





## RESSOURCE DU LAC BLANC POUR L'EAU POTABLE

## MISE EN PLACE DES PERIMETRES DE PROTECTION DU CAPTAGE D'EAU POTABLE DU LAC BLANC ET AUTORISATION DE **PRELEVEMENT**

## DOSSIER COMPLEMENTAIRE

N° Affaire: 17/005 N° Dossier: 03

N° Indice	Dates	Etabli par	Vérifié par	Nb pages
Α	06/11/17	C.GACHET /	A OUEL A	2
В	01/12/17	PY FAFOURNOUX	A.GUELA	6+annexes



Alpespace - 777, Voie Galilée - 73800 Sainte Hélène du Lac



Ce dossier est complémentaire au dossier préalable à la déclaration d'utilité publique ind D du 22/05/17, déposés le 07 juin 2017 à la DDT 38.

La complétude du dossier a été validée le 12 juin 2017 par la DDT38.

Désormais un courrier daté du 16 octobre 2017 (ci-joint en **annexe 1**) demande des informations complémentaires. Les réponses à ce courrier figurent dans ce dossier complémentaire.

## 1. DEBIT RESERVE DU RIF BRILLANT

• Sur le calcul du débit réservé du Rif Brillant de 12.4 l/s

Celui-ci a été estimé dans l'étude ERTM de mai 2006 (cf. p.17 – extrait rapport joint en **annexe 2**), sur la base de 4 mois de surverse du lac Blanc (juillet à octobre), avec un débit moyen de 124 l/s et un débit réservé considéré de 1/10 soit 12.4 l/s.

Nouveau calcul du 10<sup>ème</sup> du débit moyen du Rif Brillant

Pierre Yves Fafournoux, a réévalué les débits moyens annuels des apports dans le futur en tenant compte du réchauffement climatique. Il arrive à :

- Pour 2020, année moyenne : 104 l/s et année sèche (1/5) : 87 l/s
- Pour 2050 année moyenne : 100 l/s et année sèche (1/5) : 83 l/s

En sortie de lac, compte tenu des pertes dans les failles (40%), les débits moyens sont donc de 62 l/s à 60 l/s en année moyenne et de 52 à 50 l/s en années 1/5 sèches.

Donc le 10<sup>ème</sup> du débit moyen dans le Rif Brillant en sortie du lac Blanc serait plutôt proche de 6 l/s avec les réactualisations ainsi menées, mais il ne peut pas être garanti toute l'année; il n'est valable que lorsque le lac déverse.

Une simulation faite pour l'année normale 2020, en faisant l'hypothèse qu'il n'y a aucun prélèvement au niveau du périmètre rapproché du lac Blanc (ni eau potable, ni neige de culture), montre que pendant les mois d'hiver (décembre, janvier, février et mars) rien ne sort du lac <u>: celui-ci ne déverse pas</u>.

Par rapport à la situation actuelle (prélèvements), où il ne déverse pas pendant 7 mois, le tableau montre que sans prélèvements, il ne déverse pas pendant 4 mois.



BILAN Année moyenne Horizon 2020	Lame d'eau 2005 (mm) :	005 (mm) :	1 200		Lame d'eau 2020 (mm) :	120 (mm) :	1 176						
Coefficient d'abattement 2020/2005 :	0,98												
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Débit spécifique (l/s/km2) / base 2005	5,0	4,0	18,0	36,0	72,0	84,0	0,06	60,0	36,0	24,0	21,0	6,0	38,0
Débit spécifique (l/s/km2) / base 2020	4,9	3,9	17,6	35,3	70,6	82,3	88,2	58,8	35,3	23,5	20,6	5,9	37,2
Débit arrivant dans le Lac Blanc (l/s)	13,7	11,0	49,4	98,8	197,6	230,5	247,0	164,6	8'86	629	57,6	16,5	104,3
Volume arrivant dans le Lac Blanc (m3)	36 748	26 553	128 024	256 048	529 166	597 446	661 458	440 972	256 048	176 389	149 361	44 097	3 288 322
Volume des pertes dans les failles du Lac Blanc (40 %)	75 000	50 000	50 000	50 000	75 000	100 000	150 000	150 000	150 000	125 000	125 000	100 000	1 200 000
Volume prélevé pour l'eau potable hypothèse haute (m3)													
Volume prélevé pour la neige de culture (m3)													-
Volume disponible pour remplissage du Lac Blanc (m3)	- 38 252	- 23 447	78 024	206 048	454 166	497 446	511 458	290 972	106 048	51 389	24 361	- 55 903	
Volume résiduel utilisable (m3)	730 206	706 759	784 783	800 000	800 000	800 000	800 000	800 000	800 000	800 000	800 000	744 097	
Volume total déversé (m3)	,	-	-	190 832	454 166	497 446	511 458	290 972	106 048	51 389	24 361		2 126 671
Debit en sorite du Lac Dianc (l/s)	·	-		73,6	169,6	191,9	191,0	108,6	40,9	19,2	9,4		
Débit réservé dans le Rif Brillant (I/s) : 75 %	•	-	-	36,8	84,8	143,9	143,2	81,5	2'08	14,4	4,7		
Débit disponible pour le canal des Sarrasins (Vs)	•	-		36,8	84,8	48,0	47,7	27,2	10,2	4,8	4,7		
Volume disponible dans le canal des Sarrasins (m3/s)	•	-	-	95 416	227 083	124 361	127 864	72 743	26 512	12 847	12 181	_	800 669
Volume disponible de juin à novembre dans le canal des Sarrasins en amont des Mar	Sarrasins en	amont des Ma	rmottes (m3)										800 669



Une même simulation sans prélèvement pour l'année sèche vingtennale en 2050 montre que le lac Blanc ne déverse pas les mois de : janvier à avril puis octobre à décembre, soit pendant 7 mois.

BILAN Année séche vingtennale Horizon 2050	Lame deau 2005 (mm) :	: (mm) 500	840		Lame deau 2050 (mm) :	: (mm) 050	790						
Coefficient d'abattement 2050/2005 :	0,94												
	Janvier	Février	Mars	Avril	IEW	Juin	Juillet	Aoút	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Total
Débit spécifique (Vislan2) / base 2005	3,5	2,5	12,5	25,0	50,0	59,0	63,0	42,0	25,0	17,0	15,0	4,0	28,5
Débit spécifique (Vs/km2) / base 2050	3,3	2,4	11,8	23,5	47.0	55,5	59,2	39,5	23,5	16,0	14,1	3,8	24,9
Débit amisant dans le Lac Blanc (Vs)	9,2	8,8	6'72	85,8	131,6	155,3	165,8	110,5	65,8	44,7	39,5	10,5	6,68
Volume amivant dans le Lac Blanc (m3)	24 673	15 918	85 277	170554	352 477	402 508	444 122	296081	170 554	119 842	102 332	28 198	2 203 031
Volume des pertes dans les failles du Lac Blanc (40 %)	75 000	90 000	20 000	200000	75 000	100 000	150 000	150 000	150 000	125 000	125 000	100 000	1200000
Volume préfevé pour l'eau polable hypothèse haute (m3)													
Volume prélevé pour la neige de culture (m3)		-											
Volume disponible pour remplissage du Lac Blanc (m3)	- 50 327	- 34 082	35 277	120 554	277 477	302 508	294 122	146081	20 554	5 158	- 22 668	- 71802	
Volume résiduel uffisable (m3)	655 204	621 122	666 369	776953	000 008	800 000	800 000	800 000	900 000	204 940	275 474	200.022	
Yolume total déversé (m3.)	,				254 430	302 508	294 122	146 081	20 554	,		ı	1017893
Débit en sonte du Lac Blanc (IIs)					95,0	118,7	109,8	54,5	7,9				
Débit réservé dans le Rf Britant (Is) : 75 %	-				47,5	58,4	82,4	40,9	4,0				
Débit disponible pour le canal des Sarrasins (IIs)	-				47,5	58,4	27,5	13,6	4,0				
Volume disponible dans le canal des Sarrasins (m3/s)			ı		127 215	151 253	73 530	36 520	10 277				398796
Volume disponible de juin à novembre dans le canal des Sarrasins en amont des Marmottes (m3)	Sarrasinsen	amont des Ma	rmottes (m3)										398736



#### • Proposition de débit réservé dans le Rif Brillant

Nous rappelons par ailleurs qu'entre la sortie de l'exutoire du lac jusqu'à l'ancienne voie romaine de Brande, le milieu est très peu attractif pour les poissons (cf. étude TEREO de 2005).

⇒ Il est par conséquent proposé de maintenir un débit réservé dans le Rif Brillant, en sortie de lac de 6l/s. il permettra d'assurer la continuité hydraulique « naturelle » du cours d'eau.

Ce débit réservé sera assuré par siphonnage : une étude spécifique sera engagée pour étudier les modalités de ce dispositif.

La Commune d'Huez propose de suivre le débit sur le Rif Brillant à l'exutoire du lac, hors période de neige : cela pourra être mis en place dans le cadre des mesures de suivi de la DUP.

Une concertation avec SUEZ et la Commune, nous conduit à proposer un ouvrage calibré adapté à la mesure du Rif Brillant, à environ 200 m à l'aval des gabions du déversoir et juste à l'aval de la prise d'eau du canal des Sarrasins.

Une étude plus approfondie permettra de positionner avec précision cet ouvrage.



Prise d'eau canal des Sarrasins

En outre, le débit de soutien du Rif Brillant (provenant de la surverse du barrage et d'infiltration en pied de barrage) n'est pas clairement identifié et nécessitera une étude approfondie pour ne pas sous-estimer le débit du ruisseau.

De même, les pertes naturelles du ruisseau (déperdition dans des failles notamment) sont à vérifier pour valider précisément le positionnement de cette mesure.



## 2. FAUNE PISCICOLE

Après contact de l'AAPPMA de l'Oisans et de l'association de pêche de l'Alpe d'Huez (M Weber Président), nous avons eu confirmation de la reproduction naturelle.

Voici ses réponses :

« oui, dans le Rif Brillant il y a de la reproduction, confirmée par notre part association de pêche, et lors de la pêche électrique effectuée le 17/08/2017 par Gay environnement. Espèce concernée : truite Fario. »

« oui, dans le lac Blanc il y a de la reproduction, principalement sur des cristivomers, on trouve des spécimens de toutes les tailles alors que l'introduction date de plus de quinze ans. La question se pose pour les Farios, il y a au bord des alevins, l'altitude n'est pas propice aux vairons, est ce des petites farios? L'introduction annuelle des AEC pourrait accidentellement donner de la reproduction, normalement c'est une espèce stérile, pas de confirmation. »

⇒ Sur la base de ces éléments fournis, nous pouvons donc conclure à une situation plutôt satisfaisante sur la reproduction naturelle de la faune piscicole, compte tenu du milieu d'altitude considéré et des prélèvements tels qu'ils sont pratiqués aujourd'hui.

La situation future ne prévoyant pas d'accroissement de ces prélèvements, il n'y aura donc pas de modification à attendre sur la reproduction piscicole.

Néanmoins, dans le cadre de mesures d'accompagnement, nous proposons de mettre en place un suivi hydrobiologique, tous les 5 ans entre 2020 et 2050.



# ANNEXE 1 COURRIER DU 16 OCTOBRE 2017





#### PRÉFET DE L'ISÈRE

Direction Départementale des Territoires Service Environnement

Affaire suivie par : Claire Godayer ப( Annick Chifflet

Tel: 04 56 59 42 52 / 42 26 Fax: 04 56 59 42 49

Courriel: claire.godayrer@isere.gouv.fr

annick.chifflet@isere.gouv.fr

Références:



Grenoble, le 16 octobre 2017

La Directrice Départementale des Territoires à Monsieur le Maire Mairie 226, route de la Poste 38750 ALPE D'HUEZ

Objet : Autorisation loi Eau de prélèvement – ressource du Lac Blanc pour l'eau potable -

Demande de complément Commune : Alpe d'Huez Pétitionnaire : Commune

Travaux : Autorisation de prélèvement et mise en place des périmètres de protection du captage

d'eau potable du lac Blanc.

Rubrique: 1.2.1.0

N° IOTA: 38-2017-00167

Monsieur le Maire.

L'instruction de votre dossier de demande d'autorisation au titre des articles L.214-1 à L.214-8 du Code de l'Environnement (Loi sur l'Eau), concernant l'opération suivante :

Autorisation de prélèvement et mise en place des périmètres de protection du captage d'eau potable du lac Blanc.

Commune de l'Alpe d'Huez

reçu au guichet unique le : 7 juin 2017 enregistré sous le numéro : 38-2017-00167

conduit à formuler les observations suivantes :

Préciser le calcul du débit réservé du Rif Brillant de 12,4 l/s : s'agit-il de la situation actuelle, d'une situation sans prélèvement, ... ?

DDT de l'Isère – 17, Bd Joseph Vallier – BP 45 – 38040 GRENOBLE CEDEX 9 - tél. 04 56 59 46 49 –ddt@isere.gouv.fr



2

Ce débit réservé devrait être garanti toute l'année et implique qu'il n'y ait pas de périodes d'assecs. La démonstration de l'asséchement naturel de ce torrent dans le dossier n'est pas convaincante, il faudra expliquer en quoi l'assèchement est naturel et non dû aux prélèvements en amont.

Le schéma de conciliation de la neige de culture prévoit un suivi du Rif Brillant (p.132), ce qui à notre connaissance n'a pas été fait. Cela pourrait être proposé dans votre dossier à titre de mesure des effets du projet.

Préciser, concernant la faune piscicole, si la reproduction de certaines espèces implantées artificiellement est aujourd'hui naturelle, dans le lac ou dans le Rif Brillant et proposer le cas échéant des mesures de sauvegarde.

Je vous propose de faire parvenir dans un premier temps un exemplaire des pages modifiées du dossier, en mettant en évidence les modifications apportées, si nécessaire accompagnées d'une note explicative. Après validation, vous m'adresserez 7 exemplaires du dossier modifié.

Dans le cadre de l'instruction, d'autres compléments pourront vous être demandés suite à l'avis de la CLE du SAGE Drac Romanche. Je vous rappelle que dans l'attente de vos compléments le délai d'instruction est suspendu.

Je vous prie de croire, Monsieur le Maire, à l'assurance de ma considération distinguée.

Pour la Directrice Départementale des Territoires La Chef du Service Environnement

Copie transmise pour information à :

- Mme Gachet – bureau d'études Pyrite Environnement – Alpespace – 777 voie Galilée – 73800 Ste Hélène du lac - ARS – DD38 – Mme Leopold



## **ANNEXE 2**

## RAPPORT HYDRAULIQUE ETRM MAI 2006

## Commune de l'Alpe d'Huez

## Étude de la surélévation du niveau du Lac Blanc

**Mai 2006** 



S.A.R.L. E.T.R.M. Vincent KOULINSKI Route de Picolard Chef Lieu 73700 Les Chapelles Tél.: 04.79.40.04.78 etrm@libertysurf.fr

## SYNTHESE ET CONCLUSIONS

La commune de l'Alpe d'Huez souhaite accroître la capacité de stockage du Lac Blanc afin de satisfaire l'augmentation des besoins en eau, pour l'alimentation en eau potable comme pour la création de neige artificielle.

Une analyse hydrologique, basée sur l'analyse de mesures de débit, conduit, lors des années sèches, à une lame d'eau écoulée d'un mètre, soit un apport annuel de 2 800 000 m<sup>3</sup>. Ce résultat est cohérent avec les estimations réalisées à partir de l'étude des précipitations.

Le Lac Blanc étant bordé par des roches très faillées, les pertes par infiltrations sont importantes. Un bilan réalisé sur les mois d'hiver, en l'absence de déversement, conduit à un volume annuel de 1 500 000 m<sup>3</sup>. Ce volume écoulé est très dépendant du niveau du lac et les incertitudes sont élevées, notamment en cas de une remontée du niveau du lac au dessus du niveau actuel.

Le débit réservé dans le Rif Bruyant ne concernerait que les périodes où le lac atteint le niveau actuel, soit quatre mois. En considérant le dixième du module des apports (c'est-à-dire en faisant abstraction des fuites), le débit serait de l'ordre de 12.4 l/s soit 131 000 m<sup>3</sup> pour les quatre mois considérés.

Ces déversements ne se produisant qu'en périodes de hautes eaux, les apports du bassin versant du Lac Blanc n'ont pas été retenus lors de l'étude de la centrale en projet sur la Sarenne.

Les prélèvements d'eau potable devraient atteindre 921 000 m<sup>3</sup> à terme, ce qui correspond à une forte augmentation par rapport à l'état actuel.

Les prélèvements destinés à la neige de culture devraient atteindre 523 000 m<sup>3</sup>. Ce volume doit inclure les rejets nécessaires dans le canal des Sarazins durant les mois d'été.

Un premier bilan, en considérant des fuites correspondant au niveau actuel du lac, montre que le bilan n'est pas équilibré, les prélèvements souhaités et les fuites étant sensiblement supérieurs aux apports d'une année sèche.

Une réduction du niveau dans le lac permet une diminution du débit de fuite. Cependant il est alors difficile de satisfaire la contrainte d'un niveau du lac toujours supérieur à 2520 NGF.

Une surélévation trop importante des niveaux d'eau par un barrage augmente la capacité de stockage... mais aussi les fuites.

Des consignes de gestion assurant l'alimentation en eau potable et un niveau supérieur à 2520 NGF même pour une année très sèche ont été précisées.

Il paraît illusoire de réaliser un barrage de plus de 2.5 mètres de haut avec les hypothèses retenues concernant les fuites. Il n'est pas impossible cependant que les fuites soient inférieures, notamment suite aux travaux d'étanchéité au droit du barrage.

Ainsi, il est conseillé de réaliser un barrage de 2.5 mètres de hauteur, tout en prévoyant de porter sa hauteur ultérieure à 3.5 mètres en fonction des résultats obtenus.

L'analyse des crues conduit à un débit centennal de 14 m<sup>3</sup>/s et un débit décamillennal de 55 m<sup>3</sup>/s. En tenant compte du laminage des débits de crue par le lac, le débit à prévoir sur l'évacuateur de crue est de 33 m<sup>3</sup>/s seulement.

Du point de vue hydraulique, le barrage aval devra prendre en compte les ouvrages suivants :

- ⇒ Un déversoir sur toute la largeur du barrage et présentant une dénivelé entre son ancrage en berge et le point bas de 2 mètres.
- ⇒ Une conduite permettant un rejet du débit réservé de 12.4 l/s dans le Rif Bruyant quand le niveau de 2527.8 NGF est atteint dans le lac.
- ⇒ Une conduite de vidange d'un diamètre de 0.8 mètre permettant la vidange des volumes stockés au dessus du niveau 2527.8 NGF en 10 jours.

L'analyse de la conséquence d'une rupture d'ouvrage montre que les dégâts seraient considérables tant au niveau de la station (secteur de l'Altiport) qu'en aval (notamment à l'arrivée dans la plaine de Bourg d'Oisans). Ce constat justifie la prise en compte de toutes les précautions permettant de prévenir la rupture de l'ouvrage et notamment la prise en compte de la crue décamillennale pour le dimensionnement du déversoir.

## **SOMMAIRE**

1.	INT	RODUCTION	1
1.1.	Овл	ET DE L'ETUDE	1
1.2.	Des	CRIPTION DU BASSIN VERSANT	1
2.	APP	ORTS ANNUELS	4
2.1.	App	ORTS LIQUIDES ORDINAIRES	4
2	2.1.1.	Étude des précipitations	4
2	2.1.2.	Étude des débits	4
	2.1.2.1.	Méthode retenue	4
	2.1.2.2.	Données disponibles	5
	2.1.2.3.	Lame d'eau annuelle moyenne	7
	2.1.2.4.	Variation interannuelle	9
	2.1.2.5.	Répartition dans l'année	11
2.2.	SYN	THESE SUR LES APPORTS	13
2.3.	BES	OIN EN EAU	14
2	2.3.1.	Débit de fuite par les failles	14
	2.3.1.1.	Estimation à partir des données de Jean-Nöel LOZAT	14
	2.3.1.2.	Bilan de l'hiver 2004/2005	14
	2.3.1.3.	Variation des débits de fuite	16
2	2.3.2.	Débit réservé	17
2	2.3.3.	Eau potable	18
2	2.3.4.	Enneigement	21
2.4.	Vol	UME NECESSAIRE	23
2	2.4.1.	Bilan préliminaire	23
2	2.4.2.	Évolution des niveaux dans le lac	24
2.5.	Ges	TION DES PRELEVEMENTS	29

3.	API	PORTS EN CRUE	32
3.1.	Ну	DROLOGIE	32
	1.1.	Objectif	
3.1	1.2.	Étude régionale des précipitations	
3.1	1.3.	Précipitations à faible pas de temps	35
3.1	1.4.	Hydrologie des crues	
3.2.	AP	PORTS SOLIDES EN CRUE	39
3.3.	Dii	MENSIONNEMENT DU DEVERSOIR	42
3.3	3.1.	Principe de dimensionnement	42
3.3	3.2.	Calcul des débits au droit du déversoir	43
3.4.	ΟÜ	VRAGE DE VIDANGE	45
		NSEQUENCES D'UNE RUPTURE DE	
L'OU	VR.	AGE	46
4.1.	DE	BITS LIQUIDES EN AVAL	46
4.2.	Tr	ANSPORT SOLIDE ASSOCIE	47
4.3.	Со	NSEQUENCES	48

## **ANNEXE**

TRACE DES ZONES INONDABLES EN CAS DE RUPTURE DU BARRAGE

## 1. Introduction

## 1.1. Objet de l'étude

La commune de l'Alpe d'Huez souhaite accroître la capacité de stockage du lac Blanc afin de satisfaire l'augmentation des besoins en eau, pour l'alimentation en eau potable comme pour la création de neige artificielle.

Il est donc nécessaire de préciser les points suivants :

- Estimation des apports liquides. En effet, il est essentiel que le projet corresponde aux apports prévisibles du bassin versant et qu'il puisse être pleinement utilisé.
- Confrontation entre les apports naturels et les besoins actuels et futurs.
- Détermination des phénomènes de crue, d'une part pour assurer le fonctionnement des ouvrages, et d'autre part, pour gérer les apports de matériaux.
- Définition des conséquences de la rupture de l'ouvrage aval.

### 1.2. Description du bassin versant

Ces éléments de description du bassin versant s'ajoutent à l'approche géologique et sont surtout destinés à éclairer les phénomènes hydrauliques et les apports solides.

Il est possible de distinguer cinq secteurs relativement homogènes dans le bassin versant :

- Le versant du Pic Blanc est fractionné par plusieurs barres rocheuses, formant autant de secteurs différents. Il constitue l'essentiel du bassin versant. Un chenal, qui suit grossièrement le tracé du téléphérique, constitue un drain prépondérant dans cette zone. Le bassin versant peut être décomposé en plusieurs éléments :
  - ✓ Falaise amont. La pente est très forte et l'érosion est active au niveau de la crête, les apports de matériaux sur le glacier étant nettement visibles.
  - ✓ Glacier dans la zone à plus faible pente. Les circulations d'eau sont alors essentiellement localisées à l'interface entre le glacier et le rocher. Notons que ce glacier a tendance à se rétracter à long terme sous l'effet du réchauffement. Des affleurements rocheux sont localement visibles.
  - ✓ Une seconde barre rocheuse correspond à une augmentation de pente et la fin actuelle de la zone englacée. Cette zone fournit aussi des matériaux par éboulement.
  - Des éboulis très entendus couvrent les terrains moins pentus au pied de ces barres. L'infiltration y est prépondérante. On observe localement des traces de talweg, vraisemblablement avec écoulement de laves torrentielles lors des crues. Ces éboulis ne s'étendent généralement pas jusqu'au fond de vallée, mais laissent rapidement affleurer le rocher dans leur partie basse. Les laves torrentielles ne parviennent qu'exceptionnellement dans le cours aval.

- Le fond de vallée, entre le Lac Blanc et le col du Lac Blanc est essentiellement constitué de substratum rocheux. Le relief est alors irrégulier, la pente modérée et l'érosion relativement faible. Ce secteur draine l'ensemble des écoulements provenant des deux versants et regroupe les eaux. Des terrassements de pistes importants ont été réalisés dans cette zone, notamment pour accéder au télésiège du Lac. Les terrassements de piste ont alors totalement recouvert le lit ancien qui provient de la zone du col de l'Herpie. La pente est très forte, et les terrassements de pistes pourraient générer une lave torrentielle en cas de crue exceptionnelle. Les enjeux sont très faibles dans cette zone. L'émissaire principal qui draine le fond de vallée est aussi modifié par les pistes et s'écoule à l'interface entre les remblais des pistes et le substratum rocheux. Là encore, les possibilités d'érosions sont importantes.
- Après la confluence des écoulements précédents (dont l'écoulement est généralement souterrain dans les matériaux très grossiers des terrassements de piste), le torrent a formé un petit cône de déjection à l'extrémité nord du lac. La gare de départ du télésiège est implantée sur ce cône de déjection. Sa pente est de l'ordre de 6 %. Là encore, les terrassements de piste ont repoussé le lit en rive droite, du coté du versant Ouest. Cependant, le lit est peu marqué et en cas de forte crue, le torrent pourrait à nouveau divaguer sur l'ensemble de son cône de déjection.
- Le pic de l'Herpie domine la partie Sud du versant des Grandes Rousses. Il présente des caractéristiques comparables au versant du Pic Blanc avec la succession de falaises, glacier, barre rocheuse et éboulis. Le glacier y est cependant beaucoup plus réduit. Par contre, la partie aval présente une dénivelée plus importante et un vaste éboulis atteint presque directement le lac. Les traces d'écoulement y sont très nettes, même si les écoulements ordinaires s'infiltrent et alimentent, en partie, le petit lac surplombant le Lac Blanc. La fourniture directe de matériaux au Lac parait plus faible que dans la partie nord du bassin versant, notamment grâce à un bassin versant plus petit et une infiltration supérieure.
- Le versant Est ne représente qu'une petite partie du bassin versant. Il s'agit d'un verrou rocheux beaucoup plus résistant qu'en rive gauche. Aucune trace d'écoulement n'y est visible, les précipitations s'écoulant sans doute très rapidement sur le rocher. Ce dernier étant très fracturé, il n'est pas impossible qu'une partie du ruissellement s'infiltre directement.

Ainsi, il apparaît que l'infiltration joue un rôle très important dans le bassin versant, ce qui s'explique par la faible proportion de matériaux fins dans les terrains de couverture. Le substratum rocheux est très présent et explique la plupart des sorties d'eau.

Au total, le bassin versant topographique du Lac Blanc draine 2.8 km² entre 2527 et 3323 m d'altitude.

A l'état naturel, les apports solides semblent très faibles en périodes ordinaires. Il est cependant probable que, lors des fortes crues, des écoulements très chargés - et éventuellement des laves torrentielles - parcourent les éboulis, apportant des matériaux.

Deux évolutions doivent cependant être prises en compte :

- Les terrassements de piste jouent aujourd'hui un rôle prépondérant. D'une part, ils "génèrent" des volumes importants de matériaux potentiellement mobilisables et notamment des matériaux relativement fins. C'est un changement important par rapport à l'état naturel, dans lequel les matériaux dans les zones d'érosion potentielle avaient déjà été emportés dans la plupart des cas. D'autre part, ils modifient en plusieurs points le tracé des lits, et favorisent les érosions en cas de débits important.
- Le recul des glaciers découvre des moraines qui peuvent favoriser les apports de matériaux. Aucun site ne met aujourd'hui en évidence ce type de comportement, mais il a pu être observé dans le massif du Mont Blanc. Ce type de phénomène pourrait se développer dans les années à venir, en fonction de l'évolution des glaciers.

Les apports solides sont donc relativement réduits, notamment en dehors des très fortes crues. Celles-ci correspondent essentiel aux orages d'été, les fortes précipitations étant souvent neigeuses au cours des autres saisons.

Un projet de centrale électrique concerne la Sarenne au droit de l'Alpe d'Huez. Le bassin versant drainé serait de 28,2 km² soit dix fois plus que le bassin versant du Lac Blanc. On notera dans le dossier de demande de concession¹ (page 6/46 de la pièce n°5) que le bassin versant du Lac Blanc, bien que faisant partie du bassin versant topographique, n'a pas été pris en compte. En effet, durant les mois d'hiver - essentiels pour une centrale électrique - ce bassin versant ne contribue déjà plus à l'alimentation de la Sarenne.

Le bassin versant du Lac Blanc n'étant pas considéré - à juste titre - par l'étude, les aménagements qui peuvent y être proposés ne modifieront pas les résultats de l'étude hydrologique réalisée ni ses conclusions.

-

Communes de la Garde, Huez, Bourg d'Oisans - Torrent de la Sarenne - Memoire descriptif - Dossier de demande de concession avec demande de déclaration d'utilité publique - Juillet 2005 - SARL LA SARENNE.

## 2. APPORTS ANNUELS

## 2.1. Apports liquides ordinaires

#### 2.1.1. Étude des précipitations

Ce travail a été réalisé par Alpes Ingé dans l'étude de 2004. Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- La lame d'eau annuelle précipitée est de 1051 mm au niveau de l'Altiport.
- La comparaison des mois d'hiver montre que les précipitations seraient de 60 % supérieures à l'altitude du Lac Blanc. Elles seraient de 1465 mm au niveau du Lac Blanc. Le ruissellement correspondrait à une lame d'eau de 1052 mm.
- Le volume d'eau annuel serait de 2 470 000 m<sup>3</sup>.

#### 2.1.2. Étude des débits

#### 2.1.2.1. Méthode retenue

La méthode mise en œuvre consiste à utiliser les données disponibles sur des stations de mesures de débit implantées dans la région.

Cette méthode présente l'avantage de prendre en compte la rétention nivale, et la fonte de printemps, ce qui conduit à une meilleure répartition saisonnière des débits.

Il convient de noter que cette méthode est totalement indépendante de la précédente, basée uniquement sur les précipitations.

L'obtention de résultats cohérents entre les deux approches est un bon indice de la fiabilité des valeurs obtenues.

#### 2.1.2.2. Données disponibles

Les données sont issues de stations gérées par la DIREN ou par EDF. La lame d'eau correspond au volume écoulé (en un mois ou un an) divisé par la superficie du bassin versant.

Le tableau suivant indique les lames d'eau écoulées sur les postes qui sont les plus représentatifs des écoulements au Lac Blanc :

	Superficie (km²)	Lame d'eau (mm)
la Bonne à Pont Battant	143	1027
L'Arvan a Saint-Jean-d'Arves	58	1095
La Romanche à Mizoen	220	1073
Le torrent du Rif au Monetier-les-Bains	12.6	1046
Le Petit Tabuc au Monetier-les-Bains	16	2002
La Guisane au Monetier-les-Bains	78.5	1142
L'eau d'Olle à Allemond	172	1460
La Roizonne à la Valette	71.6	1232
La Navette a la Chapelle-en-Valgaudemar	31.7	1573
La Romanche au Bourg-D'oisans	1000	1200
La Severaisse a Villar-Loubiere	133	1224
Le Drac a Saint-Jean-Saint-Nicolas	208	838

Ce tableau montre que les valeurs sont très regroupées entre 1000 et 1500 mm à trois exceptions près :

- Le Petit Tabuc, avec une lame d'eau de plus de 2002 mm. Cette valeur parait nettement surestimée, surtout lorsqu'on la compare aux relevés sur le torrent du Rif (1046 mm) et ceux sur la Guisane (1142 mm), les trois mesures étant réalisées au Monetier-les-Bains. Le bassin versant, en retrait des Écrins, nous conduit à abandonner la valeur sur le Petit Tabuc, les mesures toujours difficiles sur un tel torrent n'ayant été réalisées que durant une dizaine d'années.
- La Navette à la Chapelle-en-Valgaudemar (1573 mm). Cette valeur n'est pas très supérieure aux autres. Or, la situation du bassin versant, au cœur du massif des Écrins, explique des précipitations et donc une lame d'eau particulièrement élevées. Cette valeur peut donc être conservée.
- Le Drac à Saint-Jean-Saint-Nicolas (838 mm) correspond à la seule valeur largement inférieure à 1000 mm. Un tel écart est difficilement explicable, le Drac Blanc comme le Drac Noir drainant des terrains de haute montagne. Le poste pluviométrique de Champoléon, sur le Drac Noir se caractérise d'ailleurs par des précipitations particulièrement élevées. Ce poste de mesure des débits n'a été exploité qu'une dizaine d'années ce qui permet d'exclure cette valeur.

Une première analyse des données consiste à vérifier qu'il n'y a pas de biais en fonction de la taille du bassin versant. Le graphique suivant indique la lame d'eau en fonction de la taille du bassin versant :

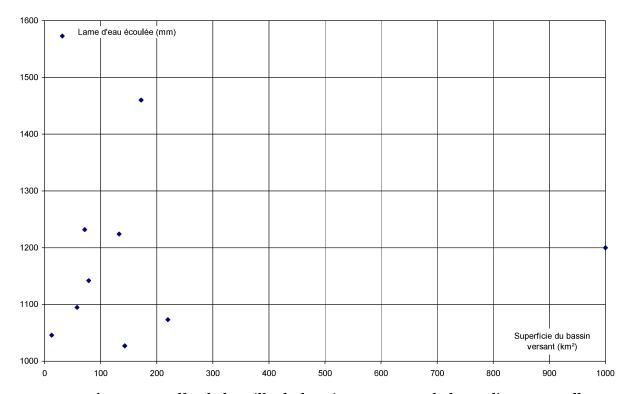


Figure 1 : Effet de la taille du bassin versant sur la lame d'eau annuelle.

Ce graphique montre qu'il n'y a pas de biais lié à la taille du bassin versant et que la répartition est assez aléatoire, l'exposition aux précipitations étant vraisemblablement le paramètre essentiel.

#### 2.1.2.3. Lame d'eau annuelle moyenne

Il est tentant de mettre en évidence une relation entre l'altitude du bassin versant drainé et la lame d'eau annuelle moyenne. L'altitude du poste de mesure est un bon indicateur de l'altitude du bassin versant, même si l'altitude moyenne serait vraisemblablement plus représentative.

La figure suivante indique la relation entre l'altitude du site de mesure et la lame d'eau écoulée :

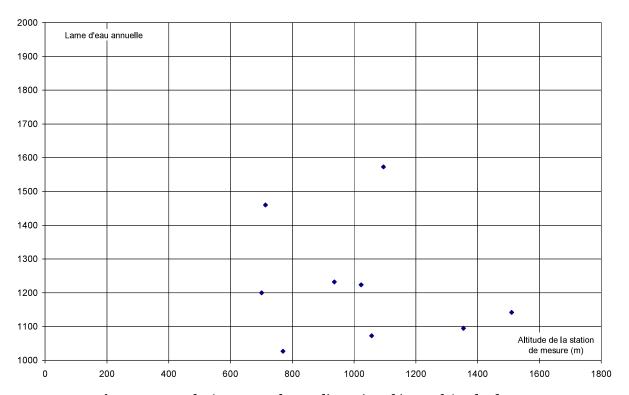


Figure 2 : Relation entre lame d'eau écoulée et altitude de mesure.

Cette figure montre qu'il n'y a pas de lien direct. Pourtant, à exposition comparable, il est très probable que le volume d'eau écoulé augmente avec l'altitude du bassin versant. En effet, d'une part les précipitations augmentent (comme le montre la comparaison des précipitations au Glacier de Sarenne avec celles de l'Altiport), et d'autre part, l'évaporation diminue à cause de températures inférieures.

Si la tendance existe, il est probable qu'elle soit masquée par les variations d'exposition dans le massif des Écrins.

Ainsi, le graphique suivant regroupe l'ensemble des données en les ordonnant suivant leur exposition au relief, les bassins versants à l'Ouest étant vraisemblablement plus exposés aux précipitations que ceux de l'Est.

Ainsi, le graphique suivant indique les différents postes suivants leur expositions :

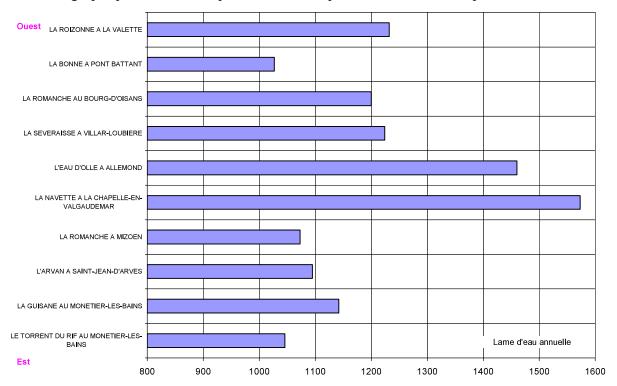


Figure 3: Relation entre lame d'eau et localisation du bassin versant.

Ce graphique met en évidence plusieurs tendances :

- Le rôle du relief est prépondérant. Les postes les plus arrosés sont ceux qui sont exposés devant les reliefs majeurs en venant de l'Ouest. C'est le cas de l'eau d'Olle et de la Navette à la Chapelle en Valgaudemar. De ce point de vue, la Serveraisse correspond à des valeurs particulièrement faibles, sans doute à cause de sa situation au sud du massif.
- Les postes en retrait du relief correspondent à des lames d'eau écoulées faibles. C'est le cas pour l'Arvan, mais aussi du Briançonnais. La Romanche à Mizoen bénéficie aussi de cet effet d'abri, d'une part sur sa rive droite à l'abri des Grands Rousses, mais aussi dans toute la partie supérieur de son bassin versant, derrière la Meije.
- La Romanche à Bourg d'Oisans correspond à une valeur moyenne, à l'image d'un bassin versant étendu mais très contrasté.
- Le rôle du massif des Grandes Rousses est particulièrement instructif, le massif étant orienté Nord-Sud, c'est-à-dire perpendiculairement à la direction générale des précipitations :
  - Lame d'eau écoulée très forte à l'Ouest, avec les valeurs très fortes de l'Eau d'Olle (1460 mm).
  - ✓ Lame d'eau modérée à l'Est avec l'Arvan et la Romanche supérieure (moins de 1100 mm pour les deux postes).

Ainsi, il apparaît que le bassin versant du Lac Blanc est situé dans une zone particulièrement exposée, avec une lame d'eau vraisemblablement proche de 1400 mm.

Deux postes paraissent intéressant à analyser car proches du Lac Blanc :

- ✓ L'Eau d'Olle à Allemond, pour son exposition vraisemblablement très représentative,
- ✓ La Romanche à Mizoen, toute proche, pour la forte fraction de surfaces englacées.

#### 2.1.2.4. Variation interannuelle

La première interrogation concerne la stationnarité des mesures. En effet, il est intéressant de vérifier qu'il n'y a pas de tendance lourde de variation à long terme. Ainsi, le graphique suivant indique les mesures réalisés chaque année sur les deux sites entre 1948 et 2003 :

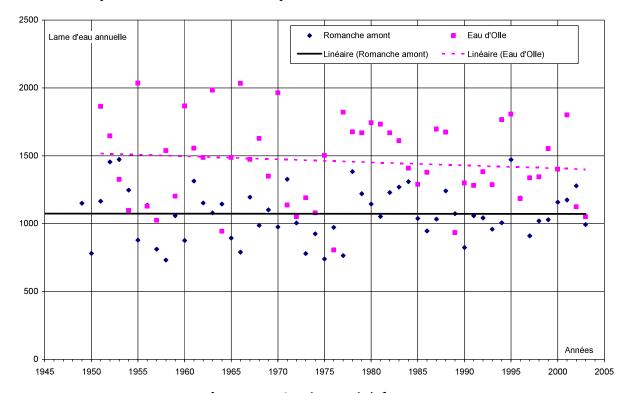
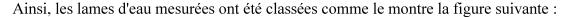


Figure 4 : Stationnarité des mesures.

Afin de faciliter la lecture, un ajustement linéaire a été réalisé sur chacun des deux postes. Ce graphique conduit à des résultats contrastés :

- Pour la Romanche, la stationnarité semble parfaite, aucune évolution n'étant visible en 50 ans, tant sur la dispersion des points que sur la valeur moyenne. Il est probable que la forte fraction de glacier dans le bassin versant joue un rôle régulateur à moyen terme.
- Pour l'eau d'Olle, il semblerait que la lame d'eau écoulée diminue faiblement en cinquante ans. Cependant, l'évolution parait peu significative. Il semblerait aussi que la dispersion d'une année à l'autre ait diminué depuis les années 50. Il est cependant difficile d'être affirmatif, d'autant plus que l'Eau d'Olle est lourdement équipée par EDF avec le barrage de Grand Maison, même si l'effet de cet aménagement sur les débits a été corrigé dans les données utilisées.

Il est intéressant de s'intéresser aux variations interannuelles, en en particulier aux années pour lesquelles l'écoulement est le plus réduit, car il est important que, même ces années là, l'ouvrage puisse être pleinement utilisé.



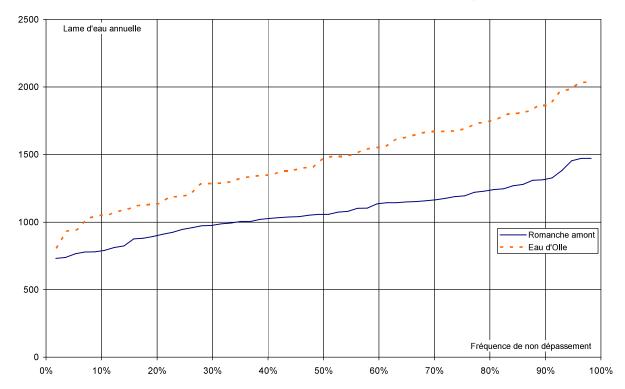


Figure 5 : Classement des lames d'eau écoulées.

Ce graphique montre que la lame d'eau annuelle varie presque linéairement avec la fréquence de non dépassement. D'autre part, il semblerait que les lames écoulées connaissent des variations plus importantes sur l'Eau d'Olle que sur la Romanche, ce qui pourrait s'expliquer par la plus forte superficie englacée de cette dernière. Pour pouvoir comparer les deux courbes, les lames d'eau observées ont été normées par la valeur moyenne.

La figure suivante montre que l'écart entre les deux stations n'est pas significatif lorsque les lames sont normées par la valeur moyenne interannuelle :

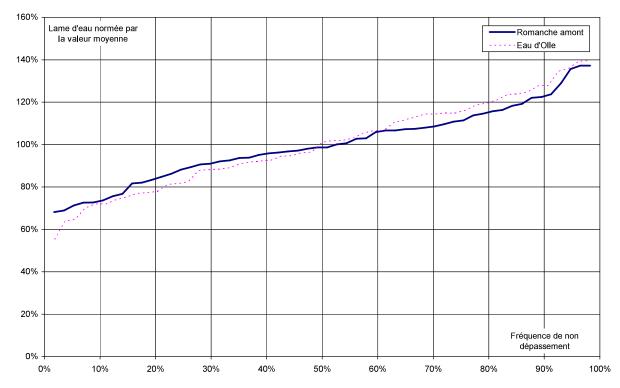


Figure 6 : Variation des lames d'eau normées.

Par rapport à la valeur moyenne, il parait rarissime (de l'ordre d'une fois sur 20) que la lame d'eau soit inférieure à 70 % de la valeur moyenne. Il est rare (de l'ordre d'une fois sur 10) que la lame d'eau soit inférieure à 75 % de la lame moyenne.

Ainsi, si l'on considère une lame d'eau moyenne sur le site du Lac Blanc de l'ordre de 1400 mm, il apparaît prudent, pour utiliser pleinement l'aménagement envisagé, de considérer une lame d'eau "minimum" de l'ordre de 1000 mm.

#### 2.1.2.5. Répartition dans l'année

La répartition dans l'année est évidemment un élément clef du dimensionnement de l'ouvrage. En effet, celui-ci est uniquement destiné à "déplacer" les volumes d'eau disponibles du printemps et de l'été vers l'hiver, lors de forts besoins en eau pour l'enneigement et l'eau potable.

La démarche retenue consiste à analyser la répartition mensuelle des débits sur l'ensemble des stations, puis de la modifier en tenant compte de l'altitude particulièrement élevée du bassin versant du Lac Blanc. Cette modification est la suivante :

- Réduction sensible des débits en hiver, aucune période de redoux ne permettant une augmentation des débits, au contraire des bassins versants plus bas.
- Augmentation relative des débits en période de fonte (mai, juin et juillet).

Ces évolutions sont déjà très sensibles lorsque l'on compare la Romanche à Mizoen et les relevés au Bourg d'Oisans, avec un bassin versant dont l'altitude moyenne est sensiblement inférieure.

Le graphique suivant regroupe les données disponibles, ainsi que la synthèse réalisée pour le Lac Blanc :

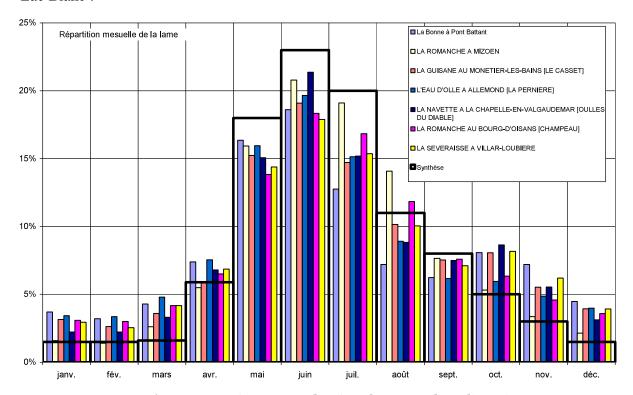


Figure 7 : Répartition des écoulements dans l'année.

Ce graphique montre une répartition très tranchée entre la période de fonte et l'hiver où les écoulements sont très réduits.

A partir de cette analyse, il est possible de déterminer les volumes d'eau parvenant probablement dans le Lac Blanc lors d'une année plutôt sèche.

Le graphique suivant indique la répartition des volumes arrivant dans le lac :

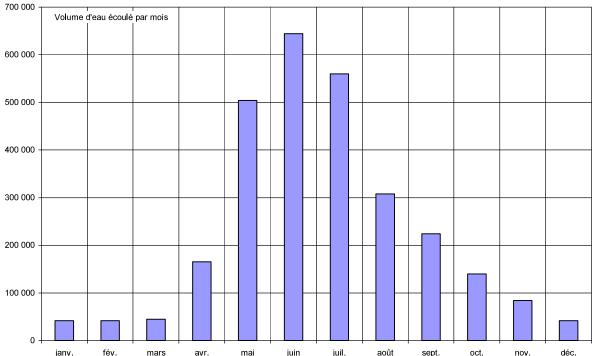


Figure 8 : Volumes apportés dans le lac pour une année sèche.

Le volume total apporté dans l'année est de 2.8 millions de m<sup>3</sup>.

## 2.2. Synthèse sur les apports

Deux méthodes radicalement différentes ont été employées afin d'estimer les apports dans le Lac Blanc :

- La méthode basée sur les précipitations met en évidence un très fort gradient des précipitations entre l'Altiport et le Glacier de Sarenne. Cette différence s'explique vraisemblablement à la fois par la forte dénivelé entre les deux sites mais aussi par leur exposition. Le volume annuel est alors estimé à 2.5 millions de m<sup>3</sup>.
- La méthode basée sur les mesures des débits sur des postes de mesures de grands bassins versants voisins conduit à une lame d'eau annuelle moyenne de l'ordre de 1400 mm. Ces valeurs sont évidemment variables d'une année sur l'autre. Pour avoir un volume assuré plus de 95 % des années, il est nécessaire de retenir une lame d'eau de 1000 mm seulement, soit 2.8 millions de m<sup>3</sup>.
- Ces deux estimations sont cohérentes et illustrent les inévitables imprécisions sur ce type d'analyse. On conservera par la suite les résultats de la méthode basée sur les mesures de débit car elle présente l'avantage de prendre en compte le phénomène de rétention nivale et de fonte estivale - essentiel pour le dimensionnement d'un ouvrage de stockage saisonnier d'eau.

#### 2.3. Besoin en eau

#### 2.3.1. Débit de fuite par les failles

2.3.1.1. Estimation à partir des données de Jean-Nöel LOZAT

Le massif de la berge Ouest du lac est très faillé. Ainsi, un débit relativement important s'écoule dans les failles et, avant tout prélèvement d'eau, le rapport de Jean Noël Lozart<sup>2</sup>, indiquait un abaissement du niveau du lac (sous le niveau du déversoir) de l'ordre de 3 mètres.

Une telle dénivelée correspond à un volume de l'ordre de 370 000 m<sup>3</sup>. Cette valeur est imprécise d'une part à cause de l'absence de mesure faible du niveau à cette époque et de l'incertitude sur le niveau nominal du lac lors des ces observations.

L'observation des apports annuels montre que durant cinq mois (de novembre à mars), les apports sont inférieurs à 100 000 m<sup>3</sup>. Durant ces cinq mois le bilan peut être le suivant :

- $\Rightarrow$  Apport du bassin versant : 250 000 m<sup>3</sup>,
- $\Rightarrow$  Déstockage de l'eau : 370 000 m<sup>3</sup>.

Les perte durant cette période seraient alors de 620 000 m<sup>3</sup>, soit une valeur moyenne de **125 000 m<sup>3</sup> par mois**. Cela correspond à un débit de 48 l/s.

#### 2.3.1.2. Bilan de l'hiver 2004/2005

Une autre méthode consiste à confronter les observations lors de la dernière saison hivernale en confrontant quatre types de données :

- Variation du niveau du lac, un dispositif de mesure ayant été mis en place lors de la dernière saison.
- Débits provenant du bassin versant estimés à partir de l'analyse des apports.
- Volume prélevé pour l'enneigement.
- Volume prélevé pour l'eau potable.

Jean-Nöel LOZAT - Rapport hydrogéologique sur le projet de renforcement des réserves en eau du Lac Blanc pour le compte de la station de l'Alpe d'Huez - Novembre 1993.

Le graphique suivant indique l'évolution des niveaux d'eau dans le lac durant l'hiver 2005 :

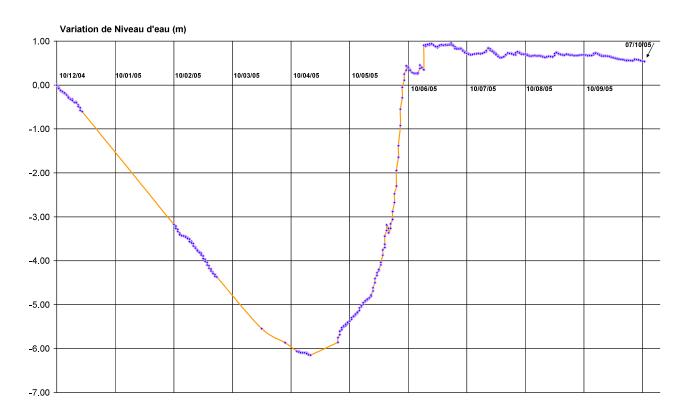


Figure 9 : Évolution du niveau du lac en 2005.

Ce graphique montre que l'on retrouve, le 5/06/2005 le même niveau que le 10/12/2004. D'autre part, il n'y a pas de déversement puisque le lac est alors sous son niveau nominal. Il y a donc, sur cette période, égalité entre les apports et les prélèvements, comme l'indique le tableau suivant :

Apports	Prélèvements
	Eau potable
Apports du bassin versant	Enneigement
	Fuites

Pour les apports, on considère les apports moyens probables durant cette période, soit 1 300 000 m<sup>3</sup>.

Le volume prélevé pour l'enneigement durant cette période, d'après les documents fournis par la SATA, aurait été de 200 000 m<sup>3</sup>.

Les consommations d'eau durant l'hiver 2005 ne sont pas connues, mais il est possible de considérer celles, vraisemblablement très proches, de la saison précédente. On est alors conduit à un volume de 460 000 m<sup>3</sup>.

Ce bilan conduit à une perte de 640 000 m<sup>3</sup> en presque 6 mois, soit une perte moyenne mensuelle de **110 000 m<sup>3</sup>**. Cette valeur est remarquablement cohérente<sup>3</sup> avec l'estimation précédente (volume mensuel de 125 000 m<sup>3</sup>) étant données les imprécisions relatives à ces calculs.

On retiendra par la suite, par prudence, un volume mensuel de fuite de 125 000 m<sup>3</sup> pour le niveau nominal du lac.

#### 2.3.1.3. Variation des débits de fuite

Il est alors possible d'esquisser la relation entre le débit de fuite et le niveau du lac en fonction de la surface mouillée et de la charge. En effet, l'abaissement du niveau d'eau a deux influences distinctes :

- La réduction de la surface mouillée qui occasionne les fuites. Évidemment, dans la réalité il est probable que le débit de fuite soit concentré sur quelques failles et la relation entre surface mouillée et nombre de failles n'est pas aussi directe.
- La diminution de la pression de l'eau et donc du débit passant dans le sol.

Deux hypothèses ont été retenues pour la superficie représentative des fuites :

- Le fond + le versant.
- Le versant seulement. En effet, il est probable que le fond soit au moins en grande partie
   colmaté par les fines provenant du bassin versant. La présence de farine de roche qui donne au lac sa couleur claire - renforce cette hypothèse, ce matériau étant généralement imperméable.

16

On verra par la suite que le niveau du lac ayant été plus bas en hiver 2005 que dans l'état initial, il est normal que les fuites soient un peu plus faibles.

250 000 Volume mensuel Versant Ouest

200 000

150 000

50 000

La figure suivante indique donc la relation probable entre le niveau d'eau et le débit de fuite :

Figure 10 : relation entre niveau dans le lac et débit de fuite.

2515 2516 2517 2518 2519 2520 2521 2522 2523 2524 2525 2526 2527 2528 2529 2530 2531 2532 2533 2534 2535

Ce graphique conduit aux remarques suivantes :

- L'infiltration dans le fond du lac moins sensible à la hauteur conduit évidemment à une variation moins marquée que si l'on tient compte uniquement du niveau des berges.
- L'effet du niveau d'eau est considérable. Avec l'hypothèse d'une infiltration dans le fond, la prise entre compte d'un niveau variant entre -10 et + 5 mètres par rapport au niveau nominal entraîne une variation du débit de fuite dans un rapport de 2.4. La même hypothèse, avec seulement un transit à travers les versants conduit à un rapport de 1 à 7!
- Dans les faits, il est probable que le débit de fuite varie par à coups, en fonction de la mise en service ou non d'une faille.

Ces calculs, même s'ils sont imprécis, indiquent que l'utilisation d'un volume maximum d'eau conduit à minimiser le niveau dans le lac.

#### 2.3.2. Débit réservé

Naturellement, le Rif Bruyant est à sec une partie de l'année. D'autre part, l'altitude et la très forte pente expliquent que les enjeux écologiques soient limités et que la conservation d'un débit réservé ne soit pas primordiale.

La commune souhaite qu'un débit réservé soit rejeté dans le Rif Bruyant dès que le lac atteint sa cote actuelle. On verra par la suite, que cela correspond à 4 mois dans l'année (de juillet à octobre), le lac ne retrouvant sa cote nominale que durant le mois de juin.

Niveau d'eau

Le débit moyen peut être estimé à 124 l/s, ce qui conduit à un débit réservé de 12.4 l/s, soit un volume de 33 000 m<sup>3</sup> par mois et 131 000 m<sup>3</sup> pour l'année.

#### 2.3.3. Eau potable

Les consommations d'eau potable à partir du Lac Blanc sont bien connues et la SAUR nous a transmis les consommations mensuelles sur les années 2002 à 2004. Le graphique suivant indique les variations constatées :

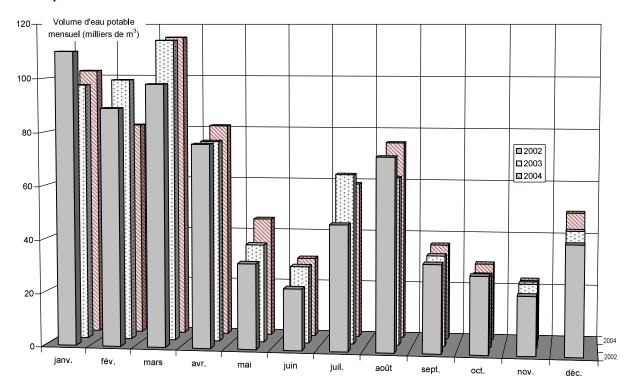


Figure 11: Consommations mensuelles entre 2002 et 2004.

Ce graphique montre que la consommation est directement corrélée avec la fréquentation touristique de la station, avec une très forte saison d'hiver et une pointe secondaire en été.

Notons qu'une partie de ce volume d'eau serait utilisé pour la création de neige de culture.

D'une année à l'autre, les variations de consommation sont relativement importantes et traduisent probablement les variations de fréquentation liée aux conditions climatiques ou d'enneigement.

Il est intéressant de noter les variations d'une année sur l'autre :

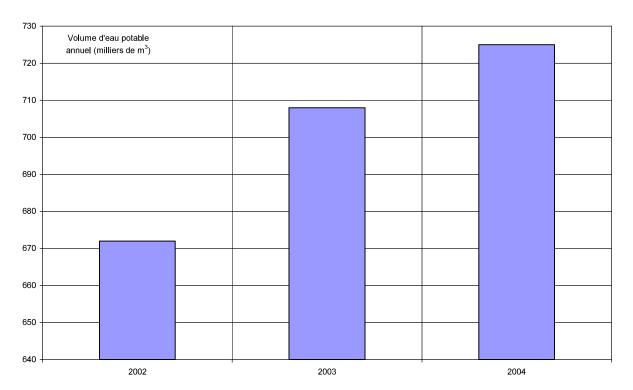


Figure 12: Consommation annuelle.

Ce graphique indique une consommation en constante augmentation, ce qui est surprenant alors que la capacité de la station n'a pas connue d'évolution marquante ces dernières années. L'analyse des consommations mensuelles ne met cependant pas en évidence d'augmentation pour chacun des mois d'une année à l'autre mais plutôt des écarts aléatoires d'une année à l'autre.

Les évolutions prévues qui nous on été transmissent par Alpe Ingé correspondent à un volume total annuel de  $921\ 000\ m^3$  suivant la répartition suivante :

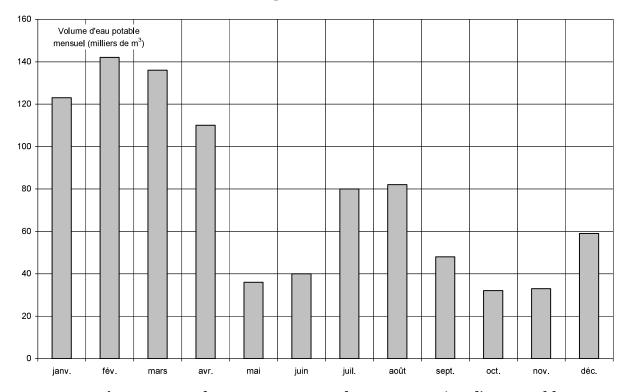


Figure 13: Valeurs retenues pour la consommation d'eau potable.

#### 2.3.4. Enneigement

Les données d'enneigement nous ont été transmises par la SATA et sont indiqués dans le graphique ci-dessous :

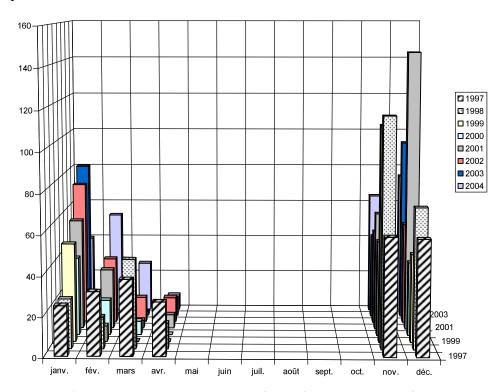


Figure 14 : Consommation liés à l'enneigement depuis 1997.

La variation de la consommation en fonction de la saison est évidemment très forte :

- En automne (novembre et décembre), la consommation est très forte et correspond à la préparation des pistes.
- En hiver, la consommation est plus faible, et surtout plus variable... car elle est très dépendante des précipitations.
- En été, elle est évidemment nulle. Par rapport au Lac Blanc, elle peut être significative car il est nécessaire d'assurer le remplissage des retenues colinéaires.

Sur le bilan annuel les variations d'une année sur l'autre sont évidemment plus marquées. La figure suivante indique aussi les prélèvements souhaités par la SATA :

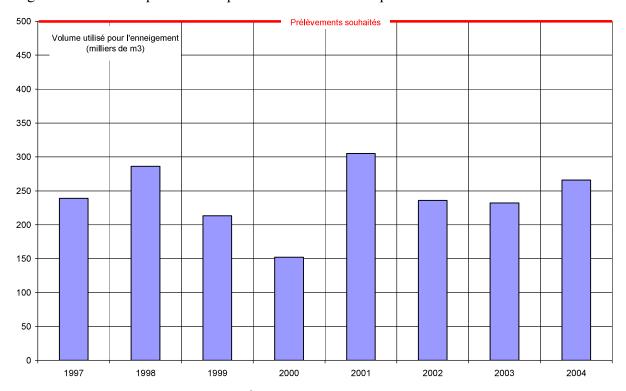


Figure 15 : Évolution des prélèvements annuels.

La figure suivante indique la répartition annuelle de ces prélèvements souhaités :

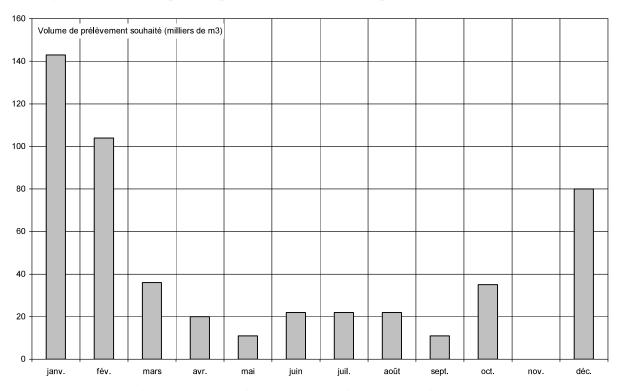


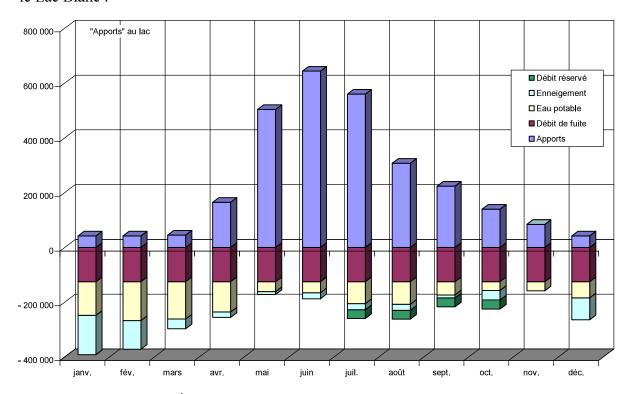
Figure 16: Prélèvements souhaités pour l'enneigement.

Il convient de noter que ce volume inclus le rejet dans le canal des Sarazins durant les mois d'été.

#### 2.4. Volume nécessaire

#### 2.4.1. Bilan préliminaire

A partir des éléments précédents, il est possible de construire un bilan des volumes concernant le Lac Blanc :



**Figure 17 :** Évolution des apports et prélèvements dans le Lac Blanc.

Un premier bilan, montre que les prélèvements excèdent de 260 000 m³ les apports naturels (2 800 000 m³). Ce résultat ne doit pas être considéré comme un obstacle au projet mais montre que la satisfaction de l'ensemble des besoins sera difficile les années sèches :

- L'excès de prélèvements n'est que de 9 % des apports total. Il est à peine significatif par rapport à la précision des calculs.
- Les apports retenus correspondent à une année sèche, la valeur moyenne étant supérieure de 30 % aux valeurs utilisées dans les calculs.
- Les prélèvements projetés correspondent à un maximum à la fois pour l'eau potable et pour l'enneigement. Dans la plupart des cas, les prélèvements réels devraient être inférieurs à ces valeurs.
- Le débit de fuite est mal connu. D'autre part, un abaissement du lac conduit, dans tous les cas, à une réduction des fuites et donc une augmentation des volumes d'eau disponibles. Une simulation plus détaillée, prenant en compte l'évolution du débit de fuite en fonction des prélèvements doit être envisagée.

Ainsi, ce bilan négatif parait artificiel mais il montrent que les prélèvements souhaités correspondent au maximum probable de la ressource en eau, quelque soit la capacité de stockage du lac.

Il convient de rappeler que les prélèvements d'eau destinés au canal des Sarrasins doivent être inclus dans les prélèvements prévus pour l'enneigement.

#### 2.4.2. Évolution des niveaux dans le lac

Ce calcul est réalisé de la façon suivante :

- Le niveau du lac à la fin octobre est choisi arbitrairement.
- Le niveau d'eau est calculé à partir d'un bilan entre les apports et les prélèvements.
- Le débit correspondant aux fuites est calculé en considérant que seuls les versants contribuent à la déperdition d'eau, comme indiqué précédemment lors de l'étude des débits de fuite.
- Le niveau du lac est alors recalculé de façon itérative en fonction de l'évolution des débits de fuites.

La figure suivante correspond à ce calcul et indique l'évolution des niveaux d'eau dans l'année ainsi que le débit de fuite qui y est associé. Dans une première hypothèse, on considère un niveau du lac égal, fin octobre, au niveau nominal actuel :

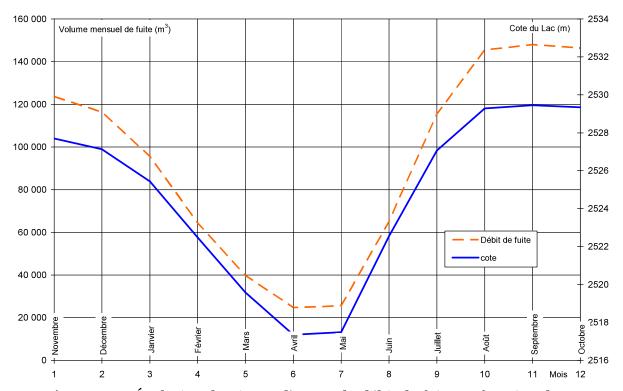


Figure 18 : Évolution du niveau d'eau et du débit de fuite en fonction du temps.

On observe sur ce calcul que le niveau d'eau dans le barrage est supérieur à la fin de l'année à celui observé au début, même pour une année sèche. Ainsi, dans ce cas qui correspond à l'absence de barrage, si le déversoir était calé à 2528.4 m d'altitude, le déversement se produirait à partir du mois de juillet.

Dans ce cas, le niveau minimum du lac est de l'ordre de 2517.3, en mai, ce qui est nettement inférieur à la cote de 2520 NGF imposé comme minimum dans le lac.

Ce calcul montre qu'il y a incompatibilité entre les besoins en eau et le respect de la cote minimum de 2520 NGF en l'absence de barrage permettant de majorer les volumes stockés.

Au contraire, un niveau du lac élevé, en favorisant l'infiltration, conduit à une profonde modification du bilan en eau, comme le montre la figure suivante :

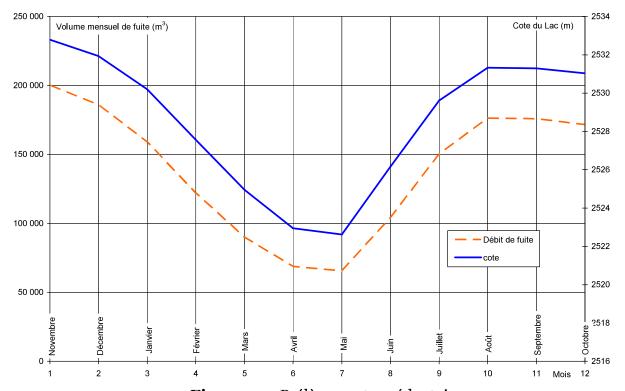


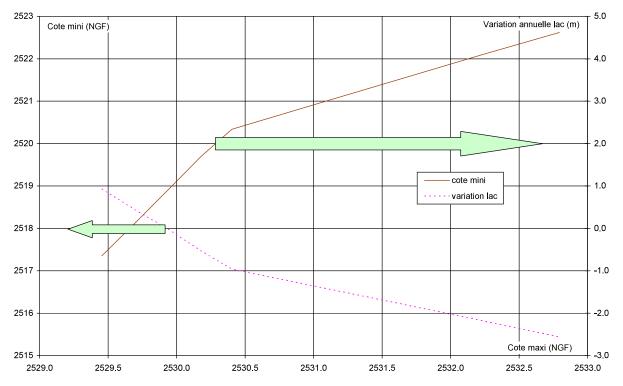
Figure 19: Prélèvement excédentaire.

Ici, la cote minimum de 2520 NGF est loin d'être atteinte, ce qui est favorable. Mais le niveau du lac a baissé en un an de 2.6 mètres, ce qui montre que le stock n'est pas conservé d'une année à l'autre. En effet, le niveau supérieur du lac entraîne des fuites supérieures et donc un volume d'eau utilisable inférieur aux besoins exprimés.

Il est alors intéressant de simuler différents niveaux du lac et de rechercher les niveaux permettant de remplir une double contrainte :

- Niveau assez bas pour réduire les fuites et donc atteindre le volume de prélèvement souhaité.
- Niveau assez haut afin de ne pas descendre en dessous de la cote imposée de 2520 NGF.

La figure suivante indique, en fonction du niveau maximum du lac (niveau d'un déversoir éventuel) le niveau minimum dans le lac durant l'année et la variation de niveau sur l'année :



**Figure 20 :** Niveau minimum dans la retenue et de la variation annuelle de niveau en fonction du niveau maximum dans le réservoir.

Ce graphique montre que la cote du déversoir doit remplir une double contrainte :

- ⇒ Si l'on souhaite rester au dessus du niveau minimum de 2520 NGF, il faut que le niveau maximum dans le lac soit supérieur à 2530.3 NGF, soit une surélévation de 2.5 mètres par rapport au niveau actuel.
- ⇒ Si l'on souhaite ne pas perdre de l'eau chaque année (et donc arriver à remplir le lac), il est nécessaire que le niveau du déversoir soit inférieur à 2529.9 NGF soit une hauteur de 2.1 mètres.

Ce calcul montre qu'il n'y a pas de solution avec les hypothèses proposées. Cependant, l'écart entre les niveaux n'est que de 40 centimètres. Cela correspond à une variation du volume annuel passant dans les fuites de seulement 100 000 m<sup>3</sup>. Rappelons que ce bilan en volume correspond plutôt à une année sèche.

Ainsi, il est proposer de réaliser un barrage de 2.5 mètres de hauteur.

Deux cas peuvent être distingués par rapport à ces calculs :

- Les apports sont supérieurs ou les fuites inférieures aux valeurs retenues ici. Dans un tel cas, le déversement se produit à l'automne et de l'eau est "perdue". Le volume perdu semble cependant relativement faible. Une rehausse du déversoir est alors envisageable et pourra être fondée sur des mesures plus précises.
- Les apports sont inférieurs (ou les fuites<sup>4</sup> supérieures) aux hypothèses précédentes, les prélèvements devront être réduits ou le niveau minimum devra passer sous la cote 2520 NGF plus souvent qu'une année tous les six ans.

La figure suivante indique l'évolution des niveaux du lac durant l'année pour un déversoir calé à 2530.3 NGF :

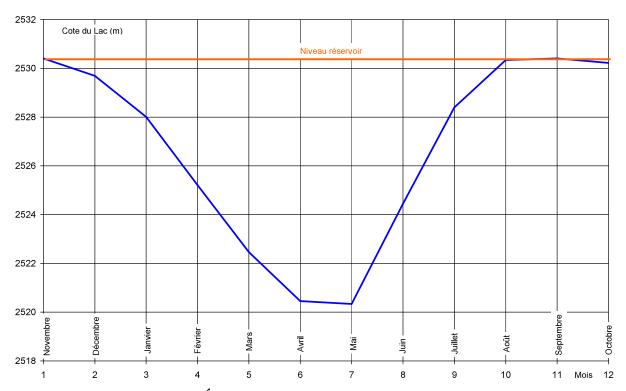


Figure 21: Évolution du niveau d'eau pour le calage proposé.

Cette figure montre bien, qu'avec les hypothèses précédentes, le niveau du lac est toujours supérieur à 2520 NGF. Cependant, le niveau en fin d'année est un peu inférieur à celui du début d'année, montrant ainsi que le stock d'eau n'est intégralement reconstitué.

27

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Ce serait notamment le cas en cas d'augmentation brutale des infiltrations pour les niveaux supérieurs à la cote actuelle du lac.

Il parait intéressant de refaire ce calcul, non pas pour une année sèche (lame d'eau écoulée de 1 m), mais pour une année plus proche de la moyenne (lame d'eau de 1.3 mètres). L'évolution des niveaux correspondante est alors indiquée ci-dessous :

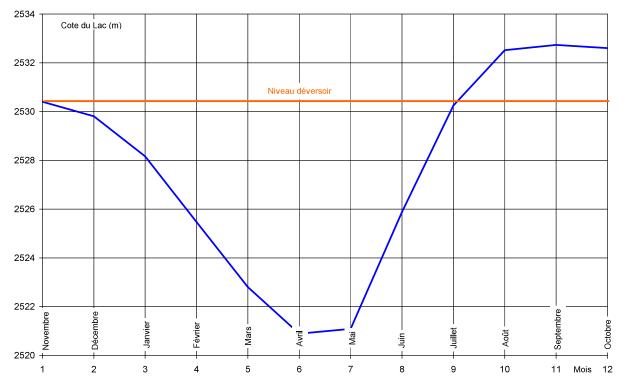


Figure 22: Simulation d'une année moyenne avec le calage proposé.

Évidemment, sur ce graphique, le niveau d'eau monte au dessus du déversoir, le calcul faisant l'hypothèse qu'il n'y a pas de déversement. Dans les faits, il y aurait un déversement en juillet, août et dans une moindre mesure en septembre. Le débit serait de l'ordre de 50 l/s durant ces mois d'été.

Ce calcul illustre la forte imprécision en l'absence de données hydrologiques précises et de connaissance sur les débits de fuites.

Ainsi, il parait souhaitable de réaliser un barrage de 2.5 mètres dans l'immédiat, en prévoyant de le remonter éventuellement d'un mètre si les résultats de l'exploitation de l'ouvrage sont favorables.

La mise en place d'un suivi permanent des niveaux du lac permettra de mieux connaître les apports et les fuites et pourra conduire à une optimisation de la taille de l'ouvrage de stockage.

# 2.5. Gestion des prélèvements

Il est essentiel, lors de la gestion de la ressource de prendre en compte l'aspect prioritaire de l'alimentation en eau potable. Ainsi, la gestion du lac est réalisée à partir des hypothèses suivantes :

- ⇒ Les apports amont sont négligés, ce qui est particulièrement défavorable, même pour une année très sèche.
- ➡ Le débit de fuite est considéré comme égal à celui retenu dans les simulations précédents (avec un niveau du lac plutôt haut) ce qui est prudent car on considère ici une année de pénurie avec un lac à son niveau minimum.
- ⇒ Le lac doit offrir un volume d'eau suffisant au dessus de la cote 2520 m d'altitude jusqu'au mois d'avril. Les apports sont ensuite très importants (et la consommation très faibles, ce qui écarte une pénurie).

Le tableau suivant regroupe les débits retenus (en milliers de m³/mois), le volume (en millions de m³) dans le lac nécessaire pour éviter la pénurie d'eau potable et la cote minimum d'exploitation durant les mois d'hiver :

	Fuites	Eau Potable	Volume Lac	Cote mini (NGF)
Avril	50	110	1.157	2520.0
Mars	65	136	1.358	2522.2
Février	93	142	1.593	2524.5
Janvier	127	123	1.843	2526.6
Décembre	151	59	2.053	2527.8

Ainsi, les prélèvements pour l'enneigement pourront être réalisés tant que le niveau du lac dépasse les niveaux minima indiqués ci-dessus.

# 2.6. Apports solides

Le bassin versant, malgré son altitude élevée, se caractérise par une érosion relativement limitée dans le bassin versant, ce qui est cohérent avec les grandes surfaces où le rocher - de relativement bonne qualité - est affleurant.

Les principales sources d'alimentation en matériaux correspondent aux falaises du versant Est. Les blocs qui chutent des falaises, forment de vastes éboulis... ou contribuent à la formation de moraines. Les volumes érodés sont alors relativement faibles car les débits liquides sont faibles sous le triple effet d'un bassin versant de taille réduite, de l'absence de concentration des eaux en quelques chenaux et d'une très forte infiltration dans les éboulis.

Cette faible érosion explique que seul le torrent du Col du Lac Blanc ait formé un cône de déjection à l'arrivée dans le lac, aucun des autres affluents, de taille beaucoup plus réduite, n'ayant formé une zone de dépôt significative à l'arrivée dans le lac.

Il apparaît cependant, que les terrassements de piste constituent une nouvelle source de matériaux qui - en cas de forte crue - pourraient alimenter fortement les lits, en particulier pour le torrent du Col du Lac Blanc.

Le calcul des apports solides annuels moyens en fonction de l'hydrologie, la granulométrie des matériaux et la géométrie du lit ne peut être significatif dans un tel cas, les variations d'une années à l'autre étant vraisemblablement très importantes.

Ainsi, la méthode consiste à estimer le de volume dépôt à l'extrémité nord du lac et de considérer que ce volume correspond aux apports depuis la dernière glaciation, soit depuis 10 000 ans.

La figure suivante correspond au profil en long du fond de Lac au niveau du cône de déjection du torrent du Col du Lac Blanc :

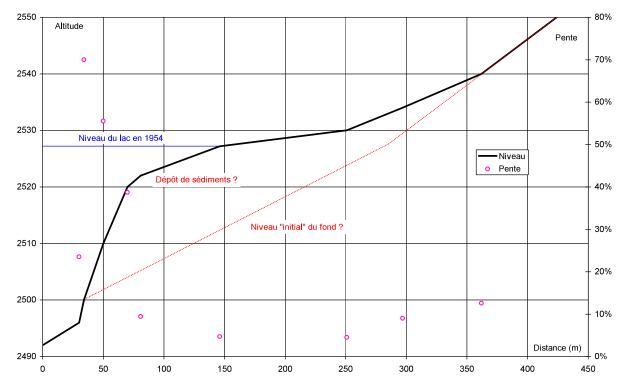


Figure 23 : Profil en long de l'extrémité Nord du Lac.

Ce graphique indique aussi le niveau "initial" du fond avant dépôt de sédiment. Il est évidemment très difficile d'être précis dans un tel cas et il ne s'agit que d'un ordre de grandeur.

Cette approche conduit à un volume de dépôt dans cette zone de l'ordre de 500 000 m<sup>3</sup>. Si l'on considère que ce volume s'est déposé en 10 000 ans, le volume moyen annuel est de seulement 50 m<sup>3</sup>, ce qui est très faible.... mais bien en rapport avec la faible érosion dans le bassin versant. A un tel régime, plusieurs centaines de milliers d'années seraient nécessaires au remplissage de l'ensemble du lac.

Notons que les apports en suspension de particules fins sont sans doute supérieurs, mais ils restent très faibles.

Ce délai de remplissage peut être raccourci par l'accroissement de l'érosion suite aux travaux de pistes, mais le remplissage du lac par des matériaux - ou même une réduction significative de sa capacité - correspondent, dans l'état actuel, à du très long terme.

Ce résultat n'est pas surprenant, le lac ne pouvant perdurer qu'en l'absence d'apports solides importants depuis le retrait des glaciers.

Notons que le rehaussement du lac ne charge en rien le fonctionnement de cette zone, tous les apports se déposant dans le lac, avant comme après aménagement. Par contre, il est probable que l'abaissement du niveau du lac durant les forts débits de printemps favorise une érosion du lit à l'extrémité nord du lac. Cette évolution ne devrait avoir qu'une influence locale, notamment par rapport au tracé de la piste de ski.

# 3. Apports en crue

# 3.1. Hydrologie

#### 3.1.1. Objectif

On cherche ici à connaître les apports liquides en cas de forte crue, notamment pour le dimensionnement des ouvrages d'évacuation. Pour cela, la démarche classique est la suivante :

- Analyse de la répartition spatiale des précipitations journalières,
- Analyse des pluies à faible pas de temps,
- Choix des paramètres représentatifs sur les bassins versants,
- Détermination des débits liquides,
- Comparaison avec les autres bassins versants proches.

Cette analyse n'est présentée ici qu'en l'absence de laves torrentielles. C'est visiblement le cas, au moins pour les principaux cours d'eau.

#### 3.1.2. Étude régionale des précipitations

On dispose à proximité du bassin versant d'une vingtaine de postes de mesure (pluviographes et pluviomètres) qui permettent d'analyser la répartition des précipitations en fonction du relief.

Ces postes sont gérés, pour l'essentiel, par Météo France et par EDF.

Pour bien mettre en évidence l'influence du relief, on s'est attaché à étudier l'évolution des précipitations suivant un axe EST - OUEST.

On a exclu tous les postes pour lesquels la durée d'exploitation est inférieure à 15 ans.

Sur chacun des postes, on considère que la loi de Gumbel s'applique aux précipitations maximales de chaque durée. On a alors la relation :

$$P_{T} = P_{T_{0}} + g \left[ -\ln\left(-\ln\left\{\frac{T-1}{T}\right\}\right) + \ln\left(-\ln\left\{\frac{T_{0}-1}{T_{0}}\right\}\right) \right] \dots (1)$$

Avec

P<sub>T</sub> Pluie de période de retour T

 $P_{T_0}$  Pluie de période de retour  $T_0$ 

g Gradex de la pluie (mm)

# Le tableau suivant indique les données caractéristiques des postes :

# Ouest

	Nom du poste	Altitude (m)	Distance au bassin versant (km)	Durée des données disponibles
t	CORENC	227	29.6	25
	LE VERSOUL	220	22.7	23
	REVEL	630	21.1	37
	ST HILLAIRE DU TOUVET	910	29.0	45
	LAVALDENS	1110	21.6	43
	TENCIN	236	24.6	45
	ENTRAIGUES	810	27.2	36
	CHANTELOUVE	1000	20.4	48
	THEYS	615	22.5	46
	LA TERRASSE	234	24.8	27
	ORNON LAPALUD	950	12.0	36
	VALJOUFFREY	980	27.4	45
	ALLEMOND-LE-RIVIER	1270	11.2	36
	BOURG D'OISANS	720	9.1	82
	VAUJANY	772	6.3	46
	VERNEY	770	6.2	47
	LA GARDE	1080	7.6	27
	FERRIERE	904	22.7	41
	MONT DE LANS	1050	9.0	17
	BESSE	1470	6.7	71
	ST CHRISTOPHE EN OISANS	1560	20.0	45
	ST ALBAN DES VILLARDS	1100	21.8	35
	ST SORLIN D'ARVE	1550	15.0	34
	ST-JEAN-D'ARVES	1285	15.9	46
	STE-MARIE-DE-CUINES	543	27.7	48
	STJEAND'ARVE	1285	15.9	47
	VALLOIRE	1435	26.1	46
	ST-MARTIN-DE-LA-PORTE	820	29.8	43
	VALMEINIER	1470	30.0	15

Est

La figure suivante indique, pour chacun de ces postes, la pluie décennale et la pluie centennale journalières ainsi que le Gradex :

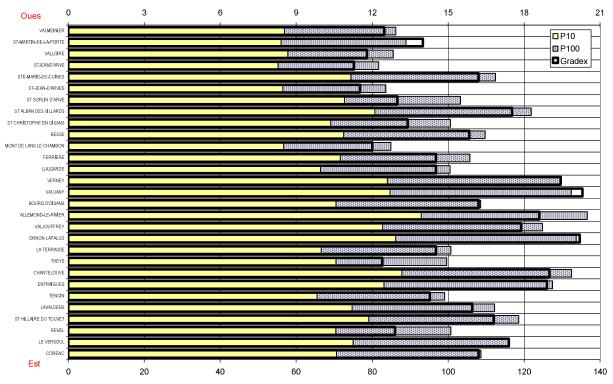


Figure 24 : Répartition des précipitations à proximité de l'Alpe d'Huez.

Ce graphique conduit aux remarques suivantes :

- L'altitude du poste n'est pas un paramètre explicatif des précipitations et, même dans une zone d'exposition a priori homogène, il n'est pas possible de mettre en évidence une relation directe, même si les postes les plus élevés sont alors les plus arrosés.
- L'effet du relief est assez net, avec des précipitations plus fortes sur les hauts reliefs des Écrins, en particulier les postes tout justes devant le relief.
- Les postes qui reçoivent des précipitations centennales supérieures à 125 mm sont ceux des Verneys, de Vaujany, d'Allemond, d'Ornon, et de Chantelouve. Les trois premiers sont situés devant le massif des Grandes Rousses montrant ainsi que ce dernier constitue une barrière de premier ordre pour les précipitations.
- Les postes en retraits, tels que le Mont de Lans ou S<sup>t</sup> Jean d'Arve reçoivent des précipitations très inférieures.
- Le bassin versant du Lac Blanc parait bien dans la zone de plus fortes précipitations, avec des valeurs encore supérieures à celles levés à proximité.

On retiendra les valeurs journalières suivantes afin de prendre en compte les fortes précipitations que l'on peut observer sur les versants :

Pluie décennale 93 mm
Pluie centennale 141 mm
Gradex 20.4 mm

#### 3.1.3. Précipitations à faible pas de temps

Le bassin versant est peu étendu. Ainsi, les pluies qui génèrent des crues ont une durée critique de l'ordre de l'heure. Il est donc nécessaire de connaître les précipitations de faible durée. Pour cela, on utilise les mesures des pluviomètres situés à proximité.

En règle générale, l'évolution des précipitations en fonction de la durée est fournie par la loi de Montana. Les paramètres de Montana sont définis tels que :

$$I = a d^{-b}$$
 et  $g = a' d^{1-b}$ 

Avec

- I Intensité moyenne de la pluie (mm/h)
- d Durée de la pluie (h)
- g Gradex de la pluie
- a, a',b Coefficients de Montana

La figure suivante indique, pour les pluviographes situés à proximité du bassin versant, les pluies décennales de différentes durées ainsi que le coefficient b :

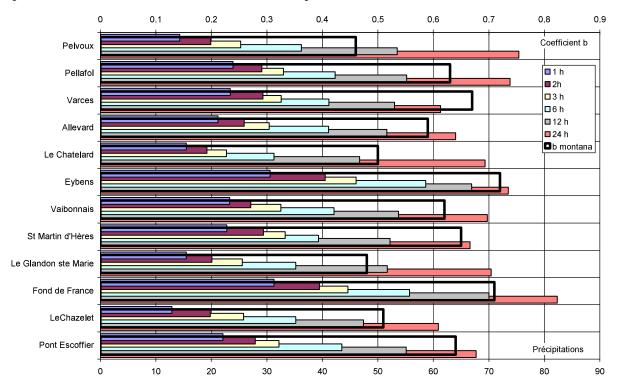


Figure 25 : Pluies décennales de différentes durées.

De même que précédemment, l'effet du relief est prépondérant pour la détermination des précipitations à faible pas de temps. Il apparaît que le coefficient b diminue dans les zones les plus exposées, c'est-à-dire que les précipitations restent soutenues durant plus longtemps.

Un coefficient b de 0.6 est retenu ici et nous conduit aux valeurs suivantes :

b 0.55

a 22 mm

a' 4.9 mm

#### 3.1.4. Hydrologie des crues

Il n'existe pas de station de mesure des débits sur les affluents du Lac Blanc ni sur un torrent directement comparable. Il s'agit d'une situation classique lors de l'étude des petits cours d'eau de montagne.

Ainsi, les débits sont calculés en utilisant les valeurs de pluie et des formulations reliant la pluie au débit. On utilise d'abord les relations établies entre la pluviométrie locale et le débit décennal. On a retenu trois formules :

- **Méthode Crupédix.** Il s'agit d'une synthèse conduite sur toute la France.
- **Méthode SCS**. Très employée à l'étranger, cette méthode semi-déterministe permet de faire intervenir les caractéristiques du bassin versant.
- **Méthode SOGREAH**. Cette formulation a été mise au point à partir de mesures sur de petits bassins versants du Sud Est. Cette formule parait mal adaptée au cas du Lac Blanc car la pente des torrents y est très forte.

Les calculs correspondants, ainsi que le choix des paramètres sont détaillés dans les pages suivantes. Les résultats retenus sont les suivants :

	Superficie bassin versant (km²)	Débit décennal (m³/s)	Débit centennal (m³/s)	Temps de concentration (heures)
Bassin versant du Lac Blanc	2.8	5	14	0.6

# Lac Blanc Calcul du temps de concentration et du débit décennal

#### Caractéristiques du bassin versant (calcul du débit décennal)

Surface du bassin versant (km2)	Pluie décennale journalière (mm)	Coefficient régional Crupedix	Dénivelée spécifique (m)	Hauteur d'infiltration (Méthode SCS)	Pluie a	=\frac{a duré}{(duré e+ b	<u> </u>
2.8	93	1.5	600	100	22	0.55	0

#### Caractéristiques du bassin vers<u>ant (calcul du temps de concentr</u>ation)

2.00	1	30	0.1	0.2	1000	2	0.01
Coefficient de Passini	$\mathcal{C}$	Pente moyenne (%)	Coefficient de débit	Coefficient de		Vitesse d'écoulement estimée (m/s)	`
			caractéristiq	ues sol (Métho	de de Zeller)		

#### Calcul du temps de concentration

	temps de concentration calculé (en heure)
Formule de Passini	0.5
Formule de Giandotti	0.7
Méthode de Zeller	1.5

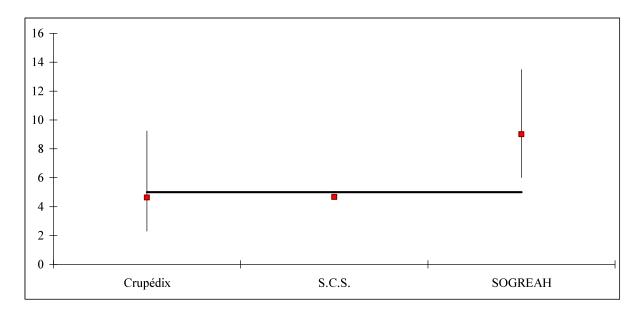
temps de concentration retenu	0.6
(en heure)	

#### Calcul du débit décennal

Nom de la méthode	débit de pointe calculé (m3/s)
Crupédix	4.6
S.C.S.	4.7
SOGREAH	9.0

débit de pointe décennal retenu	5
(en m3/s)	3

#### Débits calculés avec l'intervalle de confiance et valeur retenue :



Lac Blanc
Calcul des débits de différentes périodes de retour

#### Caractéristiques du bassin versant (méthode du gradex)

Grade	$x = \frac{a'  du}{\left( \frac{dur\acute{e}}{p} \right)}$	7.1	Rapport du débit de pointe au débit moyen durant la crue
4.90	0.55	0	1.9

#### Calcul du gradex des débits

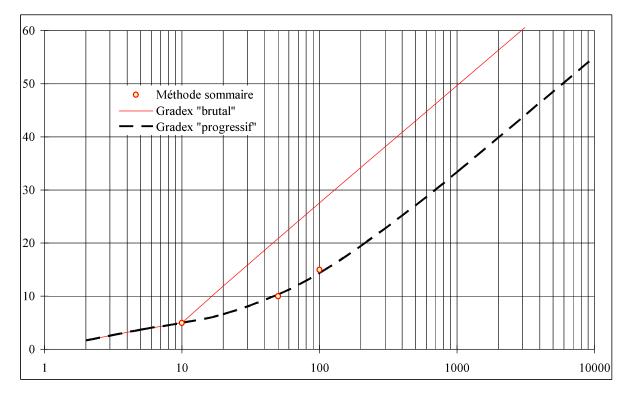
Période de retour inférieure à 10 ans	1.8
Période de retour supérieure à 10 ans	9.6

Période de retour (années)

#### Calcul des débits de pointe

	Méthode sommaire	Gradex "brutal"	Gradex "progressif"
2		1.7	1.7
5		3.7	3.7
10	5	5.0	5.0
20		12	6.6
50	10	21	10
100	15	28	14
200		34	19
500		43	27
1000		50	33
10000		72	55

Période de retour	Débit retenu
10	5
100	14



# 3.2. Apports solides en crue

Il est possible de calculer les apports solides en cas de crue. Pour cela, on considère la pente d'équilibre de 6 % comme sur le cône de déjection principal. Il est alors possible de calculer le débit solide en fonction du débit liquide en utilisant la formule de Lefort.

Cette formule présente l'avantage de relier directement débit solide et débit liquide, sans faire intervenir le calcul de conditions hydrauliques très mal connues lors des crues. Elle s'écrit :

$$\frac{Q_s}{Q} = 4.45 \left(\frac{d_{90}}{d_{30}}\right)^{0.2} \frac{\rho}{\rho_s - \rho} I^{1.5} \left(1 - \left(\frac{Q_{lc}}{Q}\right)^{0.375}\right) \dots (2)$$

Avec

$$\frac{Q_{lc}}{\sqrt{gd_m^5}} = 0.295 \times I^{-13/6} (1 - 1.2I)^{8/3} ...$$
 (3)

Les symboles utilisés ont les significations suivantes :

d<sub>30</sub> diamètre pour lequel 30 % des grains sont plus petits

do diamètre pour lequel 90 % des grains sont plus petits

d<sub>m</sub> diamètre moyen des grains de l'échantillon

 $ho_{S}$  densité de l'eau  $ho_{S}$  densité du matériau  $ho_{S}$  pente

Q<sub>s</sub> débit solide

Q débit liquide

Q<sub>lc</sub> débit liquide de début d'entraînement des matériaux.

L'utilisation de cette formulation correspondant aux fortes pentes est légitime ici car la morphologie et la granulométrie du lit montrent qu'il n'y a pas de pavage constitué pour les fortes crues et donc que le seuil de début de transport des matériaux est alors largement dépassé.

L'étude hydrologique permet de construire un hydrogramme de crue. Il est alors possible de calculer le transport solide qui y est ainsi associé.

En considérant un diamètre moyen de 10 centimètres, ce qui est bien en rapport avec les observations de terrains, on est conduit à un volume de l'ordre de 2 100 m<sup>3</sup>. La figure suivante correspond à un tel hydrogramme.

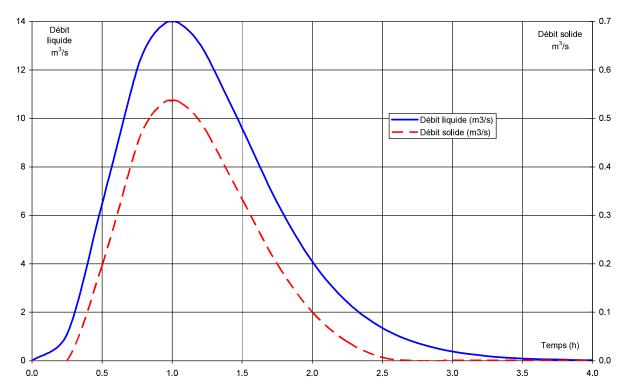


Figure 26: hydrogramme pour une crue centennale.

Le même calcul, pour une crue décennale, conduit à un volume transporté de 350 m³ environ.

La granulométrie des matériaux parait cependant très variable, et il est intéressant d'étudier la sensibilité du volume calculé aux variations de granulométrie. En effet, les zones de régulation du transport solide sont peu développées et la granulométrie doit vraisemblablement connaître des variations importantes d'une crue à l'autre.

Ainsi, plutôt que de chercher à estimer finement un diamètre moyen très variable d'une crue à l'autre, la démarche retenue consiste à mettre évidence la sensibilité des volumes de matériaux transportés à la granulométrie.

La figure suivante indique les volumes transportés en fonction du diamètre moyen pour une crue décennale et une crue centennale :

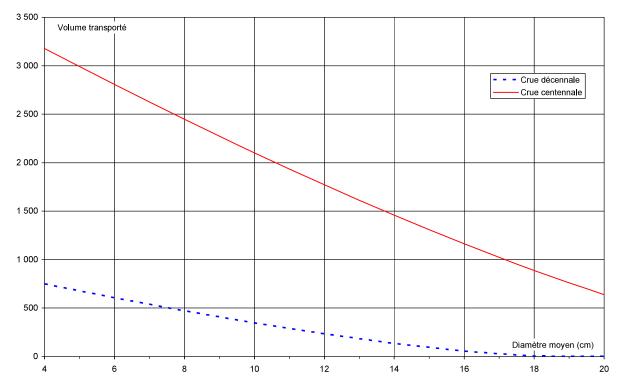


Figure 27 : Sensibilité du volume transporté au volume moyen.

Ce graphique conduit aux remarques suivantes :

- L'effet de la granulométrie est prépondérant pour la crue décennale. Cela serait encore plus net pour les crues plus fréquentes. Si le diamètre moyen dépasse 18 centimètres, il n'y a pas de transport pour une crue décennale Ainsi, le transport solide peut être très réduit et ne se produire que quelques fois par décennies. Ce constat est cohérent avec des apports moyens très faibles.
- Pour la crue centennale, le volume solide est beaucoup moins sensible au diamètre moyen des matériaux, le seuil de transport étant toujours franchement dépassé. La variation du volume transporté est alors assez réduite quand la granulométrie reste dans une fourchette raisonnable. Ainsi, pour un diamètre moyen variant entre 7 et 14 centimètres, le volume transporté varie entre 1500 et 2400 m<sup>3</sup>.
- L'effet des terrassements de piste, en fournissant des sables et des graviers est nettement visible car il permet un apport solide plus important.

#### 3.3. Dimensionnement du déversoir

#### 3.3.1. Principe de dimensionnement

Les conséquences d'une rupture de l'ouvrage aval seraient catastrophiques, comme le paragraphe suivant va le montrer. Ainsi, il est nécessaire de prévoir l'évacuation des apports liquides lors de crues très exceptionnelles. On retient généralement une période de retour décamillennale, soit un débit arrivant dans le lac de 55 m<sup>3</sup>/s.

Cependant, dans un tel cas, le laminage des débits de crue par le lac est important étant donné sa très vaste superficie. Ainsi, il parait important de prendre en compte ce phénomène. La démarche est alors la suivante :

- La pointe de crue de l'hydrogramme est obtenue en fin d'hydrogramme, ce qui est le plus défavorable par rapport à un phénomène de laminage, le lac se remplissant progressivement au cours de la crue, ce qui réduit d'autant le laminage pour les débits les plus élevés.
- La pluie est déterminée pour que, à chaque instant, elle présente sur la durée qui s'étend jusqu'à la fin de la crue une période de retour décamillennale.
- Un hydrogramme est construit afin d'obtenir une crue de 24 heures. Cette durée est arbitraire, mais on observe dans ce cas que seules les dernières heures sont significatives. On obtiendrait donc le même résultat que la durée totale de l'épisode soit de 6 ou 48 heures (l'intensité du début de crue diminue lorsque la durée augmente).
- Le volume ruisselé est déterminé en considérant un coefficient de ruissellement de 1, ce qui est justifié pour une pluie aussi extrême.
- Le volume stocké dans le lac, puis la hauteur d'eau au dessus de la cote nominale sont calculés à chaque pas de temps.
- Le débit en sortie du lac est calculé en fonction du niveau dans le lac et des caractéristiques du déversoir aval. Le laminage est évidemment fonction des caractéristiques de l'ouvrage aval. On retient pour une première approche un déversoir d'une largeur de 20 mètres.
- Le niveau maximum, et le débit de pointe, sont alors déterminés. Ils permettent le dimensionnement du déversoir.

#### 3.3.2. Calcul des débits au droit du déversoir

La figure suivante indique les précipitations retenues en fonction du temps :

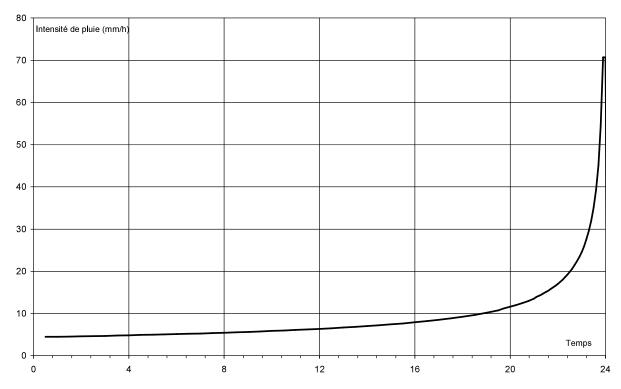


Figure 28 : Précipitation retenue pour une période de retour décamillennale.

Ce graphique met nettement en évidence l'augmentation des précipitations vers la fin de la crue avec des précipitations extrêmes sur quelques dizaines de minutes, de 70 mm/h.

Il est alors possible de calculer les débits correspondants, pour le laminage par le seuil aval. Notons que le débit aval augmente lorsque la largeur est plus réduite, réduisant l'effet de laminage par le lac.

La figure suivante indique l'effet de ce laminage :

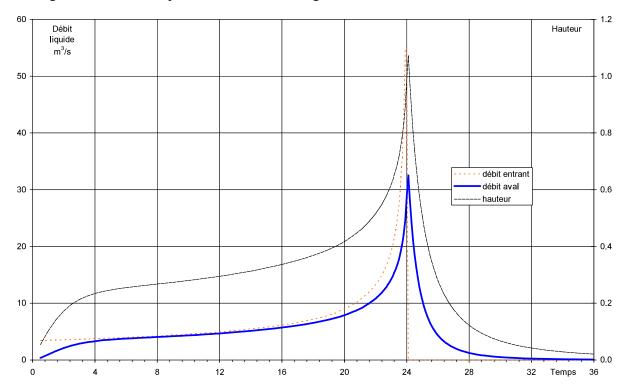
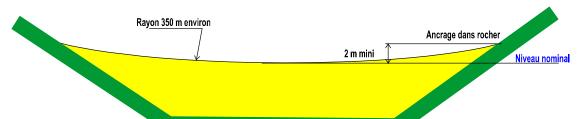


Figure 29 : Débit observés au niveau du lac.

Ce graphique montre que le débit de pointe aval, essentiel pour le dimensionnement du déversoir, est de 33 m<sup>3</sup>/s, au lieu des 55 m<sup>3</sup>/s calculés pour le débit décamillennal, le laminage par le lac permettant de gagner plus de 20 m<sup>3</sup>/s sur le débit de pointe.

La hauteur pour le débit de pointe est alors de 1.1 mètre pour un tel débit.

Étant donnée la qualité paysagère du site, il est proposé de réaliser un déversoir circulaire suivant une coupe verticale, comme le montre la figure suivante :



**Figure 30 :** Coupe type du barrage aval.

Ce seuil présentera les caractéristiques suivantes :

- Rayon de l'ordre de 350 mètres suivant une coupe verticale.
- Le niveau bas correspondra au niveau nominal du lac.
- Au niveau des ancrages dans le terrain naturel sur les deux berges, la hauteur par rapport au point bas sera de 2 mètres minimum. Il s'agit d'une condition essentielle pour assurer

la capacité hydraulique de l'ouvrage. C'est le respect de cette contrainte qui imposera le rayon de courbure.

- Au niveau des ailes, le barrage sera prolongé jusqu'à être fondé sur le rocher, sans que le niveau soit inférieur à celui de l'ancrage de l'ouvrage dans le terrain naturel.
- La capacité d'un tel ouvrage permet l'évacuation d'une crue millennale tout en assurant une revanche indispensable de 1 mètre.
- En suivant l'écoulement, la crête du seuil présentera une pente de l'ordre de 10 % vers l'aval afin de favoriser l'écoulement. On cherchera aussi à obtenir un sommet de mur lisse notamment pas l'emploi de grandes pierres le recouvrant sur toute sa largeur.

#### 3.4. Ouvrage de vidange

Il est nécessaire de prévoir, outre la canalisation permettant l'écoulement du débit réservé, un ouvrage de vidange de la lame d'eau calée au dessus du niveau actuel du lac. Cette vidange doit réglementairement être réalisée en 10 jours. Elle doit permettre d'évacuer les débits suivants :

- ⇒ Lame d'eau retenue par le barrage, soit, pour un ouvrage de 3.5 mètres de hauteur, un volume de 550 000 m³. Cela correspond, en 10 jours, à un débit moyen de 0.64 m³/s.
- ⇒ Débit provenant de l'amont. Pour le calcul, on retient la lame d'eau écoulée de l'année la plus humide (2 m) et le mois correspondant aux apports les plus élevés (juin). Le débit liquide correspondant est alors de 0.5 m³/s.

Le débit a évacuer est alors de 1.14 m³/s. On considère que l'axe de l'ouvrage de vidange est calée au moins 1 mètre sous le niveau d'eau actuel, soit à 2527.8 NGF et qu'il présente une pente longitudinale de 4 % minimum. Un diamètre de 800 mm est alors nécessaire.

En sortie, le lit devra présenter une largeur de 2 mètres minimum et une pente longitudinale de 3 %. Aucune protection n'est nécessaire si le rocher est présent.

Notons que ces débits sont classiquement atteints par le Rif Bruyant à ce niveau (le débit décennal est de 5 m<sup>3</sup>/s). Ce rejet ne devrait donc pas poser de problème en aval.

# 4. Consequences d'une rupture de L'ouvrage

Le barrage prévu serait réalisé en enrochements liaisonnés et il serait vraisemblablement fondé sur le rocher, au moins en grande partie. Sa rupture paraît improbable dans une telle configuration. Il paraît cependant souhaitable de connaître les conséquences d'une éventuelle rupture, indépendamment de la cause de cette rupture.

On retiendra par la suite l'hypothèse d'une rupture durant une crue, c'est à dire lorsque le niveau d'eau atteint 1 mètre sur le déversoir. La vitesse de l'eau en amont du barrage est négligée ce qui est justifié par la très forte section d'écoulement.

Pour un tel ouvrage, au contraire d'une digue en terre, l'hypothèse retenue est l'effacement brutal de l'ouvrage et non une destruction progressive.

# 4.1. Débits liquides en aval

En cas d'effacement de la digue aval, le débit est maximum au début puis diminue au fur et à mesure de la baisse de niveau dans le lac en amont.

Il est possible de considérer que l'écoulement est critique (nombre de Froude égal à 1) au niveau du barrage, la pente en aval étant élevée.

On considère que la rupture se produit durant une crue et que l'eau dépasse la crête d'une hauteur de 1 m.

Le tableau suivant indique les principaux paramètres correspondant à l'effacement du barrage :

Section effacée (m²)	245
Hauteur (m)	3.5
Vitesse de l'eau (m/s)	4.8
Débit maximum (m³/s)	800

L'effacement du barrage correspond à un phénomène extrêmement violent ! Ce débit diminue ensuite très progressivement au fur et à mesure de la vidange du lac jusqu'à son retour à la cote actuelle.

Le volume vidangé sera de l'ordre de 550 000 m<sup>3</sup>.

# 4.2. Transport solide associé

Là encore, le calcul du transport solide est très approximatif à cause de la forte présence de substratum rocheux inaffouillable. Comme pour l'alimentation en amont, la fourniture en matériaux proviendrait en grande partie des terrassements de piste, même si les terrains sont plus affouillables en aval, notamment à proximité de la station.

Il est cependant possible de calculer le débit solide en fonction du débit liquide de pointe lors de la rupture et de la pente. Bien que des pentes plus fortes soient observées sur le site, le calcul n'est pas réalisé avec des pentes supérieures à 30 %.

La figure suivante montre l'influence de la pente sur le volume total de matériaux qui pourrait être transporté :

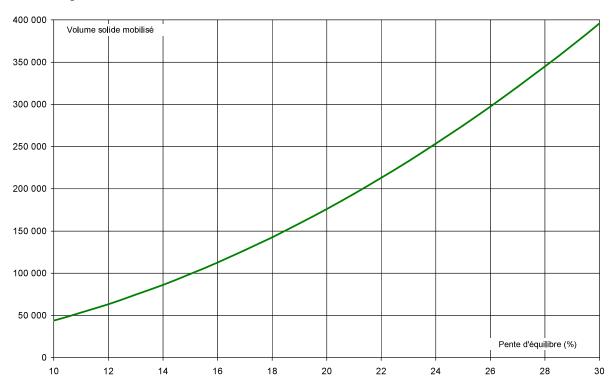


Figure 31 : Volume solide lié au phénomène de rupture.

Le volume total de matériaux pouvant être transporté peut atteindre est de 400 000 m³ dans les zones raides. Sans atteindre une valeur aussi extrême, il apparaît qu'une rupture de l'ouvrage pourrait mobiliser plusieurs centaines de milliers de m³ de matériaux. Un tel volume parait mobilisable en amont de la station.

Notons que ce calcul est réalisé en considérant qu'il n'y a pas de lave torrentielle. Il est en effet probable qu'un tel écoulement ne puisse se former par pénurie de matériaux mobilisation. Un lave torrentielle pourrait transporte plus d'un million de m<sup>3</sup>.

Les évolutions de la capacité de transport sont très importantes en fonction de la pente et l'on observerait vraisemblablement un lissage du profil en long avec une érosion dans les zones à forte pente et - peu être - un dépôt au niveau des replats.

# 4.3. Conséquences

On trouvera en annexe le tracé probable des zones pouvant être atteintes par l'écoulement.

La cartographie ne prend en compte que les débits élevés et à forte pente pouvant causer des dégâts importants. Les ruissellements résiduels ne sont donc pas considérés. Il s'agit donc de la zone inondable la plus probable en cas de forte crue. On sait en effet, qu'au contraire de l'hydraulique de plaine, l'hydraulique torrentielle présente un caractère aléatoire marqué, les écoulements étant très dépendants de la disposition des dépôts. Il est donc possible, mais peu probable, qu'un écoulement puisse s'écouler en dehors des zones mises en évidence, mais avec une très faible probabilité.

Les principaux aménagements concernés par une telle rupture seraient les suivants :

- ⇒ Secteur de l'Altiport au niveau de la station,
- ⇒ Aménagements dans les gorges de la Sarenne, et notamment la R.D. 211a et les ouvrages de prise des ouvrages hydroélectriques,
- ⇒ Secteur de la Sarenne dans la plaine de Bourg d'Oisans (campings, centrale électrique, R.D. 211, urbanisation).

Un débordement de la Romanche dans la plaine de Bourg d'Oisans est probable, mais serait vraisemblablement limité. Afin de mettre en évidence les phénomènes les plus marquants, elle n'a pas été cartographiée en rive gauche au droit de Bourg d'Oisans. En aval du confluent avec l'eau d'Olle, le débit lié à la rupture serait de l'ordre de celui d'une crue centennale. Les dégâts en dehors du lit mineur devraient donc être relativement limités.

Les ouvrages hydroélectriques devraient permettre un laminage presque complet en aval de Grenoble.

# LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 : Effet de la taille du bassin versant sur la lame d'eau annuelle	6
Figure 2 : Relation entre lame d'eau écoulée et altitude de mesure	···· 7
Figure 3 : Relation entre lame d'eau et localisation du bassin versant	8
Figure 4 : Stationnarité des mesures.	9
Figure 5 : Classement des lames d'eau écoulées.	10
Figure 6 : Variation des lames d'eau normées.	11
Figure 7 : Répartition des écoulements dans l'année	12
Figure 8 : Volumes apportés dans le lac pour une année sèche	13
Figure 9 : Évolution du niveau du lac en 2005.	15
Figure 10 : relation entre niveau dans le lac et débit de fuite	17
Figure 11 : Consommations mensuelles entre 2002 et 2004	18
Figure 12 : Consommation annuelle.	19
Figure 13 : Valeurs retenues pour la consommation d'eau potable	20
Figure 14 : Consommation liés à l'enneigement depuis 1997	21
Figure 15 : Évolution des prélèvements annuels	22
Figure 16 : Prélèvements souhaités pour l'enneigement.	22
Figure 17 : Évolution des apports et prélèvements dans le Lac Blanc	23
Figure 18 : Évolution du niveau d'eau et du débit de fuite en fonction du temps	24
Figure 19 : Prélèvement excédentaire.	25
Figure 20 : Niveau minimum dans la retenue et de la variation annuelle de niveau en fonction du niveau maximum dans le réservoir.	26
Figure 21 : Évolution du niveau d'eau pour le calage proposé	27
Figure 22 : Simulation d'une année moyenne avec le calage proposé	28
Figure 23 : Profil en long de l'extrémité Nord du Lac	31
Figure 24 : Répartition des précipitations à proximité de l'Alpe d'Huez	34
Figure 25 : Pluies décennales de différentes durées.	35
Figure 26 : hydrogramme pour une crue centennale.	40
Figure 27 : Sensibilité du volume transporté au volume moyen	41
Figure 28 : Précipitation retenue pour une période de retour décamillennale	43
Figure 29 : Débit observés au niveau du lac	44

Figure 30 : Coupe type du barrage aval	4
Figure 31 : Volume solide lié au phénomène de rupture4	7

# **ANNEXE**

TRACE DES ZONES INONDABLES EN CAS DE RUPTURE DU BARRAGE

