une capacité totale de 350 000 m³ pour un volume utile de 300 000 m³, occupera une surface de 4,25 ha. Les digues à construire auront une hauteur d'environ 16 m par rapport au pied de digue. La retenue sera complétée par une usine à neige enterrée, située à environ 150 m en contrebas et par une liaison avec la retenue du Sautet, située 5 000 m en aval dans le domaine skiable, afin d'y puiser jusqu'à

150 000 m³ en cas d'année déficitaire en eau.

Le renforcement du réseau d'enneigement concerne 21 pistes situées dans la partie intermédiaire du domaine skiable, entre la partie la plus proche du cœur de station déjà majoritairement équipée en enneigeurs, et la partie « glacier ». Ce renforcement permettra d'enneiger 164 ha de pistes supplémentaires entre 2 000 m et 2 800 m d'altitude, au moyen de 385 enneigeurs, portant la surface équipée à 243 ha sur un total de 416 ha de pistes.

1.2. Principaux enjeux environnementaux du projet et du territoire concerné

Pour l'autorité environnementale, les principaux enjeux environnementaux du projet sont :

- la préservation de la ressource en eau, en intégrant les effets du changement climatique ;
- la préservation de la biodiversité et des habitats patrimoniaux dans un milieu montagnard particulièrement fragile entre 2 000 et 2 800 m ;
- le maintien de la qualité des paysages ;
- les risques liés une rupture de la retenue.

2. Qualité du dossier

Le dossier est composé d'un document « Projet de retenue d'altitude de La Mura – Dossier d'Autorisation Unique au titre des articles L214-1 et suivants du Code de l'environnement », auquel sont annexés de multiples documents complémentaires, dont l'étude d'impact ; cette dernière est un document d'environ 200 pages, daté de novembre 2017.

De plus, le dossier comporte trois mémoires en réponse à des demandes, très pertinentes, de la direction départementale des territoires (DDT) de l'Isère ; ces trois documents d'une vingtaine de pages chacun sont datés d'octobre 2018, de mars 2019 et de juillet 2019 et sont respectivement désignés ci-après par mémoire n° 1, n° 2 et n° 3. L'étude d'impact elle-même n'a cependant pas été actualisée avec ces éléments, ce qui ne facilite pas la consultation du dossier.

Si, sur le plan strictement formel, l'étude d'impact comprend l'ensemble des parties attendues dans le cadre de la réglementation relative à l'évaluation environnementale¹, elle comporte sur le fond des insuffisances très sérieuses dont les principales sont présentées ci-après.

2.1. État initial de l'environnement

L'état initial de l'environnement est présenté dans le chapitre 4 « Scénario de référence » de l'EI.

En matière de régime hydrologique, de nivologie et de ressource en eau, les données présentées sont fondées sur des séries anciennes, datant même de plus de 38 ans pour l'hydrologie². Dans le contexte d'évolution climatique, il paraît difficile de postuler sans plus de vérification que ces données sont toujours bien représentatives de la situation actuelle.

En matière d'habitat et de biodiversité, l'état initial se concentre sur le site de la retenue mais est muet

1 cf. art. R. 122-5 du code de l'environnement

2 Les hauteurs de neige sont présentées pour la période 2982 à 2003 (EI, p. 38). Les données climatiques et hydrologiques présentées sont des moyennes pour la période 1961 à 1981 (EI, p. 61). Parfois, leur origine n'est pas présentée (EI, p. 64-65) mais l'on peut craindre qu'elle soit assez ancienne (le tableau en bas de la p. 65 indique comme origine « Cemagref – Décembre 1982).

concernant les pistes et leurs abords concernés par le renforcement du réseau d'enneigement³. Or, au sens de l'évaluation environnementale⁴, le projet est constitué de l'ensemble formé par la retenue et ce pour quoi on veut la construire, c'est-à-dire l'enneigement de 21 pistes de ski. Le fait que le dossier soit présenté à l'occasion de la demande d'autorisation « loi sur l'eau » de la retenue ne peut justifier que tout le reste du projet ne soit examiné que très superficiellement, voire pas du tout.

Concernant le site de la retenue, on relève également quelques insuffisances d'autant plus sérieuses que la zone est clairement identifiée comme sensible (ZNIEFF I) :

- Une brève description des habitats est présentée⁵ mais elle reste très générale et ne permet pas de situer ces habitats sur l'emprise du projet (pas de cartographie), ni de connaître en particulier les surface des biotopes qui seront impactés directement par les travaux.
- L'EI indique qu'un inventaire des zones humides départemental a été réalisé, mais il n'indique pas précisément ce qu'il en est pour le projet et ne les cartographie pas⁶. Or, le mémoire n° 3 montre que des mares temporaires et 11 mares probablement pérennes sont situées sur le site de la retenue et seront donc détruites.
- Concernant la flore⁷, l'étude indique que trois passages ont été réalisés, respectivement fin août 2002, début août 2008 et fin juin 2016. Ces passages d'une seule journée, à plusieurs années d'intervalle, paraissent insuffisants pour un inventaire exhaustif au regard de la sensibilité du milieu et de son évolution. De plus, mis à part pour les espèces protégées, les éléments présentés ne précisent pas la localisation des différentes espèces par rapport aux travaux prévus.
- Concernant la faune, le rapport fait référence dans les différents documents fournis à plusieurs inspections afin de dresser un inventaire de la faune présente sur le site de la Mura. Cependant, la description des méthodes, des périodes et des zones parcourues est imprécise⁸ et ne permet pas de juger de la pertinence des éléments présentés. Le mémoire n° 2 indique que, par ailleurs, trois espèces remarquables, mais sans statut de protection en France, ont été détectées sur les mares de La Mura ; mais il renvoie ensuite à des études ultérieures pour un recensement exhaustif.

En matière de paysage, les éléments présentés⁹ restent très généraux ; en particulier, les espaces depuis lesquels la retenue et les pistes qu'il est prévu d'enneiger seront visibles ne sont pas précisés.

3 On trouve quelques très rares éléments, généraux et peu précis, dans d'autres parties de l'EI concernant les pistes elles-mêmes, mais rien de spécifique ni concernant leurs abords. Ainsi, p. 126, il est indiqué « *Les pistes concernées [...] sont pour la plupart largement terrassées et formées de matériels géologiques quaternaires faciles à travailler* » ; p. 130, il est indiqué « *Quelques habitats prairiaux issus de reverdissements, présents sur l'emprise de certaines tranchées...* »

4 L'art. L122-1 (III) du code de l'environnement précise : « *Lorsqu'un projet est constitué de plusieurs travaux, installations, ouvrages ou autres interventions dans le milieu naturel ou le paysage, il doit être appréhendé dans son ensemble, y compris en cas de fractionnement dans le temps et dans l'espace et en cas de multiplicité de maîtres d'ouvrages, afin que ses incidences sur l'environnement soient évaluées dans leur globalité* ». Le guide technique « *Évaluation environnementale – Guide d'interprétation de la réforme du 3 août 2016* » du CGDD indique ainsi (p. 21) « *Le projet doit donc être appréhendé comme l'ensemble des opérations ou travaux nécessaires pour le réaliser et atteindre l'objectif poursuivi. Il s'agit des travaux, installations, ouvrages ou autres interventions qui, sans le projet, ne seraient pas réalisés ou ne pourraient remplir le rôle pour lequel ils sont réalisés.* »

5 cf. EI, p. 78

6 cf. EI, p. 98

7 cf. EI, p. 72 à 77

8 La seule investigation datée, en septembre 2003, concerne le haut plateau de la Mura et est indiquée p 80 du rapport. Elle est cependant très ancienne.

9 cf. EI, p. 104 à 111

2.2. Incidences notables potentielles du projet sur l'environnement et mesures prévues pour éviter, réduire et le cas échéant compenser les impacts négatifs

Les impacts du projet et les mesures permettant d'éviter, sinon réduire, et si nécessaire compenser ses impacts négatifs (mesures ERC) sont présentés respectivement dans les chapitres 5 et 8 de l'étude d'impact.

Les insuffisances relevées dans l'état initial de l'environnement ont, fort logiquement, des conséquences directes sur la qualité de l'appréciation des impacts du projet, qui ne peuvent pas être correctement évalués, et par conséquent sur l'identification des mesures ERC pertinentes.

Concernant le réseau d'enneigement, le projet n'est décrit que dans son principe ; le tracé des conduites et l'emplacement des enneigeurs n'est pas précisé¹⁰. L'EI considère en substance que les pistes sont des espaces déjà fortement remaniés, ce qui est généralement exact mais ne signifie pas qu'ils sont sans intérêt, et que les travaux n'auront donc pas d'impact particulier sur les habitats et la biodiversité, ce qui est beaucoup plus discutable et probablement erroné au vu des relevés sur des espaces similaires.

De plus, au-delà des impacts directs générés par les travaux de mise en place du réseau d'enneigement, les impacts de l'enneigement lui-même ne sont que très peu ou pas évoqués¹¹. Or, sur ces espaces ouverts de montagne, les conséquences d'un enneigement à la fois plus précoce et plus tardif, sur des surfaces bien délimitées mais globalement importantes, peuvent être non négligeables, notamment sur la flore, sur la faune présente dans les espaces adjacents et sur les paysages (contraste entre des espaces « verts » et des rubans blancs). Les impacts indirects liés au supplément de fréquentation touristique permis par l'enneigement méritent également d'être examinés.

Les impacts de la retenue elle-même font l'objet de développements plus conséquents. Cependant :

- En matière d'habitats et de biodiversité, l'étude se focalise sur les seules espèces protégées (Pavot des Alpes, Génépi), alors que les éléments d'état des lieux disponibles, tant dans l'EI elle-même que dans les mémoires n° 2 et n° 3, montrent que d'autres espèces patrimoniales (mais sans statut de protection) sont également présentes. Aucune compensation n'est également proposée au regard de la destruction des mares temporaires et des 11 mares probablement pérennes identifiées dans le mémoire n° 3¹², ce qui mérite justification.
- En matière de paysage, l'EI indique que « *la retenue présentera – en plus vaste – un caractère similaire à celui des mares temporaires du site* », ce qui est pour le moins discutable, et que « *le plan d'eau constituera un nouvel élément paysager fort du panorama* »¹³, sans plus de précision sur cet impact¹⁴. Des montages photographiques bienvenus figurent dans le mémoire n° 2 et

10 NB : un schéma du réseau existant est présenté dans l'annexe 7 « Plan du réseau actuel de neige de culture ». Cependant, ce schéma est daté de février 2006 et mériterait d'être actualisé. Il serait également intéressant de signaler que, d'après ce qu'a relaté la presse, des enneigeurs ont été installés beaucoup plus en altitude, l'an dernier, pour enneiger 4 ha de pistes sur le glacier, soit beaucoup plus haut que ce qui est indiqué dans l'étude d'impact, ce qui interroge.

11 Ainsi, pour la faune terrestre (EI, p. 137), il est simplement indiqué « *L'impact sur la faune terrestre d'une piste enneigée peut être considéré comme faible en phase d'exploitation. En période d'exploitation hivernale ces espèces sont en hibernation ou à distance en zones moins contraintes par la présence des skieurs.* », ce qui est non seulement discutable mais surtout bien insuffisant pour traiter du sujet !

12 On peut également s'interroger sur la mesure consistant à réimplanter dans le plan d'eau, marnant sur 11 m de hauteur, les blocs couverts de diatomées prélevés dans les mares temporaires (EI, p. 137) ; la fonctionnalité d'une telle mesure mériterait d'être démontrée ou tout au moins vérifiée par un suivi.

13 cf. EI, p. 139.

14 L'EI indique ensuite (p. 140), à propos de l'impact du projet sur la fréquentation touristique estivale, que « *le*

permettent de visualiser l'impact depuis plusieurs points de vue (qu'il serait néanmoins important de préciser) ; s'ils ne constituent pas une analyse complète de l'impact paysager de la retenue (il faudrait notamment préciser par une cartographie adaptée les lieux d'où celle-ci est visible, tant en vue proche que lointaine), ils montrent néanmoins que l'impact n'est pas mineur, contrairement à ce qu'indique le texte en substance.

Par ailleurs, l'insuffisance de l'évaluation des impacts du projet ne permet pas de rechercher toutes les mesures qui seraient utiles ou souhaitables pour éviter, réduire ou compenser ses impacts négatifs.

Enfin, les conséquences possibles du changement climatique sur les impacts du projet mériteraient d'être examinées.

3. Conclusion

Il apparaît donc que l'étude d'impact présente des insuffisances très graves, tout particulièrement en ce qui concerne le renforcement du réseau de neige de culture, mais également en ce qui concerne la retenue. **En l'état, cette étude ne permet pas à l'autorité environnementale de rendre un avis sur la qualité de la prise en compte de l'environnement par le projet ; elle ne permet pas non plus une correcte information du public.**

Pour l'Autorité environnementale, cette étude d'impact doit être intégralement reprise et lui être présentée à nouveau pour avis.

positionnement fort des 2 Alpes en été sur le marché des vacances sportives avec un produit exceptionnel comme le ski sur glacier ne concerne pas la clientèle "contemplative" » et que « Il y a peu de promeneurs sur le site de la Mura en été et la présence du lac n'est pas à même d'augmenter ou de réduire la fréquentation estivale de la station. » Ceci ne justifie pas une absence d'analyse de l'impact paysager de cette retenue, tant des vues proches que lointaines.

Commune de Les Deux Alpes



**AVIS DE LA
DIRECTION RÉGIONALE
DES AFFAIRES CULTURELLES
28 JUIN 2018**

Annexe PU 14



PRÉFET DE LA RÉGION AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Direction régionale
des affaires culturelles

Pôle *Architecture et patrimoines*
Service régional de l'archéologie

Affaire suivie par : Robert ROYET

☎ : 04 72 00 44 62

✉ : robert.royet@culture.gouv.fr

Le Préfet de région
à

Préfecture de l'Isère
Direction Départementale des Territoires
Service Environnement / PEMA
à l'attention de Mme CHIFFLET
17 boulevard Joseph Vallier
BP45

38040 GRENOBLE Cedex 9

Lyon, le **28 JUIN 2018**

Nos Réf. : 2018/6255/RR/MNT

Objet: IOTA 38-2017-00098 - LES DEUX ALPES - Autorisation Loi sur l'eau - Retenue d'altitude pour la neige de culture La Mura

J'ai examiné le dossier d'autorisation loi sur l'eau pour le projet cité en objet.
Aucun site n'est, à ce jour, recensé sur l'assiette de cette implantation.

Je vous confirme donc qu'en l'état actuel de nos connaissances je n'envisage pas de demander la mise en place une procédure d'archéologie préventive dans le cadre de ce dossier.

Je vous rappelle toutefois qu'en cas de découverte en cours de travaux, le code du patrimoine (art.L.531) prescrit l'obligation de déclaration auprès de la mairie.

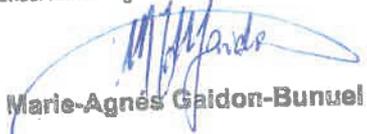
DIRECTION DÉPARTEMENTALE
DES TERRITOIRES DE L'ISÈRE
Service Environnement

PE :
PN :
Autre service :

- 4 JUL. 2018

PEMA :
ASST :

Pour le Préfet de région,
le directeur régional des affaires culturelles,
et par délégation,
la conservatrice régionale adjointe de l'archéologie


Marie-Agnès Gaidon-Bunuel