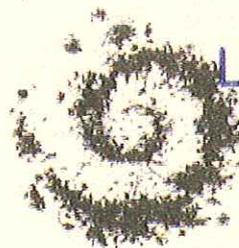


Laboratoire de
Géologie et
Hydrogéologie des
Aquifères de
Montagne



La Vanoise
Parc National

**Hydrogéologie du Plan de Tueda
(Commune des Allues, Savoie).
Zone humide et aménagement .**

Laboratoire de Géologie et d'Hydrogéologie des Aquifères de Montagne

**Pasquier Stéphane
Libre Guillaume
Nicoud Gérard**

Janvier 2000

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
INTRODUCTION	2
I- CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE	3
1- Cadre de l'étude :	3
1-1- localisation géographique (Fig. n°1):	3
1-2- Statut et limite de la réserve (Fig. n°2):	3
2- Milieu physique et biologique:	6
2-1- Géomorphologie, géologie (Fig. n°3) et pédologie (tableau n°1 p.8):	6
2-2- Climat (tableau n°2 p.9 + tableau n°3 p.10):	9
2-3- Hydrologie, hydrographie et qualité de l'eau (Fig. n°4-5):	11
2-4- Unités écologiques et espèces (faune et flore) présentes sur le site de Tueda (tableau n°4 p.15):	15
3- Présentation du projet de pompage dans le lac de Tueda:	17
II- ETUDE DE TERRAIN	20
1- Méthodologie de travail (Fig. n°6-7-8-9-10)	20
2- Conditions hivernales du lac	21
3- Origines des eaux	27
3-1- Le Doron des Allues :	27
3-2- Le lac artificiel de Tueda :	27
3-3- La zone humide :	28
4- Impacts du projet sur le lac, la zone humide et la faune et flore associées	30
4-1- Impacts sur le lac (d'après CARRTEL)	30
4-2- Impacts sur la zone humide	31

INTRODUCTION

La présente étude a été réalisée à la demande du Parc National de la Vanoise dans le cadre de l'étude de la réserve du Plan de Tueda (commune des Allues). Elle concerne l'approche hydrogéologique du site afin d'apprécier la faisabilité d'un projet du Service Public des Trois Vallées (SPTV): utiliser le lac de Tueda comme réservoir-tampon pour l'approvisionnement des canons à neige de la station des "Trois Vallées". Il est donc nécessaire de s'intéresser à l'origine des eaux et aux relations entre les différentes composantes du système hydrographique du secteur: le Doron des Allues, le lac de Tueda et la zone humide.

Ce travail s'appuie sur deux campagnes de mesures de conductimétrie, estivale et hivernale, sur des analyses chimiques, ainsi que sur différents écrits et publications spécialisées.

Il comprend:

- une observation générale du site,
- une étude précise de l'hydrogéologie du site,
- une présentation du projet,
- les impacts d'un tel projet sur les circulations d'eau, la faune et la flore.

Cette étude spécifique a été réalisée pendant les mois d'août 1999 et de janvier 2000 par Monsieur Stéphane PASQUIER, étudiant en M.S.T. Montagne, avec le concours de Messieurs Gérard NICOUUD du Laboratoire de Géologie et d'Hydrogéologie des Aquifères de Montagne de l'Université de Savoie et Guillaume LIBRE, stagiaire de l'Université Joseph Fourier à Grenoble.

I- CARACTERISTIQUES GENERALES DU SITE

1- Cadre de l'étude :

1-1- localisation géographique :

La réserve naturelle de Tueda se situe en Savoie (73), dans le massif de la Vanoise, et plus précisément dans le site dit des «trois vallées » : Ménuires-Méribel-Courchevel (Fig. n°1).

Le plan de Tueda appartient à la commune des Allues et se situe dans la partie aval de la réserve vers 1700 mètres.

La réserve naturelle, incluant le site d'étude, développe une superficie totale de 1112 hectares 70 ares et 51 centiares.

Le lac de Tueda, quant à lui, créé artificiellement par la commune en 1972, s'étend sur 3.5 ha. Il est profond d'environ 3 mètres.

A l'extrémité nord de la réserve, et donc du Plan de Tueda, une zone humide occupe environ 1.4 ha.

1-2- Statut et limite de la réserve :

La réserve naturelle du Plan de Tueda a été créée le 12 juillet 1990.

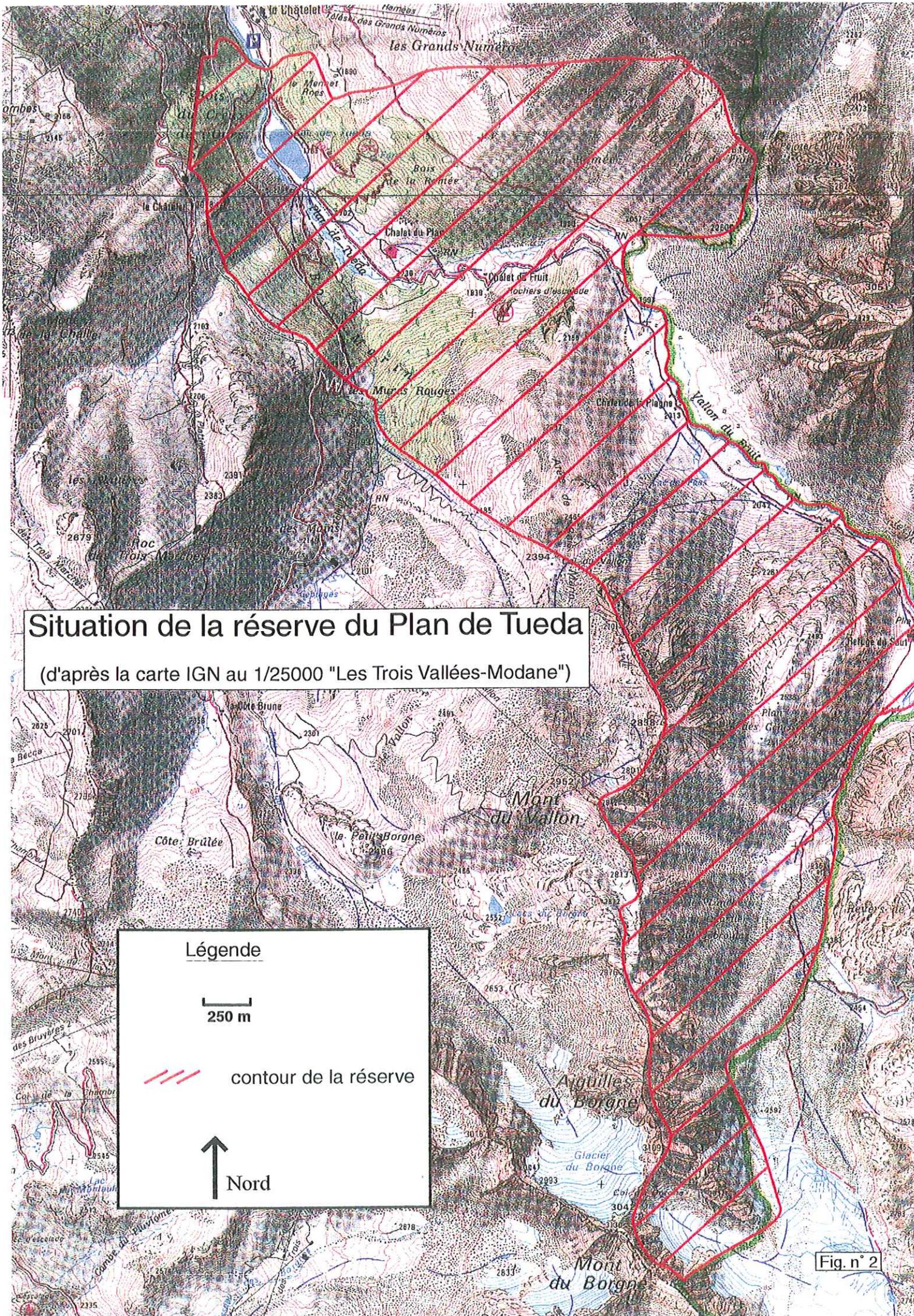
L'organisme gestionnaire de la réserve est le Parc National de la Vanoise ; la convention générale de gestion avec la préfecture de Savoie est renouvelable tacitement tous les trois ans, depuis sa signature le 30 septembre 1991.

L'aménagement de la forêt communale des Allues, dont une partie est incluse dans la réserve, est élaboré par l'Office National des Forêts. Une convention particulière lie les deux établissements publics, afin d'assurer la cohérence entre la gestion globale de la réserve et la mise en œuvre du régime forestier applicable sur la forêt communale incluse dans son périmètre.

La réserve est attenante à la zone centrale du Parc National de la Vanoise sur 9 km (Fig. n°2).

Elle se superpose totalement à une ZNIEFF de type 1 (zone d'intérêt biologique remarquable) n°7306-0000 et fait partie de la ZICO (Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux) libellée « RA 11, Parc National de la Vanoise. ».

Par ailleurs, son classement en «zone spéciale de conservation » a été proposé au titre de la Directive Habitat à la DIREN et au ministère de l'Environnement, au printemps 1994.



Situation de la réserve du Plan de Tueda
(d'après la carte IGN au 1/25000 "Les Trois Vallées-Modane")

Légende

250 m

contour de la réserve

Nord

2- Milieu physique et biologique:

2-1- Géomorphologie, géologie (Fig. n°3) et pédologie:

En aval de la réserve naturelle, le plan de Tueda s'étire sur près d'un kilomètre à une altitude constante de 1700 mètres. Ce vallon est brusquement coupé au Sud par les pentes des Mures Rouges et l'arête du Bois Marin, qui forment un escarpement rocheux au-delà duquel on débouche dans le Vallon du Fruit.

Ce Plan de Tueda est encadré de hauts reliefs: Col du Fruit (2516 m) et le Roc de Tougne (2537 m), avec en arrière plan l'Aiguille du Fruit (3051 m) ainsi que le Mont du Vallon (2952 m). Ces reliefs sont constitués de roches appartenant à la "zone briançonnaise".

A proximité du Plan de Tueda, au Bois Marin, au Bois de la Ramée et au Creux de l'Ours, le substratum rocheux est constitué de schistes houillers dits de "l'assise de Tarentaise", directement surmontés par le complexe des gneiss du Sapey: gneiss ocellés sous les Aiguilles du Borgne, gneiss fins, micaschistes et gneiss indifférenciés sous la Crête des Mines.

Les terrains du Plan de Tueda sont constitués par les alluvions postglaciaires du Doron des Allues, qui prend sa source au pied du glacier de Gébroulaz. Ces alluvions, de nature et d'épaisseur inconnues, se sont déposées dans une dépression lacustre laissée libre par la fusion des glaces de Gébroulaz, il y a plus de 11000 ans. Le barrage est constitué par des grès houillers masqués par de la moraine de fond et des matériaux écroulés des versants.

Un manteau morainique datant du Würm garnit généralement les bas de pente du Plan de Tueda. En aval du lac, c'est un éboulis épais qui occupe tout le versant de rive gauche jusqu'à l'arête de la Saulire. En rive droite, ce sont des glissements du terrain morainique.

Situation géologique de la réserve de Tueda

(d'après la carte géologique au 1/50000
feuilles Moûtiers et Modane)

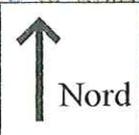


Fig. n° 3

La nature du substrat géologique conditionne la pédologie du site de Tueda et conséquemment la diversité de la flore.

Tableau n°1 : Types de sols et végétation correspondante rencontrés à Tueda:

Type de sol	Substrat géologique	Altitude	Exposition	Type de végétation potentielle
Ranker	Schistes et grès métamorphiques	jusqu'à 1900 m	adret	Pessière mésoxérophile et acidophile à silène des rochers
Ranker et sols podzoliques	Schistes et grès	1900 m à 2000 m	adret	Pessière mésoxérophile et acidophile à airelle rouge
Ranker	Quartzites, éboulis	1900 m à 2100 m	adret	Rhodoraie mésoxérophile à épicéa, mélèze, genévrier nain et à raisin d'ours sur quartzites
Sols podzoliques à mor épais	Grès et quartzites	1600 m à 1900 m	ubac	Pessière acidophile à myrtilles
Ranker à moder fortement acide	Cagneules et quartzites	1900 m à 2100 m	ubac	Rhodoraie à pin cembro et mélèze

(d'après le procès verbal d'aménagement de la forêt communale des Allues, ONF, 1992, modifié)

Sur l'ensemble de la réserve de Tueda, la gamme de sols rencontrés va des rankers (sols peu différenciés, humifères, désaturés) que l'on trouve sur les éboulis, aux sols podzolisés (sols plus évolués, voire aux sols bruns acides dans le bas de pente et sur les replats).

2-2- Climat:

Aucun relevé météorologique n'a été effectué dans la réserve. Toutefois, deux stations météorologiques se situent à proximité; le centre de Pralognan, situé à 10 kilomètres à l'Est (Tableau n°2), et le centre de Saint Martin de Belleville, à 7 kilomètres à l'Ouest.

Nous avons retenu la station de Pralognan qui offre des séries de données sur plus de trente ans, tout à fait pertinentes pour le Plan de Tueda du fait de sa situation: elle est située à 1420 m d'altitude, soit 300 mètres au-dessous du plateau de Tueda. De plus, l'orientation des vallées de Pralognan et des Allues est similaire.

Cependant, notons qu'en comparaison des deux stations de Pralognan et de Saint Martin de Belleville, le Plan de Tueda est soumis à un climat légèrement plus doux et moins arrosé que celui de Pralognan.

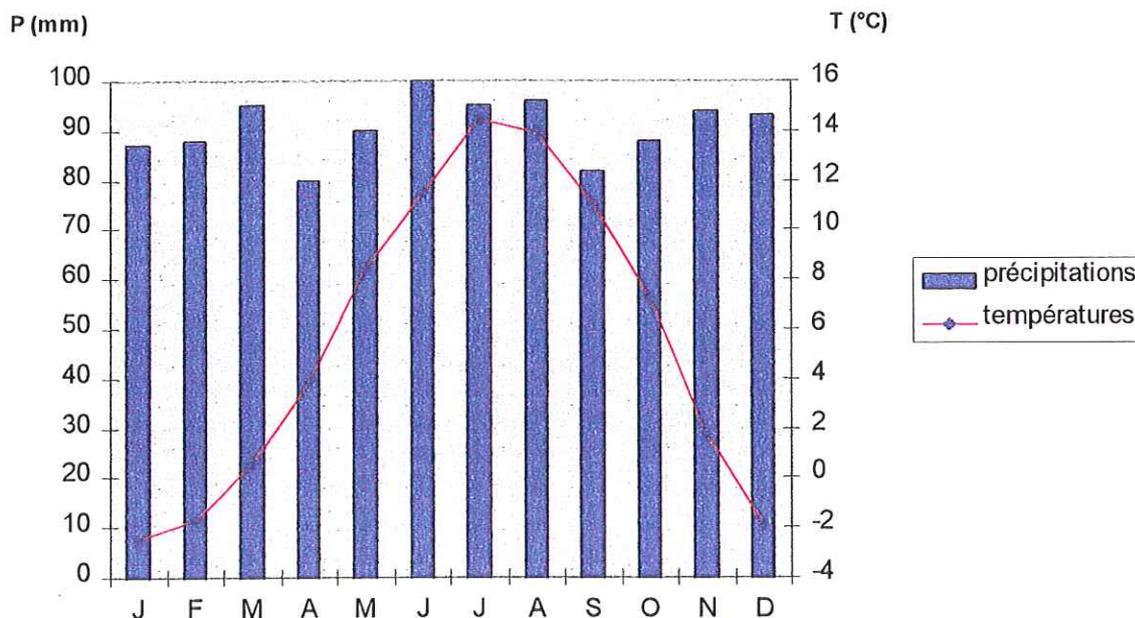
Tableau n°2 : Paramètres climatiques de Pralognan
(moyennes calculées sur la période 1962-1993) :

	jan.	févr.	mars	avril	mai	juin	juill.	août	sept.	oct.	nov.	déc.	Moyenne annuelle
Températures (°C)													
minima	-6,8	-6,5	-4,3	-0,8	3,3	6,2	8,4	8,3	5,7	2,1	-2,6	-6	0,6
maxima	1,8	3,2	5,4	8,7	13,6	16,7	20,1	19,6	16,6	12,5	5,9	1,6	10,5
moyenne	-2,5	-1,7	0,6	3,9	8,4	11,5	14,5	13,9	11,1	7,2	1,8	-1,9	9,2
Précipitations (mm)													
moyenne	87	88	95	80	90	100	95	96	82	88	94	93	1078
Nombre de jours de pluie	9,4	9,2	11,8	11,6	12,8	13,3	11,5	11,4	9,1	9,4	9,8	10	10,8
Nombre de jours de neige	9,5	8,8	10,8	7,8	2,7	0,4	0	0	0,3	2,7	6,6	9,5	4,9
Nombre de jours de gelées	30	26,5	27,1	17,9	5,3	0,6	0	0	1,8	8,9	22,7	29,1	14,2

(données recueillies auprès de Météo France Savoie)

Globalement, en raison de sa situation géographique, le Plan de Tueda connaît un climat propre aux Alpes internes du Nord, à affinités continentales (Tableau n°3 :Diagramme ombrothermique).

Tableau n°3 : Diagramme ombrothermique de Pralognan,
réalisé sur la période 1962-1993 :



Les hivers sont rigoureux (les températures moyennes de décembre et de janvier sont proches de -2°C), alors que les étés sont assez chauds (températures moyennes de juillet et d'août voisines de 14°C). Ceci confère donc au site une période végétative d'environ 5 mois (étage alpin) si l'on considère que le système racinaire des végétaux a besoin d'une température minimale de 5°C pour fonctionner.

Les régimes pluviométriques à Tueda restent très faiblement contrastés tout au long de l'année.

Les étés sont fortement et régulièrement arrosés; les longues périodes sèches sont rares, de même que les précipitations diluviennes.

La variabilité interannuelle des précipitations est la plus forte à la fin de l'hiver, notamment en février.

Le Plan de Tueda est susceptible de recevoir des précipitations neigeuses pendant 10 mois. En effet, depuis trente ans, aucune chute de neige n'a été enregistrée en juillet et en août. A cette altitude, le manteau neigeux commence à disparaître dès la fin du mois d'avril et au début du mois de mai; il peut persister jusqu'en juin dans le fond du Vallon du Fruit (2100 m).

2-3- Hydrologie, hydrographie et qualité de l'eau:

Le Plan de Tueda comporte des milieux lotiques (eaux courantes) et lenticques (eaux stagnantes). L'hydrosystème de la réserve présente tous les éléments d'un ensemble fonctionnel, depuis le glacier en amont, qui donne naissance au torrent, jusqu'à la zone humide du fond de vallon, avec aussi les sources de bas de pente et les petits lacs d'altitude. La longueur du réseau hydrologique de la réserve est d'environ 31 km, comprenant également les ruisseaux et les ruisselets, permanents et intermittents (Fig. n°4).

Les différents éléments de l'hydrosystème :

• Les cours d'eau :

- Le Doron des Allues :

Ce torrent, alimenté par le glacier de Gébroulaz puis par les nombreuses sources du Vallon du Fruit, constitue le cours d'eau principal de la réserve. Il double presque de volume après sa confluence avec le ruisseau du Vallon, à son entrée dans le Plan de Tueda.

Le ruisseau des Plattières vient se jeter dans le Doron plus en aval.

Au cours des quinze dernières années, celui-ci a subi plusieurs modifications au niveau du plateau de Tueda. A l'origine, le Doron présentait un lit majeur à dessin tressé sur 500 m en aval de la confluence avec le ruisseau du Vallon, puis à dessin simple jusqu'à la sortie du plateau. Certaines boucles de tressage occupaient toute la largeur du Plan de Tueda. Celui-ci constituait le champ d'inondation du Doron lors des crues, d'autant plus efficaces dans son rôle d'absorption de l'onde qu'il était occupé par un marais.

La première modification est due à l'installation d'une gravière dans la partie amont du plateau, de la fin des années 1970 à 1987. Le Doron s'est alors enfoncé et encore actuellement son lit se situe à un niveau artificiellement bas dans cette partie du plateau de Tueda. Par ailleurs, l'enrochement de la rive droite, accompagné d'un rehaussement d'une certaine partie du plateau à l'aide de remblais, est venu perturber la dynamique du torrent.

Aujourd'hui, les crues sont rares et le plateau n'est presque plus jamais inondé. En revanche, le courant déchausse progressivement les enrochements et emporte régulièrement les berges là où elles ne sont pas protégées. Sans intervention, il est clair que le Doron retrouverait petit à petit son champ d'inondation passé, et ce, avec les différentes conséquences, positives et négatives, pour le milieu naturel lui-même et les activités humaines liées au plateau de Tueda.

- Un ruisselet, de 20 cm à 50 cm de large, coule en permanence en rive droite du plateau de Tueda. Il est alimenté par les nombreuses sources de bas de pente et se jette dans le lac artificiel de Tueda.

Hydrographie de la partie nord de la réserve de Tueda

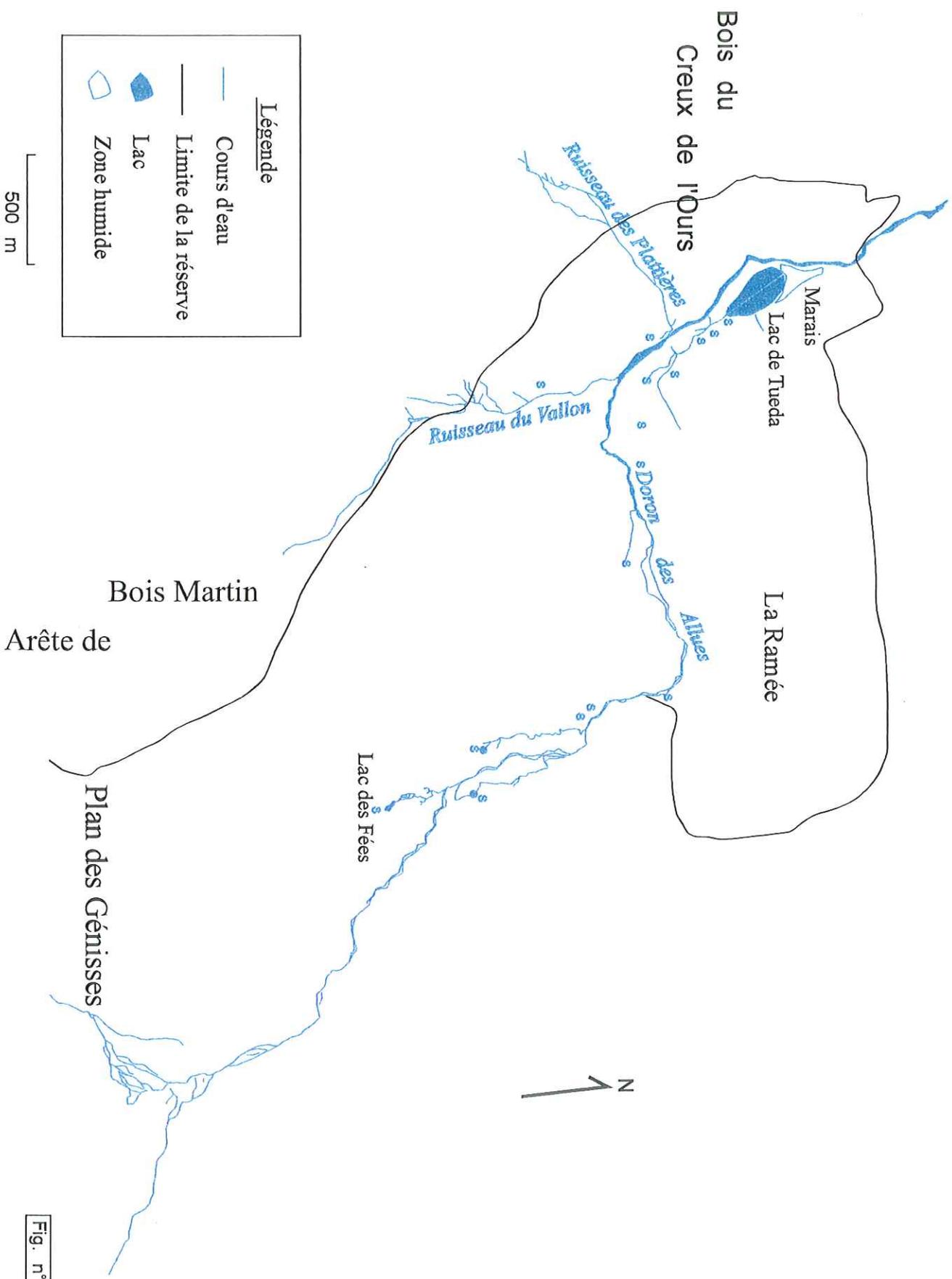


Fig. n°4

- Les sources :

On distingue :

- Les aquifères fissuraux localisés dans le réseau de fractures des roches du Houiller. Ces aquifères donnent naissance à des sources ponctuelles au débouché des fissures, dont le débit est très variable (Vallon du Fruit).

- Les aquifères plus diffus, liés aux formations de surface : éboulis, blocailles, glissements de terrain. Ces aquifères donnent des zones de suintement plus diffus (Bois de la Ramée, Bois Marin, Creux de l'Ours).

- Les lacs :

- Le lac artificiel du Plan de Tueda. Il fut créé par la commune des Allues en 1972 dans le but de favoriser le tourisme estival. De forme ovale (325 m sur 150 m ; 3.5 ha) il est profond d'environ 3 mètres. Son alimentation est double : par le ruisseau provenant des sources de bas de pente, auquel s'ajoute en été une prise d'eau du ruisseau du Vallon sur le captage des Mures Rouges. Un trop plein relié au Doron maintient le niveau du lac constant.

- Le marais du Plan de Tueda (Fig. n°5):

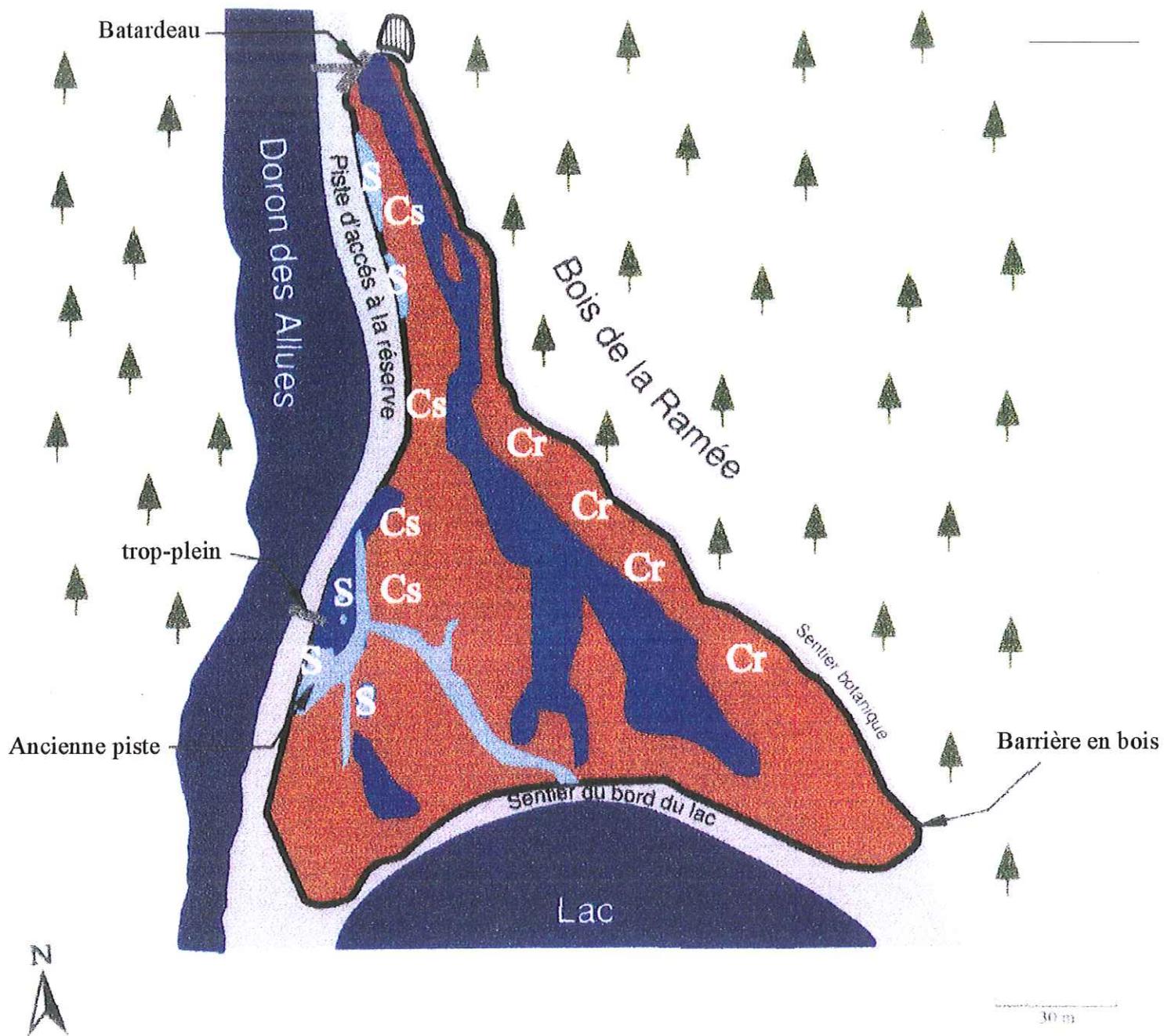
- A l'extrémité Nord de la réserve, il occupe une surface de 1.4 ha, soit approximativement 1/20000^{ème} de sa surface naturelle, antérieure aux aménagements du plateau de Tueda. Il se situe 2 mètres plus bas que le lac.

En rive droite, le ruisseau s'est maintenu malgré une alimentation très perturbée. Des petites zones d'eau libre ponctuent de vastes plages de mousses, parfois flottantes semble-t-il.

Qualité de l'eau:

Quatorze sources ont été analysées dans la réserve pour les besoins d'alimentation en eau de la commune des Allues. En 1994, deux sources sont captées: la source du Vallon, sur le cours du ruisseau du Vallon, et une source du bas de pente sur le Plan de Tueda qui alimente la buvette.

Dans le Vallon du Fruit, les eaux sont très minéralisées et impropres à la consommation, à cause des taux de sulfates extrêmement forts, compris entre 168 et 550 mg/l. La dureté de certaines sources est élevée (61° en degrés français), ce qui explique l'existence d'une source pétifiante en bas de pente, au Plan de Tueda. Cette dureté favorise la présence d'espèces comme des characées dans le marais du Plan de Tueda. Le Ph des eaux est en général supérieur à 7,5.



Hydrographie du marais du Plan de Tueda

- Zone très humide, avec eau libre
- Zone très humide, sans eau libre
- Zone moins humide, atterrie
- Zone inondée par la remontée de l'eau
- Fourrés de saules
- Colonisation par les résineux (cembro, épicéa)
- Colonisation par les Saules

Fig. n°5

2-4- Unités écologiques et espèces (faune et flore) présentes sur le site de Tueda:

Dix sept unités écologiques ont été individualisées pour l'ensemble de la réserve naturelle. Dans le tableau suivant (Tableau n°4), seules les unités écologiques concernant le Plan de Tueda sont reportées:

Unité écologique	Superficie	Localisation	Description
Eaux douces dormantes	4 ha	Lac de Tueda (17 8 ⁰ m)	Végétation enracinée submergée à potamots; végétation des berges à <i>Carex rostrata</i> , <i>Carex paniculata</i> , <i>Carex nigra</i> , <i>Carex echinata</i> , <i>Caltha palustris</i> , <i>Scirpus sylvaticas</i> , <i>Dactylorhiza fistulosa</i> , <i>Pedicularis palustris</i> , <i>Primula farinosa</i> ...
Eaux courantes	3,5 ha	Doron des Allues, Ruisseau du Vallon, Ruisseau des Platières	Sur le Plan de Tueda, fourrés de Saules clairsemés sur les berges (<i>Salix caesia</i>) et prairie grasse en rive gauche à <i>Potentilla erecta</i> , <i>Geranium sylvaticum</i> , <i>Veratrum album</i> , <i>Ranunculus acrifolius</i> , <i>Polygonum bistorta</i> , <i>Cirsium palustre</i> , <i>Caltha palustris</i> , <i>Trollius europaeus</i> ...
Marais	1,4 ha	Plan de Tueda, extrêmité Nord	<i>Salix caesia</i> , <i>Salix hastata</i> , <i>Salix foetida</i> , <i>Phragmites australis</i> , <i>Molinia coerulea</i> , <i>Deschampsia caespitosa</i> , <i>Calamagrostis epigeios</i> , <i>Carex flava</i> , <i>Carex frigida</i> , <i>Carex leporina</i> , <i>Carex paniculata</i> , <i>Carex panicea</i> , <i>Juncus articulatus</i> , <i>Juncus conglomeratus</i> , <i>Equisetum palustre</i> , <i>Selaginella selaginoides</i> , <i>Pinguicula vulgaris</i> , <i>Pyrola rotundifolia</i> , <i>Tofieldia calyculata</i> , <i>Utricularia minor</i> ...
Source pétrifiante	3 à 4 m ²	Plan de Tueda, sous le chalet de la Plagne	Source de bas de pente où l'eau suinte sur des dalles horizontales, permettant au calcaire de former des concrétions autour des brins de mousse
Prairie artificielle	env. 7 ha	Plateau de Tueda	Semis de fétuque rouge, fétuque rouge traçante, fétuque des prés, fétuque ovine, ray-gras anglais, trèfle blanc nain, lotier

Notons par ailleurs que, en plus de ces associations courantes, certaines espèces du genre des Cyperaceae sont répertoriées en espèces protégées, telles :

- *Carex bicolor* All.: espèce protégée nationalement
- *Carex microglochin* Wahlenb. : espèce protégée nationalement
- *Trichophorum alpinum* (L.) Pers : espèce protégée régionalement

Parallèlement, des relevés faunistiques ont été réalisés lors de l'élaboration du plan de gestion de la réserve de Tueda, ainsi que lors d'une étude plus précise menée par le CARRETEL (Centre Alpin de Recherche sur les Réseaux Trophiques au sein des Ecosystèmes Limniques) de l'Université de Savoie sur le compartiment benthique du lac.

Il en ressort que cette faune est similaire à celle d'autres milieux naturels comparables décrits. De plus, toute une faune associée à la cembraie est présente sur le site, ce qui participe au caractère naturel du lac artificiel et par la même à l'intérêt de la réserve.

Remarquons cependant un empoissonnement excessif en été pour la pêche sportive.

3- Présentation du projet de pompage dans le lac de Tueda:

Le lac de Tueda a été créé en 1972 par la commune des Allues afin de favoriser le tourisme estival très porteur dans cette région. Une fois construit, et voyant la pratique du ski à son tour se développer, le Service Public des Trois Vallées (SPTV) considère ce lac comme un réservoir d'une grande capacité et facile d'accès susceptible d'être utilisé dans l'élaboration de neige de culture.

Le projet est donc de se servir du lac de Tueda comme réservoir-tampon afin d'alimenter les canons à neige de la station.

Cependant, le fonctionnement hydrogéologique du site était plutôt mal connu, d'où cette étude préalable afin des impact majeurs sur le site classé en réserve naturelle.

Pour se faire, deux hypothèses de pompage ont été faites par le Bureau d'Etude SITES afin de connaître d'abord les impacts directs et quantitatifs sur le lac de Tueda.

En effet, le SPTV est autorisé à prélever 70 l/s dans le Doron des Allues, à la hauteur de l'usine à neige du Mottaret. En référence au complément du dossier de demande d'autorisation ICPE, installation d'enneigement artificiel réalisé en octobre 1997 par SURFALP études et conseils, on peut penser que le SPTV ne pourra pas prélever plus de 70 l/s dans le Doron des Allues en amont du Mottaret.

Les données du problème sont alors :

Besoins actuels du SPTV:	70 l/s soit 250 m ³ /h pendant 16h soit:	4000 m ³ /j
Besoins futurs du SPTV:	111 l/s soit 400 m ³ /h pendant 16h soit:	6400 m³/j

= pompage de : 2400 m³/j

Débit du Doron disponible:	250 m ³ /h pendant 16h pouvant être pompés directement soit:	4000 m ³ /j
	+ 250 m ³ /h pendant 8h pouvant être stockés soit:	2000 m ³ /j
	soit un total disponible	6000 m³/j

= déficit des ressources: 400 m³/j

Alimentation naturelle du lac (à l'étiage):	8l/s pendant 86400 secondes :	
		690 m³/j

Hypothèse n°1

Utilisation du lac de Tueda (d'une surface de 30000 m²) comme réservoir tampon avec apport de l'eau du Doron de 9h du matin à 17h le soir en dehors de la plage de fonctionnement de l'usine à neige (de 17h le soir à 9h le lendemain matin).

De 17h à 9h le matin: 2400 m³ seraient prélevés dans le lac,
le niveau baisserait donc de $2400/30000 = 8 \text{ cm/j}$.

Le lac étant alimenté par son apport naturel existant (8 l/s à l'étiage)
soit $8 \text{ l} \times 86400 = 690 \text{ m}^3/\text{j}$,

le niveau remonterait donc de $690 \text{ m}^3/30000 = 2,3 \text{ cm/j}$.

En fait, le niveau du lac ne baisserait donc que de $8 - 2,3 = 5,7 \text{ cm/j}$.

De 9h à 17h: x m³ seraient réinjectés dans le lac, à partir du Doron,
ceci afin de remonter le niveau du lac à son état initial :

$$x/30000 = 0,057 \text{ m},$$

$$\text{d'où } x = 0,057 \times 30000 = 1710 \text{ m}^3.$$

Un pompage de 1710 m³ hors heures de fonctionnement de l'usine à neige suffirait donc à maintenir le lac à un niveau stable,

Soit un pompage de: $1710/8 = 214 \text{ m}^3/\text{h}$ pour un débit disponible de 250 m³/h.

Hypothèse n°2

Utilisation du lac de Tueda (d'une surface de 30000 m²) comme réservoir tampon sans apports de l'eau du Doron.

De 17h à 9h le matin: 2400 m³ seraient prélevés dans le lac, le niveau baisserait donc de $2400/30000 = 8 \text{ cm/j}$.

Le lac n'étant alimenté que par son apport naturel existant (8 l/s à l'étiage) soit $8 \text{ l} \times 86400 = 690 \text{ m}^3/\text{j}$,

le niveau remonterait donc de $690 \text{ m}^3/30000 = 2,3 \text{ cm/j}$.

En fait, le niveau du lac ne baisserait donc que de $8 - 2,3 = 5,7 \text{ cm/j}$.

Or les fiches de consommation d'eau hebdomadaire du SPTV sur les saisons 92-93 à 95-96 font ressortir que les installations fonctionnent à plein régime pendant 4 semaines consécutives.

En 4 semaines, le niveau du lac baissera donc de $5,7 \times 28 = 1,60 \text{ m}$ correspondant à un déficit de réserve de:

$$2400 - 690 = 1710 \text{ m}^3 \times 28 = 47880 \text{ m}^3.$$

Dans ce cas, il faudrait $47880/690 = 70 \text{ jours}$ pour remplir le lac à nouveau.

Pour tenter de comprendre le fonctionnement hydrogéologique du site et ensuite donner un avis sur les impacts de ce projet, il est nécessaire de déterminer l'origine des différentes eaux ainsi que leurs relations à travers des mesures de conductivité et des prélèvements à des fins d'analyses géochimiques.

II- ETUDE DE TERRAIN

A la suite d'une première campagne de mesures menée par Guillaume Libre, stagiaire du Parc National de la Vanoise durant l'été 1999, le mois de janvier 2000 a permis deux nouvelles séries de mesures en conditions hivernales.

Ceci, afin de comparer et donc de mieux comprendre le réseau hydrogéologique du Plan de Tueda et son évolution dans le temps. L'objectif étant bien entendu de connaître l'état de ce site pendant la saison de ski, période de fonctionnement des canons à neige et donc d'impacts possibles sur le lac, la zone humide ainsi que sur la faune et la flore associées.

1- Méthodologie de travail

Les conditions hivernales de mesures, de par la présence d'un manteau neigeux conséquent, n'ont pas permis l'élaboration d'une base de données aussi importante que celle de l'été. En effet, de nombreux ruisselets et sources de bas de pente étaient taris ou invisibles.

Par ailleurs, ne possédant pas de carte très précise de la réserve de Tueda (d'échelle supérieure à 1/25000), les trois séries de mesures sont reportées sur trois schémas du site (Fig. n°6,7,8) qui permettent de comprendre l'ensemble du réseau hydrologique et hydrogéologique, mais pas de localiser très précisément les points de mesures.

Lors de la première série de mesures hivernales, trois prélèvements d'eau ont été effectués dans chacun des trois grands éléments du réseau hydrologique, à savoir : le Doron amont, le lac de Tueda et la zone humide.

Ceux-ci ont été soumis à analyse géochimique (C3 réduite) à Savoie Labo, ce qui a permis la construction de graphiques (Piper (Fig. n°9) et Schoeller (Fig. n°10)), illustrant les différentes origines de ces eaux, de la même façon que les relevés de conductivité.

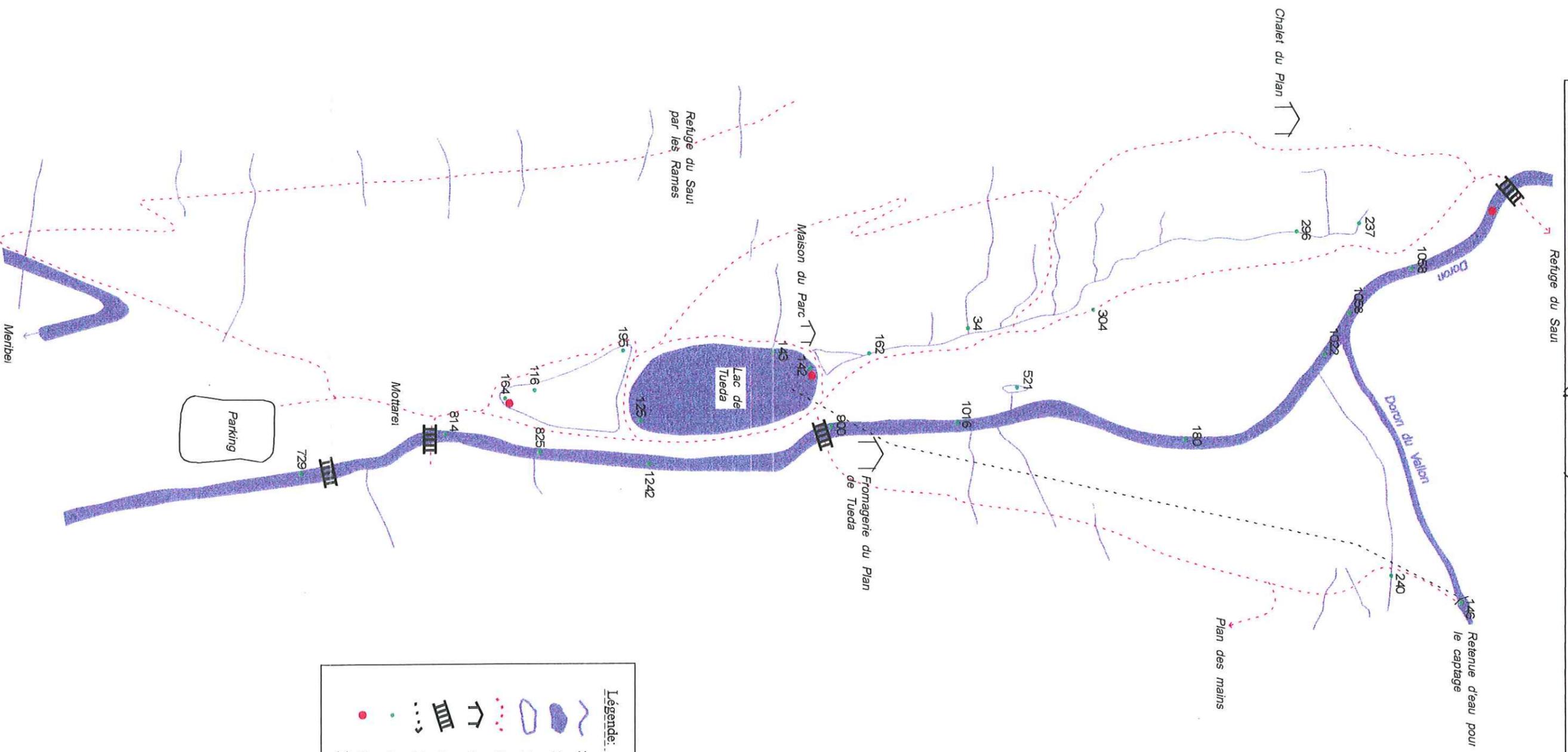
2- Conditions hivernales du lac

Précisons l'état hivernal du lac qui est la première cible du projet de pompage : le 19 janvier 2000, la couche de neige sur le lac n'était que de 20 cm environ. En effet il n'avait pas neigé depuis le 28 décembre 1999, ce qui explique cette relative faible épaisseur.

Par contre, les températures ont été froides, d'où la formation d'une épaisse couche de glace de l'ordre de 35 à 40 cm sous le manteau neigeux. La tranche résiduelle d'eau, quant à elle, n'a pu être mesurée par manque de matériel.

Notons simplement que sa température à 20 cm de profondeur varie entre 0 et 1.7 °C selon les courants et la qualité de la mesure.

Mesures de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) sur le Plan de Tueda: 05 et 06/01/2000



Légende:

- : Cours d'eau
- : Plan d'eau
- : Zone humide
- : Chemin de randonnée
- : Chalet
- : Pont
- : Canalisation d'eau
- : Points de mesure de la conductivité
- : Points de prélèvement d'eau pour analyse (C3 réduite)

Fig. n°7

Mesures de conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) sur le Plan de Tueda: 18 et 19/01/2000

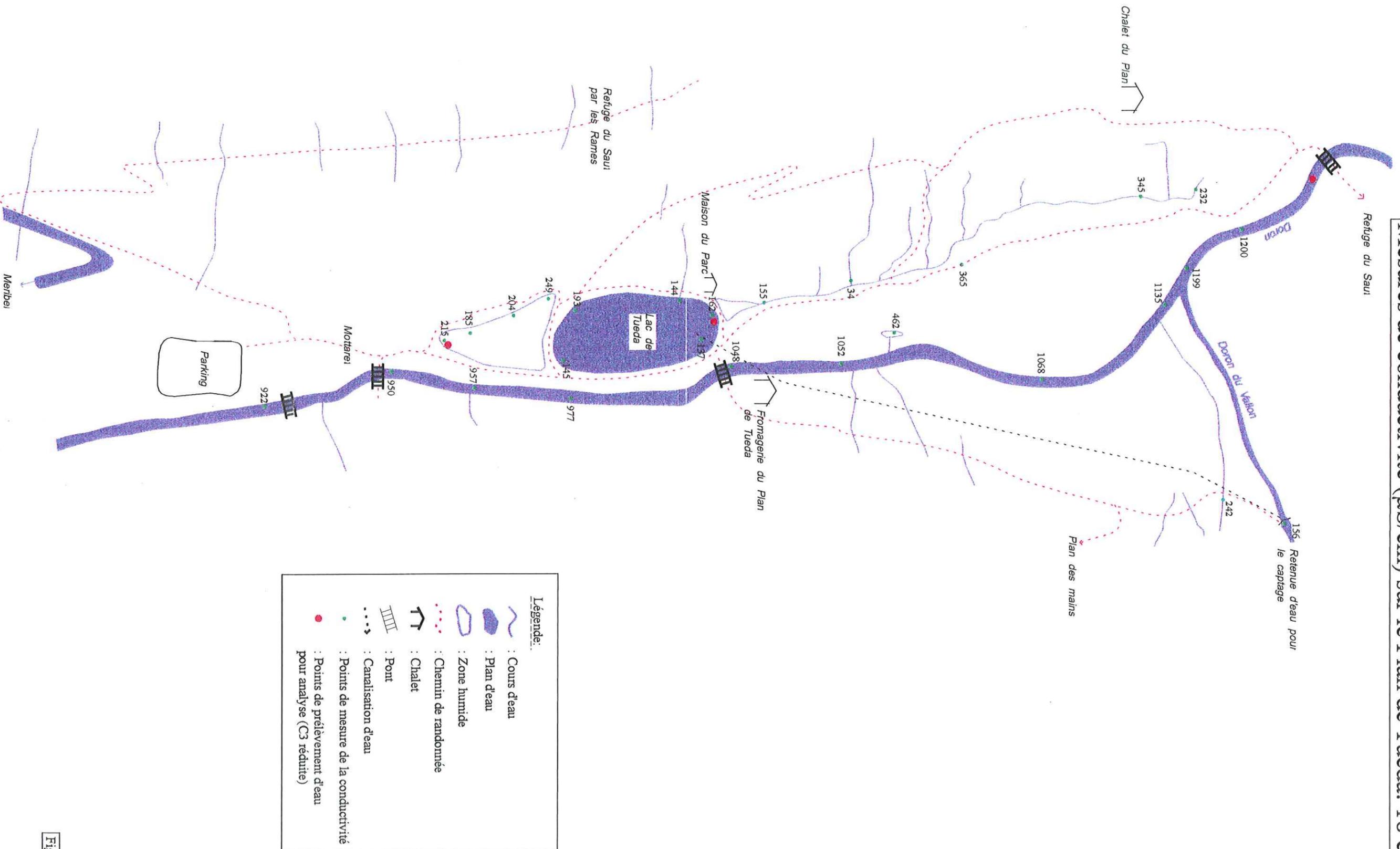
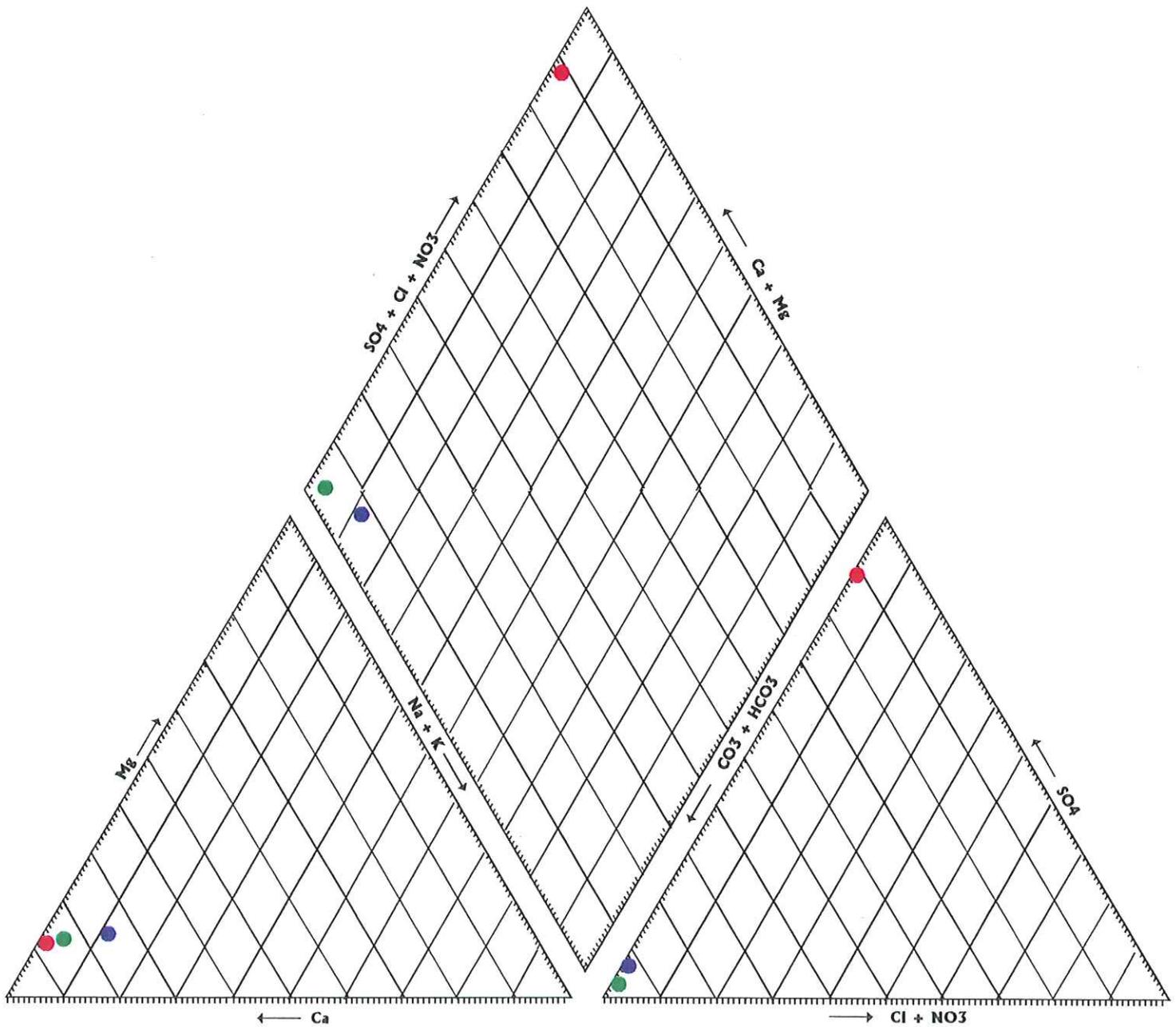


Fig. n°8

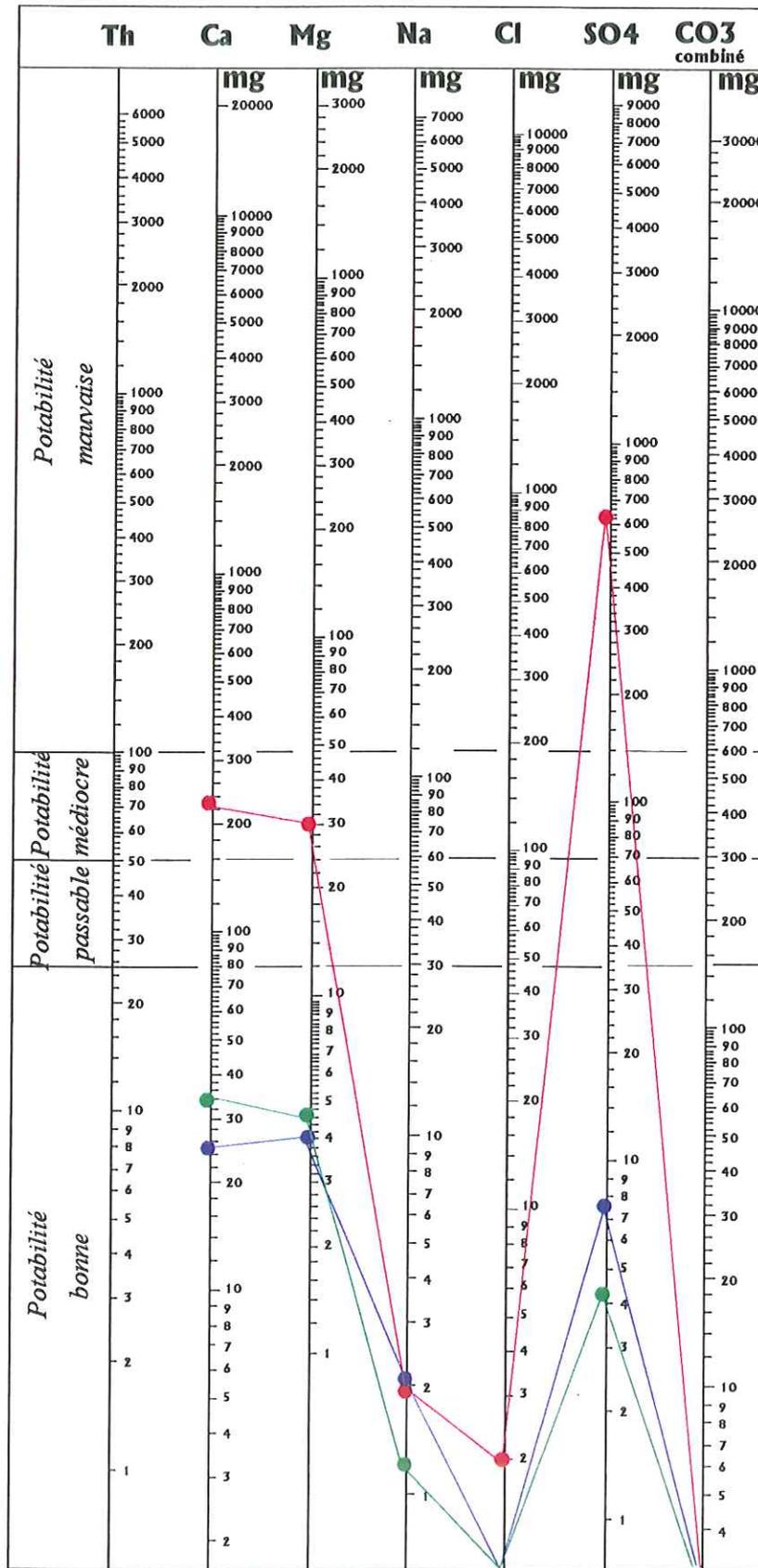
Diagramme d'analyse d'eau (d'après PIPER)



- Légende:
- Lac de Tueda
 - Zone humide
 - Doron amont

Fig. n°9

Diagramme logarithmique (d'après Schoeller)



mg = milligrammes/litre

- Légende:
- Lac de Tueda
 - Zone humide
 - Doron amont

Fig. n°10

3- Origines des eaux

3-1- Le Doron des Allues :

Exemples de mesures (en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

	Eté	Hiver
Amont	663	1058 ; 1200
Aval	463 ; 460	922 ; 729

Le Doron des Allues prend sa source bien au Sud de la réserve, dans le glacier de Gébroulaz avant de couler sur les gypses du Vallon du Fruit.

Il s'agit donc d'eau fortement enrichie en sulfates de calcium, provenant de ces masses de gypses.

Cependant, il faut remarquer que ce torrent subit des variations de conductivité régulières tout au long de son cours dues aux apports latéraux de sources dont les conductivités sont de l'ordre de 50 à 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. On observe alors un gradient conductimétrique décroissant du Sud vers le Nord.

Ces variations sont également saisonnières, avec l'influence des eaux de fonte des neiges et des glaces de Gébroulaz qui diluent seulement dans une proportion de 1 à 2.

3-2- Le lac artificiel de Tueda :

Exemples de mesures (en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

	Eté	Hiver
Alimentation	113	142 ; 162
Exutoires	96	125 ; 145

Les eaux du lac présentent des conductivités sans rapport avec celles mesurées dans le Doron proche. L'écart des conductivités dépasse toujours 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, voire 800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver. Ceci renforce donc l'hypothèse de l'absence de relations entre le lac et le Doron des Allues et son éventuelle nappe d'accompagnement.

Le lac est donc alimenté naturellement par un ruisselet de bas de pente dont la source se situe sous le chalet du Plan avec une conductivité moyenne de 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En suivant le flanc Est du Bois de la Ramées, il draine des sources et des arrivées d'eau de bas de pente de conductivité beaucoup plus faible (environ 40 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ce qui va « diluer » et donc diminuer la conductivité de l'eau du ruisselet avant son rejet au lac, et ainsi conférer à celui-ci une conductivité de 100 à 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Ces variations sont dues, comme pour le Doron, à l'influence de l'eau de fonte et de sources qui diminue la conductivité générale. Cependant, elles restent limitées du fait de la constance des apports du versant tant en quantité qu'en qualité.

Notons que cette alimentation est naturelle après creusement artificiel du lac par la commune des Allues en 1972. Auparavant, les eaux du versant s'épandaient dans la plaine alluviale humide.

Les variations saisonnières observées, de l'ordre de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, sont également dues à une seconde alimentation, cette fois-ci artificielle, via une prise d'eau dans le Doron du Vallon vers 1750 m. La conductivité y est de 70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en été et de 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en hiver, toujours du fait de l'impact de l'eau de fonte.

Cette alimentation artificielle uniquement estivale pour la pêche sportive va donc également participer à la baisse de la conductivité du lac par rapport à l'hiver et ses apports de versant, cette variation restant limitée.

3-3- La zone humide :

Exemples de mesures (en $\mu\text{S}/\text{cm}$)

	Eté	Hiver
Sud	166 ;164	195 ;249
Nord	201 ;206	164 ;215

La zone humide quant à elle, réagit comme une zone tampon dont la conductivité est quasi insensible aux saisons. Elle oscille entre 150 et 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Cette zone est alimentée essentiellement par les apports latéraux de bas de pente et, potentiellement, par des infiltrations du lac du Sud vers le Nord. Cependant elle n'est pas alimentée par la nappe du Doron qui présente des conductivités très supérieures. L'activité hydrique de cette zone est très réduite en hiver avec une tranche d'eau résiduelle visible n'excédant pas 10 à 15 cm en quelques rares endroits.

Le seul lien entre le Doron des Allues, le lac et la zone humide semble être le drainage des exutoires par le Doron des Allues.

L'ensemble du système hydrogéologique du Plan de Tueda apparaît alors clairement, avec :

- le Doron des Allues présentant une forte conductivité, issue des gypses du Vallon du Fruit et drainant uniquement les exutoires du lac et de la zone humide vers l'aval,
- un lac artificiel avec une petite alimentation naturelle permanente de versant et une alimentation estivale, toujours peu minéralisée, à partir du Doron du Vallon,
- et une zone humide alimentée par des apports de versants qualitativement et quantitativement permanents, sans rapport avec le Doron.

Des infiltrations du lac vers la zone humide sont peu probables malgré la proximité, la cote plus élevée du lac et la perméabilité des terrains alluvionnaires de nature non reconnue. Ils sont difficilement quantifiables et n'ont jamais été repérés durant la campagne estivale où le lac était moins minéralisé. S'ils existent, ils sont faibles.

4- Impacts du projet sur le lac, la zone humide et la faune et flore associées

4-1- Impacts sur le lac (d'après CARRTEL)

L'impact potentiel d'un prélèvement d'eau sur la faune et la flore du lac de Tueda a été en partie estimé par le laboratoire CARRTEL à partir des scénari proposés par le bureau d'études SITES. Deux éléments semblent importants à prendre en compte :

- la baisse du niveau du lac et le délai de remise en eau après prélèvement,
- la réinjection d'eau provenant du Doron des Allues (de chimisme très exagéré, non pris en compte par CARRTEL).

L'impact principal d'un prélèvement d'eau, même de courte durée, tendra à faire baisser le niveau d'eau et donc à découvrir les zones littorales du lac, c'est à dire les zones où la richesse spécifique est potentiellement la plus importante.

- Dans le cas d'une baisse de niveau inférieure à 50 cm (Hypothèse n°1), seules les biocénoses d'habitats «peu profonds» seront affectées. Ceci devrait entraîner la disparition de certains taxons, en particulier ceux qui ne présentent pas de formes de résistance (vie ralentie ou métabolisme très réduit), dont les abondances sont déjà faibles (larves de l'Odonates *Aeschna cf. Juncea*). Ce délai de remplissage du lac après l'arrêt des installations (deux jours environ) ne devrait pas avoir d'incidence marquée.

- Dans le cas d'une baisse de niveau supérieure à 1 mètre (Hypothèse n°2), on devrait observer la disparition des zones littorales profondes pour le lac, et éventuellement une baisse du niveau d'eau dans la zone humide si son temps de réaction à la perturbation est inférieur au temps de pompage.

Ceci devrait alors entraîner une régression de l'espèce *Carex Rostrata* notamment, qui est une espèce que l'on retrouve dans les zones inondées en permanence.

Or ces habitats abritent une faune abondante et riche, qui trouve des conditions environnementales favorables à son développement et lui permet d'échapper éventuellement à la prédation des poissons (larves d'Ephéméroptères Baetidae, *Baetis* sp. et *Chloeon* sp.).

Une baisse de niveau trop importante pourrait également avoir une incidence sur la zone de confluence au Sud du lac. En effet, si la perméabilité est suffisante, les eaux de l'affluent auront tendance à s'infiltrer entraînant la disparition de la zone de transition cours d'eau-lac.

A l'impact de la baisse de niveau sur les habitats littoraux et la zone d'entrée, s'ajoute un délai de remise en eau (70 jours) paraissant trop long (d'après CARRTEL) pour permettre à la faune benthique de se développer dès le début de la phase déneigée. En effet, si le prélèvement d'eau se fait jusqu'à mi-avril, le niveau «normal» du lac ne sera atteint qu'à la mi-juin, période où la faune benthique retrouve un métabolisme actif.

4-2- Impacts sur la zone humide

Rappelons tout d'abord que la zone humide est alimentée quasi-exclusivement par les apports du versant. Elle n'est pas influencée par la nappe d'accompagnement du Doron. Elle n'a pas de relation quantifiée avec le lac artificiel dont la chimie évolue avec l'apport estival du ruisseau du Vallon.

A partir de ces observations, nous pouvons dire que la zone humide n'est pas concernée directement par les aménagements touristiques proposés sur le Plan de Tueda.

De ce fait, un pompage dans le lac, quelque soit l'hypothèse choisie ou la saison, n'affectera pas la vie et le maintien de la zone humide, aujourd'hui relique par rapport à son état originel.

D'autre part, la fusion du manteau nival, tout au long de l'hiver puis au printemps, entretient l'humidité nécessaire à la survie de la zone humide.

Fait à Technolac
le 31/01/2000



PASQUIER Stéphane



NICOUD G.
Responsable scientifique
du contrat