

La température maximale moyenne des trente jours le plus chaud, qui advient dans l'épilimnion durant la fin du mois d'août 2011 ne s'élève qu'à 10,3. Pour l'hypolimnion, la date de réchauffement maximum n'est pas synchrone, ce qui corrobore l'hypothèse d'alimentation par le fond.

Enfin, il en découle que la stratification thermique de ce plan d'eau, peu marquée en période estivale, ne s'affirme que durant quelques courtes périodes entre la fin de l'été et le début de l'automne (fig. 8). La portée de ces considérations doit être relativisée par la météo locale particulièrement fraîche advenue durant les étés 2010 et 2011.

Idéalement, ces enregistrements devraient être répétés durant trois ans pour définir les propriétés thermiques caractéristiques de chacun des plans d'eau. La comparaison des relevés obtenus sur le lac Blanc avec les mesures enregistrées sur les deux autres lacs de l'Archeboc permettra de préciser les modalités d'un protocole standard d'analyse du métabolisme thermique des lacs d'altitude.



Figure 8. Echauffement des plongeurs avant l'opération de prélèvements des sédiments profond à 42 mètres

3. Étude de la biocénose benthique et calcul de L'IBL

3.1. Méthodologie

3.1.1. Principes de l'IBL

La capacité biogène du lac Blanc et sa fonctionnalité ont été évaluées en analysant la structure des peuplements macrobenthiques à l'aide de la méthode de l'**Indice Biologique Lacustre** (VERNEAUX *et al.* 2004). Cette approche repose sur l'étude de la diversité, de la nature et de la distribution bathymétrique des communautés de macroinvertébrés endobenthiques, qui reflètent les caractéristiques régnant à l'interface eau - sédiment.

Occupant la plupart des niveaux trophiques (des consommateurs primaires et des détritivores aux carnassiers) et bénéficiant de cycles de vie d'au moins une année, le macrobenthos est intégrateur de l'ensemble des phénomènes physiques, chimiques et biologiques se déroulant dans la masse d'eau et dans les sédiments. L'IBL repose sur un protocole d'échantillonnage reproductible et aboutit au calcul d'un indice, compris entre 0 et 20, sanctionnant la capacité biogène toutes causes confondues.

3.1.2. Protocole d'échantillonnage

Matériel

Les sédiments sont prélevés à l'aide d'une benne Eckman modifiée qui permet de récolter les cinq premiers centimètres de sédiments.

Période d'échantillonnage

Les campagnes d'échantillonnage du macrobenthos endopélique doivent avoir lieu avant les premières grandes émergences printanières (avril-mai en plaine). Dans le cas des lacs de montagne, il faut attendre le dégel complet du lac et prélever moins de 4 semaines après la débâcle.

Isobathes prospectées et nombre d'échantillons

L'échantillonnage se fait à deux profondeurs :

- en zone littorale à -2 mètres (**Zl = 2m**) ;
- en zone profonde à 2/3 de la profondeur maximale (**Zf = 2/3 Z_{max}**).

Le nombre de prélèvements à effectuer est proportionnel à la longueur de chaque isobathe (L, en km) :

- en zone littorale **nl = 4 log_e(10 L_l + 1) ;**
- en zone profonde, **nf = 2.5 log_e (10 L_f + 1).**

Les échantillons sont répartis sur les 2 isobathes à l'aide de n_f transects. Des points littoraux complémentaires sont intercalés en zone littorale pour atteindre n_l . Chaque échantillon est constitué par le volume de 2 bennes Eckman, sur une surface de $1/20^e$ de m^2 . Dans les cas des lacs de montagne dont les fonds sont constitués de galets, un prélèvement est réalisé en plongée à l'aide d'un filet de type surber (fig. 9).

Dans le cas du lac Blanc, 12 placettes littorales et 4 placettes profondes ont été échantillonnées suivant cette procédure. Les prélèvements ont été réalisés en août 2010. Toutefois, comme les premières analyses ont montré que cette date pouvait avoir été tardive (plus de 5 semaines après la débâcle), 4 prélèvements littoraux complémentaires ont été effectués au début du mois d'août, trois semaines seulement après la fonte de la glace du lac Blanc.

Tri et détermination

Les échantillons sont lavés sur un tamis de 250 μm de vide de maille puis la macrofaune est triée sous loupe binoculaire. Les prélèvements sont ensuite déterminés au niveau générique à l'exception des Diptères autres que *Chironomidae* (famille), des Nématodes (classe), des Hydracariens (classe) et des Oligochètes pour lesquels on retient 3 groupes : *Tubificidae* avec soies capillaires, *Tubificidae* sans soies capillaires et Oligochètes autres que *Tubificidae*.

3.1.3. Calcul de l'indice IBL

L'Indice Biologique Lacustre intègre cinq descripteurs :

- **vl** : richesse taxonomique littorale égale au nombre de taxons collectés à Zl
- **dl** : densité littorale correspondant au nombre d'individus par m^2 à Zl
- **vf** : richesse taxonomique profonde c'est-à-dire à Zf
- **k** : coefficient de correction du déficit taxonomique entre Zl et Zf : **$k = 0,033.vl + 1$**
- **ql** : qualité de la faune littorale ; cet indice décroît de 1 à 0,1 avec l'augmentation du niveau de tolérance du taxon indicateur le plus sensible échantillonné dans au moins 50 % des échantillons littoraux (tab. 9).

Ces descripteurs permettent le calcul de deux sous indices, l'indice biologique littoral et l'indice de déficit faunistique, dont la combinaison donne l'IBL. :

- ✓ **$BI = (\sqrt{vl}) * (\ln dl)$** indice biologique littoral exprime le potentiel biogène.
- ✓ **$Df = [\sqrt{((k*vf)/vl)}] * ql$** indice de déficit taxonomique décrit la régression de la variété taxonomique avec l'augmentation de la profondeur et de la sensibilité des taxons littoraux. L'examen des facteurs composant ce coefficient permettent de distinguer les lacs bénéficiant de conditions mésologiques optimales en zone profonde et ceux qui présentent des conditions contraignantes dès la zone littorale qui n'abrite alors que des taxons écurées (ql faible).
- ✓ **$IBL = 2,5 \sqrt{BI * Df}$** . Cet indice variant entre 0 et 20 apprécie la valeur biogène du système toutes causes confondues (VERNEAUX *et al.* 2001) ; il exprime son aptitude à produire de la macrofaune consommatrice et à la conserver avec la profondeur. Il permet également de définir le statut trophique du système, *i.e.* sa capacité à utiliser les ressources trophiques (VERNEAUX *et al.* 1994, 2001).

ql	Taxons repères (occurrence $\geq$ 50 % des prélèvements littoraux)
1.0	<i>Ephemera</i> – <i>Paratendipes</i> – <i>Heterotrissocladius</i> – tout genre de PLECOPTERE
0.9	Tout genre de TRICHOPTERES et EPHEMEROPTERES sauf <i>Ephemera</i> et <i>Caenis</i>
0.8	Tout genre de <i>Diamesinae</i> et <i>Orthoclaadiinae</i> sauf <i>Cricotopus</i> (sensu lato) et <i>Heterotrissocladius</i> . Tout genre de <i>Tanytarsini</i> sauf <i>Cladotanytarsus</i> , <i>Paratanytarsus</i> et <i>Tanytarsus</i>
0.7	Tout genre de <i>Tanypodinae</i> sauf <i>Procladius</i> et <i>Tanypus</i>
0.6	Tout genre de <i>Chironomini</i> sauf <i>Paratendipes</i> , <i>Dicrotendipes</i> , <i>Glyptotendipes</i> , <i>Tribelos</i> , <i>Sialis</i> , <i>Pisidium</i> , <i>Cladotanytarsus</i> , <i>Paratanytarsus</i> , <i>Tanytarsus</i> et <i>Prodiamesinae</i>
0.5	<i>Caenis</i> , <i>Tanypus</i> , <i>Dicrotendipes</i> , <i>Glyptotendipes</i> , <i>Tribelos</i> , <i>Cricotopus</i> (sensu lato)
0.4	<i>Chironomus</i> , <i>Procladius</i>
0.3	OLIGOCHAETA sauf <i>Tubificidae</i>
0.2	<i>Chaoborus</i> – <i>Tubificidae</i> sans soies capillaires
0.1	<i>Tubificidae</i> avec soies capillaires, NEMATODA

Tableau 9. Indice de qualité des taxons repères de la zone littorale du lac. Les taxons sont classés dans un ordre d'euryécie croissant



Figure 9. Les fonds du lac Blanc étant constitués essentiellement de galet, blocs et dalles, le prélèvement des sédiments et la récolte de la faune endobenthique ont été effectués par les plongeurs d'Aquatix et d'Aquaventure (photo Aquaventure) et non par benne Eckman ou par carottier.

3.2. Application et résultats de l'IBL au lac Blanc

3.2.1. Composition de l'endobenthos du lac Blanc

Dans le lac Blanc, la densité du benthos échantillonné varie de 252 / m² en zone littorale (moyenne sur 12 placettes) à 9 / m² en zone profonde (moyenne sur 4 placettes). Sur les 16 placettes, 9 taxons ont été identifiés (tab. 10).

TAXONS			Littoral		Profond
			nb	Occ (%)	nb
<u>Diptères</u>					
Chironomidae					
Chironominae	Tanytarsini	Paratanytarsus	34	58	(4)
		Micropsectra	2 (33)	8 (42)	(7)
Orthoclaadiinae		Paracladius	8	17	1 (1)
Limoniidae	Eriopterini		13	25	
<u>Oligochètes</u>			88	67	
	Autres que Tubificidae (Naididae)		5	17	
	Autres que Tubificidae (Lumbriculidae)		7	17	
	Tubificidae avec soies capillaires		74	25	
	Tubificidae sans soies capillaires				
<u>Crustacés</u>					
Branchiopodes	Notostracés	Triops	33	17	3
<u>Triclades</u>					
Planariidae	Polycelis	nigra-tenuis	2	17	
Abondance totale			299		16
Variété IBL			9		4

Tableau 10. Liste des macroinvertébrés benthiques prélevés sur le lac Blanc (août 2010) ; l'occurrence (« occ » est la proportion de placette littorale sur laquelle le taxon a été contacté ; le nombre et l'occurrence des nymphes prélevés sont placés entre parenthèses

L'échantillon larvaire récolté est pauvre en taxons (9) et en individus (299).

La famille des *Chironomidae*, représentée par seulement 3 genres seulement au moment de l'échantillonnage, est dominée par le genre *Paratanytarsus*, appartenant à la sous-famille des *Chironominae*. Ce taxon est présent dans plus de la moitié des échantillons, à la différence de *Micropsectra*, de la même sous famille, et de *Paracladius*, qui appartient à la sous-famille des *Orthoclaadiinae*. Ces deux genres n'ont été échantillonnés, respectivement que dans 2 et 4 prélèvements sur 12.

Dans la zone profonde, la famille des *Chironomidae* est représentée par une larve et une larve appartenant au genre *Paracladius*, mais aussi par 4 nymphes de *Tanytarsus* ainsi que par 7 nymphes du genre *Micropsectra*.

La classe des Oligochètes représente les 2/3 de la densité totale de la zone littorale alors qu'aucun individu n'a été échantillonné en zone profonde. Les oligochètes ont tous été échantillonnés dans des sables et graviers fins.

Enfin, deux échantillons de la zone littorale contiennent une abondance non négligeable d'une espèce de petit crustacé d'eau douce, *Triops*. Ce taxon compte 28 individus dans les prélèvements littoraux et 3 en zone profonde.

3.2.2. Compléments d'échantillonnage et réflexion méthodologique

Au moment des prélèvements réalisés le 04/08/2010, le lac Blanc était dégelé depuis plus de 5 semaines. Au vu de la très faible densité de la faune prélevée, ainsi que de la présence de nombreuses nymphes, il convenait de vérifier que la date de prélèvement n'avait pas été trop tardive par rapport au cycle des éclosions propres à ce type de lac polaire.

Par conséquent, une campagne de prélèvements supplémentaires, consistant en 4 placettes littorales, a été mise en œuvre le 5/08/2012, cette fois ci moins de 3 semaines seulement après le dégel du lac. Ce complément d'échantillonnage a permis de prélever :

- dans une placette de galet : 16 larves appartenant au genre *Smittia* (sous famille des *Orthocladinae*) ;
- dans une seconde placette de galet : 1 larve de *Paracladius* et 1 larve de *Micropsectra* ;
- dans une placette de sable et limons : 1 larve de *Smittia* ;

Ce « sondage » confirme que l'échantillonnage de 2010 était trop tardif par rapport au dégel du lac. En effet, il n'avait pas permis de contacter le genre *Smittia*, alors qu'il a été décelé en 2012 dans la moitié des placettes prélevées. Or les espèces appartenant à ce genre typique des eaux polaires ont une éclosion très précoce, capable de voler et de se reproduire dès que la température de l'air dépasse 7°C.

Parallèlement, comme *Micropsectra*, lui aussi typique des lacs de montagne oligotrophes ou plus généralement des milieux aquatiques très froids non pollués, ce genre regroupe des espèces oxyphiles et saprophobes (RAE 1989, LANG 2009). Par conséquent, il semble que comme *Heterotrissocladius*, ces deux genres de chironomides pourraient se voir attribuer un indice de qualité de 1/1.

3.2.3. Calcul et interprétation de l'IBL (valeur 2010 et corrigée 2012)

Les résultats obtenus par ces prélèvements supplémentaires ont été intégrés de façon à corriger le calcul de l'IBL (tab. 11). Les valeurs sont données pour la sensibilité et la variété de la **faune benthique prélevée en 2010** (en comptant les nymphes comme des larves) ainsi qu'avec les **valeurs corrigées d'après les compléments d'échantillonnage et de méthodologie effectué en 2012**.

Descripteurs et indices	Valeurs
vl : variété littorale	9 ou 10
dl : densité littorale (nb/m2)	498 ou ?
vf : variété faunistique profonde	4 ou 5
k : coefficient de correction	1,3
ql : qualité de la faune littorale	<i>Micropsectra</i> ou <i>Smittia</i> ? 0,8 ou 1
BI : indice biologique littoral	18,6 ou 19,6
Df : Indice de déficit faunistique	0,61 ou 0,82
IBL : Indice biologique lacustre	8,5 ou 10,0

Tableau 11. Descripteurs synthétiques de la faune benthique du lac Blanc du vallon du Clou en août 2010 (corrigé d'après compléments de mesures en août 2013).

Les faibles valeurs de la variété taxonomique et de la densité littorale sont traduites par un indice biologique littoral faible ne dépassant pas 20/100. Cette valeur confirme le caractère naturellement oligobionte du lac Blanc de l'Archeboc (fig. 10).

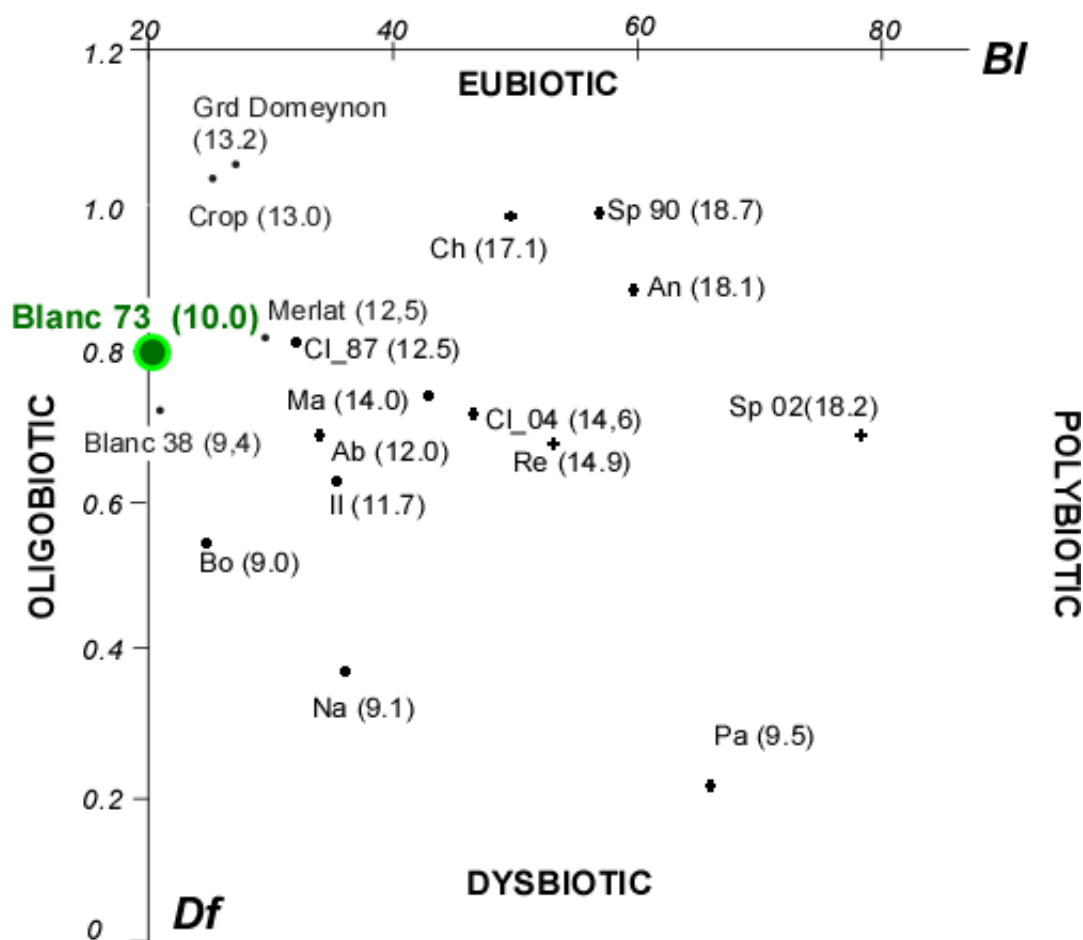


Figure 10. Typologie de 16 lacs français dont 4 du massif de Belledonne et un de l'Archeboc.

Jura : Abbaye (Ab), Bonlieu (Bo), Châlain (Ch), Clairvaux (Cl), Ilay (Il), Maclu (Ma), Narlay (Na), Remoray (Re), Saint-Point (Sp) Massif Central : Pavin (Pa).

Alpes : Annecy (An), Crop, Grand Domeynon, Blanc 38, Merlat, **Blanc 73 = lac Blanc de l'Archeboc**

Parallèlement, la faune littorale est sensible (indice de qualité entre 0,8 et 1 sur 1). En revanche, l'indice de déficit faunistique (entre 61 et 82 %) suggère l'existence d'un dysfonctionnement de la masse d'eau.

L'IBL qui résulte de ces différentes composantes ne dépasse pas 10/20. Cette valeur très faible sanctionne un lac naturellement peu productif et présentant, soit des tendances dysfonctionnelles soit une importante limitation des transferts trophiques.

3.2.4. Interprétation : capacité biogène et fonctionnement

La faible valeur de l'indice biologique littoral peut résulter d'un faible potentiel trophique naturel du lac Blanc. En effet, son altitude élevée, la durée de sa prise en glace, la fraîcheur persistante de sa température estivale et sa minéralisation limitée constituent autant de facteurs limitant les capacités biogènes de ses fonds.

La faible occurrence de la faune sensible en zone littorale et la réduction relative de la densité et de la variété faunistique avec la profondeur sont plus difficiles à interpréter puisque l'oxygénation est bonne sur toute la colonne d'eau du lac. Toutefois, la très faible teneur en matière organique ou d'éventuelles contaminations métalliques, d'origine géologique ou anthropique, ou en d'autres micropolluants d'origine atmosphérique pourrait expliquer le blocage des transferts trophiques.

Ces phénomènes sont en effet d'autant plus pénalisant pour les capacités biogènes de la partie pélagique d'un plan d'eau que celui-ci est rendu vulnérable par les contraintes naturelles comme la durée de la période de gel ou la faible minéralisation.

Suivant une hypothèse explicative alternative, il est possible que la période de l'échantillonnage de 2010 ait été trop tardive puisqu'un nombre de nymphes a été échantillonnées équivalent à celui des formes larvaires dans les placettes profondes. En outre, un genre oxyphile à éclosion précoce a pu être échantillonné en 2012 en réalisant des prélèvements littoraux complémentaires un peu plus tôt par rapport au cycle thermique du lac.

Dans le cas des lacs de montagne, on en déduit la nécessité de réduire le délai entre dégel et campagne d'échantillonnage IBL.

4. Métabolisme de la colonne d'eau

4.1. Physico-chimie sur la colonne d'eau

Le 4/08/2010, des mesures physicochimiques ont été effectuées dans la colonne d'eau centrale, à 40 mètre de profondeur (tab. 12). La température, la conductivité, la concentration et la saturation en oxygène dissous, le potentiel redox et le pH ont été mesurés tous les mètres jusqu'à 10 puis tous les 2 mètres jusqu'à l'eau de contact.

Prof. m	Cond µS/cm	T° °C	[O ₂ dissous] mg/l	Sat. (O ₂ d.) %	eH mV	pH -
0	47	7,1	9,1	108	145	7,6
1	47	7	9,2	108	146	7,6
2	47	6,7	9,0	105	148	7,5
3	47	6,6	9,0	105	150	7,5
4	47	6,3	8,0	93	152	7,5
5	47	6,1	8,0	92	155	7,5
6	47	5,5	7,9	90	157	7,5
7	47	5,4	7,9	89	160	7,5
8	47	5,3	7,7	87	164	7,5
9	47	5,2	7,7	87	165	7,5
10	47	5,2	7,6	86	166	7,5
12	48	5	7,6	85	169	7,5
14	49	4,9	7,5	84	172	7,5
16	52	4,7	7,4	82	176	7,4
18	55	4,6	7,2	80	178	7,4
20	56	4,6	6,7	74	180	7,4
22	58	4,5	7,0	77	182	7,4
24	59	4,4	6,4	70	184	7,4
26	60	4,5	6,5	72	187	7,3
28	61	4,4	5,9	65	189	7,3
30	62	4,3	5,9	65	191	7,3
32	62	4,3	5,9	65	193	7,3
34	63	4,3	5,6	62	195	7,3
36	64	4,2	5,5	60	198	7,2
38	64	4,2	5,0	55	199	7,2
40	65	4,2	4,8	52	201	7,2

Tableau 12. Physico-chimie de la masse d'eau du lac Blanc mesurée le 4/08/2010 à 40 mètres

La température très mesurée en surface, froide pour la saison, limite l'amplitude de la stratification. Elle est liée à la fois à l'altitude, au type d'alimentation du plan d'eau et à la météo très fraîche au moment des mesures.

Les mesures en oxygène dissous indiquent une tendance à la désoxygénation, croissant avec la profondeur, malgré la faiblesse de la minéralisation et des apports

organiques potentiels du bassin versant. Les strates les plus profondes demeurent tout de même oxygénées à plus de 50 % tandis que les mesures de pH et d'eH montrent que les conditions restent nettement oxydantes dans toute la masse d'eau.

Nota sur les mesures en oxygènes dissous

Durant les mesures, les teneurs en oxygène dissous indiquées par la sonde WTW utilisée ont fait montre d'une grande instabilité : les valeurs indiquées correspondent aux maximales stabilisées atteintes après plusieurs dizaines de secondes d'attente. Ce phénomène inhabituel pourrait être dû à l'altitude et aux fluctuations de la pression atmosphériques liées aux conditions météorologiques, elles aussi instables (tempête de neige). Cependant il pourrait aussi traduire une phase de brassage et de précipitation du plancton provoquée par le refroidissement soudain des strates superficielles.

La conductivité, faible dans l'absolu, atteint des valeurs moyennes dans la gamme rencontrée dans les lacs de montagne hors massifs calcaires (3 à 80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ pour des plans d'eau entre 1 500 à 2 600 m d'altitude). Les valeurs plus faibles observées ici en surface pourraient traduire une activité photosynthétique modérée ou/et des conditions physicochimiques favorisant la précipitation des sels dissous.

4.2. Chimie de la colonne d'eau

Les analyses chimiques effectuées sur les prélèvements d'eau réalisés à trois profondeurs dans la même colonne d'eau et à la même date confirment la faiblesse de la biomasse et de la production (tab. 13).

Paramètres	Unités	Surface	Thermocline	Fond (40m)
Calcium	mg/L	7,30	8,54	9,30
Magnésium	mg/L	0,50	0,59	0,66
Fer	$\mu\text{g}/\text{L}$	<10	<10	<10
Manganèse	$\mu\text{g}/\text{L}$	<10	<10	<10
Ammonium	mg/L	0,01	<0,01	<0,01
Phosphates	mg/L	0,032	0,026	0,018
Nitrites	mg/L	<0,01	<0,01	<0,01
Phosphore total	mg/L	0,013	0,012	0,009
Chlorures	mg/L	<1	<1	<1
Nitrates	mg/L	<1	<1	<1
DBO5 non diluée	mg de O_2/L	0,9	1,1	0,8
Oxydabilité au KMnO_4	mg O_2/L	<1	<1	<1
Carbone Organique Total	mg C/L	0,33	0,57	0,32
Azote Kjeldhal	mg/L	1,4	2,4	1,4
Matières en suspension totales	mg/L	0,11	1,06	0,96
Matières en suspension organiques	mg/L	0,04	0,32	0,24
Chlorophylle a	$\mu\text{g}/\text{L}$	<0,5	<0,5	<0,5
Chlorophylle b	$\mu\text{g}/\text{L}$	<0,5	<0,5	<0,5
Chlorophylle c	$\mu\text{g}/\text{L}$	<0,5	<0,5	<0,5
Phéopigment	mg/L	<0,5	<0,5	<0,5

Tableau 13. Chimie de la masse d'eau du lac Blanc mesurée le 4/08/2010 à 40 mètres

Les taux d'azote minéral et organique sont très faibles tandis que les concentrations en chlorophylle sont imperceptibles. En revanche, les concentrations en phosphore total et en phosphates, modérées dans l'absolu sont fortes pour un plan d'eau d'altitude situé en contexte géologique non calcaire et essentiellement alimenté par la fonte de névés et de glaciers tous proches.

4.3. Chimie des sédiments

Les sédiments des points B et C possèdent des teneurs en matières organiques faibles, inférieures à 3 % (tab. 14). Ces valeurs sont en adéquation avec ce type de lac d'altitude dont le bassin versant est ultramajoritairement composé de roche métamorphique, de névé et glaciers.

Paramètre	Unités	Points	B	C	D
Matières sèches	g/kg		500	477	84,5
Matières organiques	% de MS		2,7	2,9	7,7
COT - Méthode Anne	g/kg de MS		7,94	7,67	38,0
Azote Kjeldhal sur solide	mg/kg de MS		1040	1310	3100
C/N			7,6	5,9	12,3
Phosphore total	mg/kg de MS		828	1114	920

Tableau 14. Trophie des sédiments profonds (+26 m) du lac Blanc prélevés le 4/08/2010

Cependant, la faible teneur en matière organique des sédiments profonds témoigne aussi de la faculté du lac à minéraliser et à recycler dans la colonne d'eau ou dans les sédiments superficiels le peu de matière organique produite de manière autotrophe (c'est-à-dire provenant de la production planctonique).

L'échantillon prélevé au point D est atypique. En effet, sa très forte teneur en eau (91,5 %) montre qu'il s'agit d'un prélèvement peu représentatif résultant probablement du raclage d'une zone de dalle recouverte d'une mince couche de fines. Par conséquent, sa plus forte concentration en matière organique doit être considérée avec circonspection : il peut s'agir de sédiments très récents.

Les teneurs en C/N des sédiments prélevés sur les points B et C témoignent d'une provenance autotrophe nette de la matière organique puisqu'ils sont compris entre 5 et 7. Or cette gamme est typique du matériel planctonique.

La persistance de ces basses valeurs pourrait témoigner d'une certaine lenteur de la minéralisation au sein du sédiment. En effet, le recyclage des dépôts d'origine planctonique nécessite un départ d'azote qui se traduit normalement vers une augmentation du C/N qui atteint, dans les meilleurs cas, la valeur repère de 10.

Les analyses d'éléments trace métallique dans les sédiments profonds montrent deux types de contaminations potentielles (tab. 15).

D'une part, les teneurs en arsenic notoire proviennent probablement de l'altération naturelle des roches métamorphiques qui composent le bassin versant. Les concentrations mesurées pour cet élément sont à elles seules susceptibles d'inhiber ou d'entraver le développement harmonieux des espèces benthiques les plus sensibles.

D'autre part, les contaminations plus ou moins affirmées en antimoine, cadmium, chrome, cuivre, étai, nickel, plomb et zinc peuvent provenir soit de minéralisation géologique dans le bassin versant, soit de la pollution atmosphérique. Certaines de ces teneurs sont elles aussi susceptibles d'inhiber ou d'entraver le développement harmonieux des espèces benthiques les plus sensibles.

Paramètres	Unités	Points	B	C	D
Antimoine	mg/kg de MS		2,7	1,8	4,3
Arsenic	mg/kg de MS		69,6	48,9	68,3
Cadmium	mg/kg de MS		0,8	0,6	1,5
Chrome	mg/kg de MS		42,0	43,2	52,1
Cuivre	mg/kg de MS		50,7	47,8	67,9
Étain	mg/kg de MS		2,6	2,3	3,5
Mercure sur solide	mg/kg de MS		<0,5	<0,5	<0,5
Nickel	mg/kg de MS		48,5	45,3	47,1
Plomb	mg/kg de MS		82,6	71,1	119,0
Zinc	mg/kg de MS		148,0	139,0	164,0

Tableau 15. Éléments traces métalliques décelés en concentrations notoires dans les sédiments profonds (-26 m) du lac Blanc prélevés le 5/08/2010

4.4. Chimie de la neige superficielle

Dans la neige de l'année résiduelle recueillie en août sur les versants proches du lac, aucune teneur anormale en azote n'a pu être détectée, mais les limites de détection pour les nitrates et l'azote organique ou nitreux sont un peu trop élevées pour repérer des contaminations azotées modérées. En revanche, des teneurs notoires en phosphore total soluble ont été décelées (tab. 16). Elles correspondent aux valeurs observées dans le cas d'une pollution atmosphérique moyenne.

Paramètres	Unités	Points	N1	N2	N3
Azote Kjeldhal	mg/L		<1	<1	<1
Nitrites	mg/L		<0,01	<0,01	<0,01
Nitrates	mg/L		<1	<1	<1
Phosphore total	mg/L		0,012	0,014	0,018
Antimoine	µg/L		0,1	<0,1	<0,1
Arsenic	µg/L		<0,1	<0,1	<0,1
Cadmium	µg/L		<0,1	<0,1	<0,1
Chrome	µg/L		<0,1	<0,1	<0,1
Cuivre	µg/L		<0,1	0,3	0,2
Étain	µg/L		<0,1	<0,1	<0,1
Mercure	µg/L		<0,1	<0,1	<0,1
Nickel	µg/L		0,1	0,4	0,4
Plomb	µg/L		1	0,8	1,4
Zinc	µg/L		3,3	10,2	13,1

Tableau 16. Azote, phosphore et éléments traces métalliques décelés en concentrations notoires dans la neige superficielle prélevée le 4/08/2010 sur le sommet des névés flanquant le lac Blanc

Les très fortes concentrations en zinc qui ont été également découvertes dans ces échantillons de neige militent d'avantage en faveur de l'importance des flux de polluants d'origine atmosphérique. En effet, elles dépassent très nettement les valeurs indiquées pour la neige récente prélevée au Groenland et considérée comme polluée par le flux des émissions atmosphériques « moyennes » de l'hémisphère nord par BOUTRON et al. (1991) et qui ne dépassent guère 0,15 µg/L.

Les concentrations en plomb, également très élevées pour de la neige d'altitude, corroborent cette hypothèse.

4.5. Bilan sur la physico-chimie

Les mesures physico-chimiques effectuées dans le lac Blanc confirment l'existence de légers problèmes de désoxygénation.

Dans les deux lacs, on observe des teneurs en métaux lourds élevées par rapport aux normes recueillies dans la bibliographie ou indiquée par le SEQ-Eau. Cependant, une partie au moins de ces métaux (Ni, Cr, Cu ...) pourrait provenir des gîtes métallifères des terrains magmato-métamorphiques de ce secteur (BRGM 2006). D'après ces auteurs, lorsqu'ils proviennent des roches mères, ces éléments sont généralement peu solubles.

En revanche, le mercure a également été décelé dans la neige du lac Blanc, à l'occasion d'une mesure ponctuelle. Des sources atmosphériques de pollution, au moins pour ce métal, doivent donc être aussi suspecté (NEDJAH 2004). Cette hypothèse doit également être envisagée pour des apports d'azote excessifs en regard des capacités d'assimilation des lacs de montagnes. Enfin les effets de ces pollutions atmosphériques se combinent probablement avec la tendance au dérèglement climatique (ILYASHUK & ILYASHUK 2000).

5. Synthèse diagnostique et recommandations

5.1. Bilan sur les potentiels et le fonctionnement du lac

Comme pour de nombreux plans d'eau d'altitude, le potentiel biogène en général et piscicole en particulier du lac Blanc apparaît naturellement limité. En effet, son métabolisme froid comportant une longue période de prise en glace et par sa faible minéralisation bride la production du plancton, du benthos et de l'ichtyofaune.

Cependant, comme leurs bassins versants ne subissent que de faibles pressions anthropiques, les lacs de montagne sont simultanément propices au bon développement et au maintien d'espèces de macroinvertébrés et de poissons très exigeants, justement électifs des milieux aquatiques froids et peu minéralisés.

5.2. Bilan sur les potentiels piscicoles

La démarche typologique proposée par TELEOS et al. (2008) permet de prédire les potentiels biologiques en général et piscicoles en particulier des lacs de montagne en l'absence de perturbation. A partir de facteurs mésologiques simples, cette approche fournit en effet les caractéristiques de peuplement type reflétant les capacités écologiques optimales du système en utilisant la formule suivante.

$$Tth = 3,2 \times \ln (Tmm/16) + \ln (Cond/8) + \ln (\%Lit/6)$$

Où : **Tth** est le type théorique mésologique

Tmm est la température maximale moyenne du mois le plus chaud, en °C.

Cond est la conductivité, en $\mu S/cm$

% Lit est la surface relative de la zone littorale (profondeur < 2m), en points de

Dans le cas du lac Blanc :

- la conductivité moyenne de la masse d'eau est de 53 $\mu S/cm$
- la température maximale moyenne est de 10,5 °C
- la proportion de zone littorale est de 8,8 %

D'après cette approche, le type théorique de ce plan d'eau serait de 0,9. Ce niveau typologique correspond à un peuplement optimum monospécifique « L0 à L1 », naturellement peu à moyennement dense, constitué soit de cristivomers, soit d'ombles chevaliers (tab. 17). En termes de gestion halieutique, le choix du cristivomer comme unique espèce à introduire est donc parfaitement justifié.

L'abondance numérique (très élevée) et pondérale (moyenne à faible) observée dans le plan d'eau à l'aide des filets verticaux est également conforme aux potentiels piscicole optimaux offerts par ce type de plan d'eau. Cette adéquation entre le peuplement en place et le type théorique indique plutôt une situation référentielle en ce qui concerne les poissons.

Type de plans d'eau Température max estivale Minéralisation Extension de la zone littorale Renouvellement hydrique	L0 Très froide Très faible Très réduite Très rapide	L1 Très froide Faible Réduite Rapide	L2 Très froide Faible Moyenne Moyen	L3 Froide moyenne Développée Lent
<i>Avec afférence ou émissaire "frayable et circulaire"</i>	Sdf	Trf ou Sdf	Trf Obl Trf Vai Sdf Vai	Trf Vai Obl Sdf Vai Obl
<i>Sans afférence ni émissaire "frayable et circulaire"</i>	Cri	Obl ou Cri	Cri Obl	Cri Obl Vai

Tableau 17. Typologie préliminaire des peuplements piscicoles des lacs d'altitudes (Teleos 2008)

5.3. Bilan et recommandation de gestion

La gestion halieutique du lac Blanc menée jusqu'à présent est validée par l'étude des potentiels écologiques de ce plan d'eau. En effet, le choix de l'espèce la plus pertinente introduite durant trois années successives au stade juvénile et la mise en réserve de pêche ont permis l'implantation d'une population pérenne de cristivomers.

Désormais, la forte densité de ces poissons et la présence d'individu de plus de 40 cm indiquées par les pêches scientifiques inclinent à suggérer l'ouverture de la pêche à raison d'une saison tous les trois ans. En effet, la compétition intraspécifique, surtout sensible entre les individus mesurant entre 20 et 30 cm, constitue un goulet d'étranglement susceptible de limiter la production totale. Le prélèvement raisonné d'une partie de ces individus par la pêche à la ligne devrait donc se traduire par accroissement du nombre de « gros » poissons survivants.

Parallèlement, la source des contaminations en éléments traces et leurs impacts réels sur l'édifice biologique doivent être élucidées. Pour cela, nous préconisons des analyses régulières d'éléments trace métalliques dans le foie et la chair d'au moins 6 cristivomer adulte tous les trois ans. Parallèlement, des mesures devraient être réalisées dans les précipitations arrosant le bassin versant (pluie et neige fraîche).

Bibliographie citée et utilisée

- AE RMC, 2006b. *Inventaire exceptionnel de la contamination des milieux aquatiques par certaines substances dangereuses*. Rapport de synthèse, 25 p. + annexes.
- AUMEN N. G., GRAY S., 1995. Research synthesis and management recommendations from a five-year ecosystem-level study of Lake Okeechobee, Florida (USA). *Arch. Hydrobiol.*, 45: 343-356.
- BORDERELLE A.-L., VERNEAUX V., GERDEAUX D., 2005. Biological quality assessment of three French Alpine lakes (Lake Annecy, Lake Crop, Lake Grand Domenon) using the Lake Biotic Index (LBI). *Arch. Hydrobiol.*, 162: 497-509.
- BRUNDIN L., 1949. Chironomiden and andere Bodentiere der Südschwedischen Urgebirgseen. *Report Instit. Freshwat. Res. Drottningholm*, 30 : 1-914.
- BYSTROM P., PERSSON L., WAHLSTROM E., 1998. Competing predators and prey: juvenile bottlenecks in whole-lake experiments. *Ecology*, 9: 8-24.
- CHACORNAC J.M., 1983. Lacs alpins oligotrophes du Brévent-Carlaveyron (Aiguilles Rouges, Haute-Savoie). Mémoire D.E.A. Univ. Cl. Bernard, Lyon I, 79 p.
- CHARCORNAC J.M., 1986. Lacs d'altitude : métabolisme oligotrophe et approche typologique des écosystèmes. Thèse de doctorat de l'université Claude Bernard. Lyon I, 1 89 pages.
- CARANHAC F., 2001. Impact des relations intraspécifiques et interspécifiques sur l'abondance des populations. In Gerdeaux D. (Ed.), *Gestion piscicole des grands plans d'eau*, INRA éditions, Paris, 457 p. : 293-310.
- DAVAINE P., BEALL E., 1997. Introduction de salmonidés en milieu vierge (Iles Kerguelen subantarctique) : enjeux, résultats, perspectives. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344/345 : 93-110.
- DEGIORGI F., 1994. Étude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre. Prospection multi-saisonnière de 6 plans d'eau de l'Est de la France à l'aide de filets verticaux. *Thèse Univ. Besançon*, Fr.-Comté, 207 p. + annexes.
- DEGIORGI F., GRANDMOTTET J.-P., RAYMOND J.-C., RIVIER B., 2001. Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre : engins passifs et protocole de prospection. In GERDEAUX D. (ed) *"Gestion piscicole des grands plans d'eau"*, INRA éd. Paris, 457 p. : 151-182.
- DEGIORGI F., GRANDMOTTET J.-P., 1992. Impacts de la désoxygénation chronique de l'hypolimnion d'un lac de moyenne montagne sur l'ichtyofaune. *Ichthyophysiological Acta* 15 : 79-97.
- DEGIORGI F., GRANDMOTTET J.-P., 1993. Relations entre la topographie aquatique et l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre : définition des modalités spatiales d'une stratégie de prélèvements reproductible. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 329 : 231-243.
- DEGIORGI F., GUILLARD J., GRANDMOTTET J.-P., GERDEAUX D., 1993. Les techniques d'étude de l'ichtyofaune lacustre utilisées en France: bilan et perspectives. *Hydroécol. Appl.* 2 : 27-42.
- DEGIORGI F., DECOURCIERE H., BOURLET G., RAYMOND J.-C., 2010. Diagnose simplifiée du type écologique et du fonctionnement des lacs d'altitude. Note technique rédigée pour la Fédération de pêche de l'Isère : 4 p.
- DUSSART B., 1992. *Limnologie : l'étude des eaux continentales*. Ed. N. Boubée, 2e éd., Paris : 680 p.
- EISLER R., 1998. Nickel hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. *U.S. Geological Survey. Biological Science Report*. USGS/BRD/BSR-1998-0001, 76 p.

- ELLIOTT J. M., 1989. Wild brown trout (*Salmo trutta*) : an important national and international resource. *Freshwater Biol.*, 21: 1-5.
- ELLIOTT J. M., 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford, UK, 286 p.
- EVS Solutions Inc., 1999. Review of tissue residue effects data for tributyltin, mercury, and polychlorinated biphenyls. Rapport prepared for the Port of Seattle For submittal to U.S. Environmental Protection Agency, 52 p.
- FDA (U.S. Food and Drug Administration), 1992. *Action levels for poisonous or deleterious substances in human food and animal feed*. U.S. Department of Health and Human Services. Washington, D.C.
- FLEMING I. A., PETERSSON E., 2001. The Ability of Released, Hatchery Salmonids to Breed and Contribute to the Natural Productivity of Wild Populations. *Nordic J. Freshw. Res.* 75: 71-98.
- GIAMBRA G., 2005. Etude de la population de blennie fluviatile (*Salaria fluviatilis*) de la zone littorale du lac du Bourget. *Rap. Stage DESS GIREC, Univ. Metz*, 70 p. + annexes.
- Guide Technique SDAGE n°7, 2002. Pollution toxique et écotoxicologie : notions de bases - 84 pages, AE RMC ed., <http://rdb.eaurmc.fr>.
- HUTCHINSON, G. E., 1964. *A treatise on limnology. vol. 2, Introduction to lake biology and the limnoplankton*. Ed. J. Wiley, New York, 1115 p.
- HYLAND J. L., VAN DOLAH R. F., SNOOTS T. R., 1999. Predicting stress in benthic communities of southeastern U.S. estuaries in relation to chemical contamination of sediments. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 18(11): 2557-2564.
- IJC (International Joint Commission) 1992. *Great Lakes Basin Watersheds, Area of Concern*. IJC ed., Windsor, Ontario, Canada, 389 p.
- JØRGENSEN E. H., VIJAYAN M., ALURU N., MAULE A. G. 2002. Fasting modifies Aroclor 1254 impact on plasma cortisol, glucose and lactate responses to a handling disturbance in Arctic charr. *Comp. Biochem. Physiol.*, C132: 235-245.
- KEITH P., ALLARDI J. (coord), 2001. Atlas des poisons d'eau douce de France. Coll. Patrimoines Naturels, MNHN, 47, 387 p.
- MAC M. J., EDSALL C. C., 1991. Environmental contaminants and the reproductive success of lake trout in the Great Lakes: an epidemiological approach. *J. Toxicol. Environ. Health*, 33(4): 375-394.
- MACDONALD D. D., DIPINTO L. M., FIELD J., INGERSOLL C. G., LONG E. R., SWARTZ R. C., 2000. Development and evaluation of consensus-based sediment effect concentrations for polychlorinated biphenyls. *Environ. Toxicol. Chemistry* 19(5): 1403-1413.
- MARTINOT J.-P., RIVET A., 1985. Typologie écologique des lacs de haute altitude du Parc National de la Vanoise en vue de leur gestion. Parc national de la Vanoise, Chambéry, Ministère de l'environnement, 63 p.
- MEADOR, J. P. 2000. *An analysis in support of tissue and sediment based threshold concentration of polychlorinated biphenyls (PCBs) to protect juvenile salmonids listed by the Endangered Species Act*. "White paper". Environmental Conservation Division, Northwest Fisheries Science Center National Marine Fisheries Service, NOAA, Seattle, WA, 89 p.
- MOORE J. W., RAMAMOORTHY S., 1984. *Heavy metals in natural waters - applied monitoring and impact assessment*. Springer-Verlag NY., 268 p.
- MÜLLER R., 1992. Trophic state and its implications for natural reproduction of salmonid fish. *Hydrobiologia*, 243/244: 261-268.
- MÜLLER R., MBWENEMO BIA M., 1998. Adaptive management of whitefish stocks in lakes undergoing re-oligotrophication: The Lake Lucerne example. *Arch. Hydrobiol.*, 50: 391-399.
- NIIMI A. J., 1996. PCBs in aquatic organisms. In: *Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations*. Beyer, W.H., G.H. Heinz, and A.W. Redmon- Norwood (eds), Lewis Pubs, Boca Raton, FL : 117-152.

- NIVA (Norwegian Institute for Water Research), 2006. Transboundary diagnostic analysis of lake Peipsi/Chudskoe. Project. "Development and Implementation of the Lake Peipsi/Chudskoe Basin Management Programme"
- OEHHA (Office of Environmental Health and Hazard Assessment), 1999. Prevalence Of Selected Target Chemical Contaminants In Sport Fish From Two California Lakes. *Public Health Designed Screening Study*, Final Project Report. California OHHEA, 254 p.
- OLIVER G., DEGIORGI F., COME G., RAYMOND J.-C., 2001. Échantillonnage des alevins en milieu lacustre : deux techniques utilisées selon un protocole standard. In GERDEAUX D. (Ed.), *Gestion piscicole des grands plans d'eau*, INRA éd. Paris, 457 p. : 193–214.
- RICOUX C, GASZTOWTT B., 2005. *Évaluation des risques sanitaires liés à l'exposition de forts consommateurs de produits de la pêche de rivière contaminés par des toxiques de l'environnement*. Rapport réalisé pour l'Institut de Vieille Sanitaire : 65 p. + annexes.
- ROLLAND R. M., 2000. Ecoepidemiology of the effects of pollution on reproduction and survival of early life stages in teleosts. *Fish and Fisheries*, 1: 41-72.
- RUBIN J. F., GLIMSATER C., JARVI T., 2004. Characteristics and rehabilitation of the spawning habitats of the sea trout, *Salmo trutta*, in Gotland (Sweden). *Fisheries Management and Ecology* 11: 15-22.
- SPILLMANN J., 1961. *Faune de France. 65 poissons d'eau douce*. Le Chevalier éd., Paris, 303 p.
- TURESSON H., PERSSON A., BRÖNMARK C., 2002. Prey size selection in piscivorous pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) includes active prey choice. *Ecol. Freshw. Fish*, 11(4): 223-233.
- TUVIKENE L., NÖGES P., NÖGES T., 2001. Hypoxia/anoxia in Lake Vortsjarv, Estonia. *Fish Physiology, Toxicology, and Water Quality Proceedings of the Sixth International Symposium, La Paz B.C.S. Mexico January 22-26, 2001*. THURSTONE R.V. ed. US-EPA.
- US EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 1998. *National Listing of Fish Consumption Advisories*. EPA-823-C-98- 001/002. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA), Office of Water. Washington, DC.
- US EPA, 1998. *Guidance for Conducting Fish and Wildlife Consumption Surveys*. EPA-823-B-98-007. Office of Water, Washington, DC.
- US EPA, 2000. *Guidance for Assessing Chemical Contaminant Data for Use in Fish Advisories—Risk Assessment and Fish Consumption Limits*. Volume 2. 3rd Edition, EPA-823-B-99-009. Office of
- US EPA, 2002. *Ecological Effects Branch Pesticide EcoToxicity Database*. Ecological Fate and Effects Division, Office of Pesticide Programs. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- VAN DEN BERG M., BIRNBAUM L., BOSVELD A. T., BRUNSTROM B., COOK P., FEELEY M., GIESY J. P., HANBERG A., HASEGAWA R., KENNEDY S. W., KUBIAK T., LARSEN J. C., VAN LEEUWEN F. X., LIEM A. K., NOLT C., PETERSON R. E., POELLINGER L., SAFE S., SCHRENK D., TILLITT D., TYSKLIND M., YOUNES M., WAERN F., ZACHAREWSKI T., 1998. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife. *Environ Health Perspect*, 106-12 : 775-792.
- VERNEAUX J., VERNEAUX V., GUYARD A. 1993a. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. I. Variété et densité de la faune. *Annls. Limnol.*, 29 : 59-77.
- VERNEAUX V., VERNEAUX J., GUYARD A. 1993b. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. II- Nature de la faune. *Annls Limnol.*, 29 : 383-393.
- VERNEAUX J., SCHMITT A., VERNEAUX V., 1995. Classification biologique des lacs jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode d'analyse des peuplements benthiques. III. Relation entre données biologiques et variables du milieu. *Ann. Limnol.*, 31 (4) : 277-286.
- VERNEAUX V., VERNEAUX J., SCHMITT A., LOVY C., LAMBERT J.C., 2004 a. The Lake Biotic Index (LBI) : An applied method for assessing the biological quality of lakes using macrobenthos ; the Lake Châlain (French Jura) as an example. *Ann. Limnol., Int. J. Lim.* , sous presse.

- V VERNEAUX V., VERNEAUX J., SCHMITT A., LOVY C., LAMBERT J.C., 2004b. Relationships of macrobenthos with dissolved oxygen and organic matter at the sediment-water interface in ten french lakes. *Arch. Hydrobiol.*, sous presse.
- WERNER E. E., MITTELBACH G. G., HALL D. J. *et al.*, 1983. Experimental tests of optimal habitat use in fish: the role of relative habitat profitability. *Ecology* 64: 1525-1539.
- YEARLEY R.B. Jr., LAZORCHAK J.M., PAULSEN S.G., 1998. Elemental fish tissue contamination in northeastern U.S. lakes: evaluation of an approach to regional assessment. *Environ. Toxicol. Chem.* 17(9): 1875-1884.
- ZENNEGG M., SCHMID P., GUJER E., KUCHEN A., 2002. Levels in biotic compartments. PCDD, PCDF, and dioxin-like PCB in fish from Swiss lakes. *Organohalogen*.

Annexe 1. Extrait de la carte d'état major (1820-1840)

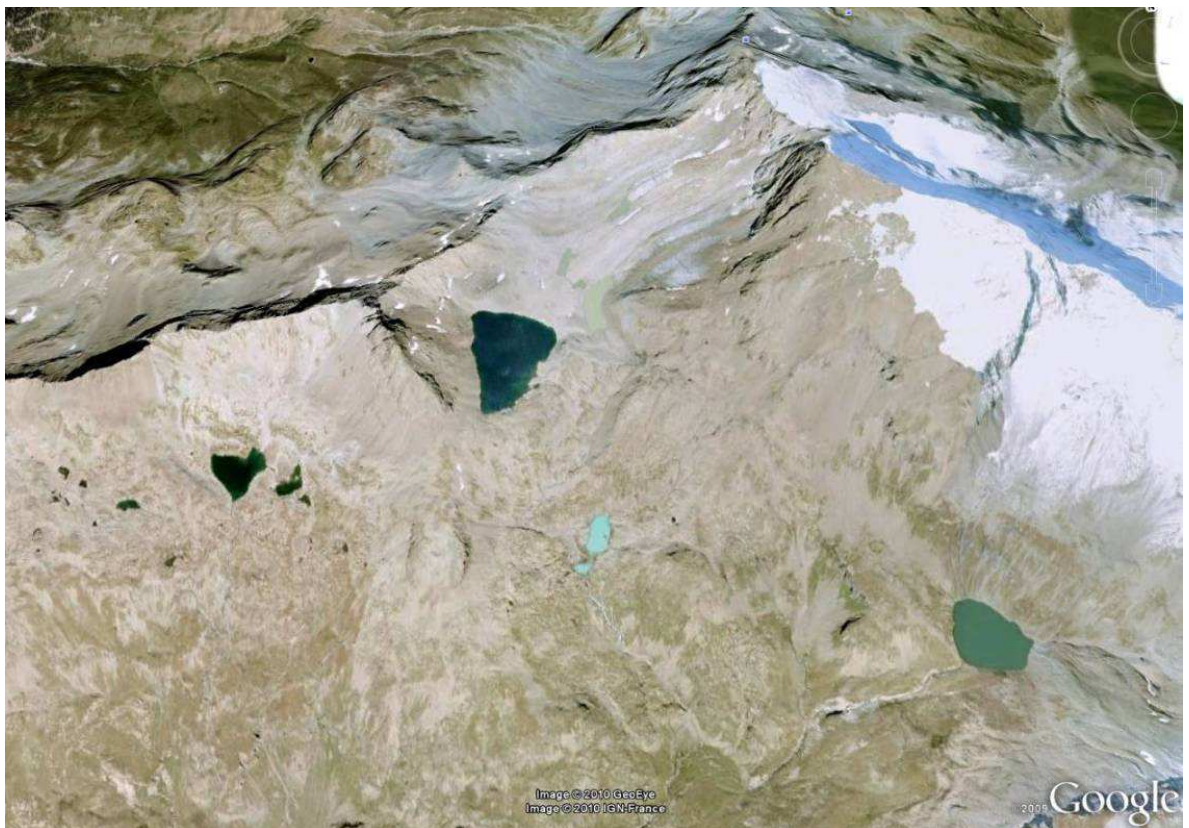
Remarque : le lac blanc figure sous l'appellation « lac Brulet »



Vallon du Clou

Inventaire des habitats naturels

Sainte-Foy-Tarentaise (Savoie)



Myrtille Bérenger
49 chemin des Combes
38760 St-Paul-de-Varces
+33 (0)4 56 14 83 48
+33 (0)6 21 56 33 66



Vallon du Clou

Inventaire des habitats naturels

Sainte-Foy-Tarentaise (Savoie)

janvier 2013

Collecte des données, analyses, rédaction, cartographie :

Myrtille Bérenger

49 chemin des Combes

38760 St-Paul-de-Varces

04 56 14 83 48

06 21 56 33 66

myrtille.berenger@yahoo.fr

Etude commandée par :

Fédération départementale de pêche de Savoie

ZI Les Contours

73230 St-Alban-Leysse



Crédit photographique :

© Myrtille Bérenger (sauf mentionné)

Photo de couverture : lacs Verdet, lac Blanc, lac Noir sous le Pic d'Archeboc © Google Map.

Remerciements :

Nous tenons à remercier les personnes ayant participé à la logistique pour la réalisation des inventaires.

Sommaire

Sommaire.....	1
Introduction.....	2
Partie 1 Zone d'étude et inventaire.....	3
A propos de la zone d'étude et de l'inventaire.....	4
Localisation.....	4
Le milieu physique.....	4
Les activités économiques principales.....	10
Les trois bassins versants.....	11
Réalisation de l'inventaire.....	13
Partie 2 Typologie des habitats naturels.....	14
Milieus rocheux.....	15
Escarpements, affleurements, parois et rochers de l'étage alpin.....	15
Eboulis, chaos rocheux, moraines siliceux alpins.....	21
Milieus herbacés.....	32
Milieus herbacés alpins de haute altitude.....	32
Milieus aquatiques et humides.....	45
Cours d'eau, lacs et végétation humide liée aux écoulements.....	45
Partie 3 Cartes et Analyses.....	50
Bassin versant du lac Noir.....	51
Les grands ensembles naturels.....	51
Les habitats naturels.....	53
Détails sur les associations.....	55
Bassin versant des lacs Verdet.....	59
Les grands ensembles naturels.....	59
Les habitats naturels.....	61
Détails sur les associations.....	63
Bassin versant du lac Blanc.....	66
Les grands ensembles naturels.....	66
Les habitats naturels.....	68
Détails sur les associations.....	70
Synthèse.....	73
Bibliographie.....	74
Annexes.....	76
Annexe1 : Occupation du sol (Corine land cover).....	76
Annexe 2 : Exemples de relevés floristiques.....	77
Annexe 3 : Liste des plantes rencontrées sur la zone d'étude.....	78
Annexe 4 : Liste des habitats naturels recensés sur la zone d'étude.....	80
Annexe 5 : Signification des codes concernant les cartes « Formations végétales ».....	84

Introduction

Ce rapport présente un inventaire des habitats naturels sur trois bassins versants de trois lacs d'altitude (entre 2618 et 3230 m). Les lac Blanc, lac Noir et lacs Verdet se trouvent dans le massif d'Archeboc sur la commune de Sainte-Foy-Tarentaise en Haute Tarentaise (Vallon du Clou).

Ce travail intervient en complément d'études approfondies (diagnoses) réalisées par la Fédération Départementale de Pêche de la Savoie (FDP 73) dans le cadre de recherches sur les lacs d'altitude et notamment dans le cadre d'un réseau d'observation sur les lacs d'altitude « Lacs sentinelles ».

Les observations de terrain ont été réalisées en juillet 2011 et 2012.

**Benoîte rampante
(lac Noir)**



Partie 1

Zone

d'étude et

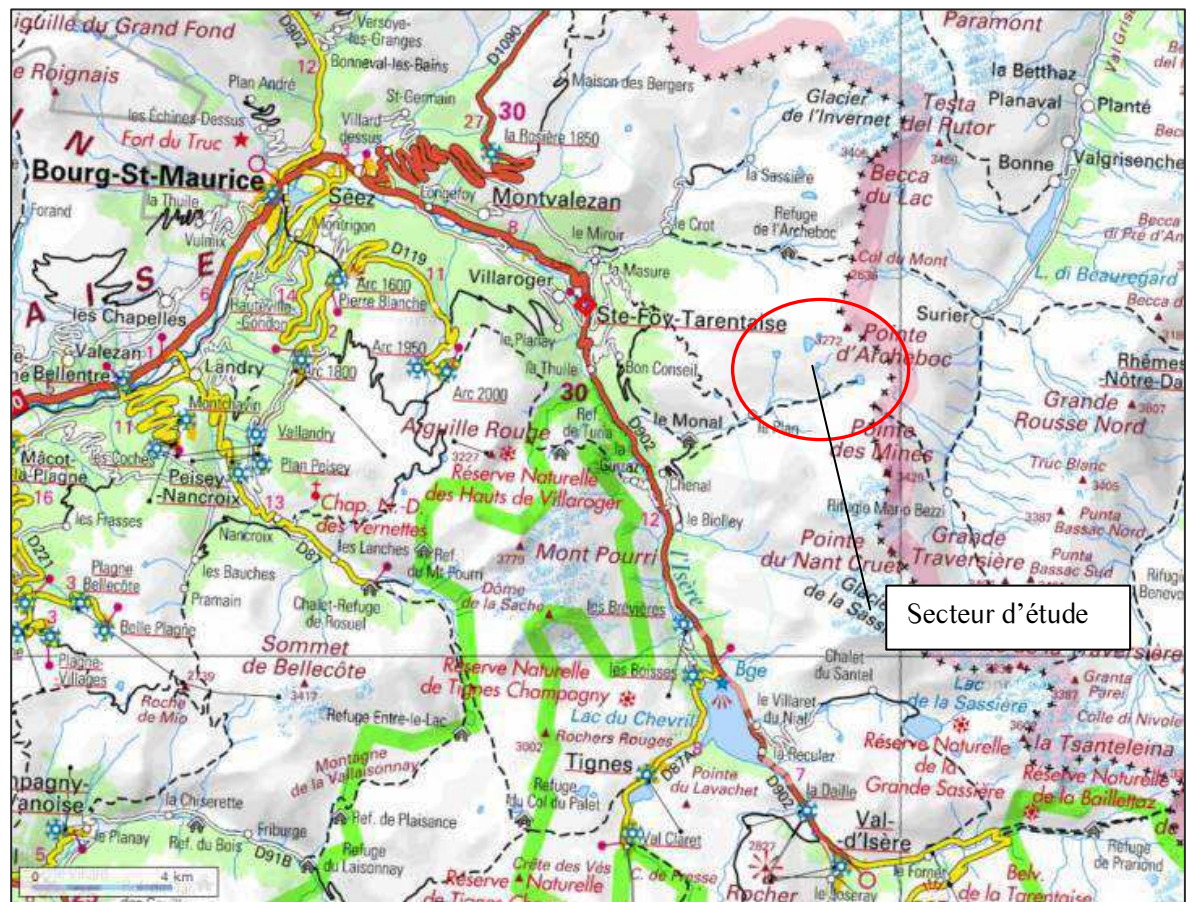
inventaire

A propos de la zone d'étude et de l'inventaire

Localisation

La zone d'étude se situe dans le massif de la Vanoise à une quinzaine de kilomètres à l'est de Bourg-Saint-Maurice sur la commune de Ste-Foy-Tarentaise en rive droite de l'Isère. Elle concerne trois bassins versants de lacs. Le lac Verdet, lac Blanc et lac Noir se trouvent dans le vallon du Clou accessible depuis le hameau du Monal. Ce vallon est fermé par plusieurs sommets culminants à plus de trois mille mètres dont le Pic d'Archeboc (3272 m).

Situation de la
zone d'étude
(Extrait
Geoportail © IGN)



Le milieu physique

Il est important de comprendre la géologie du secteur d'une part car la nature des roches mères détermine la nature des sols qui en résultent et d'autre part car le milieu rocheux représente une part importante du paysage à cette altitude.

Le contexte géologique

Source : Gidon, Debelmas, etc.

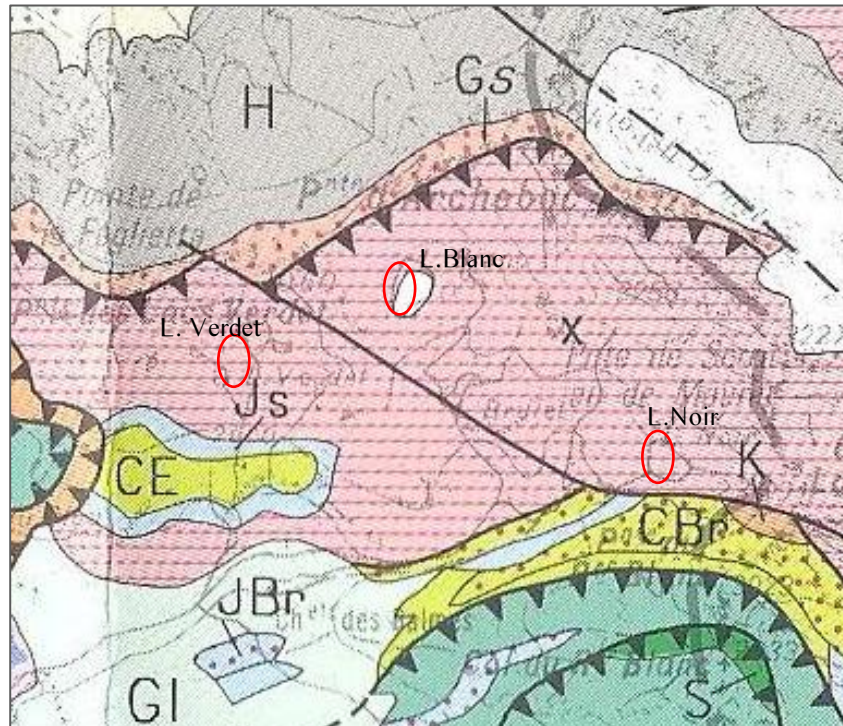
Géologie

Le massif du pic d'Archeboc se trouve dans la zone interne des Alpes (série Briançonnaise et subbriançonnaise). Il est composé essentiellement de roches d'origine magmatique et métamorphique de la fin de l'Ere primaire (Permien, Trias). On trouve essentiellement des roches riches en silice : gneiss et micaschistes (chloroschistes et schistes graphiteux notamment).

La partie orientale de la zone d'étude dispose d'une plus grande diversité. En plus des roches précédentes, elle présente des formations d'origine sédimentaire (biologique et chimique ; Ere secondaire) ayant subi soit des phénomènes de métamorphisme (schistes lustrés de la zone piémontaise : roches riches en carbonates de calcium) soit l'altération de leurs éléments (cargneule et dolomie). On trouve également des affleurements de serpentinite (ophiolite).

La majorité des roches de la zone d'étude sont généralement des roches acides riches en silice pouvant également contenir divers éléments intervenants dans la composition des sols (calcium et magnésium notamment).

Extrait de la carte
géologique
simplifiée
(Debelmas et
Rampnoux, 1994)



H	Houiller (schistes et grès noirs)
x	Socle cristallin (micaschistes)
Gs	Gneiss du Sapey (écailles de gneiss et micaschistes)
K	Trias (cargneules associées aux gypses)
CE	Crétacé supérieur (marbres chloriteux et schistes noirs)
CBr	Crétacé supérieur (brèches de la Tsanteleina)
SL2	Crétacé supérieur (schistes lustrés)
S	Serpentinites (ancien fond océanique)

1 / 100 000^{ème}



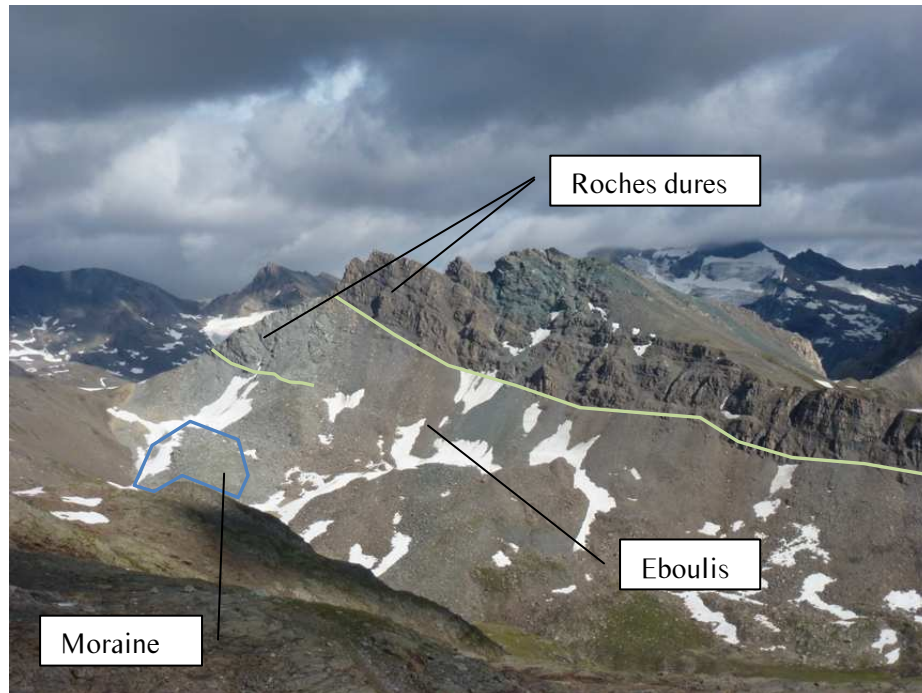
Géomorphologie

La zone d'étude concerne un cirque montagnard entouré de nombreux sommets rocheux qui avoisinent les 3 000 m d'altitude. Ce cirque commence à l'ouest par la Pointe des lacs Verdets (2967 m) et se prolonge par une arête jusqu'à la Pointe de l'Argentière (3053 m). Le bassin versant du lac Noir est entouré par la Pointe d'Ormelune (3170 m) qui se prolonge en arête jusqu'à la Pointe de Serru (3227 m), le col du lac Noir, puis par la Pointe du Rocher Blanc (3023 m).

Les reliefs à cette altitude sont façonnés par de multiples facteurs d'érosion. Les crêtes rocheuses, roches dures et compactes, subissent les actions du gel/dégel. Elles présentent des formes plus ou moins découpées.

Les pentes sont occupées essentiellement par des éboulis et des chaos rocheux.

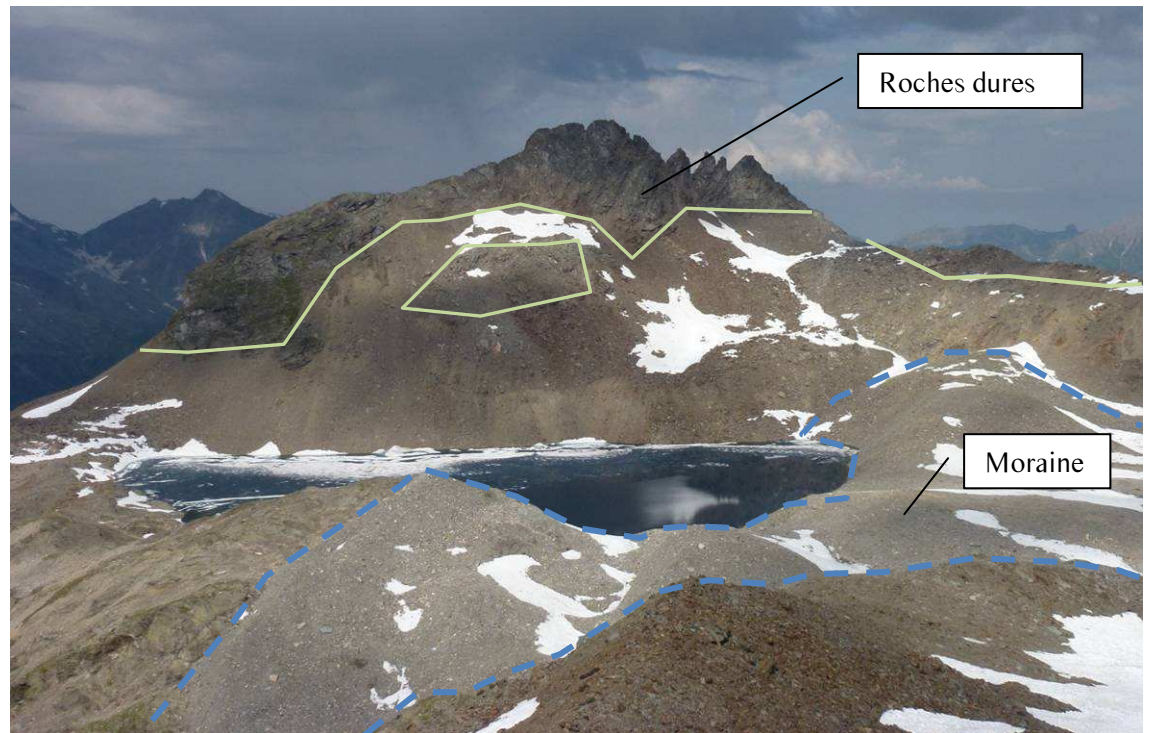
Pointe du Rocher Blanc vu depuis le PC 2758 à côté du lac Brulet



Les glaciers ont fortement contribué au paysage actuel par érosion des versants et transport de matériaux. Il ne reste aujourd'hui qu'un lambeau du glacier de l'Argentière (sous la Pointe d'Archeboc). Les trois lacs étudiés ont été recouverts par une épaisse couche de glace à l'Ere quaternaire (Pléistocène) dont il ne reste plus que les vestiges (verrou glaciaire du lac Blanc et des lacs Verdet, moraines, poli glaciaire, galets erratiques). En fonction de la dureté des roches rencontrées, le glacier les a plus ou moins érodées laissant ainsi des replats ou des creux constituant des microreliefs.

De manière plus récente, l'écoulement de l'eau, par l'intermédiaire des petits torrents entraînent le ravinement des pentes (éboulis notamment). Des coulées sont observables sur les fortes pentes dans les éboulis (lac Noir).

**Pointe de
l'Argentière et lac
Blanc vu depuis
les pentes de
l'Archeboc**



Le contexte biogéographique et les influences climatiques

Source : MétéoFrance, Gensac. P (1967), etc.

Climat

Le vallon du Clou se trouve dans les Alpes du Nord, dans la zone intra-alpine.

Le climat est un climat montagnard avec des spécificités à la vallée de la Haute Tarentaise. Il est caractérisé par un niveau de précipitations plutôt bas pour ces altitudes (phénomène d'abri, Pmm < 900 mm/an pour la station de Bourg-St-Maurice à 880 m) mais est tout de même plus arrosé que celui de la proche vallée de la Maurienne. Il n'y a pas de mois sec. Sur la zone d'étude, les précipitations tombent principalement sous forme de neige. Il peut neiger toute l'année. La durée du manteau neigeux peut être très longue (> à 6 mois) avec des névés permanents à quasi permanents.

Les zones d'altitude bénéficient en hiver de températures relativement clémentes par rapport aux fonds de vallée (inversion de température) notamment pour les versants bien exposés.



**Prises de vue du
Lac Blanc :
24/06/12 (B.
Lohéac) et 23/07/12**



Végétation

La zone d'étude s'échelonne entre l'étage alpin et l'étage nival (de 2618 à 3256 m d'altitude).

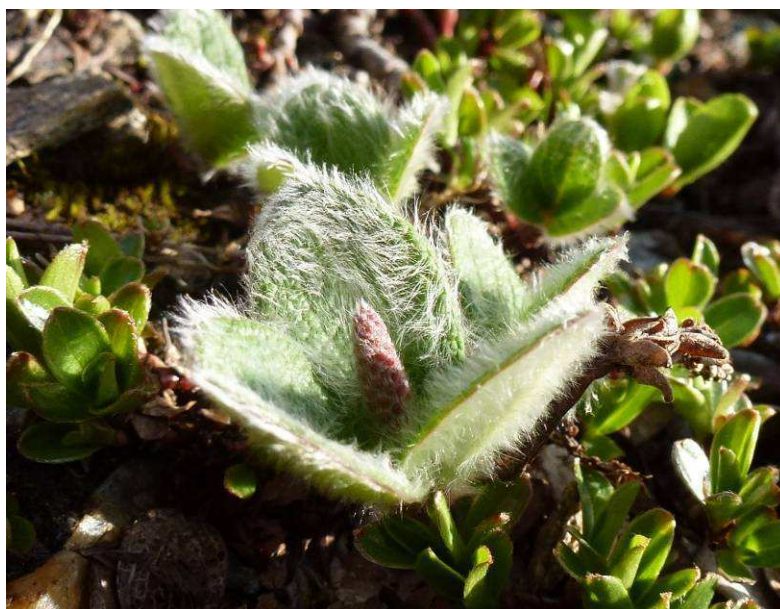
D'après la base de données Corine Land Cover (occupation biophysique des sols, annexe n°1), les milieux naturels sont référencés dans deux catégories : les roches nues (falaises, éboulis, affleurements) et les formations de végétation clairsemée (« bad lands », végétation de haute altitude).

Par extrapolation de la carte de végétation de Moyenne Tarentaise (Gensac, 1967), elle se trouve dans la série alpine silicicole qui concerne essentiellement des formations végétales herbacées (pelouses, rocailles et éboulis). La végétation de la Haute Vallée du Clou est plutôt « montagnarde » et silicicole. La rudesse du climat et les conditions à ces altitudes entraînent de nombreuses adaptations pour la survie des espèces.

**Plantes en cousin :
l'androsace des
Alpes**



**Pilosité : jeunes
feuilles de saule
réticulé**



Les zonages environnementaux

La zone d'étude :

- est partiellement incluse dans le périmètre Natura 2000 du site d'intérêt communautaire (SIC) n°FR8210032 « Réseau de vallons d'altitude à Caricion » d'une superficie de 9516 ha.
Le CPNS est actuellement opérateur sur le site.
- est partiellement incluse dans la ZNIEFF de type 1 n°73150024 « Vallon du Clou » d'une superficie de 1961 ha et dans la ZNIEFF de type 2 n°7315 « Massif de la Vanoise » d'une superficie de 120 987 ha ;
- fait partie du bassin versant du marais du Plan (code 73TA45) recensé dans l'inventaire des tourbières de la région Rhône-Alpes,

- fait partie de la zone d'adhésion du Parc national de la Vanoise.

Les activités économiques principales

Le vallon du Clou est utilisé pour plusieurs activités humaines. Le ruisseau du Clou dispose d'une prise d'eau au niveau du Plan pour la production d'électricité (EDF). La randonnée pédestre est pratiquée surtout en été par les touristes. Les pelouses et les prairies servent comme alpage entre juin et septembre (pâturage bovins et ovins).

Les bassins versants du lac Noir et des lacs Verdet sont utilisés par les troupeaux domestiques à partir du mois de juillet.

Nature du pâturage sur les bassins versants

	Lac Noir	Lac blanc	Lacs Verdet
Type de pâturage	Ovins, ongulés sauvages	Ongulés sauvages	Ovins, ongulés sauvages, (bovins)

Les trois bassins versants

Le bassin versant du lac Noir

Le bassin versant du lac Noir est délimité à l'ouest par une crête qui culmine à 2721 m puis, au nord et à l'est, par la crête formée par les sommets de la Pointe d'Ormelune (3170 m), la Pointe de Serru (3227), le col du lac Noir (2869 m) et la Pointe du Rocher Blanc (3023 m). Le lac Noir représente le point bas avec 2618 m d'altitude (point le plus bas de la zone étudiée). La superficie du bassin versant a été estimée à 130 ha.

Le bassin versant des lacs Verdet

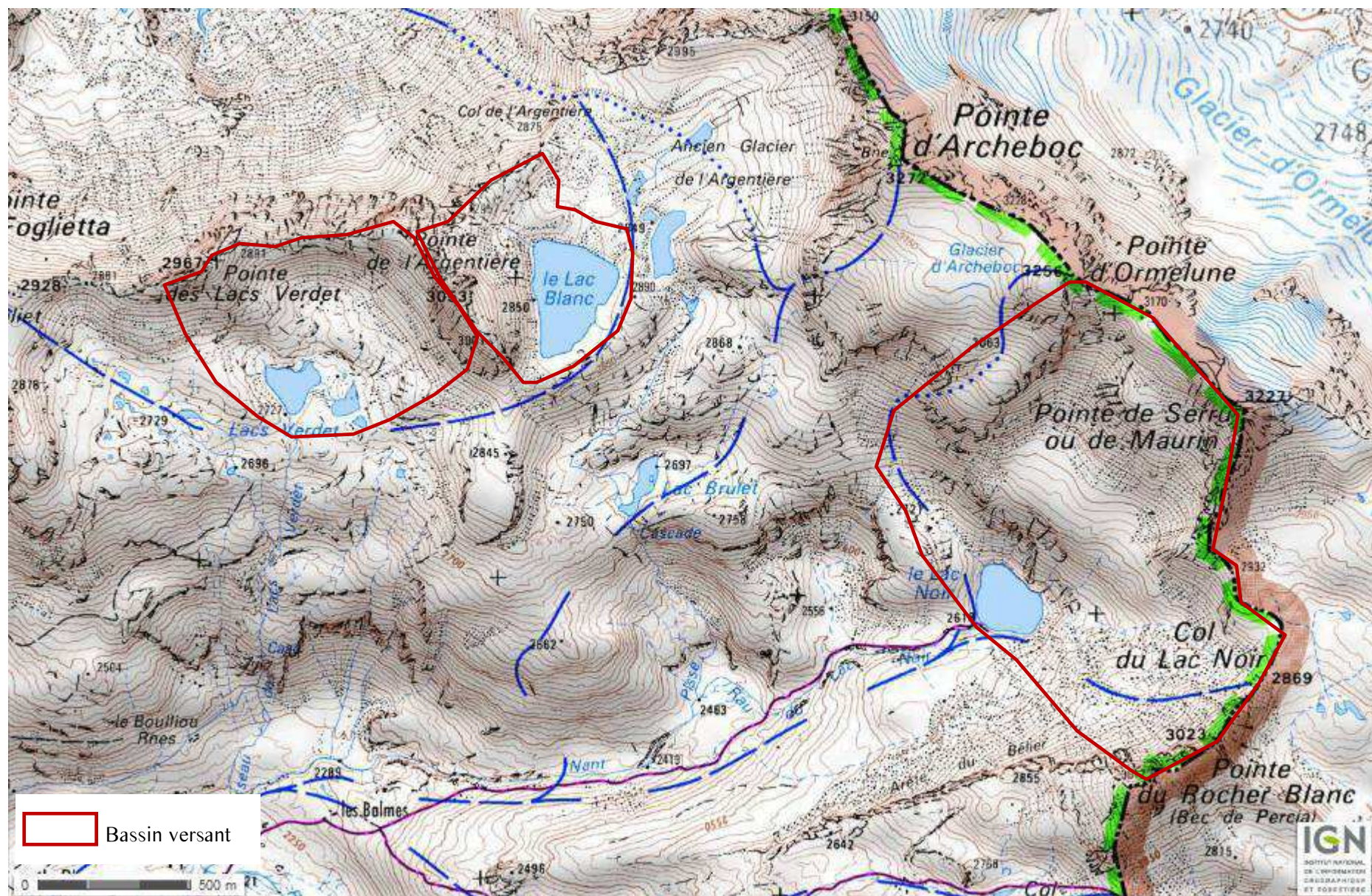
Le bassin versant des lacs Verdet est délimité au nord et à l'est par les crêtes formées par la Pointe des lacs Verdet (2967 m) et la Pointe de l'Argentière (3053 m). Le grand lac Verdet est le point le plus bas à 2727 m. La superficie du bassin versant est estimée à 46 ha.

Le bassin versant du lac Blanc

Les limites du bassin versant du lac Blanc passe par un point culminant à 3053 m (Pointe de l'Argentière) à l'ouest, au col de l'Argentière (2875 m) au nord et sur le verrou glacière du lac (2890 m) au sud. Le lac marque le point bas à 2850 m. La superficie du bassin versant est estimée à 40 ha.

**Lac Noir vu depuis
les pentes sous la
Pointe du Rocher
Blanc**





Réalisation de l'inventaire

Prospections

Le terrain s'est déroulé sur neuf jours avec l'établissement d'un camp autonome sur la zone d'étude pendant deux sessions. Une première phase de terrain s'est déroulée le 02 et 03 juillet 2011 puis les prospections ont été interrompues à cause des intempéries et reportées. La deuxième phase s'est déroulée du 20 au 29 juillet 2012.

Des relevés floristiques (cf. annexe 2) ont été effectués sur le terrain afin de décrire les associations et les habitats naturels. Les plantes nécessitant une détermination complémentaire ont été prélevées et conservées en herbier.

Les lieux d'inventaire ont suivi les règles imposées par la configuration du terrain. Certains secteurs n'ont pas fait l'objet de relevés « physiques », mais seulement d'une interprétation à distance aux jumelles du fait de la difficulté d'accessibilité (pente au-delà de 45°, arête, etc.) ou de leur dangerosité (risque de chute de pierre, risque de dévissage).

Les prospections se sont déroulées dans de bonnes conditions malgré une saison de végétation un peu retardée en 2012 par l'importante quantité de neige tombée pendant l'hiver 2011-2012 (nombreux névés encore présents dans les cuvettes et les faces nord).

Caractérisation des milieux et cartographie

Les relevés floristiques ont été rattachés à des associations phytosociologiques qui ont permis de décrire les habitats naturels selon les documents de référence : Corine Biotope (Bissardon *et al.*, 1997), les Cahiers d'habitats Natura 2000 (Bensettiti *et al.*, 2004), le Guide des milieux naturels de Suisse (Delaze et Gonseth, 2008) et les travaux du Conservatoire Botanique National Alpin (Villaret JC, 2011).

Chaque habitat s'est vu attribuer un code « Corine Biotope », un code « Natura 2000 », un code « Prodrome » (quand ceux-ci existaient). Une liste des habitats naturels recensés est présentée en annexe 4.

La délimitation des habitats (cartographie) a été faite à partir de photographies aériennes (en 2D ©IGN et 3D ©Google Earth), des relevés et des photographies du terrain. La saisie a été effectuée au 1/2000^{ème}.

Analyse

Une analyse des différentes catégories d'habitats présents a été faite à partir des cartes réalisées. Elle présente les détails qualitatifs et quantitatifs sur les trois bassins versants.

Partie 2

Typologie

des

habitats

naturels

Milieux rocheux

Escarpements, affleurements, parois et rochers de l'étage alpin

Cette catégorie d'habitats naturels concerne tous les milieux rocheux présentant une structure compacte en lien avec la roche mère. On trouvera essentiellement l'habitat rocheux par excellence (paroi et falaise), les formations végétales qui se développent dans les interstices sur des lithosols (fissures, vires, etc.) et également les affleurements rocheux qui ne se trouvent pas sur les crêtes (verrou, roches moutonnées, etc.). Des différences seront observées en fonction de la nature de la roche et de la disponibilité de niche pour les espèces végétales.

Ces habitats sont présents sur les trois bassins versants.

Parois, escarpements rocheux, affleurement siliceux alpins

Cet habitat naturel se trouve sur les reliefs exposés, souvent abrupts, ou dans les anciennes zones de stationnement du glacier (verrou). Il s'agit de la roche mère nue plus ou moins colonisée par des espèces végétales ou des lichens.

**Pointe de
l'Argentière
(depuis le BV des
lacs Verdet)**



a) Désignation de l'habitat et de la formation

La désignation de cet habitat concerne les milieux rocheux compacts sur roche siliceuse de l'étage alpin sans discerner la présence ou l'absence de végétation vasculaire. Il s'agit de l'alliance phytosociologique de *l'Androsacion vandellii*.

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Parois, affleurement rocheux siliceux alpins (indifférenciés)	62	8220	8.0.4.2.4	AL: <i>Androsacion vandellii</i>

b) Physionomie, Caractéristiques stationnelles et composition floristique

Les rochers d'altitude supportent des conditions extrêmes. Sous l'effet de l'érosion, les roches dures et compactes peuvent se fissurer et présenter des interstices utilisables par les végétaux vasculaires (fissures, vires, etc.).

On rencontrera donc plusieurs sous-types de l'habitat.

Parois à végétation vasculaire chasmophytique¹ de haute altitude sur silice

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Parois, escarpements et affleurements à haute altitude de l'étage alpin	62,211	8220	8.0.4.2.4	A: Primevère hirsute (<i>Primula hirsutae</i> - <i>Asplenietum septentrionalis</i>)
				A: Androsace de Vandel (<i>Androsacetum vandellii</i>)

Dans le cas où les interstices rocheux (fissures notamment) permettent la formation d'un sol mince (lithosol), l'établissement d'espèces vasculaires hémicryptophytes² et chaméphytes³ est possible. Une formation se met alors en place. Le recouvrement est généralement faible (< 5 %) et la richesse spécifique également. Les plantes vasculaires peuvent être accompagnées de mousses et de lichens.

Cet habitat naturel est donc essentiellement minéral avec des plantes très dispersées. L'exposition et l'humidité vont être des facteurs qui influenceront la répartition et la diversité des espèces. Le cortège de flore est souvent remarquable car il héberge plusieurs espèces protégées ou rares.

Dans le cas présent, la majorité des habitats de falaises et de roches affleurantes fracturées ont été rattachés à l'association de la Primevère hirsute (*Primula hirsutae* – *Asplenietum septentrionalis*) qui correspond à un faciès plus humide et plus froid à la différence de l'association à Androsace de Vandel (*Androsacetum vandellii*) qui se trouve dans des expositions plus chaudes et moins froides. L'absence de relevé en falaise n'a pas permis de mettre en évidence la présence de l'Androsace de Vandel. L'association est potentiellement présente mais de manière très localisée (versants ensoleillés). Les cortèges floristiques peuvent s'enrichir de l'une et l'autre des associations.

Espèces caractéristiques :

Primevère hirsute (*Primula hirsuta*), Saxifrage sillonnée (*Saxifraga exarata*), Saxifrage faux bryum (*Saxifraga bryoides*), Saxifrage paniculée (*Saxifraga paniculata*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Silène acaule (*Silene acaulis*), Saxifrage fausse mousse (*Saxifraga muscoides*), Génépi jaune (*Artemisia umbelliformis*), Génépi noir (*Artemisia genepi*), Raiponce hémisphérique (*Phyteuma hemisphaericum*).

Cette formation végétale peut se trouver en contact avec d'autres formations qui se développent directement sur la roche (cf. ci-après) ou qui s'apparentent aux éboulis.

¹ plante inféodée aux milieux rocheux pariétaux (pousse à la faveur de petites accumulations de terre dans les fissures et anfractuosités)

² Se dit d'une plante vivace dont les bourgeons persistant durant la mauvaise saison se trouvent au niveau du sol (classification de Raunkiaer).

³ Se dit d'une plante vivace dont les bourgeons persistant durant la mauvaise saison se trouve entre 10-50 cm au-dessus du sol protégés dans le manteau neigeux (classification de Raunkiaer)..

**Falaise à
végétation
vasculaire (lacs
Verdet)**



Génépi jaune



Parois sans végétation vasculaire de haute altitude sur silice avec lichens

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Parois et rochers sans végétation vasculaire souvent colonisés par des lichens	62,42	8220	Néant	CP: <i>Rhizocarpetea geographicici i.a.</i>

Dans le cas où les interstices au sein d'une roche ne sont pas présents, aucune plante vasculaire ne va pouvoir s'établir. Les rochers et milieux apparentés sont souvent d'un seul tenant (falaise). Ils se trouvent également dans des secteurs raides ou fortement contraints par les éléments (neige, vent, ruissellement) ce qui empêche l'accumulation de matière organique ou la formation d'un sol. Les seuls organismes capables alors de s'y développer seront des lichens crustacés. Ces habitats naturels ont une évolution lente de part la croissance de l'association symbiotique (champignon/algue) et irrégulière de part l'action du gel/dégel (érosion).

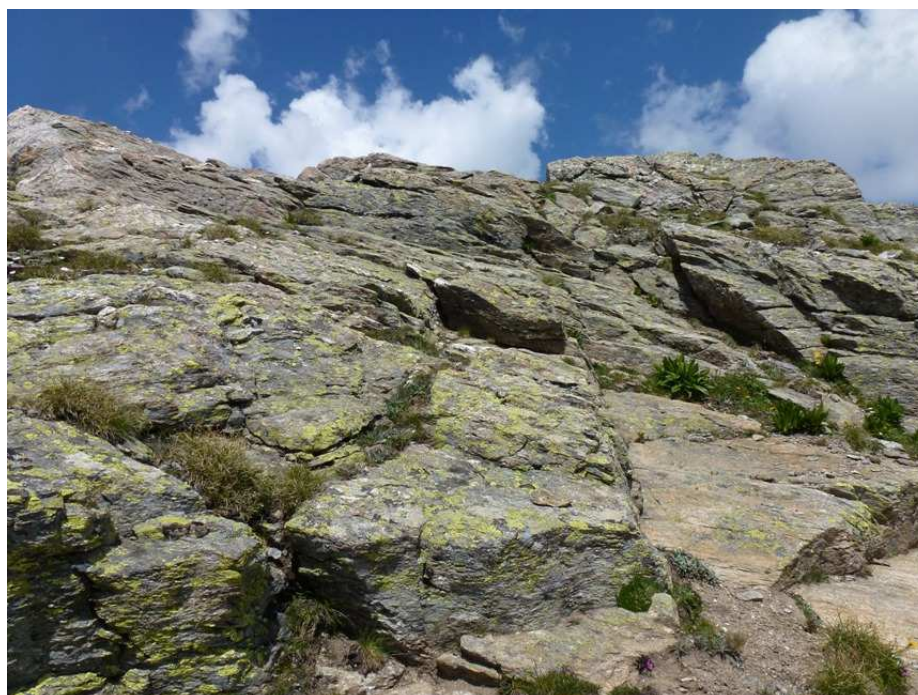
Le recouvrement végétal peut être très inégal d'un élément rocheux à l'autre. Les espèces de lichen qui composent cet habitat naturel sont intimement liées à la composition de la roche (ici majoritairement silicicole). On trouve essentiellement des lichens du genre *Rhizocarpon* dont la carte géographique (*Rhizocarpon geographicum*). Les défections des oiseaux et mammifères peuvent amener des éléments favorables à la présence d'autres espèces moins caractéristiques comme les lichens du genre *Xanthoria* de couleur rouge, saxicole et nitrophile.

Dans le cas présent, cet habitat se trouve en mélange avec les parois à Primevère hirsute (code Corine : 62.211) et sur les roches moutonnées ou affleurantes dans les pentes ou les replats des bassins versant.

Espèces caractéristiques :

Carte géographique (*Rhizocarpon geographicum*), *Protoparmelia* sp., *Xanthoria* sp.

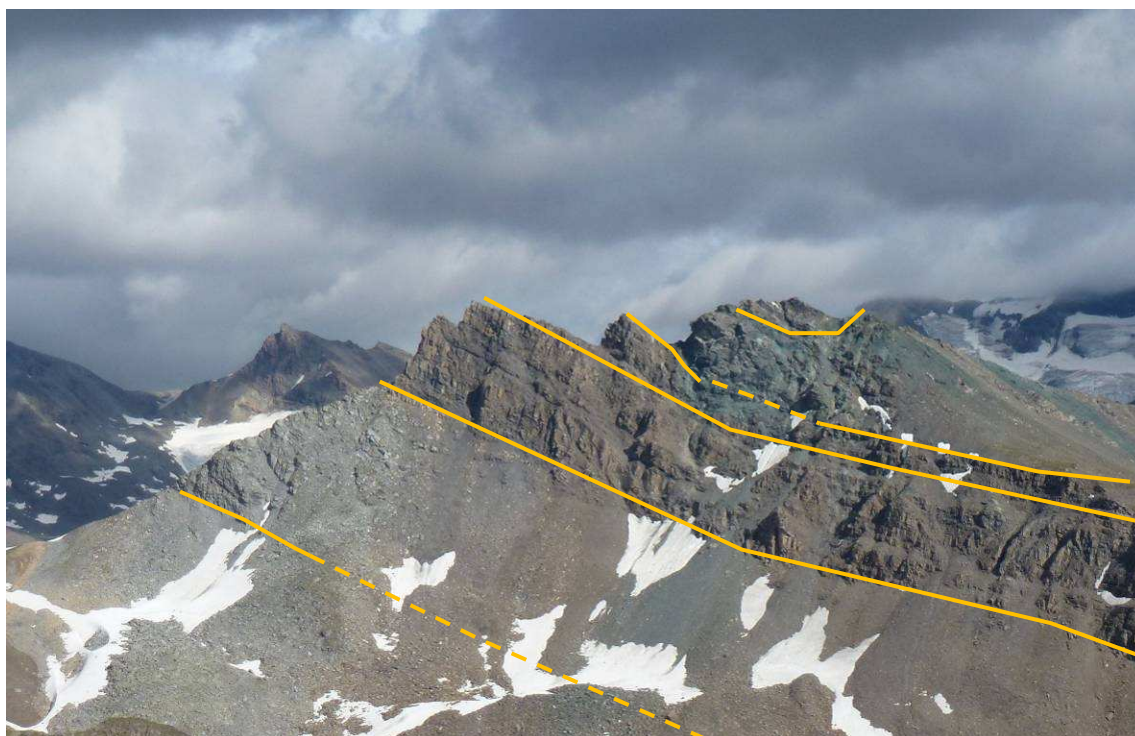
**Lichens sur
affleurement de
gneiss (lacs
Verdet)**



Parois, escarpements rocheux à l'étage alpin de roches sédimentaires métamorphisés

Cet habitat naturel se trouve sur les reliefs exposés, souvent abruptes. Les roches sont assez compactes et présentent peu de fissures utilisables par les végétaux vasculaires. Les lichens sont souvent les seuls végétaux à pouvoir s'y établir. L'origine sédimentaire des roches est dénoncée par la présence de couches rocheuses empilées les unes sur les autres.

Pointe du Rocher Blanc vu depuis le PC 2758 à côté du lac Brulet



a) Désignation de l'habitat et de la formation

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Parois, escarpements rocheux à l'étage alpin sur roches sédimentaires métamorphisées	62,4			

b) Physionomie, Caractéristiques stationnelles et composition floristique

Cet habitat est présent sur le bassin versant du lac Noir uniquement. Il concerne les falaises depuis le col du lac Noir jusqu'à la Pointe du Rocher Blanc. Aucun relevé n'a été effectué sur ces falaises par manque d'accessibilité. La dénomination s'appuie donc essentiellement sur les connaissances géologiques du secteur.

Ces falaises sont exposées au nord et nord-ouest. Il semble qu'elles ne présentent aucune colonisation par les végétaux vasculaires. Parmi elles on distinguera les falaises à schistes noirs et marbres chloriteux des affleurements de schistes lustrés et serpentinites.

Eboulis, chaos rocheux, moraines siliceux alpins

Cette catégorie d'habitats naturels concerne tous les milieux composés d'amas de pierres issues de l'érosion des parois ou des matériaux transportés par les glaciers (moraines). Les éléments accumulés peuvent être de tailles différents : fins (diamètre inférieur à 0,2cm), moyens (diamètre entre 0,2 et 20 cm) et grossiers (diamètre supérieur à 20 cm, donnant naissance au milieu appelé « chaos » de blocs). Ils vont être triés par la gravité dans le cas des éboulis dus à l'érosion des falaises. Les éléments les plus gros (plus lourds) vont se trouver en bas des pentes. Les plus fins dans les pentes les plus fortes. Dans le cas des moraines, le transport des matériaux conserve une certaine mixité de taille des éléments.

Ces habitats sont présents sur les trois bassins versants.

Eboulis siliceux alpins

Ces habitats naturels se trouvent dans les pentes sous les falaises où ils sont alimentés par la gélifraction et s'accumulent sur les replats dans toutes les expositions.

a) Désignation de l'habitat et de la formation

La désignation de ces habitats concerne les surfaces où s'accumulent des matériaux rocheux de diamètre différent à l'étage alpin sans discerner la présence ou l'absence de végétation vasculaire. Ces matériaux sont composés de roches acides à neutres souvent riches en silice. Il s'agit de l'alliance phytosociologique de l'*Androsacion alpinae*.

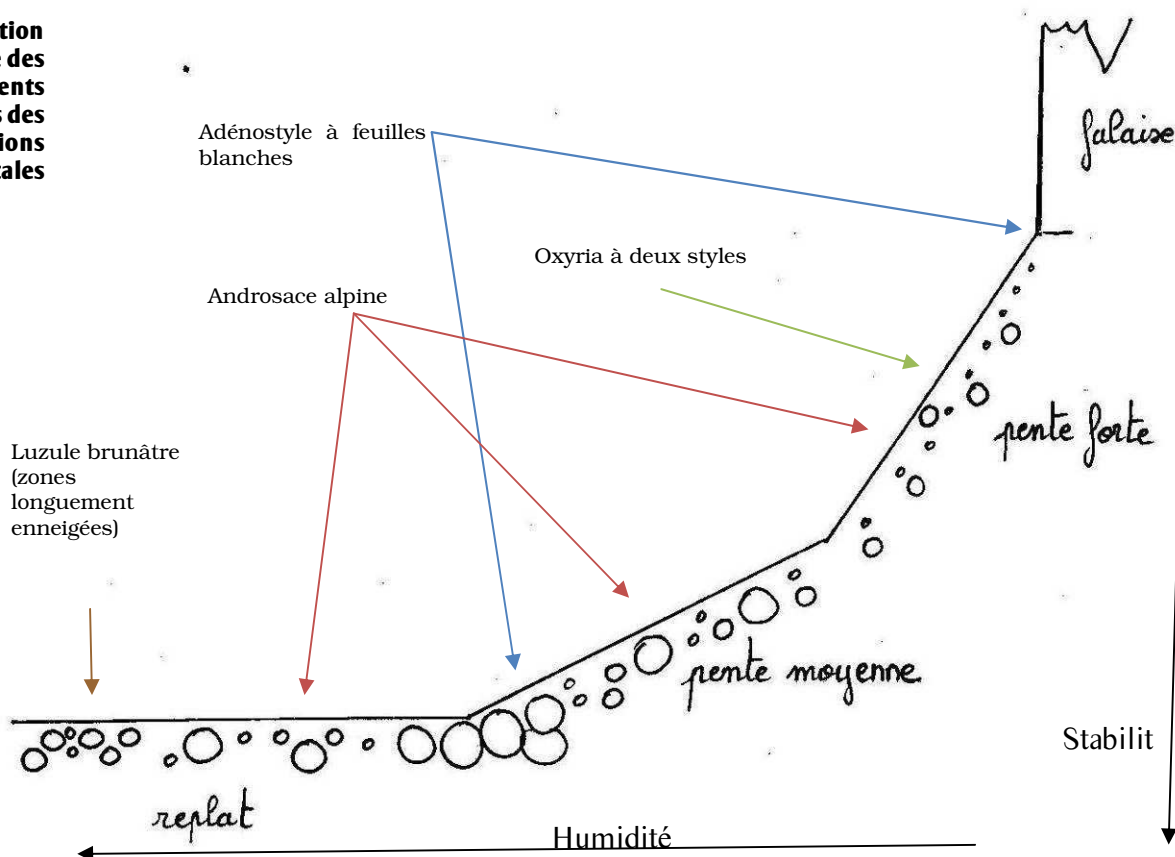
Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Eboulis siliceux alpins	61,11	8110	71.0.6.0.3	AL: <i>Androsacion alpinae</i>

b) Physionomie, Caractéristiques stationnelles et composition floristique

Les éboulis et moraines siliceuses alpins représentent de grandes surfaces d'accumulation de matériel rocheux de diamètres différents. En fonction des conditions diverses (climatiques, édaphiques, biologiques) un lithosol va pouvoir se former et perdurer plus ou moins longtemps dans le temps. Il sera colonisé par une végétation très spécialisée pouvant supporter de grands écarts climatiques et s'adapter à un sol plus ou moins mobile.

Répartition théorique des différents représentants des associations végétales



Que les éboulis soient d'origine glaciaire (moraines) ou érosive, les associations végétales seront les mêmes.

On rencontrera plusieurs sous-types de l'habitat qui se distinguent par la différence de composition de leur cortège floristique allant des l'éboulis sans végétation aux pelouses pionnières.

Eboulis siliceux à Androsace alpine

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Eboulis siliceux à Androsace alpine	61,112	8110	71.0.6.0.3	A: Androsace Alpine (<i>Androsacetum alpinae</i>)

Les éboulis sont essentiellement des milieux minéraux siliceux, à éléments généralement fins ou moyens, assez stabilisés sur des pentes moyennes et des replats. Le recouvrement végétal est faible (< 15 %). Situés en haute altitude, l'enneigement est souvent long (> 8 mois).

Cet habitat à une dynamique de végétation lente. De nouvelles perturbations (apport d'éléments rocheux nouveaux) peuvent l'altérer et la modifier. Les plantes qui se développent sont des plantes de petite taille, souvent rampantes.

Dans le cas présent, cet habitat est particulièrement bien représenté sur les trois bassins versants. Il est rattaché à l'association phytosociologique de l'Androsace Alpine (*Androsacetum alpinae*).

D'autres associations peuvent être présentes mais de manière plus anecdotique ou souvent en mélange avec l'habitat précédent. Elles n'ont pas été décrites spécifiquement. Il s'agit :

- des zones d'éboulis à Oxyria à deux styles (souvent dans les fortes pentes),
- des éboulis à Adénostyles à feuilles blanches (essentiellement en pied de falaises sur la zone d'étude),
- des zones d'éboulis humides et stabilisées à Luzule brunâtre (dans les combes longuement enneigées).

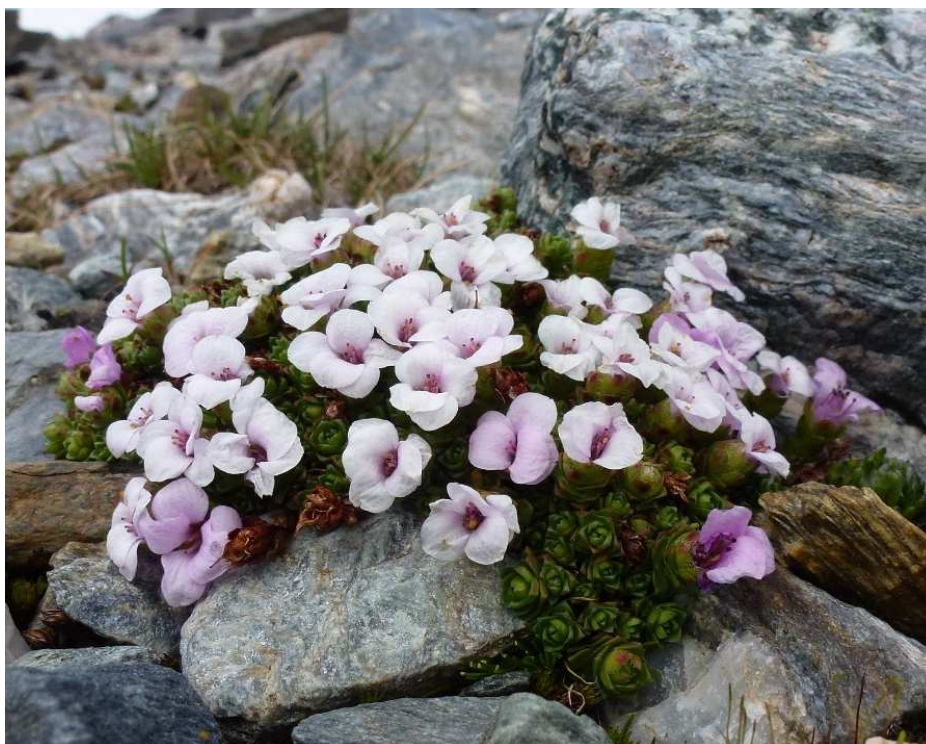
Espèces caractéristiques :

Androsace alpine (*Androsace alpina*), Véronique des Alpes (*Veronica alpina*), Marguerite des Alpes (*Leucanthemopsis alpina*), Cardamine à feuilles de réséda (*Cardamina residifolia*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Benoîte rampante (*Geum reptans*), Renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*), Orpin des Alpes (*Sedum alpestre*), Achillée naine (*Achillea nana*).

**Ebouli siliceux à
Androsace alpine
(lac Blanc)**



**Saxifrage à
feuilles opposées
(lac Blanc)**



Eboulis siliceux humide à Doronic à grande fleurs

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Eboulis humides sur schistes à Doronic à grandes fleurs	61			

Cet habitat naturel se trouve dans le bassin versant du lac Noir. C'est un milieu original pour la zone d'étude.

Les éboulis à Doronic à grande fleurs se trouvent sur des pentes fortes (> 20 °) en bas de versants humides sur des micaschistes. Le recouvrement peut être important (30-40 %). La végétation est luxuriante pour ce milieu herbacé de l'étage alpin d'une vingtaine de centimètre de hauteur. Le cortège floristique est dominé par des espèces vivaces comme la Doronic à grande fleurs ou le Cirse très épineux et héberge une certaine diversité.

Cette formation végétale se trouve en mélange avec les pelouses humides à Jonc de Jacquin (Alliance du *Caricion curvulae*) dans les endroits où le substrat est le plus stable.

Espèces présentes :

Doronic à grandes fleurs (*Doronicum grandiflorum*), Cirse très épineux (*Cirsium spinosissimum*), Valériane triséquée (*Valeriana tripteris*), Linaire des Alpes (*Linaria alpina*), Achillée naine (*Achillea nana*), Vergerette à une fleur (*Erigeron uniflorus*), Alchémille coriace (*Alchemilla coriacea*), Potentille à grandes fleurs (*Potentilla grandiflora*), Saxifrage des ruisseaux (*Saxifraga aizoides*).

Eboulis de pente à Doronic à grandes fleurs



Eboulis sur roches carbonatées de l'étage alpin

Ces habitats naturels se trouvent dans les pentes sous les falaises où ils sont alimentés par la gélifraction et s'accumulent sur les replats dans toutes les expositions. Ils peuvent également résulter du transport de matériau réalisé par l'érosion glaciaire.

a) Désignation de l'habitat et de la formation

La désignation de ces habitats concerne les surfaces où s'accumulation des matériaux rocheux de diamètre différent à l'étage alpin sans discerner la présence ou l'absence de végétation vasculaire. Ces matériaux rocheux sont composés de roches neutres ou basiques dites « calcaires » (c'est-à-dire riche en calcium). L'alliance phytosociologique concernée est celle du *Drabion hoppeanae*.

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Eboulis calcaires alpins	61,2	8120	71.0.4.0.2	AL: <i>Drabion hoppeanae</i>

b) Physionomie, Caractéristiques stationnelles et composition floristique

Les éboulis et moraines calcaires alpins représentent de grandes surfaces d'accumulation de matériel rocheux de diamètres différents. En fonction des conditions diverses (climatiques, édaphiques, biologiques) un lithosol va pouvoir se former et perdurer plus ou moins longtemps dans le temps. Il sera colonisé par une végétation très spécialisée pouvant supporter de grands écarts climatiques et s'adapter à un sol plus ou moins mobile. Que les éboulis soient d'origine glaciaire (moraines) ou érosive, les associations végétales seront les mêmes. La diversité sera principalement due à la propriété du substrat de conserver l'eau.

Nature des roches de la zone d'étude

Roches de la zone d'étude	Origine, Composition possible
Micaschistes	Métamorphisme de roches argileuses ou gréseuses (quartz, feldspaths, micas, autres minéraux)
Brèche de la Tsanteleina	Grès (silice et autres minéraux)
Schistes lustrés/Schistes noirs	Métamorphisme de roches marno-calcaires (calcschistes)
Gneiss	Métamorphisme de roches magmatiques riches en quartz, feldspaths, micas et potentiellement en plagioclases (feldspaths calciques)
Serpentine	Métamorphisme d'une péridotite, roche faible teneur en silice
Cargneule (associée au gypse)	Roche sédimentaire carbonatée

Les secteurs de la zone d'étude concernés par cet habitat naturels sont localisés à des accumulations de matériaux rocheux basiques et/ou riches en calcium. On rencontrera localement plusieurs sous-types de l'habitat.

Végétation des éboulis à cargneule

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Végétation des éboulis sur cargneule en exposition froide	61,22	8120	71.0.3.0.2	AL: Tabouret à feuilles rondes (<i>Thlaspion rotundifolii</i>), A: ?

Ces éboulis sont composés de fragments rocheux carbonatés de taille plus ou moins grande reconnaissables aux trous présents dans leur structure (emplacement « fossile » des minéraux qui ont été dissous). Le recouvrement végétal est faible et dépend de la mobilité de l'éboulis et de l'alimentation en eau du sol. Cet habitat à une dynamique de végétation lente. De nouvelles perturbations (apport d'éléments rocheux nouveaux) peuvent l'altérer et la modifier. Les plantes qui s'y développent sont des plantes de petite taille, souvent rampantes.

Dans le cas présent, cet habitat concerne une faible surface, entre les micaschistes au nord et des schistes au sud, correspondant à un affleurement de cargneule au col du lac Noir (2869 m,) sur le bassin versant du lac Noir. Le substrat est caillouteux, peu mobile et prend parfois des allures de sol écorché. La pente est faible et orientée au nord-ouest (zone longuement enneigée). Des espèces plus calcicoles apparaissent (Saxifrage faux-androsace, Drave faux-aizoon, Cresson des chamois) en mélange avec des espèces de haute montagne plus ubiquistes ou des combes à neige (Saxifrage sillonnée, Silène acaule, Saule herbacé, Laîche fétide).

Espèces présentes :

Cresson des chamois (*Pritzelago alpina*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Saxifrage faux-androsace (*Saxifraga androsacea*), Linaira des Alpes (*Linaria alpina*), Drave faux-aizoon (*Draba aizoides*), Arabette des Alpes (*Arabis alpina*), Renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*).

**Eboulis à
cargneule (droite)
en contact avec
les éboulis de
gros blocs
(gauche)**



Végétation des moraines stabilisées à Saxifrage à deux fleurs

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Moraine stabilisée à Saxifrages	61,21	8120	71.0.4.0.2	A: Saxifrage à deux fleurs (<i>Saxifragetum biflorae</i>)

Ces éboulis sont composés de fragments rocheux, de tailles très diverses, qui ont été déposés par les glaciers (moraine). Avec le retrait de ces derniers, les moraines sont moins mobiles et sont ainsi colonisées par des lithophytes⁴. La dynamique de végétation est lente.

Dans le cas présent, cet habitat est observable sur le bassin versant du lac Blanc où des dépôts glaciaires sont importants. Ils couvrent un replat longuement enneigé. La présence de particules grossières et de particules fines provenant de la fragmentation et de l'altération des roches mères (micaschistes, gneiss) permettent la création d'un lithosol. La présence de calcium (Ca) est à l'origine du développement d'espèces plus calciphiles comme la Saxifrage à deux fleurs. On trouve alors un cortège de plantes particulières entre les associations phytosociologiques de *l'Andrasacetum alpinae* et le *Saxifragetum biflorae*.

Espèces caractéristiques :

Saxifrage à deux fleurs (*Saxifraga biflora*), Benoîte rampante (*Geum reptans*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Linaire des Alpes (*Linaria alpina*), Arabette des Alpes (*Arabis alpina*), Renoncule des glaciers (*Ranunculus glacialis*), Arabette bleuâtre (*Arabis caerulea*), Génépi noir (*Artemisia genepi*).

**Moraine à
Saxifrage à deux
fleurs (rose) et
Benoîte rampante
(jaune)**



⁴ Plante qui pousse au milieu ou sur les roches.

Eboulis de calcschistes et schistes à saxifrages

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Eboulis de calcschistes et schistes à saxifrages	61,21	8120	71.0.4.0.2	A: Saxifrage à deux fleurs (<i>Saxifragetum biflorae</i>)

Ces éboulis se présentent sous forme de fragments rocheux de taille variée provenant de falaises schisteuses. Le recouvrement végétal est faible et dépend de la mobilité de l'éboulis et de l'alimentation en eau du sol. Cet habitat à une dynamique de végétation lente. De nouvelles perturbations (apport d'éléments rocheux nouveaux) peuvent l'altérer et la modifier. Les plantes qui se développent sont des plantes de petite taille, souvent rampantes.

Sur la zone d'étude, cet habitat concerne les éboulis de pente à schistes noirs et schistes lustrés présents sur les faces nord-ouest du bassin versant du lac Noir. Sur les pentes abruptes, la mobilité des éléments ne permettent que peu à la végétation de s'implanter (2 espèces observées : *Saxifraga biflora* et *S. oppositifolia*). Les replats, plus stables, sont colonisés par des plantes en coussin. L'exposition froide conserve également le manteau neigeux pendant la majorité de l'année, limitant ainsi la durée de la période de végétation. L'association phytosociologique concernée est celle de la Saxifrage à deux fleurs (*Saxifragetum biflorae*) dont le cortège est appauvri en raison d'un milieu peu carbonaté.

Espèces caractéristiques :

Saxifrage à deux fleurs (*Saxifraga biflora*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Cresson des chamois (*Pritzelago alpina*), Linaire des Alpes (*Linaria alpina*), Arabette des Alpes (*Arabis alpina*), Saxifrage fausse-mousse (*Saxifraga muscoïdes*).

Eboulis sous l'arête de la Pointe du Rocher Blanc (lac Noir) : grès, schiste et serpentinite



Saxifrage à deux fleurs (lac Noir)



Végétation pionnière calcicole des éboulis stabilisés et crêtes ventées à Saxifrage fausse-mousse et Saxifrage à feuilles opposées

Dénomination

Intitulé principal	Code CB	Code N2000	Code Prodrome	Classification phytosociologique
Végétation pionnière calcicole des éboulis stabilisés et des crêtes ventées à Saxifrage fausse-mousse et Saxifrage à feuilles opposées	61,21	8120	71.0.4.0.2	A: Généri et Saxifrage fausse mousse (<i>Artemisia genepi</i> - <i>Saxifragetum muscoidis</i>)

Cette formation végétale se présente sous forme de petits secteurs de végétation (de quelques dizaines de centimètres carrés à quelques mètres carrés) au milieu de fragments rocheux de schistes. Le recouvrement est généralement faible mais peut être assez important par endroit. Les espèces qui constituent le cortège sont majoritairement des espèces en coussin particulièrement résistantes aux conditions difficiles qu'elles rencontrent. Cet habitat a une dynamique de végétation lente.

Sur la zone d'étude, cet habitat est présent uniquement sur le bassin versant du lac Noir. Il se trouve sur des crêtes exposées (col du lac Noir) et sur des éboulis à schistes stabilisés. Le cortège floristique présente des différences par rapport à celui décrit dans l'association du Généri et de la Saxifrage fausse-mousse. La Saxifrage fausse-mousse est bien représentée et cohabite avec d'autres espèces comme la Saxifrage à feuilles opposées, la Saxifrage faux-Bryum, la Saxifrage faux androsace. Le généri est rare ou absent.

Espèces caractéristiques :

Saxifrage à feuilles tronquées (*Saxifraga retusa*), Saxifrage à feuilles opposées (*Saxifraga oppositifolia*), Saxifrage fausse-mousse (*Saxifraga muscoides*), Saxifrage