

**Zeitschrift:** Bulletin de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles = Bulletin der Naturforschenden Gesellschaft Freiburg

**Herausgeber:** Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

**Band:** 113 (2024)

**Artikel:** L'approvisionnement en eau des cabanes de montagne romandes

**Autor:** Chofflon, Corentin

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1056118>

#### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 30.12.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

---

## L'approvisionnement en eau des cabanes de montagne romandes

---

CORENTIN CHOFLON  
Travail de Maturité Gymnasiale  
Stockholm Junior Water Prize | Switzerland 2024

*Corentin Chofflon, brillant étudiant du Collège St-Michel à Fribourg (FR), a reçu le Stockholm Junior Water Prize / Switzerland 2024 pour son projet "L'approvisionnement en eau des cabanes de montagne romandes", lors de la finale du 58ème concours scientifique national Schweizer Jugend forscht. Dans son travail de recherche, Corentin Chofflon a développé un outil cartographique permettant d'évaluer la situation de l'approvisionnement en eau des cabanes de montagne exposées aux conséquences du réchauffement climatique. Il a procédé à une analyse rigoureuse des différents aspects affectant l'approvisionnement en eau des refuges de montagne, y compris les facteurs influencés par le changement climatique, tels que le changement radical des conditions météorologiques dans les Alpes, le déplacement des périodes de fonte des neiges et la fonte des neiges éternelles, mais aussi les facteurs sociaux, tels que l'intérêt croissant du public pour les refuges de montagne et les activités de loisir dans les environs. Au cours de ses recherches, Corentin a fait preuve d'une grande implication personnelle, s'immergeant dans la vie quotidienne des gardiens du refuge de Bertol, faisant ainsi l'expérience directe des défis que le changement climatique pose à l'approvisionnement en eau dans la région alpine.*

### Introduction

L'eau est l'un des éléments que l'on retrouve en plus grande quantité sur Terre. Qu'importe sa forme – solide, liquide ou gazeuse ; salée ou douce –, elle se cache en de multiples recoins de notre planète, des nappes phréatiques aux nuages, en passant par l'intérieur des organismes vivants, végétaux et animaux. L'eau est à la fois une ressource vitale et un enjeu majeur dans la question du changement climatique, comme l'indique l'Organisation des Nations Unies [NAT22]. En Suisse, l'eau coule en abondance grâce à une

pluviométrie élevée, en moyenne 1400 millimètres par an, sous forme de pluie ou de neige. La Suisse dispose de réserves en eau considérables par rapport à ses voisins européens. De plus, d'importants fleuves, tels que le Rhin, le Rhône, le Danube et le Pô, prennent source dans ses régions alpines : son surnom de « château d'eau » de l'Europe n'a donc rien d'absurde [SCH20].

Les refuges de montagne, qui hébergent et nourrissent les randonneurs – et qui sont par ailleurs de plus en plus fréquentés [CAS22] –, sont quotidiennement confrontés au défi de l'eau : comment s'en procurer en quantité suffisante ? Où la puiser ? En effet, pour les cabanes de montagne, l'eau est une ressource précieuse qu'il ne faut pas gaspiller. Les gardiens s'en servent pour la cuisine – le cœur d'une cabane qui fournit des plats chauds aux alpinistes –, le ménage, les consommations de la clientèle ainsi que les sanitaires. Une simple coupure d'eau peut avoir un réel impact sur l'établissement, qui ne sera plus en mesure de répondre aux besoins des clients. Afin d'éviter une pénurie d'eau, les gardiens cherchent sans cesse de nouvelles idées pour se procurer de l'eau, la stocker et l'économiser. Cependant, le changement climatique, qui s'accentue depuis quelques années, les confronte à de plus en plus de difficultés. De fait, en raison des perturbations du climat, les régions alpines, le paysage ainsi que les lacs alpins subissent d'importantes modifications. Il pleut davantage et neige moins qu'auparavant, tandis que la fonte des neiges débute plus tôt dans la saison estivale [MET23c]. De plus, la hausse de la température atmosphérique de 2 °C d'ici 2060 favorisera la fonte des glaces, comme l'indique l'experte Petra Schmocke-Fackel [SCH20], membre de la division hydrologie de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV). Ces aspects-là viennent compliquer le ravitaillement en eau des cabanes.

Sur la base de ces constats, ce travail de maturité essaiera de répondre à la problématique suivante : qu'en est-il de la situation d'approvisionnement en eau dans les cabanes de montagne durant la saison estivale ? Pour répondre à cette problématique qui servira de fil rouge à notre travail, les six hypothèses suivantes seront vérifiées.

1. Les cabanes alimentées par l'eau de fonte des neiges éternelles, les névés, sont plus susceptibles de souffrir d'une pénurie que celles alimentées par l'eau de fonte d'un glacier.
2. Les grandes cabanes sont plus à risque de pénurie en raison d'une utilisation plus importante de l'eau.
3. Les cabanes ayant uniquement une seule source d'approvisionnement rencontrent des difficultés pour répondre à leurs besoins de consommation en eau.
4. Avoir de grands réservoirs permet d'éviter une pénurie.

5. Les cabanes en basse altitude souffrent d'un manque d'eau tandis que celles situées à des altitudes plus élevées ont de l'eau en abondance grâce aux glaciers et aux neiges éternelles.
6. Les cabanes modernes sont plus aptes à éviter une pénurie en eau que les cabanes rustiques.

Afin de vérifier ces différentes hypothèses, nous avons invité les cabanes des Préalpes fribourgeoises, du Chablais vaudois, du Bas-Valais et du Valais central à remplir une enquête créée par nos soins. Par la suite, cette étude nous a permis de dresser un état des lieux de la situation d'approvisionnement en eau dans ces divers établissements. Nous avons élaboré une carte pour synthétiser et analyser les données obtenues. Finalement, une cabane particulière est examinée de manière plus approfondie, ceci en décrivant et analysant son système actuel d'approvisionnement en eau ou ses solutions effectives et futures pour éviter des pénuries en eau.

## Contexte

### Les cabanes de montagne

En 1863, dans le canton de Glaris, sur les pentes du Tödi, la première cabane du Club Alpin Suisse, celle du Grünhorn, ouvre ses portes. Un abri très sommaire : elle était constituée de quatre murs, d'un toit, et équipée d'une cheminée, de lits et d'une table. 100 ans après, le Club Alpin a construit 148 cabanes à travers les Alpes suisses. Ces nouvelles constructions sont, de manière générale, plus confortables et ressemblent davantage à des auberges de montagne, hormis pour ce qui est des chambres, qui restent des dortoirs [OES63].

Aujourd'hui, 153 cabanes appartiennent au Club Alpin Suisse (2022), chacune d'elle est associée à une section du club alpin pour en faciliter leur gestion. Comme exemple, nous pouvons citer le CAS<sup>1</sup> Moléson qui s'occupe de la cabane du Wildhorn (3250 m) dans les Alpes bernoises. Afin de gérer les coûts de rénovation et/ou de construction, et d'améliorer la différenciation des normes de construction pour chaque cabane, il a été décidé de les classer en quatre catégories :

1. **Les bivouacs**, dont la montée est généralement longue et difficile, constituent la première catégorie. En raison de leur accès compliqué, ils sont destinés aux alpinistes expérimentés qui veulent entreprendre des courses en haute montagne. Le confort y est modeste et aucun gardien n'accueille les alpinistes, qui se font donc à manger eux-mêmes.

---

<sup>1</sup>Club Alpin Suisse

2. **Les cabanes de haute de montagne**, où le confort est relativement simple, sont quant à elle gardiennées durant la saison estivale et/ou hivernale. Toutefois, la montée demeure longue et difficile les réservant ainsi aux alpinistes.
3. **Les cabanes de randonnée** sont également gardiennées pendant la saison estivale et/ou hivernale. Cependant, le confort y est plus élevé que dans les cabanes de haute montagne. Les randonneurs de passage sont fréquents malgré un accès moyennement difficile et long.
4. Dans la dernière catégorie de cabanes, sont classées **les auberges de montagne**. Ces hébergements disposent d'un accès facile et rapide, d'un confort digne d'un hôtel de montagne et proposent une restauration tout au long de la journée pour les clients de passage, qui constituent leur principale clientèle [CAS16].

D'après la commission des cabanes<sup>1</sup>, « *Le développement durable et la préservation du paysage de montagne sont des valeurs fondamentales au CAS* » [BUR21], Dans l'optique de respecter ces valeurs, le Club Alpin Suisse réalise trois à six projets de construction par an. Ces projets reposent sur divers thèmes classés en trois domaines qui correspondent aux 3 piliers du développement durable:

1. Société, avec comme thème « contexte et architecture » ;
2. Économie, avec « robustesse et longévité » ;
3. Environnement, avec « énergie » ou « préservation des ressources et respect de l'environnement ».

Ces projets de construction peuvent être une rénovation d'un établissement ou une reconstruction complète si le bâtiment est trop endommagé. La capacité d'accueil des cabanes peut alors être augmentée, parallèlement la consommation d'eau devient plus importante, notamment pour la cuisine [BUR21].

D'autre part, la fréquentation de ces établissements de montagne est en hausse comme le montrent les statistiques du Club Alpin Suisse (Fig. 6.1). En 2012, le nombre total de nuitées, hiver et été, s'élevait à 309'816. En 2019, il atteint un pic à 353'764 nuitées. A cause du Coronavirus, les nuitées de 2020 ont chuté de 25%. Cependant, en 2021, une hausse de 18% par rapport à 2020 a été enregistrée, soit 320'911 nuitées<sup>2</sup>. Puis, l'année 2022 laisse place à un

<sup>1</sup>La commission des cabanes est un organe consultatif du CAS. Il a pour but de conseiller les sections du CAS sur des questions liées à la construction, l'entretien et l'exploitation des cabanes [CAS17].

<sup>2</sup>Données fournies par Bruno Lüthi, responsable exploitation des cabanes du CAS

nouveau record. Les cabanes du Club alpin ont enregistré 374'925 nuitées sur l'ensemble de l'année [RTS23]. Evidemment, ceci entraîne des conséquences sur le gardiennage. Les cabanes doivent accueillir plus de monde donc fournir plus d'électricité ou plus d'eau pour la cuisine ou les sanitaires.

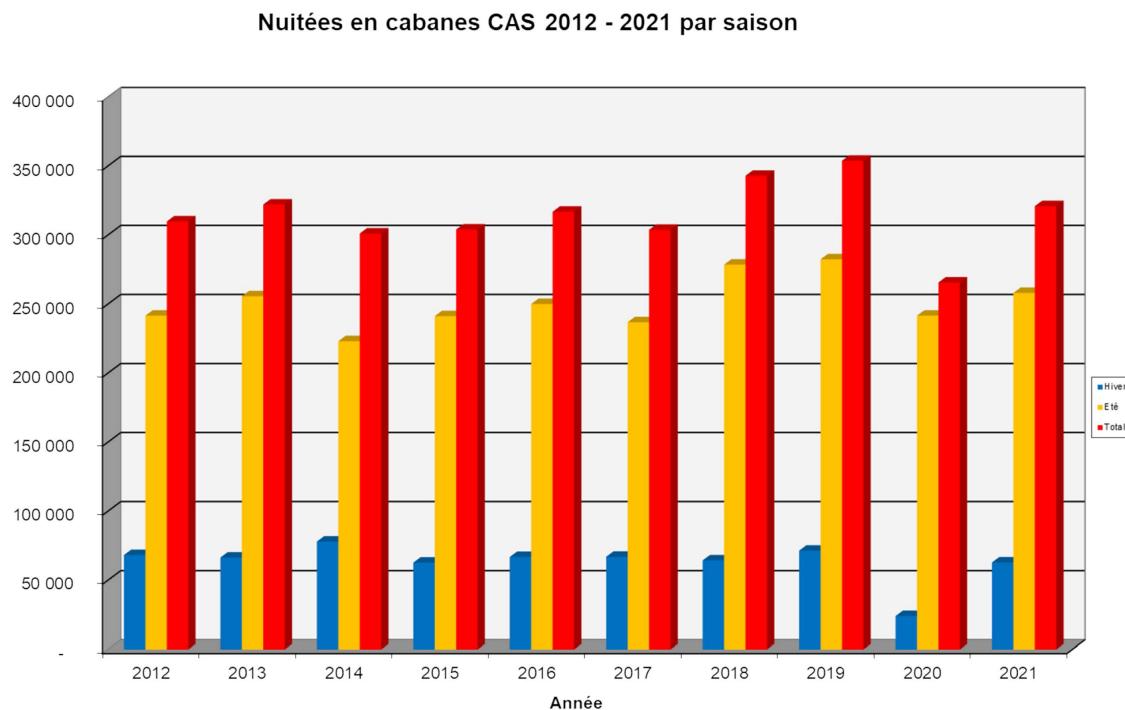


Figure 6.1: Graphique montrant l'évolution des nuitées depuis 2012 à 2021 dans les cabanes du CAS. En bleu, les nuitées hivernales. En jaune, les nuitées estivales. En rouge, les nuitées totales [CAS22].

L'eau qui alimente les cabanes peut avoir différentes origines. Chaque cabane met en œuvre un système qui est adapté à sa situation : relief, proximités d'un point d'eau, besoins en eau. Elles peuvent récolter l'eau de pluie qui tombe sur le toit, s'alimenter par source ou par de l'eau souterraine, capter l'eau d'une rivière, pomper l'eau d'un lac, capter l'eau de fonte des neiges éternelles ou bien l'eau de fonte des glaciers. Chaque source a ses défauts et ses avantages et évolue avec le temps [BUR21].

### Evolution du climat alpin

Le climat alpin subit de grands changements dus au réchauffement climatique. Les conséquences de cette évolution climatique se traduisent par une modification de la moyenne des températures ainsi que du régime des précipitations. Les événements météorologiques extrêmes vont augmenter en nombre et en intensité.

D'ici 2060, sans effort pour réduire nos émissions de gaz à effet de serre, les chercheurs Eriksen Christine et Hauri Andrin de l'EPFZ prévoient une hausse

de 2 à 3 degrés Celsius de la température annuelle moyenne par rapport à celle de 2021 inférieure de 0,2 degrés Celsius à la norme de 1991-2020.

Durant l'été, cette hausse de température entraînera d'importantes vagues de chaleur et des journées caniculaires extrêmes. Les températures moyennes quotidiennes pourront quant à elle s'élever de 4,5 degrés Celsius par rapport à celles de 2021. Le régime des précipitations sera modifié. Le taux moyen des précipitations sera inchangé, or l'espacement et l'intensité des précipitations évolueront. En effet, la hausse des températures modifiera le phénomène d'évapotranspiration et les caractéristiques physiques de l'air. L'évaporation des sols et des plans d'eau sera plus rapide alors que l'air chaud contiendra davantage d'humidité. Pour résumer, dans le futur, il pleuvra moins souvent mais les précipitations seront plus intenses qu'aujourd'hui [ERI21]. En outre, la hausse des températures entraînera la fonte et l'élévation de l'altitude des neiges éternelles qui représentent, pour la plupart des cabanes, la première source d'approvisionnement en eau.

En hiver, toujours d'ici 2060, l'élévation des températures pourrait atteindre 3,5 degrés Celsius en moyenne. Ceci engendrera la hausse de l'isotherme du zéro degré hivernal à 650 m au-dessus de la limite actuelle située à 850 m. Il y aura donc moins de chutes de neige. Le manteau neigeux sera ainsi plus mince en particulier aux altitudes moyennes. En conséquence, à la sortie de l'hiver, le volume de neige éternelle sera plus faible [ERI21].

Les répercussions pour les milieux alpins seront importantes, notamment pour les glaciers qui vont considérablement reculer, voire disparaître. En hiver, le faible manteau neigeux impactera la régénération des glaciers, qui n'arriveront pas à créer suffisamment de glace pour compenser les pertes estivales. En effet, la hausse des températures durant les mois d'été fera fondre davantage de glace que le glacier en produira durant l'hiver. Le bilan de masse, différence entre l'accumulation et l'ablation d'un glacier, sera donc négatif, ce qui signifie que le glacier recule [GLA22a]. Cette retraite est malheureusement déjà observable dans les Alpes suisses comme le montre la figure 6.2: le volume de glace diminue de manière significative depuis ces dernières décennies, et cela fait 20 ans que les bilans de masse sont négatifs. À noter que 36% du volume de glace total de l'an 2000 a fondu jusqu'en 2022. L'année 2022 a été particulièrement dramatique avec la conjonction d'un hiver peu enneigé et d'un été caniculaire. Les glaciers helvétiques ont perdu 6,2 % de leur volume par rapport à l'année précédente (2021) : c'est un record.

De plus, les relevés de MétéoSuisse indiquent que les températures au-dessus de 1000 m sont, depuis 1980, toujours plus élevées que la moyenne de 1961-1990 (Fig. 6.4) [MET22]. Les glaciers n'en sont pas les seules victimes, le pergélisol – sol gelé en permanence – en souffre également. Son dégel est très dangereux car il provoque une perte de stabilité du sol, ce

qui peut entraîner des glissements de terrain, des éboulements ou même des laves torrentielles. Ces dangers naturels peuvent endommager les infrastructures d'alimentation en eau des cabanes, comme couper une canalisation reliant le glacier à la cabane. En Suisse, 5% du territoire se trouve sous forme de pergélisol, généralement des éboulis ou des parois rocheuses au-dessus de 2500 m d'altitude [SLF22]. L'évapotranspiration, principe d'évaporation des sols, des plans d'eau et des végétaux, s'accroît aussi sous l'effet de l'élévation de la température. L'eau stockée dans les sols s'évapore petit à petit et rejoint l'atmosphère. Comme expliqué auparavant, cela influence la formation des orages mais impacte aussi, par rétroaction, la température de l'air. Jusqu'à présent, aucune modification de l'évapotranspiration n'a eu lieu en Suisse. Toutefois, d'ici la fin du siècle, elle pourrait s'accroître de 10% sans mesures contre le réchauffement climatique. Cumulé aux faibles précipitations futures, l'évapotranspiration entraînera un dessèchement des sols [SCH21].

Quant aux précipitations, selon les relevés de MétéoSuisse, actuellement, il n'est pas possible de voir une tendance se dessiner. Les précipitations ont toujours fluctué durant la période estivale comme le montre la figure 6.3, qui recense les précipitations trimestrielles pour les mois de juin, juillet et août, de 1864 à 2022 par rapport à la moyenne de 1961-1990 [MET22].

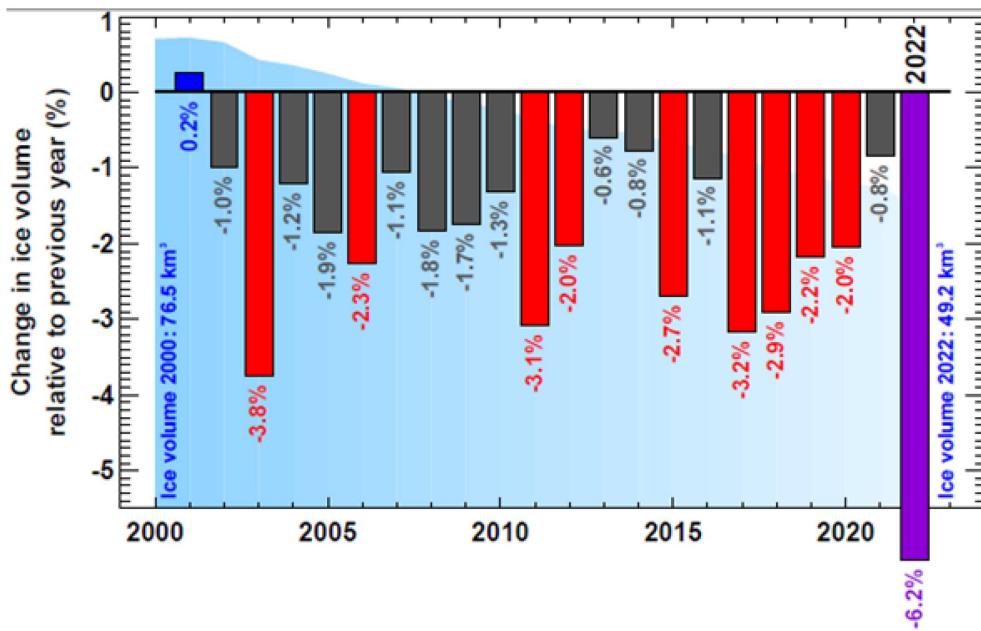


Figure 6.2: Graphique montrant la fonte des glaces en comparaison à l'an 2000 <https://scnat.ch>.

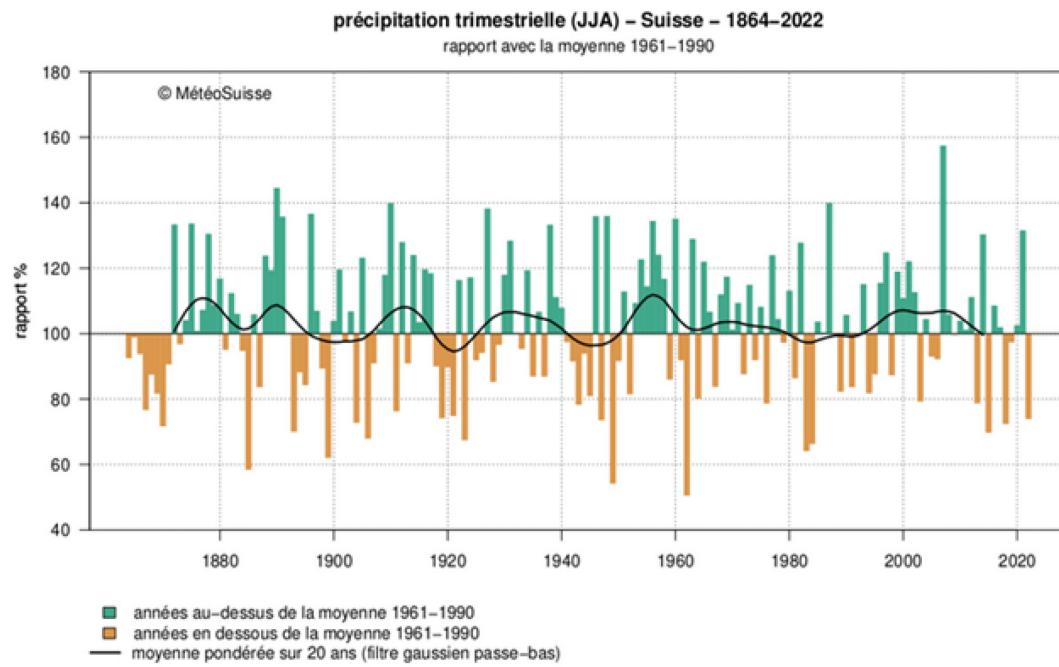


Figure 6.3: Graphique montrant l'évolution des précipitations, pour les mois de juin, juillet, août, en fonction de la moyenne de 1961-1990 meteosuisse.ch.

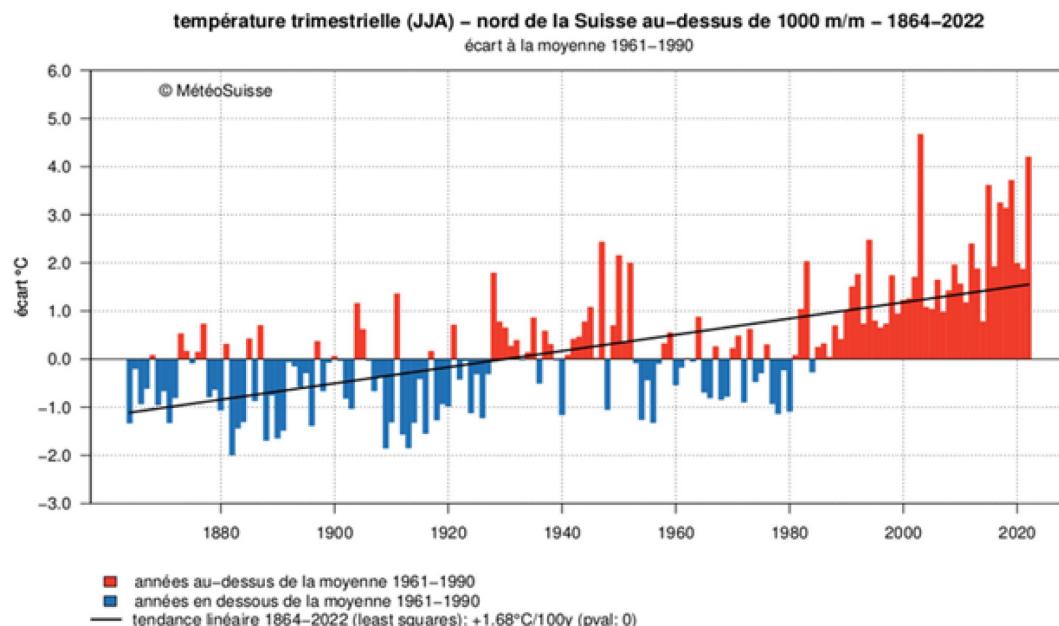


Figure 6.4: Graphique montrant l'évolution des températures, pour les mois de juin, juillet, août (JJA), en fonction de la moyenne de 1961-1990 meteosuisse.ch.

## Conclusion du contexte

Pour résumer, les cabanes de montagne font l'objet de rénovations qui les modernisent et les agrandissent. Ceci accroît l'intérêt de la population pour ces hébergements, qui deviennent plus prisés. Les cabanes ont alors des besoins accrus en eau pour répondre aux besoins de la clientèle. Pourtant, les Alpes se modifient, les glaciers reculent, la neige éternelle fond plus vite dans la saison, les précipitations se feront plus rares, les plans d'eaux s'évaporent davantage, et les éboulements deviennent plus fréquents, endommageant ainsi les infrastructures. Par prolongement, l'approvisionnement en eau est alors plus complexe:

- Les captages au glacier doivent être déplacés durant la saison pour s'adapter à ses mouvements. La gardienne de la cabane Plan Névé nous explique qu'elle a dû déplacer son captage toutes les semaines afin d'assurer l'écoulement continu de l'eau.
- Les captages de neige éternelle ne peuvent plus être utilisés jusqu'à la fin de la saison : le gardien de la cabane Bertol, Stéphane Schenk, nous indique que c'est ce qui s'est produit dans son établissement, où le captage avait déjà complètement fondu en début juillet.
- La récolte d'eau de pluie est espacée, ce dont témoignent les responsables de la cabane de la Tsa : étant donné qu'elle ne dispose que de petits réservoirs de moins de 4000 litres, l'échelonnement des précipitations y a été ressenti.
- Pomper l'eau d'un lac peut devenir inutile durant les canicules, comme nous informe la cabane des Becs de Bosson en voyant son lac s'assécher.

Ceci représente un énorme défi pour les cabanes du Club Alpin Suisse.

## Méthodologie

Pour répondre à la problématique de ce travail de maturité, nous avons créé une carte faisant l'état des lieux de la situation de l'approvisionnement en eau de diverses cabanes de montagne. Pour récolter des informations pertinentes et pallier au manque de sources, ces diverses cabanes ont été invitées à répondre à une enquête en ligne. Les résultats obtenus constitueront l'origine des données figurant sur notre carte. A travers ce chapitre, nous allons détailler les étapes effectuées afin d'aboutir à cette carte que vous retrouverez en figure 6.6, ainsi que sa légende en annexe 6.1.

Dans un premier temps, nous avons souhaité expérimenter la réalité du gardiennage. C'est ainsi que nous avons postulé pour devenir aide-gardien à la cabane Bertol, située au-dessus d'Arolla à 3311 m d'altitude, dans le

canton du Valais. Nous y avons travaillé et résidé durant tout le mois de juillet 2021 et juillet 2022. Grâce à cette expérience de terrain, nous savons comment une cabane est gérée et fonctionne. Nous avons également ciblé où se trouvent les difficultés pour ce type d'établissement, spécialement dans la gestion de la ressource hydrique. Comment se procurer de l'eau de manière pérenne ? Comment la stocker en évitant la prolifération des bactéries dans les réservoirs? Comment la rendre potable? Et surtout, comment ne pas la gaspiller?

Avec l'aide de Stéphane Schenk, gardien de la cabane de Bertol, nous avons élaboré un premier questionnaire papier traitant de la thématique de l'eau dans les cabanes. Par la suite, le questionnaire a évolué en passant en format numérique grâce à l'outil Forms développé par Microsoft. Des données plus précises sur la consommation en eau, provenant du Club Alpin Suisse, et des questions portant sur la vision future des gardiens quant à la situation d'approvisionnement en eau, y ont été ajoutées. En résumé, l'enquête est devenue plus ciblée sur notre problématique (annexe 6.2). Les gardiens avaient également la possibilité de laisser des commentaires qui ont été utilisés comme sources d'information pour ce travail de maturité. Ce formulaire a été envoyé par courriel à 33 cabanes (Table 6.2) établies dans les régions des Préalpes fribourgeoises, du Chablais vaudois, du Bas-Valais et du Valais central. Deux semaines après l'envoi, les établissements interrogés n'ayant pas répondu ont été à nouveau invités à participer. Finalement, 17 cabanes (Table 6.3) ont rempli notre formulaire qui constitue la source des informations figurant sur notre carte (Fig. 6.6).

Une représentation graphique de ces données a ensuite été étudiée. Dans ce but, chaque cabane a été dotée d'une étiquette contenant ses données personnelles tel que son nom et l'altitude de son emplacement (Fig. 6.5). Sa capacité d'accueil et la taille de ses réservoirs sont sous forme d'échelles afin de donner un ordre de grandeur. Ces deux informations et celle de la provenance de son eau sont des données certifiées par les gardiens. La classification entre moderne et rustique ne s'établit pas sur des critères précis mais repose sur la vision du gardien par rapport au confort de son établissement. Les pastilles de couleurs, séparées en deux catégories, informent des pénuries en eau. La première catégorie renseigne sur les pénuries vécues –

Cabane de la Tsa		2606m	Rustique	
Taille :	Vécues :	Risques :		
		-2022	2022	2030
		2050	2100	
Réservoirs :	Provenance de l'eau :			

Figure 6.5: *Exemple d'une étiquette personnelle, ici pour la cabane Tsa. Pour l'explication des symboles, voir l'annexe 6.1*

avant 2022, et en 2022 –, qui sont alors des données avérées. La deuxième catégorie est la projection des gardiens sur les risques de pénuries futures – en 2030, en 2050, et en 2100 –. Les gardiens, de manière subjective, nous donnent leurs avis sur les potentiels risques futurs d'une pénurie selon leur expertise de la situation actuelle. Il n'y a là aucune certitude.

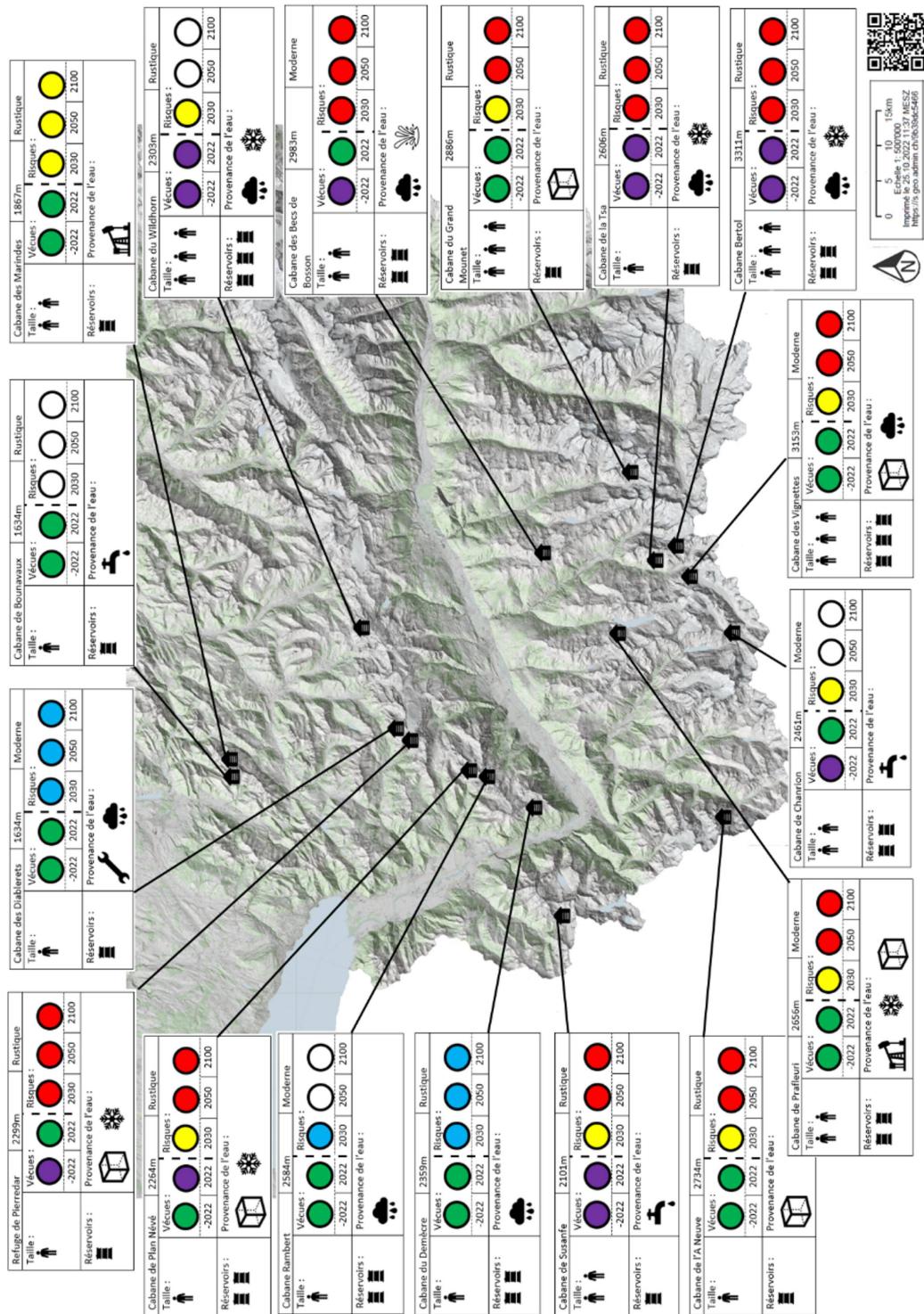


Figure 6.6: Carte montrant la situation de l'accès à l'eau et les caractéristiques de 17 cabanes de Suisse Romande. (Table 6.3)

## Résultats et interprétations

Afin d'analyser et d'interpréter les données avec une certaine structure, nous allons, dans premier temps, considérer les cabanes selon leur méthode

d'approvisionnement en eau. Par la suite, nous allons comparer entre elles les cabanes dites rustiques avec celle dites modernes. Ce chapitre se structure comme suit :

1. Captage de l'eau de fonte des glaciers
  2. Captage de l'eau de fonte des neiges éternnelles
  3. Récolte de l'eau de pluie
  4. Pompage dans un aquifère
  5. Captage d'eau de source
  6. Pompage dans un lac
  7. Comparaison entre rustique et moderne

## Captage de l'eau de fonte des glaciers

Jusqu'à présent, les cabanes puisant l'eau de fonte des glaciers n'ont pas subi de problèmes d'alimentation hydrique, hormis la cabane de Plan Névé et le refuge de Pierredar, comme nous le constatons grâce aux données indiquées sur notre carte. En effet, chaque été, les glaciers fondent et libèrent des volumes d'eau importants. Pendant l'été 2022, nous l'avons déjà mentionné, les glaciers ont énormément reculé sous l'influence des fortes températures, ce qui a fourni à ces cabanes de l'eau en abondance. Les gérants du refuge de Pierredar situé au-dessus des Diablerets s'exclament : « C'est paradoxal : à cause des hautes températures, nous fournissant l'eau a fondu plus que la neige fondue. A long terme, c'est évidemment le même constat à la cabane du Grand Mont dont les exploitants indiquent tous les ans ainsi de grandes quantités d'eau utilisées.

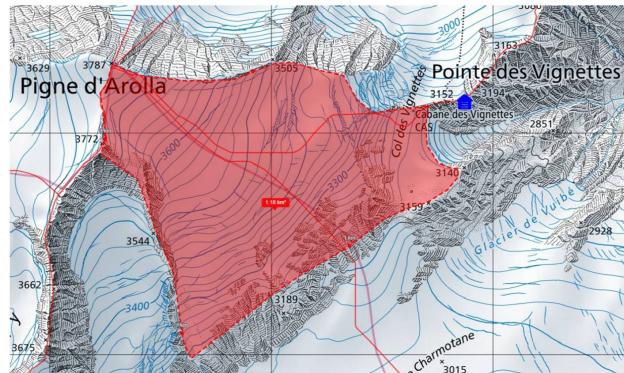


Figure 6.7: *Superficie de la face sud-est englacée du pigne d'Arolla où la cabane des Vignettes, pictogramme bleu, capte son eau grâce à une conduite* (source : <https://map.geo.admin.ch>)

: « C'est paradoxal : à cause des hautes températures de l'été 2022, le glacier nous fournissant l'eau a fondu plus qu'à l'ordinaire, l'eau a alors coulé à profusion. A long terme, c'est évidemment très mauvais. ». Nous pouvons faire le même constat à la cabane du Grand Mountet ainsi qu'à celle des Vignettes, dont les exploitants indiquent tous les deux que les glaciers fondent et libèrent ainsi de grandes quantités d'eau utilisables dans leurs établissements.

Toutefois, les gardiens interrogés ont prédit, pour les années à venir, un risque élevé d'une pénurie d'eau. Si les glaciers, sous l'effet de la montée des

températures, continuent de reculer de cette façon, ils risquent de pratiquement disparaître d'ici 2100 [ROU23]. Ces cabanes ne pourront plus exploiter cette ressource hydrique. Notez encore que les cabanes ayant un captage sur un petit glacier en basse altitude sont davantage exposées à la pénurie. La cabane de Plan Névé, à 2264 m d'altitude, qui puise l'eau du glacier du même nom mesurant 0.15 km<sup>2</sup> en 2016 [GLA22b] (Glamos 2022b), a subi une pénurie avant 2022. Elle est plus en danger que la cabane des Vignettes, à 3153 m, captant l'eau fonte de la face sud-est englacée du Pigne d'Arolla, qui s'étend sur une superficie de 1.18 km<sup>2</sup> (Fig. 6.7).

### Captage de l'eau de fonte des neiges éternelles

Les cabanes captant l'eau de fonte des névés<sup>1</sup> ont toutes subi des problèmes d'alimentation excepté celle de Prafleuri profitant des infrastructures du barrage de la Grande Dixence. Pour l'été 2022, ces difficultés peuvent être expliquées par le faible manteau neigeux établi durant l'hiver [PIE22] – « il n'est tombé que de 70 à 90% de la norme 1991-2020 » rapporte MétéoSuisse [MET23b] –, cumulé aux fortes températures estivales. Ces amas de neige, moins volumineux que dans les années précédentes, ont rapidement fondu dès la sortie de l'hiver. L'eau coulait durant les premiers jours d'ouverture et remplissait les réservoirs de la cabane. Une fois les réservoirs pleins, l'eau ne pouvait plus être stockée et était perdue. Les cabanes s'heurtaient ainsi à des complications. Leur source d'alimentation première était tarie dès le début de la saison estivale. En outre, cette source d'approvisionnement est dépendante des conditions météorologiques hivernales et estivales. Si l'hiver est pauvre en neige et l'été chaud, la quantité d'eau que procurera la fonte du névé sera petite et sur une durée limitée. Les gardiens préféreraient l'inverse : un hiver riche en neige et un été avec de basses températures afin de profiter d'une disponibilité en eau plus grande, que ce soit sur la durée ou la quantité.

En général, les gardiens se montrent pessimistes sur l'avenir des névés. Ils craignent qu'un tel épisode se reproduise dans les années à venir. Heureusement, ces cabanes récoltent également l'eau de pluie pour pouvoir faire face aux pénuries et rester ouvertes.

---

<sup>1</sup> « Plaque isolée, mais relativement importante, de neige persistant en été, synonyme de neiges éternelles. » Névé (Larousse).

## Récolte de l'eau de pluie

La plupart des cabanes utilisent la récolte d'eau de pluie en complément à une autre source d'approvisionnement comme le captage de l'eau de fonte d'un glacier ou de neiges éternelles. Seulement deux cabanes interrogées, se situant proche l'une de l'autre – la cabane de Rambert et celle de Demècre – emploient uniquement l'eau de pluie pour se ravitailler. Pour l'instant, elles n'ont pas vécu d'épisodes critiques. Nous constatons également que leurs réservoirs sont de taille relativement importante vis-à-vis de leurs capacités d'accueil. Le gardien de Rambert nous informe que ses réservoirs ont une capacité allant de 8000 à 12000 litres pour un maximum de 36 personnes par soirée. Demècre nous indique qu'elle peut stocker jusqu'à 8000 litres d'eau pour un accueil maximum de 27 personnes par soirée. La cause de cette unique source d'alimentation est la situation géographique de ces cabanes. A proximité de leurs emplacements, ni glacier ni névé ne peuvent fournir leurs eaux de fontes (Vandermassen 2016). De plus, pour la cabane Rambert, le sol est de nature karstique (Fig. 6.8). L'eau, chimiquement acide, dissout la roche calcaire et s'infiltre rapidement [BAK18] dans le sous-sol pour rejoindre les eaux souterraines protégées qui s'écoulent rapidement vers l'aval. Il n'y a donc pas de possibilités de pompage. Leur stratégie consiste à stocker un maximum d'eau de pluie possible expliquant l'importante taille de ses réservoirs [VAN16].

Les gardiens sont confiants pour l'avenir. Le fait qu'ils ne puissent pas se procurer de l'eau par une autre méthode joue-t-il dans leur jugement ? Car comme nous l'avons vu dans le chapitre « contexte », la fréquence des précipitations va, dans le futur, devenir davantage espacée, tandis que l'intensité des précipitations sera plus forte. Est-ce qu'ils pourront toujours se baser

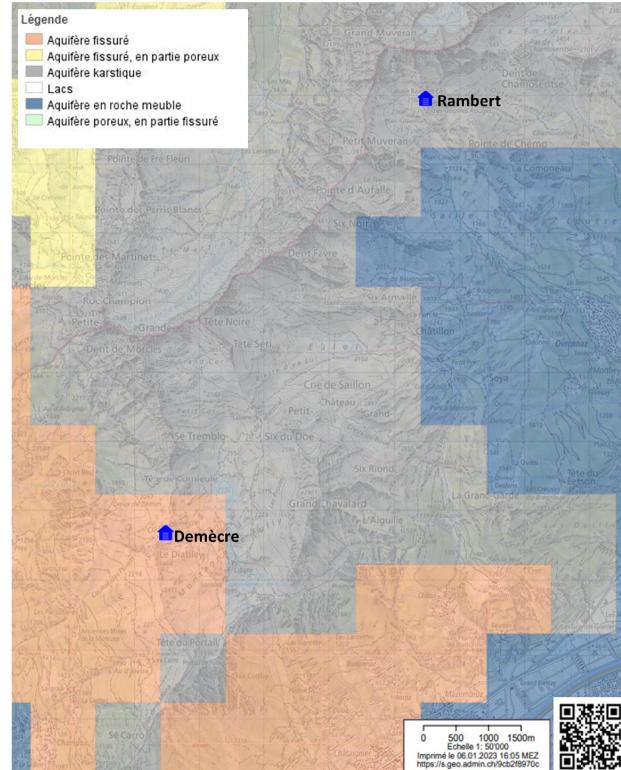


Figure 6.8: Carte montrant les aquifères, roche poreuse contenant des eaux souterraines en circulation, dans la région du grand Muveran. La cabane de Rambert se situe sur un aquifère karstique. Celle de Demècre est placée sur un aquifère fissuré. (source : <https://map.geo.admin.ch>)

2016). De plus, pour la cabane Rambert, le sol est de nature karstique (Fig. 6.8). L'eau, chimiquement acide, dissout la roche calcaire et s'infiltre rapidement [BAK18] dans le sous-sol pour rejoindre les eaux souterraines protégées qui s'écoulent rapidement vers l'aval. Il n'y a donc pas de possibilités de pompage. Leur stratégie consiste à stocker un maximum d'eau de pluie possible expliquant l'importante taille de ses réservoirs [VAN16].

sur leurs réservoirs ? Faudra-t-il les agrandir ? Ces questions restent pour l'instant ouvertes.

### Pompage dans un aquifère

En hydrologie, les eaux souterraines sont définies comme les eaux qui remplissent complètement les vides du sous-sol – Pores, fissures, cavités –. Alimentées par l'infiltration dans le sous-sol des précipitations et des eaux superficielles<sup>1</sup>, les eaux souterraines saturent les roches formant alors des aquifères. Il existe trois types d'aquifères selon les caractéristiques de la roche – Meuble, karstique ou fissurée – (Fig. 6.9). Les roches meubles, comme le sable ou le gravier, sont formées par des sédiments non cimentés entre eux. Ces roches sont friables car rien ne lie les grains ensemble. Les roches karstiques se caractérisent par des réseaux tridimensionnels de crevasses, de conduits et de grottes [BRU04]. Ces réseaux se créent à cause de l'eau qui dissout, par des propriétés chimiques, des roches comme le calcaire ou la dolomie [BAK18]. Les roches fissurées prennent naissance soit par une déformation des roches due aux mouvements des plaques tectoniques ou soit par une altération des roches [SCH22].



Figure 6.9: *Schéma des trois types d'aquifères différents [BRU04]*.

Dans des aquifères en roches meubles, l'eau souterraine circule dans les pores définis comme les interstices entre les sédiments. La vitesse d'écoulement est faible, seulement quelques mètres par jours. La structure et la granulométrie<sup>2</sup> variées fait que la capacité de stockage de ces aquifères est très irrégulière.

Dans les régions karstiques, les cours d'eau de surface sont presque inexistant. L'eau s'infiltra directement dans le sol, dans ce réseau de crevasses, de conduites et de grottes. L'eau occupe l'espace vide et forme alors un aquifère

<sup>1</sup>Les eaux superficielles sont les eaux de surface, directement en contact avec l'atmosphère. Les lacs et les cours d'eau sont des eaux superficielles [BRU04].

<sup>2</sup>Etude de la taille des sédiments [FO01].

karstique. Ces aquifères sont très sensibles aux précipitations. En période de fortes pluies, la vitesse d'écoulement est rapide tandis que durant les périodes de sécheresse ces aquifères peuvent se tarir par l'absence d'eau.

Pour les aquifères en roches fissurées, l'eau suit les discontinuités ouvertes, diaclases<sup>1</sup>, fractures et joints de stratification<sup>2</sup> qui forment un réseau continu comme nous l'explique Fritz Brühlmann dans son rapport pour l'OFEFP<sup>3</sup>. La vitesse d'écoulement est variable selon la largeur des fissures et la capacité d'emmagasinement de l'eau demeure le plus souvent faible [BRU04].

Les cabanes qui s'alimentent en eau grâce à un aquifère, n'ont alors qu'à pomper l'eau située dans le sous-sol. En revanche, ces établissements sont autant dépendant des précipitations hivernales et estivales alimentant l'aquifère que des caractéristiques hydrologiques de l'aquifère. En effet, selon la taille de l'aquifère, un hiver faible en neige et un été sec ne pourront remplir ce réservoir naturel. De plus, surtout pour les aquifères karstiques, l'eau peut rapidement s'écouler en aval et n'être plus disponible pour la cabane. Un aquifère en roche meuble serait un avantage sur ce point grâce à sa faible vitesse d'écoulement.

La cabane des Marindes, se situant au pied du Vanil Noir, sur des roches calcaires formant un aquifère karstique [VON19], se procure de l'eau de cette manière. Elle n'a jusqu'à lors pas subi de pénurie d'eau. Nous ne pouvons pas expliquer cela de manière formelle. Est-ce dû à la grandeur du bassin versant qui récolte les eaux de pluie pour alimenter l'aquifère ? A la vitesse d'écoulement ? Ou encore parce que l'aquifère a une grande capacité de stockage ? Pour connaître la réponse, il faudrait mesurer et collecter des données plus précises telles que les caractéristiques de l'aquifère.

### Captage d'eau de source

Une source se définit comme l'endroit où l'eau jaillit naturellement du sol [WIK22]. Cette eau provient d'un réservoir naturel et souterrain, un aquifère. L'eau qui émerge est définie comme de l'eau souterraine. Les sources présentent alors les mêmes caractéristiques que les aquifères expliquées au point précédent. Elles offrent cependant l'avantage qu'un pompage n'est pas une nécessité pour autant qu'elles se trouvent en amont du point de consommation.

Les cabanes puisant l'eau de source sont par conséquent également dépendantes des conditions météorologiques estivales et hivernales. Si les précipitations annuelles sont faibles, les aquifères peuvent se retrouver asséchés, et la source se tarit. La gardienne de la cabane de Susanfe, au pied des Dents du

<sup>1</sup>Cassure de roches ou de terrains sans déplacement des parties séparées [FO01].

<sup>2</sup>Un joint de stratification est une discontinuité séparant deux couches de même nature [FO01].

<sup>3</sup>Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

midi, nous explique qu'elle a vécu cette situation à plusieurs reprises, notamment pendant l'été 2022 particulièrement sec. Dans la région de Susanfe, nous retrouvons de la roche calcaire qui constitue alors un aquifère karstique. Dans les Préalpes Fribourgeoises, au pied du Vanil Noir, à Bounavaux, le calcaire domine également tout en créant un aquifère karstique [SWI22]. Cependant, la cabane de Bounavaux n'a jamais vu l'épuisement de sa source. Nous pouvons donc émettre l'hypothèse que l'aquifère de Bounavaux est de volume plus important que celui de Susanfe. Ceci expliquerait pourquoi la source de Bounavaux ne s'est jamais tarie. La disponibilité en eau est plus grande à Bounavaux qu'à Susanfe.

Pour le futur, la gardienne de Susanfe pense que la situation va devenir critique, notamment avec l'espacement des précipitations. Elle veut rénover sa cabane et placer de plus grands réservoirs. Les exploitants de la cabane de Bounavaux n'émettent pas de prédition sur l'avenir de son approvisionnement en eau.

### Pompage dans un lac

La cabane des Becs de Bosson, située sur une crête, se procure de l'eau en pompant celle d'un lac. Elle est l'unique cabane interrogée à utiliser ce système-là. Dans la région, aucun glacier ne s'y trouve et les névés ne persistent pas dans la saison. Néanmoins, trois petits lacs résident en contre-bas de la cabane (Fig. 6.10). En début de saison, ils récoltent les eaux de fonte des névés puis, lors de l'été, ils récoltent les ruissellements des précipitations sur le flanc de la montagne. La cabane a investi dans un système de pompage pour remonter, de 140 mètres de dénivélés positifs, l'eau jusqu'à ses réservoirs. Avant 2022, son installation était défaillante, elle a eu des problèmes techniques pour s'approvisionner. Toutefois, son système est maintenant rénové, et l'été 2022 s'est passé sans encombre malgré la sécheresse, comme nous l'indiquent les gardiens de la cabane.

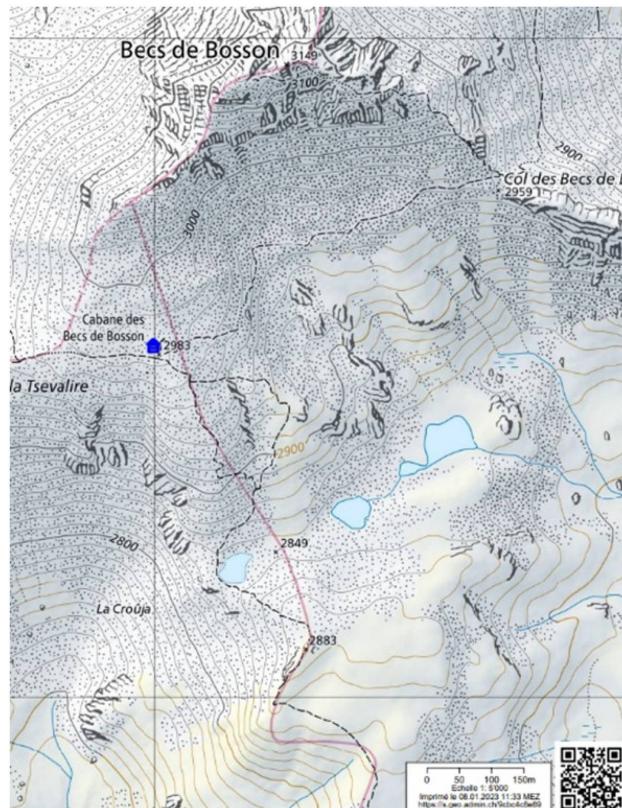


Figure 6.10: *Carte montrant les alentours de la cabane des Becs de Bosson, pictogramme bleu. Les trois petits lacs sont au centre de l'image (source <https://map.geo.admin.ch>)*

103

Pour les années futures, les prédictions faites par les gardiens sont pessimistes. En effet, hormis la dépendance aux précipitations hivernales et estivales, les températures nuisent à la pérennité de son système d'approvisionnement en eau. Comme nous l'avons vu dans le chapitre « contexte », dans le futur, le volume du manteau neigeux accumulé durant l'hiver sera plus faible tandis que les précipitations s'espaceront durant les périodes estivales. Les lacs auront ainsi moins d'eau à récolter. Parallèlement, la hausse des températures va augmenter l'évaporation des sols, des plans d'eau et des végétaux. Selon le projet de recherche Hydro-CH2018 mené par l'OFEV<sup>1</sup>, d'ici la fin du siècle, les scénarios hydrologiques montrent un accroissement de l'évaporation moyenne de 10%, ce qui se traduira par la perte d'un millimètre d'eau par jour pendant l'été, ceci sans mesures pour lutter contre le réchauffement climatique [SCH21]. A terme, cela va conduire à un assèchement des sols et des plans d'eau. Selon les conditions climatiques, la cabane ne pourra alors plus pomper l'eau de ses lacs si ces derniers s'assèchent.

### **Comparaison entre rustique et moderne**

Les gardiens, à travers notre enquête, devaient évaluer la modernité de leur cabane sans critères établis par notre part. Cette notion nous informe indirectement sur le niveau du confort proposé aux clients : un accès à des sanitaires, à des douches ou à de l'eau potable. Elle nous indique également l'état des infrastructures : une rénovation récente, la présence d'un lave-vaisselle ou encore si les conduites sont en bon état. Dans une cabane dite moderne, le client s'attend à un confort plus élevé pouvant nécessiter l'utilisation d'une plus grande quantité d'eau que dans une cabane rustique. On peut alors s'attendre à ce que les établissements modernes soient davantage exposés aux risques de pénurie d'eau à cause d'une consommation en eau plus élevée.

Onze gardiens évaluent leur établissement comme rustique alors que seulement six les mentionnent comme modernes. Sur ces 11 cabanes rustiques, 6 d'entre elles ont subi des pénuries d'eau, soit plus de la moitié. Ces 6 cabanes s'alimentent soit en captant l'eau de fontes des glaces (2 cabanes), soit par eau de fontes des neiges éternelles (3 cabanes), soit en puisant l'eau d'une source (1 cabane). En revanche, uniquement 2 cabanes dites modernes ont fait face à des pénuries, soit un tiers. L'une, la cabane de Chanrion, puise l'eau d'une source et l'autre, celle des Becs de Bosson pompe l'eau d'un lac. Sur ce constat, l'hypothèse d'un risque de pénurie plus élevé pour les cabanes modernes peut être révoquée.

Certes la consommation en eau peut être plus importante mais, comme mentionné, la modernité peut aussi améliorer les infrastructures de la cabane les rendant moins consommatrices en eaux ou plus efficaces. La cabane des Becs de Bosson illustre bien ces propos (voir point précédent). De plus, à la

<sup>1</sup>Office fédéral de l'environnement

suite d'une rénovation, le système d'approvisionnement en eau d'une cabane est repensé et adapté par rapport à ses besoins. La cabane de Chanrion est un bon exemple. Sa rénovation a permis de changer la place de son captage ce qui lui permet maintenant d'éviter les pénuries.

Les cabanes rustiques n'ont pas vu leur système d'approvisionnement évoluer avec le temps bien que le changement climatique modifie les Alpes. Même si les cabanes rustiques offrent moins de confort, leurs installations sont vieillissantes et ne répondent plus à leurs besoins. Les cabanes captant l'eau de fonte des névés voient le volume d'eau disponible se réduire d'année en année (voir le second point) alors que leur consommation reste identique. La cabane de Susanfe, également rustique, a vu sa source se tarir. Les modifications du régime des précipitations en sont peut-être la cause. Son système d'approvisionnement n'est plus adapté à ses besoins. Le refuge Pierredar et la cabane de Plan Névé, toutes deux dites rustiques et se procurant de l'eau de fonte d'un glacier, nous expliquent que leurs pénuries étaient du domaine technique engendrées par leurs installations vieillissantes. Certaines de leurs conduites étaient bouchées ou leurs grilles de captages étaient obstruées.

En conclusion, les cabanes modernes sont plus aptes à éviter les pénuries que les cabanes rustiques. Le confort y est plus élevé mais leurs installations sont appropriées à la situation climatique actuelle et à leurs besoins. Inversement, les infrastructures et les systèmes d'alimentations des cabanes rustiques sont devenus inadéquats face aux changements climatiques et à leurs consommations. La modernisation des cabanes est-elle la solution pour faire face aux pénuries ?

## Etude de cas : Cabane Bertol

### Situation géographique

Au fond du Val d'Hérens, le col de Bertol relie le Val d'Arolla avec le Val de Ferrière. Ce passage est très fréquenté, aussi bien en été qu'en hiver, en raison de l'itinéraire de la Haute Route reliant Chamonix à Zermatt ainsi que celui de la célèbre course de la Patrouille des Glaciers. A cet endroit, perchée sur un éperon rocheux du Clocher de Bertol, la cabane du même nom domine le paysage tel un phare guidant les alpinistes (Fig. 6.11). Pour atteindre la porte de cet établissement culminant à 3311 mètres d'altitude, il faut, depuis le col, gravir 50 mètres d'échelons adossés au rocher. Après ce dernier effort vertigineux, le spectaculaire panorama nous offre une belle récompense. A l'Est, la Dent Blanche, le Cervin, la Dent Hérens, et Tête Blanche se dévoilent au-dessus de la mer de glace formée par le glacier du Mont Miné et celui de Ferrière. Tandis qu'à l'Ouest, sur l'autre versant de la vallée d'Arolla, nous pouvons apercevoir la cabane des Vignettes posée au-dessus d'un contrefort du Pigne d'Arolla.



Figure 6.11: *La cabane Bertol, au centre de l'image, sur son éperon rocheux. Le Clocher de la cabane, aussi appelé clocher de Bertol, à gauche, et le col de Bertol à droite. Au fond, Tête Blanche (Source : Photo de Stéphane Schenk).*

### Siuation climatique

Météosuisse ne mesure pas sur place les informations météorologiques de la cabane Bertol. Pour obtenir des données, Météosuisse utilise des stations voisines, telles que celles d'Arolla ou de Zermatt, associées au modèle numérique COSMO<sup>1</sup> [MET23d].

Étant donné son altitude, 3311 mètres, la cabane Bertol est exposée à des températures relativement basses durant toute l'année. Selon les données de MétéoSuisse, la norme<sup>2</sup> des températures varie entre  $-12.2^{\circ}\text{C}$  et  $-10.1^{\circ}\text{C}$  au cours des mois de janvier, février, mars. Tandis que pendant les mois de juin, juillet, août, la même norme fluctue entre  $3.4^{\circ}\text{C}$  et  $5.2^{\circ}\text{C}$  [MET23a]. Cependant, comme nous l'avons vu dans précédemment, les températures sont dans une tendance au réchauffement. La norme devrait alors évoluer vers des températures plus hautes, ce qui impacterait la forme des précipitations – neige ou pluie – ainsi que la vitesse de fonte de la neige, de la glace et du pergélisol. De basses températures en hiver sont essentielles pour la création de la neige, qui pourra s'accumuler et former un stock d'eau afin d'alimenter la cabane au cours de la période estivale.

Quant aux précipitations, elles varient soit par leur quantité, soit par leur

<sup>1</sup>Consortium for Small-scal Modeling

<sup>2</sup>Valeurs moyennes mesurées sur une période de 30 ans [MET23b].

forme – solide ou liquide –. La norme des précipitations se situe entre 67 mm et 78.8 mm en janvier, février, mars. Durant les périodes de juin, juillet, août, la norme se trouve entre 114.2 mm et 122.1 mm [MET23a]. Les précipitations hivernales sont donc plus faibles que durant la période estivale. Les météos orageuses, survenant en été et apportant de grandes quantités d'eau, justifient sans doute cette différence. Toutefois, MétéoSuisse nous indique que les précipitations hivernales sous forme liquide sont en augmentation depuis le début des mesures en 1864 [MET23c]. En parallèle, MétéoSuisse nous rapporte ce constat sur les précipitations sous forme solide: « *Les chutes de neige sont aujourd'hui plus rares et la neige reste moins longtemps au sol en de nombreux endroits que dans les années 1960* » [MET23c]. Cette constatation a un impact sur la formation des névés, qui sont une source d'eau importante pour les cabanes.

A Bertol, il ne faut pas oublier un phénomène climatique : le vent. Étant donné sa situation géographique – pour rappel, la cabane est située sur une crête à proximité d'un col –, elle est fortement exposée aux rafales. Nous le verrons par la suite : ceci à une conséquence quant à son alimentation en eau. Aucune donnée concernant le vent ne figure dans la base de données de MétéoSuisse pour la cabane Bertol.

L'ensoleillement vient renforcer les conséquences des hautes températures : fonte des névés ou de la glace, et du pergélisol. A Bertol, la norme d'ensoleillement la plus faible est enregistrée durant le mois de décembre, 116.4 h. Alors que durant le mois de juillet, elle atteint 194.8 h, ce qui fait une moyenne de 6.2 h par jour [MET23a]. Un fort ensoleillement reste, malgré ses désavantages, important pour la production électrique issue des panneaux solaires de la cabane.

## Histoire

Il y a 135 ans, en 1888, l'histoire de la cabane Bertol débute. Un des guides de la vallée d'Arolla, Joseph Quinodoz, suggère une construction au col de Bertol aux membres de la section neuchâteloise qui séjournait dans la vallée. Grâce aux dons de M. Carl Russ-Suchard, second directeur de l'entreprise agroalimentaire neuchâteloise Suchard, les plans de cette nouvelle construction ont été conçus et présentés à Genève lors de l'exposition nationale de 1896. Le col de Bertol étant couvert de glace, Monsieur Victor Attinger a émis l'idée d'installer cette bâtie sur le clocher de Bertol. Les travaux s'achevèrent le 7 août 1898. La cabane était entièrement construite en bois et comportait une seule pièce faisant office de cuisine, de réfectoire et de dortoir. C'est pour le confort du gardien qu'après de grandes discussions, le comité central neuchâtelois décida d'agrandir la cabane 15 ans après son inauguration, soit en 1913, selon les plans de Monsieur Eugène Colomb. En raison de la Première Guerre Mondiale et des problèmes d'acheminement des

matériaux au lieu-dit, la cabane fêta son agrandissement uniquement le 20 juillet 1917 (Fig. 6.12) [JEA26].

A la suite de petites rénovations, comme la cuisine en 1923 ou le dortoir en 1935 (ayant alors une capacité de 35 personnes), l'assemblée de la section neuchâteloise approuva à l'unanimité de reconstruire entièrement la cabane. Pour ce faire, en 1972, il mandata l'architecte Zurichois Jackob Eschenmoser, célèbre dans le domaine des constructions alpines, pour imaginer la nouvelle cabane de Bertol. Il proposa un plan polygonal pour le corps principal de la cabane permettant ainsi d'aménager davantage de couchettes avec une plus petite emprise au sol que s'il était rectangulaire (Fig. 6.13). Cette idée innovante séduit le club Alpin de Neuchâtel qui inaugura sa nouvelle cabane le 27 juin 1976.



Figure 6.12: *Photo de la cabane Bertol non daté mais avant 1946. (Source : Club alpin Suisse <https://www.sac-cas.ch>)*

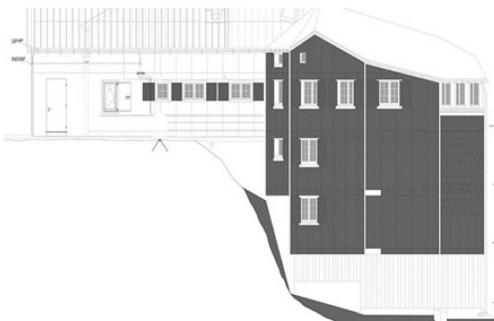


Figure 6.13: *Plan de la cabane Bertol en 1972 imaginé par Jackob Eschenmoser. La partie en gris foncé est la tour polygonal. (Source : Club alpin Suisse <https://www.sac-cas.ch>)*

Fait intéressant, en 1980, la cabane subissait déjà des problèmes quant à son alimentation en eau, son chemin d'accès ainsi que ses toilettes d'où émanaient des odeurs désagréables. Un crédit de 55'000 francs fut voté afin de trouver une solution pérenne pour acheminer l'eau à l'établissement et pour refaire le sentier d'accès. Jusqu'à l'année 1997, les gardiens ainsi que les hôtes se plaignaient toujours de l'odeur provenant des toilettes qui n'avait pas été éliminée. Le comité prit les choses en main. Il décréta le réaménagement des sanitaires avec une rénovation complète de la cabane. Les façades perdirent leurs plaques d'éternit brunes pour accueillir des nouvelles grises. Ces travaux débutèrent en l'an 2000 et ceux-ci furent les derniers pour la cabane jusqu'en 2023 [MON01]. Toutefois, en 2012, l'annexe des toilettes adopta un nouveau système d'épuration [REF22].

## La cabane actuelle

Depuis sa dernière grande rénovation en 2000, la cabane Bertol, une cabane de haute montagne, est composée de deux parties structurelles pouvant accueillir jusqu'à 80 personnes. La première, un rectangle, dispose de deux niveaux. L'étage du haut abrite un dortoir et un local technique muni de réservoirs d'eau afin de créer de la pression au robinet grâce à la gravité. Le rez-de-chaussée est consacré à la cuisine, sous son plancher un réservoir de type « piscine<sup>1</sup> » s'y trouve. La deuxième partie de la cabane est une tour octogonale comprenant 4 niveaux. Elle est principalement dédiée à la clientèle. Le réfectoire est au rez-de-chaussée, puis aux étages -1 et -2, ce sont les dortoirs. Dans les combles sont entreposés les vivres non périssables. L'électricité est fournie par des panneaux solaires, installés sur sa toiture, jumelés à des batteries afin que la cabane soit alimentée en continue même lorsque le soleil ne brille pas. La consommation électrique de la cabane n'est pas excessive car seul le frigo et le congélateur utilisent constamment de l'énergie. Les cuisinières ne sont pas électriques : l'une est au bois et l'autre à gaz. Toutes les denrées alimentaires sont acheminées par les airs car le chemin d'accès est trop escarpé. Quant à la gestion des déchets, les gardiens s'en préoccupent beaucoup : « *L'époque où l'on jetait tout par-dessus bords est fini ! Maintenant, on trie ! Le carton est incinéré sur place, et le reste des déchets est descendu par hélicoptère et finit à la déchetterie d'Evolène.* » (com. Pers.) s'exclame Stéphane Schenk, l'un des deux gardiens de la cabane. Pour des raisons de place et d'odeurs, les toilettes sèches, rénovées en 2012, se trouvent dans une petite annexe avec vue sur la Dent Blanche. L'urine s'écoule par gravité au pied du Clocher, tandis que les excréments finissent dans des sacs avec de la sciure qui, en fin de saison, sont évacués par hélicoptère.

La grande partie des hôtes de la cabane suivent l'itinéraire de la Haute Route. L'étape qui relie la cabane des Vignettes à la cabane Bertol est en majorité de la marche sur glacier en passant par le col de l'Evêque. Le lende-



Figure 6.14: *Vue sur la cabane Bertol et ses échelles côté Arolla. De gauche à droite : Le Clocher de la cabane, La cabane, le col de Bertol. En bas de l'image, le névé du glacier de Bertol.* (Source : Photo de Stéphane Schenk).

<sup>1</sup>Les réservoirs de type « piscine » sont des bassins. Le haut n'est pas couvert.

main, ces alpinistes partent en direction de Zermatt, gravissant Tête Blanche et effectuant ainsi encore une fois de la marche sur glacier. La clientèle à la journée monte 1300 mètres de dénivelé positif depuis Arolla. Par cet itinéraire, il n'y a que 20 mètres à faire sur le glacier de Bertol. Ce glacier est situé au pied des échelles de la cabane, mais malheureusement, sa taille a fortement diminué à cause du réchauffement climatique (Fig. 6.14).

### L'accès en ressource hydrique

*« Pour finir sa saison, la cabane Bertol doit faire très attention à sa consommation en eau si les conditions climatiques ne sont pas favorables – peu de précipitations et de fortes températures – comme durant l'été 2003, ou plus récemment, celui de 2022 »* (com. Pers.) nous explique le gardien de la cabane Stéphane Schenk. La cabane fait face à un paradoxe. Elle est entourée de glaciers, de l'eau sous forme solide, mais, elle en manque. La raison principale de cette absence est simple à comprendre : la cabane est située 50 mètres plus haut de toute cette ressource hydrique qui, pour l'instant, est abondante. Mais alors, par quel moyen la cabane se procure-t-elle de l'eau ?

Pour s'alimenter en eau durant la période estivale, l'établissement peut compter sur deux sources différentes que nous allons détailler et dont nous évoquerons les problématiques distinctes.

1. Premièrement, la cabane récolte l'eau de pluie tombant sur son toit. Malgré ses 100 m<sup>2</sup> de toiture, cette méthode est peu efficace par fortes rafales de vent. En effet, vu sa position sur une crête, et sa proximité avec un col, la cabane est très soumise aux vents puissants qui balayent alors la pluie par-dessus son toit. De plus, ce moyen d'approvisionnement dépend totalement des précipitations. S'il ne pleut pas, il n'y a pas d'eau qui finit dans les réservoirs de la cabane.
2. Pour être alors moins dépendante de la météo, la cabane complète son alimentation avec un captage d'eau de fonte d'un névé. Malheureusement, encore une fois à cause de l'emplacement de la cabane, les ingénieurs n'avaient pas beaucoup de possibilité pour choisir le névé. Le plus proche est situé sur la face sud de la pointe de Bertol (Fig. 6.15). Son orientation n'est pas optimale : le soleil tape très vite dessus, ce qui a pour conséquence d'engendrer sa fonte rapide. De plus, sa position est compliquée d'accès. Les ingénieurs ont imaginé un tuyau de 300 m de long reliant la cabane au captage. Il longe la paroi du clocher de la cabane puis passe au-dessus du vide sur 60 m, puis relonge toute la face sud de la dent de Bertol (Fig. 6.16). Une pente, en moyenne de 20%, assure l'écoulement de l'eau jusqu'à la cabane. L'itinéraire de la conduite l'expose à des chutes de pierres devenant de plus en plus fréquentes en raison de la fonte du pergélisol. En outre, il existe le

risque qu'une pierre casse la conduite ou que les rochers se détachent de la paroi viennent obstruer la grille du captage (Fig. 6.17). Seuls des guides peuvent venir la nettoyer car son accès s'effectue en escaladant une paroi relativement exposée. Cette même grille ne retient pas les sédiments. Ils passent alors dans la conduite et viennent la boucher au niveau du pont (en vert sur la Fig. 6.16) parce que le tuyau s'est détaché sur un mètre et forme un « u » vers le bas (Schenk com. Pers.) De nouveau, ce système d'approvisionnement est dépendant des conditions météorologiques. En hiver, les chutes de neige s'accumulent pour constituer un névé. A cette altitude, des chutes de neiges peuvent survenir en été. Elles regénèrent alors le névé. S'il pleut, l'eau va simplement ruisseler sur la paroi et finir dans le captage. La hausse de températures, cumulées à l'ensoleillement, ont pour impact l'accélération de la fonte du névé ainsi que l'augmentation des chutes de pierres endommageant possiblement l'infrastructure.



Figure 6.15: *Face sud de la pointe de Bertol. En rouge, zone d'accumulation de la neige formant le névé qui alimente le captage de la cabane. Montre l'état du névé en début juillet 2022 (Source : Photo de Stéphane Schenk)*



Figure 6.16: *Conduite d'eau reliant le captage à la cabane. Sur la gauche, la cabane avec l'annexe des toilettes. En rouge, la conduite sous le clocher de la cabane. En vert, la partie aérienne de la conduite(60m). Et en bleu, le dernier tronçon du tuyau qui est fortement exposé aux chutes de pierre et difficile d'accès. (Source : Photo de Dan Morand 2014)*

Afin d'avoir de l'eau constamment et être moins dépendante de la météo, la cabane Bertol dispose d'une capacité de stockage de 18'000 litres d'eau. Ces réservoirs jouent le rôle de tampon entre la consommation et l'approvisionnement. Ils sont répartis dans trois endroits distincts de l'établissement.

Le réservoir de type « piscine » de la zone n°1, située sous le plancher de la cuisine, récolte l'eau venant du captage et celle du toit rectangulaire. Lorsqu'il est plein, l'eau part dans le réservoir de la zone n°2 (conduite violette sur Fig. 6.18). La zone n°2 est donc alimentée par le trop-plein de la zone n°1 mais aussi par l'eau tombant sur la partie de la toiture octogonale. Lorsque cette zone est pleine, l'eau est soit perdue car tous les réservoirs de la cabane sont pleins (conduite brune sur Fig. 6.18), soit pompée afin de remplir la zone n°1 (conduite violette sur Fig. 6.18). La zone n°1, au moyen d'une pompe, distribue également l'eau dans la zone n°3 (conduite rose sur Fig. 6.18). Cette zone n°3 est située en-dessus de la cuisine afin de créer de la pression dans la conduite rouge alimentant le seul robinet de la cabane qui se trouve dans la cuisine (Fig. 6.18). Les deux pompes sont gérées manuellement par le gardien de la cabane. Ils sont responsables de la gestion de l'eau. Si la cuisinière à bois fonctionne, l'eau contenue dans la zone n°3 est chauffée (Schenk, com. pers.).

Cependant, le rôle tampon est optimal jusque dans une certaine mesure. Il peut y avoir de la perte. Un début de saison chaud a comme conséquence de faire fondre rapidement le névé. L'eau est alors stockée dans les réservoirs. Mais une fois le réservoir plein, l'eau est perdue. Pour synthétiser, il peut y avoir une quantité abondante d'eau en début de saison et ne plus rien rester en fin de saison si la gestion est mauvaise. A noter qu'en 2022, le névé avait intégralement disparu dès le mois de juillet, qui a été très chaud et sec. Heureusement, quelques épisodes pluvieux pendant le mois d'août ont rempli les réservoirs et assuré la fin de saison (Schenk, com. pers.).

### Solutions actuelles et futures afin d'éviter les pénuries

La cabane Bertol doit faire constamment attention à ses réserves en eau. « *Même si les réservoirs sont pleins et qu'il annonce de la pluie, ce n'est pas une raison pour faire couler l'eau pendant la vaisselle* » s'exclame Stéphane

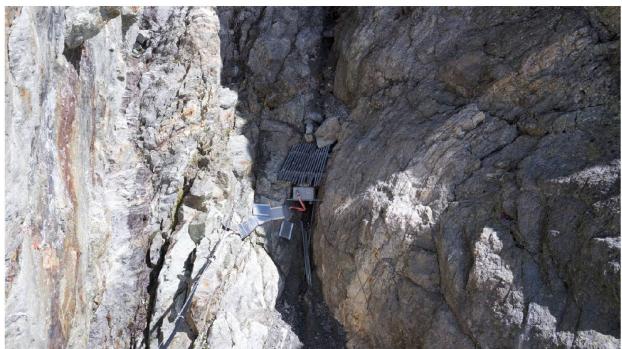


Figure 6.17: *La grille du captage* (Source : Photo de Stéphane Schenk).

Figure 6.17: *La grille du captage* (Source : Photo de Stéphane Schenk). (Source : Photo de Stéphane Schenk). Les réservoirs de la cabane sont pleins (conduite brune sur Fig. 6.18), soit pompée afin de remplir la zone n°1 (conduite violette sur Fig. 6.18). La zone n°1, au moyen d'une pompe, distribue également l'eau dans la zone n°3 (conduite rose sur Fig. 6.18). Cette zone n°3 est située en-dessus de la cuisine afin de créer de la pression dans la conduite rouge alimentant le seul robinet de la cabane qui se trouve dans la cuisine (Fig. 6.18). Les deux pompes sont gérées manuellement par le gardien de la cabane. Ils sont responsables de la gestion de l'eau. Si la cuisinière à bois fonctionne, l'eau contenue dans la zone n°3 est chauffée (Schenk, com. pers.).

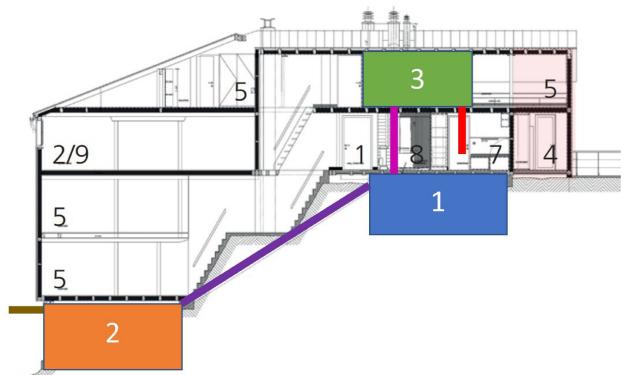


Figure 6.18: *Schéma des réservoirs de la cabane* (Source de l'image du fond : Guide de construction du CAS).

Figure 6.18: *Schéma des réservoirs de la cabane* (Source de l'image du fond : Guide de construction du CAS).

Schenk (com. Pers.). Comme nous l'avons vu, il est nécessaire de penser une gestion à long terme afin d'éviter une pénurie. Hormis la capacité des gardiens à assurer cette gestion de l'eau, ceux-ci mettent en place plusieurs petites solutions afin de l'économiser. L'utilisation de l'eau est restreinte au strict minimum. Les clients n'y ont pas accès. Le seul robinet se trouve à la cuisine. L'eau de vaisselle est utilisée le plus longtemps possible avant d'être jetée, et ils essayent de réutiliser l'eau plusieurs fois – par exemple, celle des pâtes finit en eau pour la vaisselle –. Les toilettes sèches renforcent leurs efforts d'économie.

En cas de pénurie, Stéphane Schenk ne propose qu'une solution : la fermeture. « *Se ravitailler en eau par hélicoptère n'est pas viable sur le long terme. Ce n'est qu'une solution de dépannage si nous sommes à sec et qu'il annonce de la pluie dans deux jours* » affirme-t-il.

Les prédictions pour le futur sont assez mauvaises. La cabane est déjà isolée et peu fournie en eau. Jean-Marc Schouller, préposé de la cabane, s'exclame au micro de l'émission Vacarme de la RTS : « *Ce serait ridicule de considérer... ça fond, on ne fait plus rien. Non, ça fond, on trouve d'autres solutions !* » [RTS21]. Ces autres solutions ne sont pas nombreuses. En voici quelques-unes :

- La plus simple, la moins coûteuse et la plus rapide à exécuter serait d'agrandir les réservoirs. Cependant, la cabane est déjà à l'étroit sur un éperon rocheux, et cette solution ne garantit pas un approvisionnement constant. La cabane resterait dépendante des ressources en eau actuelles. Toutefois, cette idée aurait comme effet d'améliorer la gestion de l'eau (effet tampon).
- Une deuxième solution serait de prolonger la conduite du captage jusqu'au glacier de l'Aiguille situé derrière la pointe de Bertol, direction aiguille de la Tsa (Fig. 6.20). Cette idée est déjà plus prometteuse. Néanmoins, elle reste en proie aux chutes pierres et à un entretien compliqué.
- Nous pouvons énumérer une troisième solution qui consisterait à résoudre le paradoxe de Bertol. Il serait possible de pomper l'eau du glacier du Mont-Miné ou de Bertol, situés tous les deux 50 mètres en contrebas de la cabane. Ce système demanderait une infrastructure complexe moyennant une pompe qui, pour Stéphane Schenk, consommerait beaucoup trop d'électricité en comparaison à la production journalière de ses panneaux solaires. Cette idée reste toutefois dans un coin de sa tête car, avec les progrès techniques, il est possible qu'une pompe moins consommatrice sorte sur le marché (com. Pers.).
- En s'inspirant des travaux menés par l'Université Pontificia Universi-

dad Catolica de Chile et l'ONG Canadienne FogQuest, une quatrième solution pourrait être mise en place. Dans le désert d'Atacama, depuis 1998, les chercheurs se sont inspirés des végétaux, qui arrivent à capter les particules d'eau présentes dans l'air, pour développer une nouvelle méthode d'alimentation en eau. Cette méthode consiste à récolter l'eau présente naturellement dans les nuages au moyen de filets tendus positionnés à la verticale (Fig. 6.19). Les nuages, poussés par le vent, se heurtent dans les filets. Les mailles capturent les particules d'eau qui coulent sous l'effet de la gravité jusqu'à une gouttière avant d'être acheminées dans un réservoir. Selon leur calcul, au désert d'Atacama, à Alto Pataches, un mètre carré de filet procure en moyenne annuelle 8 litres d'eau par jour. Cette méthode a déjà séduit de nombreuses communautés à travers le monde comme au Guatemala, au Népal et au Pérou où les filets alimentent directement la population locale en eau douce. Pour une fois, la topographie des alentours de la cabane Bertol serait un avantage. Comme mentionné avant, la cabane se situe à côté d'un col où les nuages se regroupent, coincés par les sommets environnants, et où le vent souffle fort. Pour discerner le potentiel d'une telle installation à Bertol, il faudrait étudier les conditions climatiques locales sur de nombreuses années. En utilisant un neblinomètre<sup>1</sup>, les quantités d'eau recueillies par les filets pourraient être estimées selon les années, les périodes et les jours. Cette méthode est peu coûteuse et facile d'installation [LOW20]. Quoi qu'il en soit, il faudrait en vérifier la faisabilité à cette altitude notamment en raison des basses températures engendrant du gel même durant l'été.

Les discussions sont en cours au sein de la section neuchâteloise du Club Alpin Suisse. La cabane va subir des travaux de rénovation durant l'automne 2023 dans le but de la remettre au goût du jour. La question de l'approvisionnement en eau, figurant pourtant au centre des débats, ne sera pas résolue. Les transformations ne sont pas prévues de ce côté-là (Schenk, com. pers.).

Nous constatons encore un point important. En comparaison à d'autres cabanes du CAS, la capacité d'approvisionnement en eau de la cabane Bertol est faible par rapport à sa taille. Plus une cabane accueille de personnes, plus elle doit consommer d'eau pour satisfaire les besoins de cette clientèle. La cabane Bertol fait partie des grandes cabanes interrogées durant notre enquête. La cabane des Vignettes, celle du Wildhorn et celle du Grand Mounet font également parties de cette section. Seul Bertol et Wildhorn, toutes deux alimentées par l'eau de fonte d'un névé et l'eau de pluie tombant sur leur toit, ont eu des problèmes d'alimentation pendant ces dernières années.

<sup>1</sup>Appareil mesurant la quantité d'eau en suspension dans l'air.

Pour éviter des pénuries d'eau, il faut l'économiser. Dans ce but, ces cabanes pourraient réduire leur capacité d'accueil. La cabane Bertol possède une capacité de 80 personnes, mais actuellement, elle ne prend que 60 personnes au maximum par nuit. Des quantités d'eau importantes sont alors conservées en sachant que pour 10 nuitées, elle consomme approximativement 75 litres d'eau selon le calcul des gardiens. La cabane Bertol est un laboratoire sur le sujet de la gestion de l'eau. Si les autres cabanes présentant des difficultés d'approvisionnement en eau s'inspiraient de cette idée de réduction d'accueil, elles pourraient effectuer leur saison estivale plus sereinement. Cette solution présente néanmoins un désavantage financier important : une nuitée plein tarif avec demi-pension rapporte 91.- à la cabane Bertol sans les charges et le loyer. Ce prix est fixé par la section neuchâteloise, propriétaire de l'établissement. Réduire la capacité d'accueil peut potentiellement prolonger la durée d'ouverture lors de périodes climatiques compliquées, comme l'été 2003 ou 2022, mais réduire les bénéfices financiers.



Figure 6.19: Attrapes nuages, ou filets à nuages, du centre de recherche dans le désert d'Atacama (source : [https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Attrape\\_Nuages#](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Attrape_Nuages#))

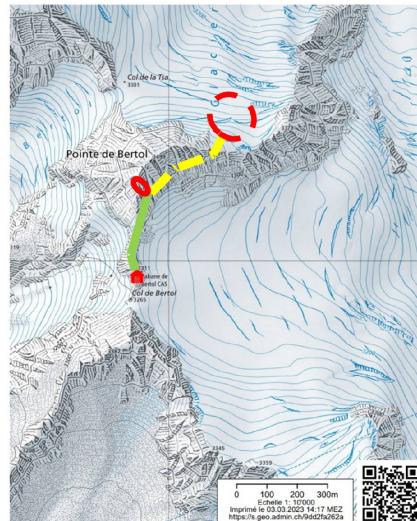


Figure 6.20: Carte de la région de Bertol. Pictogramme rouge, cabane Bertol. En vert, conduite du captage actuelle (voir également figure 18). Rond rouge, zone de captage actuelle (voir également figure 19). En jaune traitillé, le projet de prolongation de la conduite pour atteindre une nouvelle zone de captage, la zone rouge traitillée. (source fond de carte : <https://map.geo.admin.ch>

## Comparaison avec d'autres constructions alpines

Après avoir établit la situation des cabanes de montagne, il est intéressant de la comparer à d'autres constructions alpines. En effet, dans nos montagnes, il n'y a pas que les cabanes de montagne qui sont isolées et doivent trouver des solutions pour se procurer de l'eau de manière pérenne face aux tendances climatiques. Les alpages se confrontent au même défi. Cependant leur consommation en eau par jour est nettement plus élevée que les cabanes de montagne. Selon le rapport de 2009 écrit par Jean-Luc Sautier, ingénieur du génie rural, une vache consomme par jour plus 100 litres d'eau en conditions sèches [SAU09]. En reprenant les estimations des gardiens de la cabane Bertol, 7.5 litres d'eau pour une nuitée, il est évident que les alpages doivent se procurer une plus grande quantité d'eau pour subvenir à leurs besoins que les cabanes de montagne.

Pour s'alimenter en eau, les alpages disposent des mêmes méthodes que les cabanes à la différence de celle du captage de l'eau de fonte d'un glacier qui est impossible en raison de leur emplacement à de plus basses altitudes. Chaque établissement s'approvisionne avec des moyens propres à leur situation géographique et à l'environnement qui les entoure [SAU09]. Les réservoirs sont également primordiaux pour garantir une disponibilité de l'eau et ainsi ne pas être dépendant des conditions météorologiques. De cette manière, les systèmes d'approvisionnement en eau des alpages devant fournir de plus grand volume d'eau se heurtent aux mêmes problèmes que ceux des cabanes de montagnes.

Les solutions mises en place par les agriculteurs pour relever ce défi d'alimentation en eau sont nombreuses, variées, et parfois similaires à celles proposées pour la cabane Bertol.

- Certaines visent à augmenter l'eau disponible. Des agriculteurs vont chercher l'eau dans un périmètre plus vaste en mettant en place des captages et des conduites. D'autres agriculteurs l'amènent directement par tracteurs ou font appel à l'hélicoptère en cas d'accès routier inexistant. Ces deux solutions ne sont pas pérennes dans le temps car le problème du manque d'eau n'est que repoussé.
- Des solutions impactent le stockage de l'eau en agrandissant les réservoirs ou en créant des mares naturelles afin de récolter les eaux de ruissellement. Ces agriculteurs veulent accroître leur capacité tampon entre l'approvisionnement et la consommation. De la même manière que pour les cabanes, ces solutions fonctionnent tant que le système d'approvisionnement permet de remplir les réservoirs.
- Les dernières solutions ne concernent pas l'approvisionnement en eau. Certains agriculteurs décalent la période d'alpage en montant et en de-

scendant plus tôt dans la saison. A l'instar de la cabane Bertol, des alpages limitent l'effectif de bétail pour réduire leur consommation en eau. Au lieu de lutter contre le problème du manque d'eau, ces solutions visent une adaptation face à la situation [RUF23].

En résumé, la situation des alpages est, de manière globale, identique à celle des cabanes de montagnes.

## Conclusion

En guise de conclusion, reprenons les hypothèses formulées en introduction.

La première hypothèse, « les cabanes alimentées par l'eau de fonte des neiges éternelles sont plus susceptibles de souffrir d'une pénurie d'eau que celles alimentées par l'eau de fonte d'un glacier » est confirmée par notre étude. Toutes les cabanes s'alimentant par l'eau de fonte d'un glacier n'ont connu aucun épisode de pénurie durant les dernières années, à l'exemple de la cabane de Prafleuri. Sous l'effet de la hausse des températures, le stock d'eau constitué par la glace se transforme en ressource liquide. L'eau coule en de grandes quantités. Néanmoins, ces cabanes doivent faire attention pour leur avenir car les glaciers fondent et perdent en volume. Lorsqu'ils ne seront plus là, l'eau ne coulera plus, et les cabanes devront trouver d'autres moyens d'approvisionnement. En opposition, cette hausse de températures ne profite pas aux cabanes captant l'eau de fonte des névés. Les névés sont de taille plus faible et fondent dès la sortie de l'hiver. Ces cabanes, comme celle de Bertol, se heurtent alors à des difficultés pour finir la saison estivale de gardiennage.

Notre deuxième hypothèse n'est pas validée par notre étude. Certes la capacité d'accueil impacte la consommation en eau d'une cabane, mais une pénurie dépend plus du système approvisionnement en eau. Les grandes cabanes alimentées par l'eau de fonte d'un glacier, comme celle des Vignettes, n'ont pas de soucis pour répondre à la demande de la clientèle car l'eau coule en abondance. Or, la cabane de Bertol, de taille identique à la cabane des Vignettes, et la petite cabane de la Tsa ont toutes les deux subi des pénuries. Non pas car la clientèle était trop importante mais parce que leur système d'approvisionnement était trop faible. En résumé, cette hypothèse résulte du cas par cas.

Notre analyse ne confirme pas notre troisième hypothèse, celle postulant que les cabanes qui possèdent une source unique présentent des difficultés pour s'approvisionner en eau. Encore une fois, nous concluons qu'il s'agit d'un cas par cas, ce que nous montre la comparaison de Susanfe et de Bounavaux. Si leur unique source est abondante et que leur gestion de l'eau est optimale, il n'y a aucun problème rencontré, à l'image de Bounavaux. De l'autre côté, Susanfe dispose d'une source à faible débit et de petits réservoirs vis-à-vis de

sa taille, ce qui peut expliquer ses difficultés.

La quatrième hypothèse est partiellement confirmée. Détenir de grands réservoirs ne garantit pas d'éviter une pénurie mais fournit une aide appréciable. En effet, les réservoirs sont des outils précieux pour la gestion de l'eau. Ils permettent de la stocker et de la rendre disponible à tout moment. Ils jouent le rôle de tampon entre la consommation et l'approvisionnement. Néanmoins, dans un premier temps, il faut pouvoir les remplir. Cette action est dépendante au système d'approvisionnement utilisé par la cabane.

La cinquième hypothèse traitant de l'influence de l'altitude sur les conditions d'approvisionnement s'avère incorrecte. La cabane Bertol, la plus haute cabane interrogée et entourée de glacier, est privée de toute ressource hydrique abondante. Tandis que certaines cabanes à plus faible altitude n'ont aucun souci d'apport en eau, telle que la cabane de Demècre. De nouveau, cette hypothèse découle de la position topographique par rapport au lieu de prélèvement de l'eau.

Notre dernière hypothèse est confirmée par notre étude. Malgré davantage de confort, pouvant signifier une consommation en eau plus grande, les cabanes modernes sont plus aptes à éviter des pénuries en eau que les cabanes dites rustiques. En effet, leurs systèmes d'approvisionnement sont adaptés à la situation climatique actuelle et dimensionnés par rapport à leurs besoins. En revanche, les installations des cabanes rustiques n'ont pas évolué face au changement climatique ce qui ne leur permet plus de répondre de manière adéquate à leurs besoins. Une question peut alors se poser : Est-ce que la modernisation des cabanes est la solution pour faire face aux pénuries ? Les cabanes de montagne ne sont pas les seules structures alpines devant faire face à des problèmes d'approvisionnement en eau. En effet, les alpages de montagne doivent s'adapter en trouvant des solutions afin d'assurer l'abreuvement du bétail durant la saison estivale. Les hypothèses vérifiées pour les cabanes de montagne peuvent très bien être transposées pour les alpages. Les résultats seront identiques. Ainsi les établissements situés en montagne se confrontent au même défi imposé par les tendances climatiques actuelles et disposent des solutions similaires pour y remédier.

De manière générale, nous concluons que la situation d'approvisionnement en eau des cabanes de montagne durant la période estivale relève du cas par cas et est notamment tributaire de trois facteurs :

1. L'emplacement géographique de la cabane
2. Le type d'approvisionnement en eau
3. La gestion de l'eau au sein de l'établissement

Avec les tendances climatiques actuelles, la plupart des gardiens s'inquiètent pour la pérennité de leur établissement. A l'avenir, des réservoirs seront nécessaires afin de surmonter les périodes de sécheresse engendrées par les irrégularités des précipitations et pour récolter un maximum d'eau issue des intenses épisodes pluvieux. La gestion de l'eau, à l'image de ce que fait la cabane Bertol, devra être appliquée dans les autres cabanes de montagne. La hausse des températures provoquera la nécessité de déplacer certains captages, de prolonger des conduites ou encore de sécuriser les infrastructures des chutes de pierres. En résumé, les gardiens, aidés par le Club Alpin Suisse, devront trouver et investir dans des solutions propres à chaque situation afin de garantir la disponibilité de l'eau dans leur cabane et ainsi éviter la fermeture.

---

## Remerciements

---

Cet état des lieux a pu être dressé grâce à l'aide des gardiens interrogés. Ils ont pris le temps de remplir mon questionnaire ce qui m'a permis d'obtenir des informations exactes et sûres. Pour cette raison, je leurs adresse mes sincères remerciements.

De plus, je souhaite faire mention spéciale à Florence et Stéphane Schenck, les gardiens de la cabane Bertol, qui m'ont engagé sur deux ans. Cette expérience m'a permis d'analyser et de comprendre leur situation en profondeur avec toutes ses complexités.

Je remercie également le Club Alpin Suisse qui est resté à ma disposition pour toutes mes questions durant mon travail. Il m'a notamment fourni de nombreux ouvrages en format PDF.

---

## Annexes

---

<b>Provenance de l'eau :</b>		<b>Pénuries d'eau :</b>	
	Captage glacier	<b>Pénuries vécues</b>  N'a pas eu de pénuries  A subit des pénuries  <b>Risques de pénuries</b>  Risque faible  Risque moyen  Risque élevé  Pas d'avis	<b>Pénuries vécues</b>  N'a pas eu de pénuries  A subit des pénuries  <b>Risques de pénuries</b>  Risque faible  Risque moyen  Risque élevé  Pas d'avis
	Captage névé		
	Eau de pluie		
	Eau de source		
	Eau souterraine		
	Pompage lac		
	Autre		

<b>Taille :</b>		<b>Taille des réservoirs :</b>	
	0-40 lits		0-4'000L
	40-80 lits		4'000-12'000L
	80-120 lits		12'000L-20'000L

Annexe 6.1: *Légende endiquant la signification des divers symboles utilisés sur la carte.*

## Questionnaire sur l'accès à l'eau dans votre cabane

Chères gardiennes, chers gardiens,

Etant en troisième année de gymnase au collège Saint-Michel à Fribourg, je réalise cette année un travail de maturité. Passionné de montagne, j'ai choisi de le consacrer au thème de l'accès à l'eau dans les cabanes de Suisse romande – une thématique qui me semble très actuelle.

Une partie de mon projet consiste à créer une carte recensant les cabanes qui rencontrent des problèmes d'approvisionnement en eau durant l'été et celles qui, au contraire, n'en rencontrent pas.

Si vous aviez la gentillesse de répondre à ces quelques questions, ce sondage me permettrait de catégoriser votre cabane en fonction de divers critères.

D'avance un grand merci pour votre attention et votre temps, qui me seraient d'une aide précieuse,

Je vous souhaite une belle fin de saison, si possible fructueuse en eau,

Corentin Chofflon

- Quelle cabane gardiennez-vous ?
- Quelle est la capacité de votre cabane (nombre de lits)?  
Options: -20 lits à +120 lits.
- D'où l'eau de votre cabane provient-elle?

Options: Eau de pluie, Captage (glacier), Captage (névé), Captage (rivière), Captage (lac), Eau souterraine, Eau de source, Raccordement au réseau communal, Autre

- Quelle est la capacité de vos réservoirs ?

Options: - 4000 litres à +20000 litres

- Faites-vous attention à votre consommation d'eau ?  
Oui/Non
- Estimez-vous que votre cabane est rustique ou moderne ?
- Vos clients, ont-ils accès à l'eau courante ?
- Votre cabane, est-elle équipée de toilettes à eau ou de toilettes sèches ?
- Le Club Alpin Suisse estime la consommation d'eau d'un hôte pour une nuit à 20-25 litres (toilettes sèches). Selon vos observations, cette estimation est-elle correcte ?
- Disposez-vous d'un lave-vaisselle ?
- L'eau du robinet est-elle potable ?
- Comment vous procurez-vous de l'eau potable ?
- De manière générale, perdez-vous de l'eau bêtement (canalisations mal faites, cailloux qui bloquent la grille du captage, fuite du réservoir, chéneaux mal placés, ...)?
- Avez-vous prévus des projets d'amélioration pour l'approvisionnement en eau ?

- Quelles sont vos projets ?
- Hors été 2022, avez-vous déjà rencontré des difficultés pour obtenir de l'eau ?
- Quand et pour quelles raisons ?
- L'été 2022, faisant suite à un hiver peu enneigé, a été particulièrement sec. Avez-vous éprouvé des difficultés d'approvisionnement en eau ?
- Comment avez-vous fait pour surmonter ces difficultés ? Quelles ont été vos solutions ?
- Comment évalueriez-vous le risque d'approvisionnement en eau pour votre cabane d'ici 2030 ?
- Comment évalueriez-vous le risque d'approvisionnement en eau pour votre cabane d'ici 2050 ?
- Comment évalueriez-vous le risque d'approvisionnement en eau pour votre cabane d'ici 2100 ?
- Pour quelles raisons pensez-vous cela ?

Annexe 6.2: *Questionnaire, décomposé en 5 parties, envoyée aux 33 cabanes (Table 6.2), version interactive. forms.office.com*

Nom des cabanes	Membre CAS	Email	téléphone
Cabane Bertol	x	bertol@cas-neuchatel.ch	027 283 19 29
Cabane des Vignettes	x	info@cabane-des-vignettes.ch	027 283 13 22
Cabane des Dix	x	info@cabanedesdix.ch	027 281 15 23
Cabane des Aiguilles rouges		cabane@aiguillesrouges.ch	027 283 16 49
Cabane de la Tsa		cabtza@gmail.com	027 283 18 68
Cabane de la Dent blanche	x		027 283 10 85
Cabane Rambert	x	rambert@cas-diablerets.ch	027 207 11 22
Cabane Chanrion	x	info@chanrion.ch	027 778 12 09
Cabane du Vélan	x	info@velan.ch	027 787 13 13
Cabane de Valsorey	x	info@valsorey.ch	027 787 11 22
Cabane de Moiry	x	moiry@cas-monifeux.ch	027 475 45 34
Cabane du Mountet	x	mountet@cas-diablerets.ch	027 475 14 31
Cabane Fenestral		responsable@fenestral.ch	027 746 28 00
Cabane d'Arpitettaz	x	cabane@arpitettaz.ch	027 475 40 28
Cabane d'Orny		cabandomy@netplus.ch	027 783 18 87
Cabane du Trient	x	trient@cas-diablerets.ch	027 783 14 38
Cabane de Susanfe		cabane@susanfe.ch	024 479 16 46
Cabane Demècre		cabanedemecre@gmail.com	027 746 35 87
Cabane Prarochet		prarochet@gmail.com	027 395 27 27
Cabane des Audannes		gardien@audannes.ch	027 398 45 50
Cabane du Wildhorn	x	info@wildhomhuette.ch	033 733 23 82
Cabane de Bounavaux	x	bounavaux@cas-gruyere.ch	079 603 68 78
Cabane des Marindes	x	marindes@cas-gruyere.ch	079 790 45 33
Cabane des Mille		info@cabanedemille.ch	
Cabane de l'Aneuve	x	cabaneaneuve@gmail.com	027 783 24 24
Cabane Saleinaz	x	saleinaz@cas-neuchatel.ch	027 783 17 00
Cabane de la Tourche		info@tourche.ch	024 485 22 18
Cabane de Plan névé		info@cabane-plan-neve.ch	024 493 22 11
Cabane bec de Bosson		info@cabanedesbecs.ch	078 743 79 89
Cabane Prafleuri	x	cabane.prafleuri@gmail.com	027 281 17 80
Cabane Tracuit	x	cabane@tracuit.ch	027 475 15 00
Cabane de Pierredar		refuge@pierredar.ch	079 127 56 67
cabane-diablerets	x	info@cabane-diablerets.ch	024 492 21 02

Table 6.2: *Liste des 33 cabanes sélectionnées avec si elles sont membre du Club Alpin Suisse, leur adresse électronique et leur numéro de téléphone.*

Nom des cabanes	Membre CAS	Email	téléphone
Cabane Bertol	x	bertol@cas-neuchatel.ch	027 283 19 29
Cabane des Vignettes	x	info@cabane-des-vinettes.ch	027 283 13 22
Cabane de la Tsa		cabtza@gmal.com	027 283 18 68
Cabane Rambert	x	rambert@cas-diablerets.ch	027 207 11 22
Cabane Chanrion	x	info@chanrion.ch	027 778 12 09
Cabane du Mountet	x	mountet@cas-diablerets.ch	027 475 14 31
Cabane de Susanfe		cabane@susanfe.ch	024 479 16 46
Cabane Demècre		cabanedemevre@gmail.com	027 746 35 87
Cabane du Wildhorn	x	info@wildhornhuette.ch	033 733 23 82
Cabane de Bounavaux	x	bounavaux@cas-gruyere.ch	079 603 68 78
Cabane des Marindes	x	marindes@cas-gruvere.ch	079 790 45 33
Cabane de l'Aneuve	x	cabaneaneuve@gmail.com	027 783 24 24
Cabane de Plan névé		info@cabane-plan-neve.ch	024 498 22 11
Cabane bec de Bosson		info@cabanedesbecs.ch	078 743 79 89
Cabane Prafleuri	x	cabane.prafleuri@gmail.com	027 281 17 80
Cabane de Pierredar		refuge@pierredar.ch	079 127 56 67
cabane-diablerets	x	info@cabane-diablerets.ch	024 492 21 02

Table 6.3: *Liste de 17 cabanes ayant répondu au questionnaire (annexe 6.2) avec si elles sont membre du Club Alpin Suisse, leur adresse électronique et leur numéro de téléphone.*

---

## Bibliographie

---

- [BUR21] BURGI, Hanspeter, SCHNEEBERGER, Sebastian, 2021. Guide construction des cabanes CAS. Berne : Club Alpin Suisse CAS. 103p.
- [CAS16] Club Alpin Suisse CAS, Comité central, 2016. Définition des types de cabanes. Berne : Club Alpin Suisse CAS. 2p.
- [CAS17] Club Alpin Suisse CAS, Comité central, 2017. Règlement cabanes et infrastructure. Berne : Club Alpin Suisse CAS. 22p.
- [FO01] FOUCault, Alain, RAOULT, Jean-Francois, 2001. Dictionnaire de Géologie. 5ème édition. Malakoff : Dunod. 356p.
- [MAR20] MARTHALER, Michel, GIRARD, Matthieu, MEISSER, Nicolas, GOUFFON, Yves, SAVARY, Jean, 2020. 1327 Evolène, Notice explicative. Atlas géologique de la suisse. Berne : Office fédéral de topographie swisstopo. 96p.
- [MET22] METEOSUISSE, 2022b. Bulletin climatologique hiver 2021/22. Genève. 7p.
- [MON01] MONIN, Claude, 2001. 125 ans Section Neuchateloise 1876-2001. Club Alpin Suisse. 72p.
- [ROS20] ROSENKRANZ, Annina, MEYER, Jürg, LÜTHI, Markus, ZOLLER-WÜTHRICH, Franziska, 2020. Les Alpes, un monde vivant. 3e éd. Berne : Club Alpin Suisse CAS. 47p.
- [SCH22] SCHNEUWLY, Céline, 2022. Géodynamisme externe. Collège Saint-Michel, 30p.
- [SCH21] SCHMOCKER-FACKEL, Petra, HUSLER, Fabia, OOSENBRUG, Edith, 2021. Effets des changements climatiques sur les eaux de suisses. Berne : Office fédéral de l'environnement OFEV. 135p.

### Article papier

- [BRU04] BRUHLMANN, Fritz, CONRAD, Raeto, HALDIMANN, Peter, KEMPF, Theo, 2004. Instructions pratiques pour la protection des eaux souterraines. L'environnement pratique. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne. 141 p.
- [ERI21] ERIKSEN, Christine, HAURI, Andrin, 2021. Le changement climatique dans les Alpes suisses. Politique de sécurité : analyse du CSS. N° 290.
- [ROU23] ROUNCE, David R., HOCK, Régine, MAUSSION, Fabien, HUGONNET, Romain, KOCHTITZKY, Guillaume, HUSS, Matthias, BERTHIER, Etienne, BRINKERHOFF, Douglas, COMPAGNON, Loris, COPLAND, Luc, FARINOTTI, Daniel, MENOUNOS, Brian, MCNABB, Robert. W, 2023. Global glacier change in the 21st century: Every increase in temperature matters. Science. Vol 379, Issue 6627, pp. 78-83
- [JEA26] JEANNERET, Charles, 1926. La cabane de Bertol. Les Cinquante Premières Années de la Section Neuchâteloise, 1876-1926. pp. 27-41.
- [RUF23] RUFFIEUX, Colin, 2023. L'influence du manque d'eau sur la production fromagère en montagne dans le canton de Fribourg. Travail de maturité, Collège de Gambach. pp.24
- [SAU09] SAUTIER, Jean-Luc, 2009. Aménagement des alpages, Les ouvrages du génie rural, guide pratique. Agridea. pp. 63

[SCH20] SCHMOCKER-FACKEL, Petra, 2020. Le château d'eau vacille. L'environnement, les ressources naturelles en Suisse. pp. 9-13.

[VAN16] VANDERMAESEN, Jonas, 2016. Cabane Rambert. Passion Montagne. pp.26-29

[VON19] VONLANTHEN, Quentin, 2019. Géotopes fribourgeois d'importance cantonale : approche méthodologique et inventaire. Travail de Master, UNIFR. pp.63.

### **Article en ligne**

[BAK18] BAKALOWICZ, Michel, 2018. Le karst, ressource en eau renouvelable dans les roches calcaires. Encyclopédie de l'Environnement (en ligne). 12p. (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.encyclopedie-environnement.org/eau/karst-ressource-eau-renouvelable-roches-calcaires/>

[OES63] OESCHLIN, Max, 1963. Précis de l'histoire du Club alpin suisse. Club Alpin Suisse CAS (en ligne). (Consulté le 21.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.sac-cas.ch/fr/les-alpes/precis-de-lhistoire-du-club-alpin-suisse-10385>

[PIE22] PIELMEIER, Christine, HEGGLI, Martin, 2022. Rapport de l'hiver 2021/22. SLF (en ligne). (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.slf.ch/fr/bulletin-davalanches-et-situation-nivologique/rapports-hebdomadiers-et-de-lhiver/2021/22/rapport-de-lhiver-2021/22.html#tabelement1-tab1>

[RTS23] RTS,2023. Un record de 375'000 nuitées dans les cabanes du Club alpin suisse. RTS Info (en ligne). (Consulté le 01.03.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/info/suisse/>

### **Emission TV/radio**

[RTS21] Glacier 3/5 – Cabane en équilibre (émission radio). Vacarme (en ligne). 6.10.2021 (consulté le 20.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.rts.ch/audio-podcast/2021/audio/glaciers-3-5-cabane-en-equilibre-25768184.html>

### **Encyclopédie collaborative**

[ROB23] Bassin versant. LeRobert (en ligne). [Consulté le 06.01.2023]. Disponible à l'adresse : <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/bassin-versant>

[LAR23] Névé. Larousse (en ligne). (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/nÃlÃvÃl/54464>

[WIK22] Source (hydrologie). Wikipédia : l'encyclopédie libre [en ligne]. Dernière modification de la page le 17 août 2022 à 07:24. [Consulté le 06.01.2023]. Disponible à l'adresse : [https://fr.wikipedia.org/wiki/Source\\_\(hydrologie\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Source_(hydrologie))

### **Page web**

[BOU] BOURQUE, Pierre-André. L'eau dans les roches et les sédiments. Université Laval (en ligne). (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s3/eau.ds.roches.html>

[CAS22] CLUB ALPIN SUISSE CAS, 2022. Les 153 cabanes CAS. Club Alpin Suisse CAS (en ligne). (Consulté le 21.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.sac-cas.ch/fr/cabanes-et-courses/les-cabanes-du-cas/>

[GIL22] GILLARD, Morgane, 2022. Nappe phréatique : qu'est-ce que c'est ?. Futura-Science (en ligne). (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/geologie-nappe-phreatique-2530/>

[GLA22a] GLAMOS, 2022a. Glossaire. GLASMOS (en ligne). (Consulté le 27.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.glamos.ch/fr/glossaire#/C14-10>

- [GLA22b] GLAMOS, 2022b. Glaciers suisses. GLASMOS (en ligne). (Consulté le 06.01.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.glamos.ch/fr/#/B17-03>
- [LOW20] LOWTECH, 2020. Attrape Nuages, LowTech (en ligne). (Consulté le 12.02.2024). Disponible à l'adresse : [https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Attrape\\_Nuages#](https://wiki.lowtechlab.org/wiki/Attrape_Nuages#)
- [MET22a] METEOSUISSE, 2022a. Evolution de la température et de la précipitation. MétéoSuisse (en ligne). (Consulté le 27.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.meteosuisse.admin.ch/services-et-publications/applications/ext/climate-evolution-series-public.html>
- [MET23a] METEOSUISSE, 2023a. Suivie du climat de cabane de Bertol CAS. MétéoSuisse (en ligne). (Consulté le 20.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.meteosuisse.admin.ch/previsions-locales/cabane-de-bertol-cas.html#forecast-tab=detail-view>
- [MET23b] METEOSUISSE, 2023b. Normes climatologiques. MétéoSuisse (en ligne). (Consulté le 20.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.meteosuisse.admin.ch/meteo/meteo-et-climat-de-a-a-z/normes-climatologiques.html>
- [MET23c] METEOSUISSE, 2023c. Suivie du climat. MétéoSuisse (en ligne). (Consulté le 20.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.meteosuisse.admin.ch/climat/changement-climatique/evolution-temperature-precipitations-ensoleillement/suivi-du-climat.html>
- [MET23d] METEOSUISSE, 2023d. Le système de prévision COSMO. MétéoSuisse (en ligne). (Consulté le 20.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.meteosuisse.admin.ch/meteo/systemes-d-alertes-et-de-previsions/le-systeme-de-prevision-cosmo.html>
- [NAT22] NATIONS UNIES. Eau. Nations Unies (en ligne). (Consulté le 06.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.un.org/fr/global-issues/water>
- [REF22] REFUGES-MONTAGNE.INFO, 2022. Cabane Bertol. Refuges-montagne.info (en ligne). (Consulté le 18.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://www.refuges-montagne.info/fr/cabane-bertol.php>
- [SLF22] SLF, 2022. Le pergélisol et les dangers naturels. SLF (en ligne). (Consulté le 27.11.2022). Disponible à l'adresse : <https://www.slf.ch/fr/le-pergелиsol>
- [SWI22] SWISSTOPO, 2022. map.geo.admin.ch (en ligne). (Consulté le 27.12.2022). Disponible à l'adresse : <https://map.geo.admin.ch>
- [SWI23] SWISSTOPO, 2023. map.geo.admin.ch (en ligne). (Consulté le 19.02.2023). Disponible à l'adresse : <https://map.geo.admin.ch>