HAL
open science

Ré-analyse géomorphologique de la débâcle de l'Oisans (1219) : étude des traces géomorphologiques héritées

Camille L'hutereau

To cite this version:

Camille L'hutereau. Ré-analyse géomorphologique de la débâcle de l'Oisans (1219) : étude des traces géomorphologiques héritées. Géographie. 2020. dumas-02965450

HAL Id: dumas-02965450

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02965450v1

Submitted on 13 Oct 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Mémoire de MASTER 2 Sciences Humaines et Sociales

Mention *Géographie Aménagement Environnement Développement*

Parcours *GEOgraphies - eSPaces - Hommes/Environnement - Ressources - Systèmes* (GEOSPHERES)

Année 2018- 2020

Institut d'Urbanisme et Géographie Alpine

RÉ-ANALYSE GÉOMORPHOLOGIQUE DE LA DÉBÂCLE DE L'OISANS (1219)

Etude des traces géomorphologiques héritées

Réalisé par

Camille L'HUTEREAU

Organisme d'accueil : Equipe Environnements du Laboratoire PACTE, Grenoble

Soutenance le 1er juillet 2020 devant un jury composé de :

Tutrice pédagogique : Madame Elise BECK, Maître de conférence- Université Grenoble Alpes, Laboratoire PACTE

Examinateur : Monsieur Fabien HOBLEA, Maître de conférence- Université Savoie Mont-Blanc, Laboratoire EDYTEM

Tuteur de stage : Monsieur Philippe SCHOENEICH, Professeur des universités- Université Grenoble Alpes, Laboratoire PACTE

❋ Illustration de couverture : Plaine de Bourg d'Oisans depuis Les Challanches, photographie par Camille L'Hutereau

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

Autrice : Camille L'HUTEREAU

Titre du mémoire : Ré-analyse géomorphologique de la débâcle de l'Oisans (1219) Etude des traces géomorphologiques héritées

Date de soutenance : 1er juillet 2020

Organisme d'affiliation : Institut d'Urbanisme et Géographie Alpine de l'Université Grenoble Alpes

Organisme d'accueil du stage : Laboratoire PACTE Equipe Environnements, Grenoble

Directrice de mémoire : Elise BECK

Collation : Nombre de pages : 144 / Nombre d'annexes : 11 / Nombre de références bibliographiques : 69

Mots clefs : Débâcle, Catastrophe ancienne, Géomorphologie, Terrasses de débâcle, Géopatrimonialisation, Datations C14, Ré-analyse, Réaction en chaîne, Oisans, Grenoble, Inondation

Keywords: Lake collapse, Natural disaster, Geomorphology, Hydraulic cataforms, Geoheritages, Radiocarbon dating, Re-analysis, Cascading effects, Oisans, Grenoble, Flood

Résumé : La débâcle de l'Oisans est la cause de l'inondation de Grenoble en 1219. Cet événement historique a été raconté par quatre auteurs anciens, et ré-étudié par les historiens, les géologues, les géographes et les géomorphologues des XXème et XXIème siècles. Pourtant, alors que la catastrophe fêtait ses 800 ans en septembre 2019, les nombreuses études à son sujet ne présentent que des constats extrêmement textuels. Ils ne donnent que très peu de précisions sur les dimensions et les éléments physiques du phénomène. La catastrophe a pourtant laissé des traces dans le paysage qu'elle a traversé. Depuis la plaine de Bourg d'Oisans jusqu'au couloir de Livet en passant par le lieu-dit du Pont de la Véna, la ré-analyse a tenté de retrouver assez d'indices géomorphologiques pour apporter de nouveaux éclairages à des questions jusqu'ici en suspens. Bien que mettant l'accent sur la compréhension d'une catastrophe particulière, c'est une volonté de questionner la place des catastrophes dans la géomorphologie et les études sur les risques. Depuis l'acceptation de certains aspects du catastrophisme jusqu'à la notion émergente de géopatrimoine en passant par les nouvelles méthodes du géomorphologue et les caractérisations par l'exemple de phénomènes morphogènes, ce mémoire fait valoir la plus-value théorique que peut apporter une ré-analyse, tout en affermissant concrètement le scénario de la catastrophe. Il est mis en évidence l'enchainement de processus gravitaires mixte (torrentiel et écroulement) menant à la débâcle de l'Oisans ainsi que l'impact morphogène d'un tel flux sur le Couloir de Livet.

Abstract: The Oisans lake collapse caused Grenoble 1219 Flood. This historic event was first described by four former authors of the 13th century, then re-studied by historians, geologists, geographers and geomorphologists of the 20th and 21st centuries. However, as the disaster celebrated its 800th anniversary in September 2019, all the studies about it deal only with extremely textual observations. There are no dimensions or physical elements about the phenomenon. Nevertheless, the disaster marked the landscape it crossed. The re-analysis tries to find enough geomorphologic clues to provide new explanation**s** about the event progress. Through the re-analysis the aim of the study is also to question the place of disasters in geomorphology and risks studies.

Reflections about acceptation of some aspect of catastrophism, geoheritage concept, new geomorphologic methods of investigation and example of a morphogenetic hazard are included in this work, to show how much a re-analysis could be interesting and useful. The new point of view highlights the complexity of the event, the cascading effects which lead to the flood in Grenoble and the hydraulic cataforms modeled by the water on the Livet passage.

REMERCIEMENTS

Ce mémoire est enfin rédigé. Il est l'heure d'adresser à chacun des acteurs de cet exploit un franc et définitif « Merci ». Car cette expérience scientifique mais aussi humaine est avant tout conditionnée par le fonctionnement unique d'un système complexe de corrélation entre tous ces êtres vivants. Si des « événements indépendants de ma volonté » ont rallongé le temps de réflexion et de rédaction de ce mémoire, il est à mes yeux aujourd'hui encore plus symbolique de pouvoir rédiger ces remerciements.

La première place revient (et de loin) à **Philippe Schoeneich**. Premier directeur de mémoire, tuteur de stage, professeur, collègue, co-conférencier, voilà qu'il a revêtu pour moi tant de casquettes que je ne saurais les compter. Par son intérêt, son sens aiguisé du détail, sa façon particulière de faire se dérouler les choses, il a été pour moi un soutien et un phare dans les brouillards de mon apprentissage. Depuis le Plan de l'Alpe de Villar d'Arène jusqu'au glacier de Gébroulaz en passant évidemment par la gravière de l'Infernet, il a suivis mes pas, mes chutes et mes questions. C'est un merci teinté d'une intensité particulière, à l'image de celle qu'il témoignait il y a quelques jours ou quelques mois, en me parlant de cette satisfaction de voir un sujet fleurir après quinze années de tentatives avortées. Merci Philippe.

Si cette aventure si atypique a été réalisée, c'est en grande partie grâce au soutien financier de **l'IDEX de l'Université Grenoble Alpes**. Je remercie profondément le **CDP Risk et sa bourse d'appel à projet IMPULSION**, qui a permis de financer mes six mois de stage ainsi que mes datations. Sans cet appui, les résultats et les aboutissements de ce travail se trouveraient largement amputés.

Au-delà des questions de financement, il fallait encore que je résolve des questions administratives. Si elles se sont révélées compliquées, elles ont pourtant été extrêmement facilitées par **Catalina Esparza**. En plus de s'avérer être une personne adorable, prévenante et à la bonne humeur communicative, elle a su me guider par deux fois dans le labyrinthe qu'on nomme couramment « convention de stage ». De même, je profite qu'il soit question d'administration, pour remercier **Lucile Blanc**, qui a œuvré dans l'ombre mais avec une efficacité redoutable pour que mon cursus se poursuive au mieux.

Parmi les personnes qui ont croisé le chemin de ce projet, il est de mon devoir de remercier **Fabien Hobléa**, qui a supporté mon intérêt pour les géopatrimoines de la meilleure des manières, en acceptant de s'engager dans cette aventure jusqu'à même en rejoindre le jury ! Merci à **Christian Crouzet,** pour l'engagement également du laboratoire Isterre Grenoble ainsi qu'à **Gilles Ménard,** qui s'est trouvé mêlé à cette histoire au détour d'une réunion et qui s'est montré par la suite un soutien infini (et intarissable !). **Charles Obled**, qui m'a offert de précieux renseignements concernant la Josefina. Et évidemment, **Johan Berthet**, sans qui l'idée initiale ne se serait peut être jamais réalisée. Merci pour le soutien technique et le MNT LiDAR qui a sauvé mes explorations, mais aussi pour toutes ces choses plus triviales que sont la bière, l'humour, nos oppositions constructives et Brassens.

Il est désormais temps de remercier **Elise Beck**, qui a été malgré elle embarquée dans cette aventure universitaire plus longue que prévue… Impossible de ne la qualifier que par son statut de « directrice de mémoire ». Elle a su s'intéresser à mon sujet qui sortait de l'ordinaire tout en me conseillant et en me remotivant lorsque c'était nécessaire ; et ce pendant les presque deux années (l'éternité !) qu'a

duré ce mémoire ! Je l'imagine au moins aussi soulagée que moi d'enfin voir ce travail terminé. Merci Elise.

En entrant dans l'équipe ENVIRONNEMENTS du laboratoire PACTE, j'ai fait la rencontre de gens impressionnants, gentils et humains. **Xavier Bodin, Marco Marcer** & **Pierre-Alain Duvillar**, ce fut un plaisir de discuter de mon travail au détour des grandes réunions PERMARISK, en atelier 3D en Ardèche ou encore aux JJG 2020. Un remerciement particulier à **Thomas Echelard** et ses conseils techniques nets, précis et avisés et une mention très spéciale à ma petite **Clémence Houpert**. Merci de m'avoir suivi dans mes interminables relevés en Oisans au printemps 2019. Je salue ton talent pour supporter mes humeurs changeantes et pour avoir rendu les mesures de blocs fastidieuses presque drôles !

Du bureau du troisième étage, je ne garde que de bons souvenirs en compagnie de **Laetitia Neuviller**, **David Chionne**, **Etienne Jacquemet** et **Louise Dallons**. Merci la valse des stagiaires et des bureaux, qui m'a permis de rencontrer ma Louise, qui s'est si vite transformée en colocataire et en amie chère… Sa présence, son soutien et nos « histoires avec la bouche » sont aussi l'un des ingrédients de fabrication de ce mémoire.

Faire partie du Master 2 Géosphères est une aventure. En faire partie deux années de suite a été un honneur. Je dois remercier **Nathalie Dubus**, pour à peu près tout, parce que c'était loin d'être simple, mais qu'elle a été un véritable rempart à toute angoisse pendant mes longs mois d'étés 2019. Je tire également mon chapeau à toute l'équipe enseignante, évidemment, que je sens partagée entre le rire et le désespoir de ne pas réussir à se débarrasser de ses « M2+ »… ! Et il me reste trois illustres initiales du M2 Géosphères à citer, parce qu'il m'a apporté un regard neuf sur ma géographie. Merci **Jean-Jacques Delannoy**, « **JJD** », pour les conseils, les questions difficiles, les clins d'œil et l'écoute apaisante.

Lorsque j'ai initié mon travail bibliographique et mes recherches de documentation, d'autres personnes sont rapidement entrées dans la danse. Chez EDF, à Gavet comme à Aix-en-Provence, j'ai été extrêmement bien renseignée. Merci donc à **Pascal Morel** et **Thierry Leturcq**. A proximité de Bourg d'Oisans, j'ai eu la chance de croiser les chemins de **Marie Thiberville**, **Pascal Servet** et **Agnès Daburon**, autour de travaux qui m'ont rappelé avec beaucoup de douceur à mon passé pas si lointain de littéraire. Le soutien de **Gilles Strappazzon** a été également apprécié.

Moi qui ai tendance à être parfois un « rat de bibliothèque », j'ai évidemment énormément exploité le penchant de mon sujet pour les vieux papiers... Mes efforts nombreux et répétés m'ont amenés à fureter dans les salles de lecture de la bibliothèque universitaire Joseph Fourrier, du Fond Dauphinois (même pendant la si longue fermeture au public pour travaux !) et à la bibliothèque universitaire Sciences de l'IUGA. Je remercie donc toutes ces personnes que j'ai dérangées pour courir les collections et exhumer des bouquins que plus personne ne lit (à part moi !). Aux archives du service du Patrimoine Culturel Dauphinois, j'ai eu la chance d'être guidée par **Sophie Dupisson** pour consulter un ouvrage que je traquais depuis plusieurs mois. Elle et sa collègue **Annick Clavier** m'ont permis de comprendre le passé archéologique si frustre du couloir de Livet.

Que serait ce sujet sans les historiens ? Assurément, beaucoup moins intéressant. **Marie-Christine Bailly-Maître** la première, puis **René Verdier**, **Anne Lemonde** et **Eric Sysseau** m'ont ouvert à la richesse des archives historiques. **Pierre Bintz**, membre de l'association des Amis du Muséum, m'a fait confiance pour la conférence au Muséum de Grenoble et je l'en remercie chaleureusement.

Et voilà qu'arrive le moment particulier de dire merci à ceux qui n'ont, en théorie, rien apporté à ce mémoire. Et comme généralement, la théorie n'est jamais égale à la pratique, les personnes qui suivent se voient hautement remerciées pour leur implication constante et appliquée dans l'apport en bières, en motivation et en délais supplémentaires à ce mémoire. Dans la grande famille des copains, il est bon de citer **« la famille TUC »**, **« les jonquilles grenobloises »**, **« la coloc' de l'enfer »,** ma **« famille d'adoption »** et la joyeuse troupe des **« Flow Géosphères »**.

Quelques uns ont gagné, par leurs faits d'armes et malgré la longueur déjà indécente de ces remerciements, quelques lignes particulières… **Aubéline Bellom**, pour être la personne qu'elle est, pour terminer mes phrases quand je les commence et pour initier avec justesse, bienveillance et douceur les changements que je ne vois pas encore quand mon horizon se bouche. **Adria Desaleux**, qui a tout simplement sauvé puis veillé mon cerveau pendant ce mois cauchemar de juillet 2019. Son soutien infaillible, sa vigilance et l'œil positif qu'elle sait si bien porter sur toute chose n'ont pas fini de me suivre... **Adeline L'Heveder** qui sait à chaque fois me dire les mots qui rallument la confiance. **Yago Delannoy**, mon presque coloc' mais surtout véritable ami et génie de la 3D. **Marine Bourgeon**, qui a marché à mes côtés en cette année si bizarre de M2+… **Jules Kemper** et ses différentes casquettes : le presque collègue, le prof mais surtout l'ami. **Logan Villard**, vrai coloc' au cœur grand comme ça, que j'ai tellement saoulé avec mon mémoire, mes soucis risibles et ma gestion de l'espace calamiteuse, mais qui continue de croire en moi souvent plus que moi-même. **Julien Jacquet**, pour ce partenariat improbable mais prolifique entre l'ours et la louve. **Quentin**, pour sa douceur inattendue mais si rassurante, et même si nos avis divergent au sujet des interventions INRAP ! **Martin**, pour la faille spatio-temporelle *de poche*.

A ma famille formidable. A ceux qui m'accompagnent à chaque instant, de près comme de (très) loin. A mon étoile de **Wonder Pach'**, à **Quadrille**, **Flash** et le reste de ma troupe de poilus thérapeutiques. A tous ceux qui ont contribué, par le prêt d'un lit, d'un toit et d'une table aux quatre coins de la France, à la géographie hétéroclite de l'écriture de ce mémoire *(Bourdeau grâce à Julien, Le Gua grâce à Mehdi et Emmanuelle, Deyras grâce à Joseph, Montferrand-le-Château grâce à Michèle et Jean-François, Paris grâce à Louise, Herlischeim-près-Colmar grâce à Adèle et Kevin, Pelvoux grâce à Emile et Juliette, Les Rousses grâce à Quentin, Laval grâce à Martin, Grenoble sans travaux grâce à Adria, Mens grâce à Fred).*

A tous ces mots écrits, reçus et envoyés ces 18 derniers mois. Ceux qui annoncent, ceux qui rassurent, ceux qui font peur, ceux qui piquent et ceux qu'on aime relire. J'ose espérer que ce mémoire fera partie de ceux que j'apprécierai relire.

Et encore, MERCI à tout ceux qui de près comme de loin ont veillé ma guérison, qui était finalement la principale variable d'ajustement de rédaction de ce mémoire.

A Claire Gérardot et sa relation conflictuelle avec la géomorphologie, sans qui je n'en serais pas là.

SOMMAIRE

Notice Bibliographique 7
Remerciements 9
Sommaire 13
Liste des sigles et abréviations 14
Avant Propos 15
Introduction Générale 17
Chapitre I - Introduction à la Débâcle de l'Oisans 19
I.1. – Contexte géographique 19
I.2. – La débâcle de l'Oisans 23
I.3. – La ré-analyse scientifique 28
Chapitre II – Méthodologie : mobilisation d'un corpus pluriel au service d'une ré-analyse géomorphologique 32
II.1. – Récupération des données et ré-analyse 32
II.2. – Le corpus de données de la Débâcle 34
Chapitre III – Résultats 49
III.1. – Géomorphologie du Pont-de-la-Véna : le barrage complexifié 49
III.2. – Géographie lacustre du Lac Saint Laurent : préciser l'extension spatiale 73
III.3. – Géomorphologie du couloir de Livet : des « *hydraulic cataforms* » à l'aval 77
III.4. – Proposer un scénario complet 84
Chapitre IV – La débâcle de l'Oisans, perspectives géopatrimoniales 92
IV.1. - Patrimonialiser : du risque à la notion de géosite 92
IV.2. - L'émergence d'un géosite en pratique 95
IV.3. - Ouverture culturelle : quelles stratégies de visualisation historique ? 96
Conclusion générale 102
Bibliographie et Sitographie 103
Table des figures 107
Table des tableaux 109
Table des encarts 109
Table des matières 110
Table des annexes - Annexes 113
Résumé 144

Liste des sigles et abreviations

AD : Anno Domini

BP : Before Present

C13 : Carbone 13

C14 : Carbone 14

Cal. : Calibré

CRPG : Commission Régionale du Patrimoine Géologique

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

GLOF : Glacial Lake Outburst Flood / Débâcle de lac glaciaire

IDEX : Initiatives D'Excellence

IGN : Institut Géographique National

INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel

LiDAR : Light Detection And Ranging

MNT : Modèle Numérique de Terrain

AVANT PROPOS

Le texte qui va suivre est un mémoire de recherche rédigé au sein de l'équipe Environnements du laboratoire PACTE au sujet de la ré-analyse d'une catastrophe ancienne. L'objectif principal était de réinterpréter les documents existants à la lumière d'une étude des traces géomorphologiques de l'événement. Les attentes étaient de pouvoir caractériser de façon plus précise le scénario de la catastrophe. Cette dernière a fêté ses 800 ans en 2019, et c'est cette occasion qui a décidé les chercheurs à lui redonner de l'attention.

Ce travail de recherche est financé par un subside IMPULSION du CDP Risk de l'IDEX de l'Université Grenoble Alpes[1]. Il s'inscrit dans une double démarche de valorisation du patrimoine et de prévention des risques en montagne par l'étude de cas anciens.

La Débâcle de l'Oisans est une catastrophe ancienne qui résulte d'une réaction en chaine. Un lac préexistant a été exhaussé par un phénomène gravitaire à son exutoire. La cote du lac s'est élevée et est restée stable pendant une trentaine d'année avant que le barrage gravitaire ne cède et que le surplus d'eau ne se déverse à l'aval. Les sources historiques témoignent d'un fort impact à Grenoble, première ville de taille sur le trajet de l'eau.

La recherche traitera des avancées permises par le prisme géomorphologique de l'étude. Elle a été présentée au public le 23 octobre 2019 à l'occasion d'une conférence au Muséum de Grenoble, ainsi qu'à la communauté scientifique à l'occasion des Journées des Jeunes Géomorphologues à Paris en février 2020. Un article dans la revue La Pierre et l'Ecrit en collaboration avec les historiens est à paraitre courant 2020.

Les données mobilisées pour ce mémoire correspondent à un travail de compilation de diverses archives, des entretiens avec différents professionnels, des réunions avec des représentants des disciplines connexes, des relevés de terrain (10 jours de campagnes de terrains) et des modélisations informatiques. Les personnes citées au cours du texte sont les personnes qui ont pris part à l'acquisition des données sur le terrain (Philippe Schoeneich, professeur à l'Institut de Géographie Alpine, Clémence Houpert, alors stagiaire au Laboratoire PACTE et Yago Delannoy, alors stagiaire au laboratoire EDYTEM spécialiste en animation et représentation 3D par ordinateur).

Au cours du texte, quelques encarts sont proposés afin de documenter certains points transversaux de la question sans surcharger le texte principal. Ils ont pour objectif de distiller quelques précisions théoriques supplémentaires au cours de la lecture.

Les figures présentées ainsi que les photographies sont de la main de l'autrice, sauf mentions contraires.

[1] Programme Investissements d'Avenir (ANR-15-IDEX-02)

INTRODUCTION GENERALE

L'histoire de la science est jalonnée par des virages plus ou moins brutaux dans les hypothèses de formation de tout ce qui nous entoure. Au rythme de la construction des croyances, certains savoirs se développent ou sont complètement rayés des manuels. Concernant la compréhension des phénomènes à l'origine de la formation des reliefs, plusieurs courants se sont manifestés au cours du temps. Le sujet de géomorphologie qui nous intéresse fait écho à une confrontation de points de vue ancienne, réactualisée à plusieurs reprises. Il s'agit de l'actualisme (ou uniformitarisme) face au catastrophisme. De Launay, en 1924 dans son Histoire de la Terre donne à chacun des deux courants de pensée une définition assez claire. Pour l'actualisme : « *le monde a toujours été et sera toujours tel qu'il est* » tandis que pour le catastrophisme « *le monde est né, s'est modifié et périra par brusques changements, attribués souvent aux décrets d'une volonté supérieure, parfois à la lutte de deux principes, tours à tours vainqueurs; il est l'œuvre de création successives.* ». Il est évident que ces deux visions font réagir par leur énoncé plus que caricatural. L'une estime un immobilisme inquiétant, tandis que l'autre propose des changements brutaux perpétrés par des catastrophes. Une sorte de passage de *tipping point* en *tipping point*. Aujourd'hui, les sciences de la Terre reposent paradoxalement sur les deux hypothèses, fonctionnant plus ou moins de concert. En effet, on estime qu'une certaine pérennité existe dans les fonctionnements des phénomènes terrestres et ce à différentes échelles (les notions de glaciations / déglaciation, de réchauffement / refroidissement du climat, de présence / absence d'espèces vivantes en fonction des conditions de vie). Parallèlement, les paléontologues ont mis en évidence l'existence de grandes crises évolutives. Parmi les plus marquantes figurent le passage du Permien au Trias[*] ou du Crétacé au Tertiaire[*]. Ces grands changements sont attribués à des catastrophes naturelles en chaîne et sont étudiés à l'aide de fossiles et de reconstitutions des paléo environnements. Notre vision actuelle de l'Histoire de la Vie est régie par des permanences et des crises, l'une des conditions n'allant pas sans l'autre.

Un objet d'étude tel qu'une débâcle s'inscrit dans un contexte de crise, à très faible échelle. Etudier une catastrophe de telle ampleur sous-entend accepter un degré de néocatastrophisme, qui aujourd'hui encore fait débat (Huggett, 1994). L'étude qui va suivre accepte le fait que des situations de crises importantes se sont produites, à des échelles de temps plus ou moins lointains et les reliefs terrestres en sont sortis modifiés, à différentes échelles, toujours dépendant de la force de la catastrophe. Ainsi l'explique Huggett en 1994 : « *Neodiluvialism claims that superfloods play a cardinal role in the development of some landscapes*. »[2].

La débâcle de l'Oisans, aussi appelée rupture du Lac Saint Laurent, est un événement français à échelle modeste, par comparaison avec d'autres catastrophes morphogènes telles que le Missoula Flood[*]. Elle a lieu au Moyen-Âge, en 1219 entre la région de l'Oisans et Grenoble. Son impact régional à l'époque fait d'elle un élément clef de la culture dauphinoise, qui perdurera à travers les siècles. Cependant, le scénario consensuel retraçant l'événement est peu corroboré par des liens et preuves physiques. A l'heure où l'événement devient huit-centenaire, son déroulement est re-questionné. Comment peut-on, aujourd'hui, apporter des précisions à une catastrophe ancienne ?

---

[*] cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)
[*] idem
[2] « *Le néo-catastrophisme soutient que les méga-crues jouent un rôle crucial dans le développement de certains paysages*. » (Traduction libre par C. L'HUTEREAU)
[*] cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

Quelle expertise scientifique permettrait d'ajouter des éléments physiques permettant de retracer la réaction en chaîne ayant provoqué l'inondation de Grenoble ? Cette re-valorisation d'un patrimoine ancien peut-elle être considérée comme une nouvelle entrée dans l'approche du territoire ? Grâce à une ré-analyse géomorphologique du site impacté par les phénomènes, il est proposé d'approcher la catastrophe par un nouveau moyen et de travailler à la ré-analyse et la remise en question de son scénario. Dans le premier chapitre, les caractéristiques géo-historiques de cette catastrophe sont mises en avant ainsi que la pertinence d'une ré-analyse géomorphologique de l'objet ; dans le second les sources et les méthodes de traitements des données sont explicités tandis que le troisième chapitre propose une reprise du scénario initial s'appuyant sur la géomorphologie du site. Le dernier chapitre se propose d'apporter un regard plus pratique à l'étude, en envisageant sa portée patrimoniale et son importance quant à l'activation de la valeur géopatrimoniale du territoire de l'Oisans et plus précisément de la basse Romanche.

CHAPITRE I - INTRODUCTION A LA DEBACLE DE L'OISANS

I.1. – Contexte géographique

Pour pouvoir travailler sur une thématique, il faut connaitre sa géométrie, son emprise spatiale et les spécificités qui en font un élément unique. La présentation des caractéristiques de l'Oisans permet de s'ancrer dans les enjeux du sujet. L'encart n°1 précise quelques toponymes utilisés au cours du texte.

Encart n°1 : Toponymie des alentours de Bourg d'Oisans

Quel que soit le contexte géographique étudié, la toponymie présente une fluctuation / multiplicité, majoritairement due à l'évolution des noms avec le temps. Les lieux de la vallée de la Romanche ne font pas exception à cette évolution linguistique. Les quelques remarques qui suivent ont pour but de clarifier les termes, leurs usages et homogénéiser la lecture du texte.

- *Couloir de Livet :* l'utilisation de cette dénomination est un choix de l'auteure fondé en grande partie sur les terminologies utilisées par les habitants et les habitués de l'espace. Le terme désigne géographiquement la portion de Romanche qui s'encaisse entre Belledonne et Taillefer, depuis Rochetaillée jusqu'aux Portes de Séchilienne. Cet intitulé est d'autant plus pratique qu'il désigne aussi l'espace clef du sujet : le lieu du barrage ainsi que les premiers kilomètres impactés par le flot lors de la rupture.

- *Haute et Basse Romanche :* La Haute Romanche désigne le berceau de ce torrent de montagne, qui prend sa source au pied de Roche Méane, dans le massif des Ecrins. La Haute Romanche est délimitée par le Col du Lautaret au nord-est et par la confluence Romanche/Vénéon au sud-ouest. La Basse Romanche prend alors le relais, et est notamment représentée par le couloir de Livet et Vizille.

- *La Véna, la Vaudaine et l'Infernet :* Le lieu-dit du Pont-de-la-Véna se trouve entre Rochetaillée et Livet. Les textes et les siècles passant, le lieu-dit a pris différentes orthographes, tout comme les torrents qui le traversent : l'Infernet et la Vaudaine. Certains textes le nomment « Aveynat », ou encore « La Veyna ». Il existe de même la « Voudène ». L'orthographe actuelle sera utilisée dans les pages qui suivent, exception faite des citations anciennes non-modifiées.

De nombreux passionnés de reliefs et de montagnes, d'histoires et de questions en suspens ont écrit à propos de l'Oisans. Ces montagnes ont été décrites, étudiées, fouillées, auscultées par des personnages marquants de l'histoire de la géographie environnementale alpine. Du couloir de Livet, haut lieu de l'étude qui va suivre, Raoul Blanchard dit ceci en 1943 : « *Les limites de ce corridor industriel sont des plus précises. Nous ne parlons pas des inflexibles falaises bordières, à peine échancrées ça et là de ravins qui ne font qu'égratigner la masse montagneuse. Mais, à l'amont, il n'y a aucune hésitation à faire commencer le couloir cabossé de Livet au barrage que les cônes affrontés de la Voudène et de l'Infernet tendent devant l'extrémité de la plaine d'Oisans […] ; à l'aval, les solides piliers de la porte de Séchilienne […] forment une frontière aussi nette qu'elle est monumentale. Le long de cette douzaine de kilomètres de vallée, la raideur des pentes, l'allure rompue du fond, les rigueurs du climat, font de cette profonde rainure le secteur le plus austère de tout l'Oisans, un des plus sévères des Alpe.* » (Blanchard, 1943).

I.1.1. – Géographie physique

La plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet se situent dans la grande région Auvergne-Rhône Alpes et dans le département de l'Isère, au Sud Est de Grenoble. Ils font partie de la région de

l'Oisans et se caractérisent par un environnement de montagne impacté par les dynamiques de la haute montagne toute proche. Le relief est très marqué, la plaine de Bourg d'Oisans est entourée de quatre massifs intra-alpins : Belledonne, le Taillefer, les Grandes Rousses et les Ecrins (fig. 1). Le couloir de Livet délimite la séparation entre Massif de Belledonne au nord et Massif du Taillefer au sud. Le couloir de Livet comme la plaine de Bourg d'Oisans sont des axes de déplacements à travers les Alpes, fournissant la principale voie de circulation reliant Grenoble à Bourg d'Oisans et ensuite à la Haute Romanche. Tel un « *cordon ombilical* » (François, 2016), la RD1091 assure la liaison Grenoble/Briançon. Cette route est la dernière-née d'une lignée d'itinéraires tracés depuis l'Antiquité (passage de Rochetaillée, porte de Bons, etc.). Aujourd'hui, elle est un pilier de l'économie locale mais aussi pluri-départementale et pluri-régionale. Elle relie la région Auvergne-Rhône-Alpes (AURA) via l'Isère (38) à la région Provence Alpes Côte d'Azur (PACA) via les Hautes-Alpes (05) par le col du Lautaret. La crise du tunnel du Chambon, d'avril 2015 à décembre 2017 a prouvé, s'il le fallait, le caractère structurant et important de cet axe (Collectif du Chambon ; Les *Freynetiques*[3]).

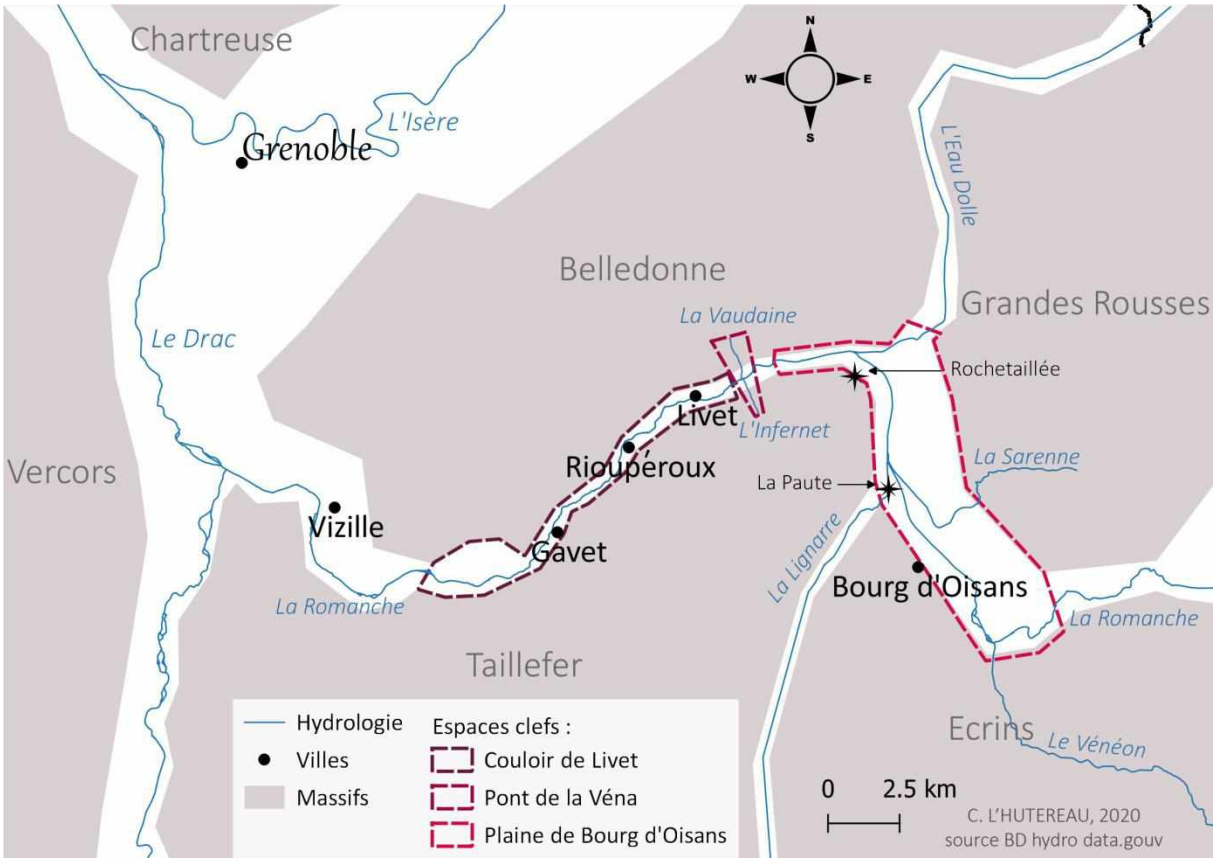


Figure 1 : Localisation de l'espace d'étude et de ses zones clefs.

Plusieurs cours d'eaux torrentiels parcourent l'espace (fig. 1). La Romanche traverse la plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet pour rejoindre le Drac au nord de Vizille. Le Vénéon conflue avec La Romanche à l'amont de la plaine de Bourg d'Oisans et l'Eau d'Olle à l'aval de la plaine. Au point de bascule de la plaine au couloir, La Romanche est grossie également de deux torrents, l'Infernet et la Vaudaine. D'autres cours d'eaux moins actifs voire saisonniers s'ajoutent également à La Romanche au cours de sa traversée.

[3] Collectif du Chambon : http://www.collectif-du-chambon.org/
Les Freynetiques : http://freneydoisans.com/freneytique/

L'Oisans est une région de montagne à la saisonnalité marquée, avec des hivers rudes. Les reliefs vigoureux font écran au soleil dans les vallées. Concernant le couloir de Livet, Raoul Blanchard dit euphémiquement ceci : « *Le long couloir qui serpente sous de hautes montagnes porte la peine de son enfoncement et de son étroitesse. Les crêtes qui l'enferment de si près interceptent en effet pour une longue période les rayons solaires* » (1943). Cette portion de l'Oisans présente un climat froid et humide[4]. Les cycles de gels et de neiges activent des phénomènes tels que la cryoclastie, les avalanches et les différentes reptations liées aux changements d'état de l'eau. Cette activité entraine des modifications morphologiques plus ou moins brutales de l'espace : éboulisation de versants, écroulements, laves torrentielles, glissement de terrain.

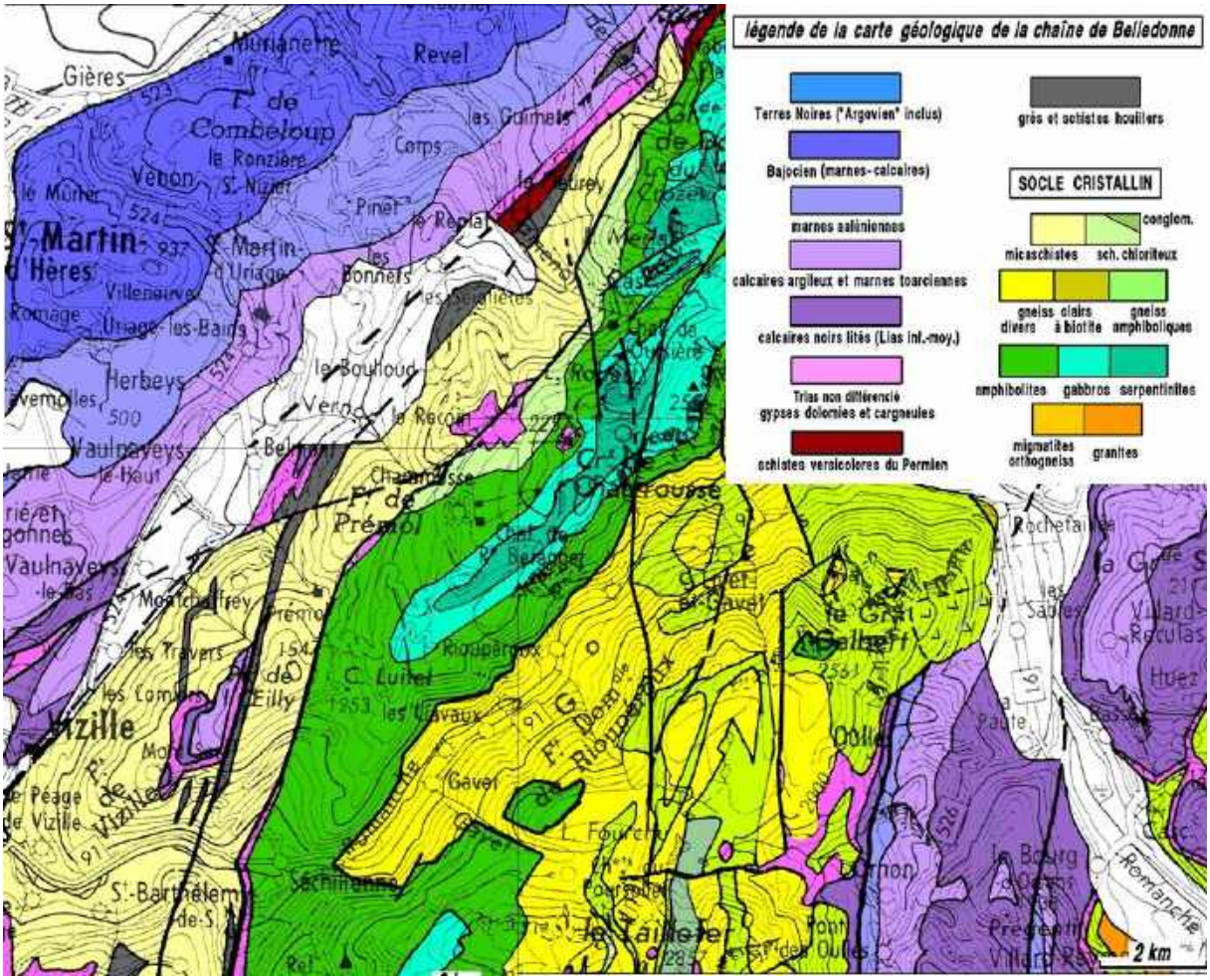


Figure 2 : Géologie de la zone de Bourg-d'Oisans, Rochetaillée et du Pont-de-la-Véna. (source : www.geol-alp.com)

L'Oisans géologique présente de nombreuses roches cristallines (granite, gneiss, amphibolites). Le secteur de Bourg d'Oisans est encadré par quatre massifs cristallins précédemment cités (fig. 1). Chacun de ces escarpements est en fait un bloc de socle semi basculé vers l'ouest lors de la mise en place des Alpes. Leur basculement et les dissymétries qu'elles ont générées produisent un hémigraben, qui retient dans ses creux les dépôts plus récents. Ici il s'agit de dépôts triasiques et jurassiques. Bourg d'Oisans se trouve dans un tel creux, présentant donc une différence nette de résistance à l'érosion avec les géométries qui l'entourent (fig. 2). La lithologie globale permet une

[4] Moyennes de précipitations entre 2009 et 2019 : Vizille = 1005,45mm (11 mesures) ; Chamrousse = 1140,83 (6 mesures) ; Col du Lautaret = 914,66 (3 mesures) – Source : ROMMA http://romma.fr/

nette distinction entre les sédiments de la plaine de Bourg d'Oisans (amont, absence de chlorites) des matériaux du couloir de Livet (aval, présence de chlorites). Cependant le couloir de Livet est un pan de socle cristallin composé de gneiss amphiboliques et d'amphibolites plus ou moins diversifiées. Il est impossible, sans une étude extrêmement précise de la composition des amphibolites, de déterminer leur provenance, une fois déposées à un endroit du couloir. De même, la frontière entre gneiss, gneiss amphibolitique et amphibolite reste fine et non régentée par des règles de détermination strictes. Ainsi, suivant le géologue présent sur le terrain, une confusion peut être aisément faite. Pour ce qui est de la structure du couloir, les roches cristallines qui le composent sont compactes et théoriquement assez stables. Pourtant, un réseau de failles afecte l'ensemble. On note par exemple une faille marquée nord-ouest / sud-est à la hauteur du Pont-de-la-Véna (fig. 2, juste sous la légende), qui abrite les torrents de la Vaudaine et de l'Infernet, facilitant leur vis-à-vis. Des bassins de réceptions pentus et mal exposés représentent des stocks sédimentaires jalonnant tout le couloir jusqu'aux portes de Séchilienne.

I.1.2. – Géographie humaine

Les premières traces de l'Homme en Oisans sont estimées au Mésolithique, soit 7 500 ans avant notre ère (Cousserant et Bintz, 2001). Ce sont alors des passages nomades. Les occupations sédentaires apparaissent beaucoup plus tardivement (Bocquet, 2001). Le tracé de la « route du Lautaret », facteur déterminant d'occupation, est daté du VIIème siècle avant JC, à l'âge du fer. L'itinéraire passe alors par le col d'Ornon (Cousserant et Bintz, 2001). En Oisans, les traces archéologiques sont peu nombreuses, tant par le caractère très diffus des peuplements que par la quasi inexistence de réelles campagnes de fouilles (Bessat *et al.*, 1997). A partir du Moyen-âge, les textes comme les chartes et les réductions de feux illustrent les modifications de l'habitat au cours du temps : chutes de pierres, caprices de la Romanche, présence et fluctuation d'un lac dans la plaine de Bourg d'Oisans. Très tôt, en témoigne D. Cœur (2004), le couloir de Livet est relativement anthropisé pour se prémunir des incidents hydrologiques. C'est ce danger qui transformera par la suite le couloir de Livet en territoire pionnier de l'hydroélectricité.

Les villes et villages de Vizille, Séchilienne, Saint Barthélémy de Séchilienne, Gavet, Rioupéroux, Livet et Bourg d'Oisans sont les principaux foyers humains. La configuration du couloir de Livet en fait, dès la fin du XIXème siècle l'un des berceaux de l'hydroélectricité. Pourtant, la fermeture des usines qui y étaient associées à la fin du XXème siècle provoque dépeuplement et déclin (François, 2016). En parallèle, l'évolution des politiques et tendances touristiques écartent les petites stations de l'Oisans. Aujourd'hui, la Romanche et l'Oisans sont un territoire agricole, hydroélectrique et touristique à la reconquête d'un dynamisme local.

L'Oisans comporte également d'autres enjeux : les risques naturels, industriels et techniques. Parmi eux, les risques entourant les barrages de Grand'Maison et du Chambon ainsi que le spectaculaire glissement de Séchilienne[*]. Ce dernier, détecté en 1982, est depuis sous surveillance. Ainsi, de fortes sources d'anxiété structurent la sociologie du territoire. Le rapport au risque des populations est biaisé, afin de continuer à vivre sereinement. Ce qu'on nomme la « *dissonance cognitive* » (Schoeneich et Busset-Henchoz, 1998) se retrouve dans les différentes régions soumises à des risques importants.

[*] cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

Ainsi, la ré-analyse de la débâcle de l'Oisans se place dans un contexte sociologique singulier. L'éclairage scientifique d'une catastrophe ayant traversé ce territoire peut apporter une part de « réconfort » et peut peut-être permettre une appropriation plus sereine du passé et du futur du territoire. D'une part, la connaissance factuelle permettrait de lever des scénarios plus ou moins documentés en alimentant les modèles de prévention et modélisation des risques. D'autre part, le développement d'une ressource géopatrimoniale serait un éclairage territorial plus positif pour les habitants et une potentielle réappropriation du patrimoine naturel par d'autres biais que l'hydroélectricité.

Les spécificités physiques et humaines du couloir de Livet et de la plaine de Bourg d'Oisans permettent un premier état des lieux des enjeux. Dans l'optique de s'approprier complètement les caractéristiques du sujet, il est également nécessaire d'apporter le regard des historiens sur la catastrophe de la débâcle de l'Oisans telle qu'elle est aujourd'hui connue.

I.2. – La débâcle de l'Oisans

L'événement historique nommé « débâcle de l'Oisans » ou également « rupture du lac Saint Laurent » est une catastrophe qui a eu lieu entre Bourg d'Oisans et Grenoble en 1219. Un ancien lac qui recouvrait la plaine de Bourg d'Oisans s'est soudain épanché dans le couloir de Livet et la vague de submersion a rejoint le Drac, inondant Grenoble et ses environs. L'enjeu est d'étudier cette catastrophe pour en comprendre le déroulement et en tirer des leçons. Pour bien comprendre la complexité du sujet, il est nécessaire de se pencher sur les données historiques disponibles à ce propos.

I.2.1. – L'événement

L'événement en lui-même a donné lieu à divers témoignages « sur le vif ». La disponibilité de quatre textes datés du XIIIème siècle prouve la violence et l'importance de l'événement. En effet, au début du Moyen-âge, seules les catastrophes de grande ampleur persistent dans les archives. La rupture du lac Saint-Laurent s'insère donc dans une suite de catastrophes comprenant également le Tauredunum* (563, 2 sources), le Granier* (1248, 9 sources) et le Claps de Luc en Diois* (1442, 1 source)[5].

Plus tard, à partir de la fin du XIXème siècle jusqu'à aujourd'hui, l'événement va être repris et documenté par différents chercheurs. Il soulève l'intérêt d'historiens, d'hydrologues, de géographes mais aussi de géologues et de géomorphologues.

Les informations qui suivent sont disponibles grâce au concours des témoignages directs et des expertises historiques. Ils permettent de documenter une catastrophe huit fois centenaire.

I.2.1.1. – Contexte historico-géographique

La catastrophe de l'inondation de Grenoble en 1219 a lieu alors que la ville n'est encore qu'une petite cité sur la rive gauche de l'Isère, qui bénéficie d'un site de pont. Son édification à la croisée du

---

* cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)
* idem
* idem

[5] Tauredunum de 563 (Kremer, Simpson & Girardclos, 2012 ; Schoeneich, Weidmann & Blomjous, 2015), l'écroulement du Mont Granier en 1248 (Pachoud, 1991 ; Nicoud, Dzikowski, Paillet, Ghoreychi, Emeric & Chignoli, 1999) et le Claps de Luc dans la Drôme en 1442 (Bois & Raz, 2002 ; Sysseau, 2020)

Drac et de l'Isère s'explique par la possibilité de traverser l'Isère facilement : cette dernière est alors endiguée naturellement entre la Chartreuse et le cône de dépôt immense du Drac dans la plaine (Feougier, 1994). Mais ce site reste extrêmement dangereux, puisque soumis aux caprices du Dragon (le Drac) et du Serpent (l'Isère).

En 1219, le Drac et le Dracquet (un de ses bras) voisinent avec la ville à l'ouest, et retrouvent l'Isère plus à l'amont qu'aujourd'hui (Feougier, 1994). Leur confluence forme presque un angle droit face à la Chartreuse (Ferrand, 1909). Les crues du Drac sont donc plus dangereuses pour la ville. A l'époque, l'urbanisme est succinct : un seul pont passe l'Isère, et la cité se protège derrière de grands murs d'enceintes. C'est donc une ville-forte qui cycliquement fait face à des inondations.

Concernant l'économie de l'époque, le bourg draine une population assez conséquente lors des foires de septembre. Elles regroupent de nombreux marchands des régions voisinent. A cette époque, Grenoble est une ville d'évêque. Une double gestion politique est alors à l'œuvre, entre l'évêque Jean de Sassenage et le dauphin (Berlioz, 1998 ; Boutaric, 2000).

La région de l'Oisans, quant à elle, est très mal connue à cette époque, simplement dépeinte comme très rude. Les fluctuations d'un lac dans la plaine de Bourg d'Oisans ne facilitent pas l'existence du peuplement, sauf lorsque ce dernier perd du terrain. Il laisse alors sur ses marges des espaces extrêmement fertiles. Le lac, dit Lac Saint-Laurent, est mentionné pour la première fois dans les textes en 1036 (Cœur, 2004). Il est difficile de connaître son emprise spatiale, mais il ne reste pas moins un obstacle à franchir et la mention de navigation et de pêche lui offre une dimension plutôt importante. En 1191, à cause d'un événement gravitaire de nature mal connue, le lac va encore s'agrandir, noyant alors au passage une partie du Bourg d'Oisans ancien (Berlioz, 1997 ; Cœur, 2004). Pendant presque trente ans, le lac restera exhaussé. En 1219, le barrage qui le retenait cède, et l'eau s'échappe. Le puissant débit cause des dégâts avérés jusqu'à Grenoble.

I.2.1.2. – Déroulement

Jean de Sassenage, l'évêque de Grenoble, a vécu l'événement en 1219, qu'il date avec précision : la nuit du 14 au 15 septembre 1219. En effet, à la suite de la catastrophe, il écrit aux Grenoblois un mandement. Ce dernier exhorte la population aux dons pour reconstruire le Pont Saint Laurent, alors principal atout de la ville et l'axe de communication permettant de rejoindre Lyon depuis le Grésivaudan. Son texte a traversé le temps et est la principale source directe documentant le déroulement de l'événement à Grenoble. En substance, il met en cause le lac de l'Oisans « *[…] le barrage du lac de l'Oisans s'étant rompu avec violence entraîna un déluge…* »[6], puis explique que l'inondation eut lieu de nuit. Il décrit la réaction de panique des habitants, qui grimpent sur les toits pour se protéger de l'eau. Les portes de la ville avaient été fermées, créant un piège mortel pour les habitants de la cité. Cependant, l'évêque explique que les portes ont pu être finalement ouvertes, sauvant les rescapés. Mais la catastrophe n'est pas terminée : « *La force des eaux fut telle […] qu'elles refusèrent à l'Isère son cours habituel : celle-ci quitta son lit, reflua […]. […] ladite rivière rentra [ensuite] violement dans son lit et revint avec une telle force que ce que le déluge avait épargné, elle l'emporta et […] renversa et détruisit complètement notre noble pont.* »[7].

[6] Traduit du texte latin par J. Berlioz, dans Catastrophes Naturelles et calamités au Moyen Âge, 1998
[7] Idem, extrait de traduction

Concernant l'impact humain, la tenue des foires de septembre à l'époque de la catastrophe laisse envisager que le millier de morts est dépassé. Il faut également prendre en compte les dégâts causés à l'amont de Grenoble, qui alimentent le bilan humain (Boutaric, 2000).

Pour ce qui est de l'espace de départ, aucune archive ne permet de décrire le déroulement de la rupture du barrage. Les seules informations obtenues sont celles d'une supplique postérieure, non exactement datée, déclarant qu'en 1191 un événement ressemblant à des laves torrentielles a rehaussé le barrage du lac[8].

I.2.1.3. – Les sources et informations directes de cet événement

Quatre sources directes relatent cet événement : le mandement de Jean de Sassenage cité plus haut, mais également le *Miroir Historial* de Vincent de Beauvais (vers 1244), *la Continuation de Robert d'Auxerre* (après 1244) et *l'Exempla* d'Etienne de Bourbon (entre 1250 et 1261) (détails : cf. annexe 2). Ces quatre textes sont mis en regard en 1998 par Jacques Berlioz. A la suite de l'étude comparative, il s'avère qu'ils comportent quelques contradictions mais surtout plusieurs détails persistants qui font référence :

- la date de 1219 ;

- la tenue de foires à Grenoble, impliquant de nombreux morts ;

- la destruction du pont à Grenoble ;
- une vague qui vient des montagnes à l'amont de Grenoble sur le cours du Drac ;
- la « jonction » des montagnes au lieu-dit du Pont-de-la-Véna.

Au regard des uniques sources directes, l'histoire de la débâcle témoigne d'une catastrophe naturelle suite à une réaction en chaine. Les chercheurs des XIXème et XXème siècles ont creusé la question pour tenter de comprendre le phénomène tout en apportant le plus de détails possible à cette portion de l'histoire dauphinoise.

I.2.2. – Les hypothèses et le consensus : état de l'art

A la découverte de l'événement, diverses questions viennent à l'esprit. Quelles sont les circonstances de formation du lac ? Quel événement construit le barrage qui restera pérenne vingt-huit ans ? Quel mécanisme de rupture du barrage cause la catastrophe ? Quels impacts sur l'espace a pu avoir ce lac, que ce soit dans la plaine de Bourg d'Oisans, dans le couloir de Livet ou même dans la plaine grenobloise ?

Toutes ces questions ont été débattues et parcourues par les chercheurs, faisant de la débâcle de l'Oisans un objet d'étude interdisciplinaire depuis le XIXème siècle. Les historiens Jacques Berlioz (1998) et Jean-José Boutaric (2000) constatent que les seuls détails disponibles concernent l'aval de l'espace traversé par l'eau, et non l'amont. Boutaric se questionne : *« comment ce lac s'est-il formé ? Par un barrage morainique ou à la suite d'un effondrement de la montagne ? Aucun élément ne subsiste, permettant de conclure. […] Il est cependant possible qu'un effondrement de la montagne se soit produit en 1191, au niveau du barrage, ou un peu en amont, provoquant un raz-de-marée ou créant un exhaussement du niveau des eaux et aussi, peut être, fragilisant le barrage tout proche,*

[8] Supplique « des habitants de Bourg d'Oisans sollicitant un dégrèvement de tailles » datant de la fin du XVème ou du début du XVIème siècle. (Berlioz, 1998, p.144-145)

qu'il fut morainique ou autre. » Par ces mots, il résume deux siècles de questionnements autour de la mise en place du schéma catastrophique. Il s'en dégage un véritable enjeu de compréhension géographique et géochronologique. Les deux centres d'intérêts principaux sont donc le lac et le barrage qui le retient à l'exutoire. Philippe Breton (1867), Henri Ferrand (1909) et Raoul Blanchard (1913) s'accordent sur la localisation du barrage au lieu-dit du Pont-de-la-Véna. A cet endroit, l'inclinaison de la plaine change complètement, passant « *de 1 mètre à 75 mètres par kilomètre* » (Blanchard, 1913). Concernant l'emprise du lac, Raoul Blanchard cite un texte d'archive qui en retrace les contours, pourtant relativement difficiles à visualiser (les détails du texte concernent principalement des indications de végétations comme des « *bosquets* »). André Allix (1929) fournit la première cartographie des fluctuations du lac (fig. 3) mais ce dernier reste pourtant un point de discussion important. Henri Ferrand explique à son propos que : « *Tous les ouvrages qui ont traité avec quelques détails de l'histoire ou de la topographie du Dauphiné ont parlé du lac Saint-Laurent, dont les eaux occupèrent jadis la plaine de l'Oisans, mais les renseignements qu'ils ont donnés sur lui ont toujours été fort succincts et même parfois contradictoires. La plupart ont été erronés* » (1909).

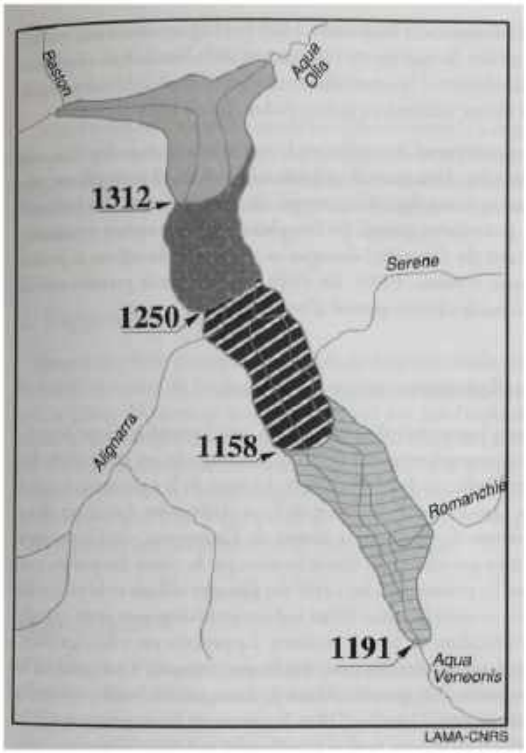


Figure 3 : Carte extraite de Bailly-Maitre *et al.*, 1997 : « Schéma paléogéographique du lac Saint-Laurent d'après la carte de l'Oisans aux environs de la Guerre de Cent Ans, in Allix, L'Oisans au Moyen-Age, 1929 »

Dans l'optique d'avancer sur cette question, ce sont les travaux couplés de Marie-Christine Bailly-Maître, Véronique Mathoulin et Guy Monjuvent qui apportent de nouvelles réponses (1989, 1997). A l'époque, la question implique un volet archéologique : quel obstacle ce lac offrait-il aux déplacements des populations et donc au tracé de la voie romaine ? En effet, entre Rochetaillée et le vestige de la Porte de Bons[9], l'itinéraire romain reste mystérieux. Les travaux de Véronique Mathoulin, Marie-Christine Bailly-Maître et Guy Monjuvent donnent naissance à la chronologie suivante : depuis 30 000 ans, plusieurs lacs se sont succédés dans la plaine de l'Oisans. Après le recul du glacier de la Romanche lors de la fin du Würm, un premier lac se forme dans la plaine. Il devient avec le temps un « *lac à éclipse* » (Blanchard, 1913) ou « *à marées variables* » (Allix, 1929). La chronologie publiée en 1997 annonce quatre lacs successifs. Le dernier, le Lac Saint Laurent, existait bel et bien avant l'événement gravitaire de 1191 cité par les archives (Mathoulin, 1989 ; Cœur, 2004 ; figure 4 voir les mentions textuelles du lac en rouge). Cet événement a donc simplement rehaussé la hauteur d'eau du lac. Ceci etaie les propos d'Allix en 1929 qui déclare : « *Le Bourg-d'Oisans lui même a été inondé [...]. [...] Ils ont construit là [sur le cône du Saint Antoine] un nouveau Bourg complet, avec son église […].* » Pourtant, la catastrophe de la vidange du lac reste un détail pour les chercheurs, une sorte de fait divers dans l'histoire territoriale qui s'articule sur une période temporelle bien plus large. Le dernier millénaire est illustré par les propos de D. Cœur (2004) qui permettent de reconstituer une chronologie des

[9] Hameau de Bons, commune du Mont-de-Lans, Les Deux-Alpes

fluctuations de la Romanche et du lac (fig. 4). Au-delà de la débâcle, d'autres fluctuations lacustres sont mentionnées, ainsi qu'un nombre important de crues torrentielles.

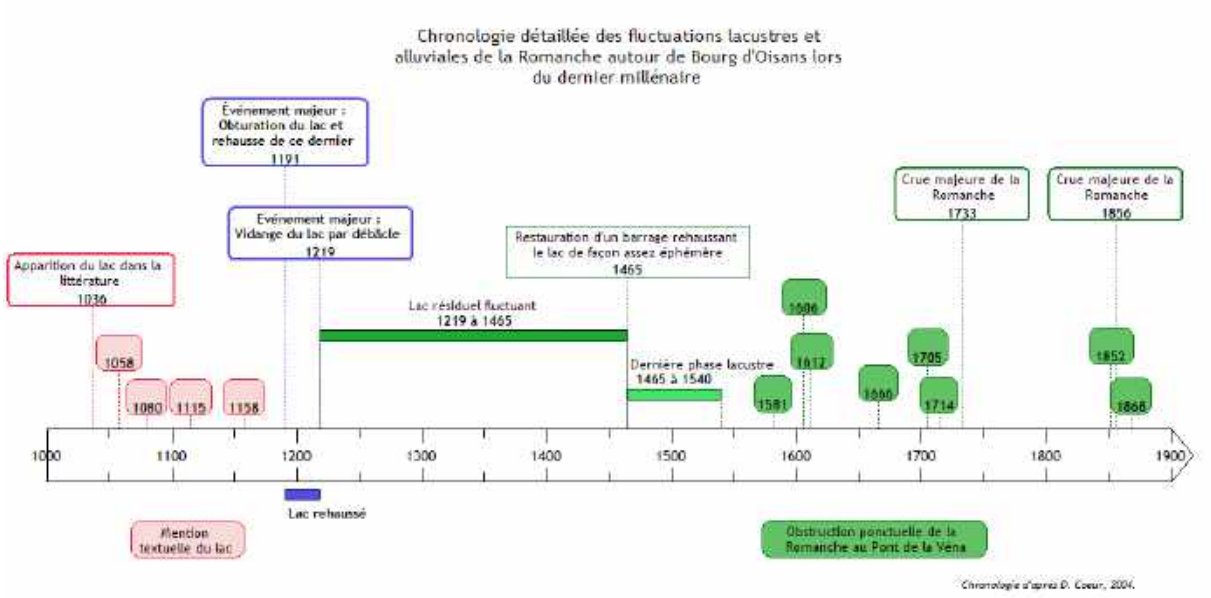


Figure 4 : Chronologie détaillée du passé lacustre de la plaine de Bourg-d'Oisans lors du dernier millénaire d'après D. Cœur, 2004.

En parallèle, des terrasses perchées dans tout le couloir de Livet sont constatées par Blanchard (1943), Chardon (1988), Mathoulin (1989) et Bessat *et al.* (1997). Tous s'accordent à dire que ces dernières peuvent être liées à une ou plusieurs vidanges catastrophiques du lac de la plaine de Bourg d'Oisans, à différentes époques.

Tous les auteurs s'étant penchés sur l'Oisans livrent un même scénario pour la débâcle. C'est Philippe Breton (1867) qui le résume le plus clairement : « *Le Lac Saint-Laurent (lac de l'Oisans), de la fin du XIIème au commencement du XIIIème siècle, fut une retenue accidentelle des eaux de la Romanche, déterminée par un encombrement considérable de son lit au point où les deux torrents de la Vaudaine et de l'Infernay débouchent en face l'un de l'autre ; chaque fois qu'un de ces torrent a barré avec ses déjections le lit de la Romanche, il a formé en amont un lac plus ou moins étendu, jusqu'à ce que la chute du trop-plein du lac ait tronqué le cône qui avait fait barrage. Pareil accident est arrivé bien des fois à ce même endroit, depuis la fin de l'époque glaciaire…* ». Voilà le scénario qui sera embrassé par tous les auteurs jusqu'à aujourd'hui, faute d'une autre approche à proposer.

I.2.3. – Les limites du consensus

A cause de son ancienneté, la débâcle de l'Oisans reste difficile à visualiser dans son enchainement complet. Pourtant tous les auteurs s'accordent sur un scénario. En cherchant une assise concrète de ce dernier, il apparait que les études touchant à ce sujet (Ferrand, 1909 ; Blanchard, 1913 ; Alix, 1923 ; Monjuvent, 1971 ; Mathoulin, 1989 ; Bailly-Maitre, 1994 entre autre) laissent de nombreuses questions géoscientifiques avec des réponses partielles voire erronées. Antoine Groleau résume assez justement le problème : « *Ces écrits […]*[étaient*] basés sur des observations de terrain qui, malgré une grande précision et la qualité des auteurs, laissaient une grande place à l'interprétation en l'absence de données scientifiques au sens strict du terme (forage, datation...)* » (Groleau, 2004). Si le barrage par cônes de déjection laisse André Allix sceptique en 1929, aucune autre hypothèse n'est proposée, faute de preuves. Malgré tout, la plupart des constats ne vont pas dans le sens du

consensus. D'abord, les terrasses de débâcle constatées par les auteurs du XXème siècle présentent des blocs plurimétriques anguleux enchâssés dans le dépôt fin. Ces blocs, amphibolitiques, proviennent du couloir de Livet et semblent avoir été emportés au même titre que les dépôts fins lors de la vidange du lac. Il est difficilement envisageable qu'autant de blocs de plusieurs dizaines voire centaines de mètres cube aient été présents dans des laves torrentielles accumulées en cône de déjection. Egalement, l'estimation chiffrée la plus haute du barrage au Pont-de-la-Véna est de 41m de haut (Mathoulin, 1989 ; Bailly-Maitre *et al.*, 1997), ce qui fragilise beaucoup le scénario de seulement deux cônes de déjection face à face. Il faudrait que cette structure de barrage résiste depuis des années voire des centaines d'année à l'érosion, et qu'en 1191 un événement extrêmement violent produise assez de volume de dépôts torrentiels pour rehausser de plusieurs dizaines de mètres le barrage déjà en place. Le consensus scientifique semble donc reposer plus sur l'absence de preuves d'un autre processus plutôt que sur la faisabilité du scénario choisi.

Autour du consensus, la catastrophe, par son statut d'objet d'étude interdisciplinaire, a bénéficié de l'intérêt de nombreuses disciplines. Les historiens ont prêté une oreille attentive à ses conséquences (Berlioz, 1998 ; Boutaric, 2000 et Cœur, 2004 notamment), et ce encore aujourd'hui (Syssau, 2020 ; Lemonde, 2020 et Verdier, 2020), tout en permettant aux géographes de spatialiser et comprendre l'espace ancien. Ces derniers ont partagé la question avec les géologues, géomorphologues et quaternaristes de la seconde moitié du XXème siècle qui ont parcouru les Alpes dans le but de les décrire (Blanchard, 1943 ; Monjuvent, 1974 ; Chardon, 1988). Le XXIème siècle apporte un regain d'intérêt pour la catastrophe elle-même avec l'étude sédimentaire de la Vaudaine (Groleau, 2004) et la modélisation hydrologique de la catastrophe (Bardin, 2009). Michel Chardon y revient de façon anecdotique également en 2003. Malgré le manque d'assise scientifique du scénario consensuel, la science des risques s'est elle aussi emparée du schéma général puisque ce dernier fait autorité quant à la modélisation des conséquences du glissement de Séchilienne.

La dernière décennie a vu divers événements se relier pour permettre la remise en lumière de la question du déroulement de la débâcle de l'Oisans. D'abord, certains blocs des terrasses de débâcle ont été détruits lors de travaux, mettant ainsi en péril certaines archives physiques de l'événement. Parallèlement, en Suisse, la catastrophe ancienne du Tauredunum a été prouvée puis étoffée grâce à plusieurs études géo scientifiques (Kremer *et al.*, 2012 ; Schoeneich et al, 2015). Enfin, en 2019 la débâcle de l'Oisans a tristement fêté ses 800 ans. Le lien a été fait entre ces trois événements : s'il était possible de faire ressurgir une histoire telle que celle du tsunami du Léman en 563 grâce aux techniques exploratoires actuelles, alors il était envisageable d'approcher la débâcle à l'aide de certaines méthodes géo-scientifiques. D'autant que le moment était doublement bien choisi, tant grâce à la date marquante du huit-centenaire, mais aussi face à l'anthropisation qui menace le modelé de surface caractéristique et permettant de reprendre géomorphologiquement le sujet. L'objectif est le suivant : ré-analyser l'espace à la recherche de traces physiques pouvant asseoir un scénario plus viable.

I.3. – La ré-analyse scientifique

Le mot « ré-analyse » est un néologisme composé du préfixe « ré » marquant une répétition, un retour sur quelque chose d'existant, ainsi que du terme « analyse ». Le dictionnaire Robert 2009 en donne une définition globale comme étant un acte de « décomposition » dans le but d'obtenir une meilleure compréhension d'un ensemble. Le mot « ré-analyse » sous-entend donc la reprise ou la répétition d'une démarche visant à comprendre un processus complexe. Ici, le terme se charge

également du prisme de *l'œil neuf* pouvant apporter une clef de lecture nouvelle. Une ré-analyse est donc la reprise d'une étude pour donner au sujet un éclairage neuf et/ou des informations complémentaires. Cela peut prendre la forme d'axes nouveaux pour des conclusions anciennes, des mises en doute suite à des questionnements connexes, des représentations nouvelles ou encore l'obtention de mesures et de résultats neufs permettant la validation, l'infirmation ou l'amélioration de scénarios. Ainsi, le point crucial est le développement d'une nouvelle réflexion permettant de modifier la vision sur l'objet d'étude.

Etudier une catastrophe ancienne se fait de façon rétrospective. Le pas de temps entre l'occurrence et l'étude conditionne les difficultés rencontrées : oublis, diminution des preuves historiques, destruction des preuves physiques... S'atteler à ce genre d'étude soulève plusieurs problèmes d'ordre technique, cependant il est intéressant de réussir à les dépasser car une bonne connaissance des catastrophes et événements passés s'avère très utile à différents niveaux (Saint-Laurent, 2006). Cette méthode est devenue une pratique de plus en plus commune. Quelles interrogations permet-elle d'approfondir concernant la débâcle de l'Oisans ?

I.3.1. - Pourquoi ré-analyser une catastrophe ?

L'objectif est d'obtenir une vision relativement large des avantages des ré-analyses de catastrophes et comment ces derniers s'insèrent dans la valorisation du territoire d'étude.

I.3.1.1. – L'intérêt d'étudier une catastrophe ancienne : le risque futur mieux cerné

Dauphiné & Provitolo (2013) livrent dans leur chapitre 9 le constat suivant : « *[…] les sociétés humaines ont toujours apporté des réponses, certes parfois très inadaptées aux calamités qu'elles subissaient, en essayant de modifier soit l'aléa soit leur vulnérabilité. Ces actions humaines ont le même effet que le thermostat dans un circuit thermique. Elles corrigent ou amplifient les impacts d'une crise [future]* ». L'usage d'exemples anciens d'envergure s'intègre à une dynamique de compréhension des phénomènes et de tentative de progression et de protection : « *L'analyse des inondations et des paléo-inondations […] permet notamment d'élargir d'une part les connaissances des environnements fluviaux et, d'autre part, de prévoir les impacts potentiels des changements anticipés sur les populations touchées par ce phénomène* » (Saint-Laurent, 2006). Les résultats, même partiels, des investigations à leur sujet alimentent les bases de données de la prévention et l'appréhension des risques naturels (en montagne comme ailleurs). Ces phénomènes avérés permettent de caler et tester des modèles, mais aussi de disposer d'ordres de grandeur (Reynard *et al.,* 2019). Les grandes catastrophes historiques complexes comme les quatre citées précédemment documentent également des enchainements complexes de processus. La compréhension des liens processus-réactions permet de visualiser certains effets en chaine inattendus dans le but d'anticiper de potentielles réactions en chaine futures.

La présence d'archives permettant de documenter la chronologie des événements sur un territoire exposé aux risques naturels est une véritable source de progrès pour l'espace en question (Saint-Laurent, 2006 ; Cœur, 2008). Granet-Abisset & Brugnot (2002) font référence à l'usage des archives dans l'extension des séries de données comme étant un « *élargissement chronologique* » bienvenu. L'étude de la dimension historique des aléas permet parfois de préciser l'intensité d'un aléa en puisant dans les événements majeurs anciens de dimension supérieure aux événements récents. La

documentation permet l'anticipation, parfois même la spatialisation et la quantification du risque (Saint-Laurent, 2006). Certaines catastrophes permettent également de tester les modèles préventifs établis (Cadier, Zevallos & Basabe, 1996 ; Granet-Abisset & Brugnot, 2002). Par exemple, les techniques de calculs des hydrauliciens sont testées et comparées aux chiffrages véridiques observés sur certaines catastrophes. La crue de la Josefina* (1993) a ainsi été doublement activée dans le domaine de l'hydraulique. Elle a d'abord bénéficié des informations et des calculs préventifs pour permettre l'évacuation et les dimensionnements nécessaire pour les travaux de vidange ; puis lors de la vidange, son débit impressionnant ainsi que sa force érosive ont validé et précisé les modèles prédictifs initialement établis (Cadier et al, 1996).

Dans toute caractérisation du risque, il est mis en avant les « retours d'expériences » pour faire progresser la gestion de crise, les dimensionnements d'ouvrage et la prévention. L'exemple parfait est la directive européenne SEVESO (1982, puis 1996 et 2003) suite à la catastrophe du même nom (Seveso, Italie, 1976*) pour l'industrie. L'Homme apprend de ses erreurs par l'expérience, et l'étude des phénomènes catastrophiques fait partie intégrante de la création d'une base de données de référence à ce propos. Les propos de E. Reynard *et al.* s'efforcent d'illustrer ce constat : « *Le croisement des savoirs historiques et géographiques participe plus largement à une meilleure compréhension des risques du passé afin de permettre une meilleure gestion des risques actuels, en entretenant une certaine mémoire du risque* » (2019). De même, les efforts de précision qui vont suivre tendent à s'inscrire dans cette démarche collective.

I.3.2. - Ré-analyser la débâcle du lac d'Oisans : apporter des précisions utilisables pour les acteurs du territoire

La débâcle de l'Oisans, bien que modélisée en 2009 (Bardin, 2009), n'est pas réellement chiffrable aujourd'hui, à cause des importantes zones d'ombres qui persistent sur les paramètres à utiliser pour les calculs hydrauliques. Cependant, son mécanisme de barrage reste l'exemple type des modèles de risque de l'Oisans et de cette partie des Alpes. Ainsi, lors de la découverte du glissement de Séchilienne et de la menace qu'il représentait, c'est immédiatement la débâcle de 1219 qui a été utilisée comme référence. Bouhet déclare « *[la débâcle de l'Oisans] a fait l'objet de nombreuses recherches et continue d'alimenter le débat sur la possibilité qu'un autre lac se forme dans la plaine de Séchilienne cette fois, suite à un éboulement majeur des ruines de Séchilienne* » (2007).

Aujourd'hui, l'étude historique s'ancre dans la reconstitution du patrimoine historico-culturel des Alpes et de l'Oisans. Comme vu plus haut, la débâcle fait partie d'un corpus plus large de grandes catastrophes alpines anciennes. A l'échelle des Alpes, ces catastrophes illustrent la variété des aléas présents et des risques qui en découlent. Concernant le bassin grenoblois, l'événement de 1219 marque le premier jalon des préoccupations des pouvoirs publics concernant les facteurs déterminants du risque inondation (Cœur, 2008 ; Verdier, communication orale, 2019). A l'échelle de l'Oisans, la catastrophe est un motif récurrent de la culture locale.

Les exemples de risques naturels en montagne et les morphologies typiques contribuent d'une certaine façon à une part de la notion émergente de géopatrimoine (Reynard, Hobléa, Cayla & Gauchon, 2011 ; Bétard, Hobléa & Portal, 2017 ; Metzger, Gruet, Miyagou & Valette, 2019). A ce

* cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)
* idem

titre, étudier les formes géomorphologiques imputées à la débâcle permet la mise en lumière de la ressource, son évaluation et sa potentielle protection.

En résumé, la reprise de l'événement de 1219 possède un double avantage : les précisions obtenues viendront grossir la base de données des catastrophes anciennes et processus complexes, tout en offrant un regard neuf sur le territoire à tout acteur ayant à cœur de le mettre en valeur.

I.3.3. – Ré-analyse de la débâcle de l'Oisans : quelles questions pour dépasser le consensus ?

La débâcle, comme vu précédemment, a été principalement étudiée par les historiens, les géographes et les géologues. Elle n'est pourtant pas ou très peu passée par le prisme de la géomorphologie (Chardon, 1988 ; Groleau 2004 ; Bardin, 2009). L'intérêt majeur qu'elle suscita au siècle dernier ne lui permit pas de profiter des techniques exploratoires actuelles. A l'inverse du célèbre Tauredunum, elle ne bénéficia pas d'une controverse à son propos (Schoeneich *et al.,* 2015) motivant les différents chercheurs à produire des preuves pour asseoir leur réquisitoire. La reprise des documents et des informations traitant de la catastrophe et du territoire associé a pour objectif de préciser et de dépasser le consensus initial qui semble peu probable. Cet objectif se réalise en étudiant les failles du scénario consensuel initial. Pour se faire, les questions posées s'articulent autour des hypothèses consensuelles de l'organisation de l'espace (fig. 5). Les contraintes physiques du scénario sont questionnées : quel barrage a pu retenir autant d'eau dans la plaine de Bourg d'Oisans ? Quelle emprise spatiale exacte du lac entre 1191 et 1219, et donc quelle hauteur d'eau au barrage au moment de la rupture ? Quels impacts a eu la rupture du barrage dans le couloir de Livet ?

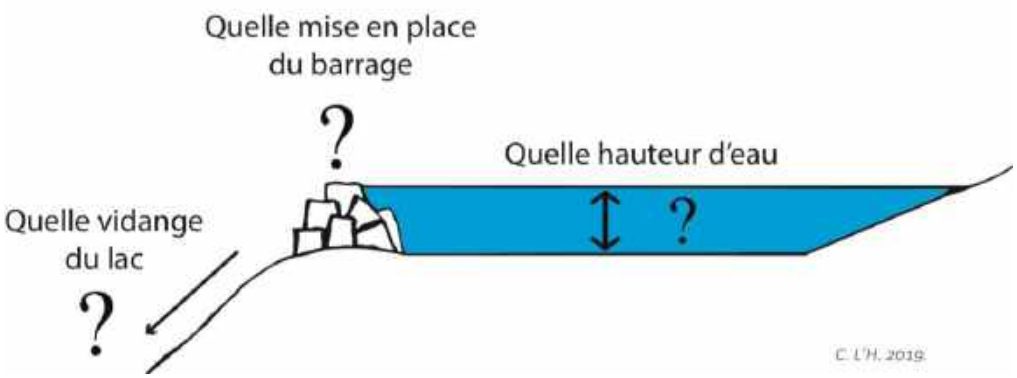


Figure 5 : Questionnements théoriques autour de l'événement de 1219

Les trois questions délimitent trois thématiques connexes abordées dans le cadre de ce mémoire. Pour traiter chacune d'elles, il a fallu prendre des décisions méthodologiques concernant le traitement des données. En effet, qu'elles soient acquises (données historiques, géotechniques et cartographiques) ou à acquérir, quels outils et quels traitement faut-il effectuer pour faire ressortir de nouvelles informations aidant la démarche de la ré-analyse ?

L'objectif principal de tous les questionnements soulevés par le sujet pourrait se résumer par une question : qu'est-ce que la pratique actuelle de la géomorphologie peut apporter, en termes de connaissances nouvelles, à un cas d'école vieux de 800 ans ? L'étude morphologique qui suit a été menée dans le but de répondre à la question, en comparant le scénario usuel avec la configuration réelle au Pont-de-La-Véna.

CHAPITRE II – METHODOLOGIE : MOBILISATION D'UN CORPUS PLURIEL AU SERVICE D'UNE RE-ANALYSE GEOMORPHOLOGIQUE

Le travail présenté repose sur l'utilisation de différentes données (textuelles, géologiques, cartographiques et numériques). Il est important de les recenser et de présenter leurs différentes caractéristiques pour donner un aperçu clair des informations à disposition. La présentation comprend les données et leurs sources ainsi que les choix effectués pour leur traitement. Les choix méthodologiques se construisent autour des exemples de la littérature couplés aux particularités du sujet.

II.1. – Récupération des données et ré-analyse

Une ré-analyse se fonde sur la récupération de données existantes au sujet de l'espace. L'étude de ces dernières avec un regard neuf permet la réinterprétation de certains points qui paraissaient jusqu'ici acquis. Huggett conclut un article en 1994 par le constat suivant : "*evidence for a diluvial origin of landscapes and sediments comes not so much from the finding of previously unnoticed phenomena as from the reinterpretation of well-known landscape and sedimentary features*"[10]. La préoccupation principale d'une ré-analyse s'en trouve assez bien résumée : il s'agit de regarder un lieu non pas en y cherchant de nouvelles formes mais en mettant en doute les connaissances séculaires. C'est le couplage de l'étude de données anciennes à de nouveaux points de vue et de nouvelles techniques qui permet de faire émerger de nouvelles hypothèses de travail. Il faut pour cela mettre en place une stratégie de récupération de données anciennes ainsi qu'une stratégie de traitement de ces données qui induira les besoins de création de nouvelles données (nouveaux forages, nouvelles fouilles archéologiques ou encore nouveaux relevés et nouvelles datations). Ici, c'est la géomorphologie de surface qui intervient en soutien principal au corpus de données déjà existant qu'il faut regrouper et organiser. L'objectif est d'illustrer le processus singulier de récupération de données exigé par la ré-analyse d'une catastrophe ancienne.

II.1.1. – La création d'un corpus de données : une démarche lente et opportuniste

La création d'un corpus de données sur des phénomènes anciens est une longue succession d'observations, d'études complémentaires des sites et de veille scientifique. Souvent, il n'existe pas d'informations précises concernant les localisations géographiques des événements et leurs traces en sous-sol. Toutes ces recherches avancent donc grâce aux événements extérieurs, et non juste pour ce qu'elles sont. Les recherches autour des paléo-catastrophes apparaissent en filigrane de divers travaux de recherche et/ou de construction. Bien que les sujets soient passionnants, la plupart du temps, les informations détenues sur les phénomènes ne sont pas assez stables et fiables pour lancer des campagnes d'exploration à grands frais. Elles se greffent donc à des explorations existantes. Cette démarche s'apparente aux méthodes d'intervention des archéologues de l'INRAP, en préventif dans les chantiers. Cependant dans le cas des catastrophes anciennes, il faut être d'autant plus vigilant puisque les démarches exploratoires ne dépendent d'aucune autorité coordinatrice (publique comme privée). Il est donc utile et recommandé d'établir une veille plus ou

[10] « La preuve de l'origine catastrophique de paysages et de sédiments provient moins souvent de découvertes de phénomènes nouveaux jusque là inconnus que de la réinterprétation de paysages et de dépôts sédimentaires bien connus. » (Traduction libre par C. L'Hutereau)

moins à long terme sur le terrain d'étude. Ces moyens détournés d'exploration expliquent en partie le temps relativement long qui s'écoule entre les premières hypothèses et la reconstruction de scénarios à l'aide de preuves archéologiques et/ou géophysiques.

II.1.2. – Le traitement des données : de l'interdisciplinarité à la mobilisation d'une équipe de recherche

Si les catastrophes anciennes sont aujourd'hui reprises et analysées sous le prisme de nouveaux concepts ou de nouveaux regards, elles nécessitent des organisations de travail où les domaines d'études se croisent et interagissent. La ré-analyse de la débâcle ne fait pas exception.

II.1.2.1. – Les catastrophes naturelles : un sujet intrinsèquement interdisciplinaire…

Une catastrophe fait instantanément appel aux notions de « risque », d' « aléas » et de « vulnérabilité ». A partir de là, des domaines d'étude ordinairement plus ou moins voisins se retrouvent rapidement croisées. « *La nécessité de combiner différentes approches méthodologiques et disciplinaires s'explique largement par la complexité même des phénomènes étudiés qui possèdent des dimensions à la fois physiques et humaines* » explique D. Saint-Laurent (2006). Outre la dimension physique du phénomène qui en fait un objet d'étude complexe, on distingue aussi une implication sociale à chaque événement : *« Parce qu'elle concerne à la fois les phénomènes naturels (crues, avalanches, sécheresses, etc.) et leurs impacts sur les sociétés, la question des risques est éminemment interdisciplinaire* » (Reynard *et al.*, 2019). La complexité des phénomènes fait appel à des croisements de regards, de concepts et d'échelles pour en obtenir une compréhension fine. La géographie, comme science à la croisée des disciplines par excellence, se trouve au cœur de cette interdisciplinarité (Saint-Laurent, 2006). Les méthodologies sont alors augmentées des particularités de chaque discipline. L'avantage est de profiter des précisions de chacune sans pour autant perdre de vue l'objectif global : la compréhension du phénomène et ses enjeux multiformes. Les ré-analyses appliquées à la débâcle de l'Oisans, le Tauredunum (Kremer *et al.*, 2012 ; Kremer *et al.*, 2014 ; Schoeneich *et al.,* 2015 ; Frei et Montaigu, 2019) ou tout dernièrement au lac de Gietro* (Reynard *et al.,* 2019) font de l'interdisciplinarité le fer de lance de leurs progrès.

La diversité des sources et la facette historico-culturelle d'une étude de catastrophes anciennes apportent un panel de disciplines concernées important (Kremer *et al.*, 2012 ; Schoeneich *et al.*, 2015, Reynard *et al.*, 2019). Différents spécialistes apportent leur concours pour une compréhension globale de l'événement. Cette méthodologie interdisciplinaire est documentée notamment par Schoeneich *et al.* (2015) et par Reynard *et al.* (2019). Historiens, archéologues, géologues et géomorphologues s'allient pour expertiser le déroulement d'un enchainement d'événements amenant à une catastrophe.

« *Il est de nos jours inconcevable d'entreprendre un bilan archéologique d'une région sans qu'une lecture de l'évolution du paysage ne soit réalisée. L'étude du contexte géomorphologique est indispensable d'une part à la compréhension d'un terroir en général et à son évolution dans le temps, d'autre part à la connaissance des conditions de conservation de chaque gisement archéologique* » (Bessat, Bouvier, Baucheron, Cœur, Helly & Vautier, 1997). Cette prise de position extraite d'un bilan archéologique effectué en 1997 sur la zone d'étude du couloir de Livet est d'autant plus pertinente

* cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

lorsqu'il s'agit d'étudier un événement naturel, et inscrit la ré-analyse dans les traces de cette dynamique pluridisciplinaire d'étude du territoire.

II.1.2.2. - …amenant une méthodologie de travail imbriquant les chercheurs

Cette idéologie de travail (soutenue et mise en avant par E. Reynard *et al.* en 2019 mais également déjà pointée du doigt par D. Saint-Laurent en 2006) a guidé en grande partie la démarche de ré-analyse de la débâcle de l'Oisans. L'expertise des textes anciens par Berlioz (1997) a été largement augmentée par la collaboration avec certains historiens. Le concours de Marie-Christine Bailly-Maître, René Verdier, Eric Syssau et Anne Lemonde a permis de reprendre le volet historique de l'existence du lac. Les géologues des années 80/90 ont initié un travail sur les données du sous-sol poursuivi entre autres par Gilles Ménard depuis le début des années 2010. L'étude géomorphologique initiée dans le couloir de Livet par Mathoulin (1989) et sous la direction de Philippe Schoeneich par Groleau, 2004 et Bardin, 2009 a été enrichie par d'autres observations et reconnectée aux discours des « anciens » géographes environnementalistes (majoritairement Allix, 1929 ; Blanchard, 1914, 1925, 1943 ; Chardon, 1988).

II.2. – Le corpus de données de la Débâcle

Le corpus de données de la débâcle de l'Oisans se compose de la documentation existante et disponible à la consultation ainsi que de la documentation nouvelle créée au fur et à mesure de la ré-analyse (cartographies, photographies, coupes sédimentologiques, datations). Concernant la documentation existante, un important travail de traitement, regroupement et recoupement des données disponibles a été mis en œuvre. Une somme considérable de sources s'est révélée exister (cartes anciennes, archives textuelles, forages, datations et photographies).

II.2.1. – La documentation disponible

Au-delà des sources historiques et archivistiques, de nombreuses données ont été enregistrées sur la zone d'étude par différents corps de métiers : chercheurs, ingénieurs et géotechniciens ont réalisé des prélèvements entre le début de la Plaine de Bourg d'Oisans et les terrasses de Gavet. Les différentes données sont citées dans des travaux de recherche (notamment Mathoulin, 1989 et Bailly-Maître *et al.*, 1998) ou dans des compte-rendus EDF. Certaines données (illustrées dans le tableau 1 comme « non utilisables ») sont citées au siècle dernier mais aujourd'hui introuvables. D'autres sont classées comme « utilisables » mais « non pertinentes » : elles sont globalement inexploitables du fait de l'évolution des techniques et exigences des relevés. Le tableau 1 propose également un chiffrage approximatif pour chaque type de données existantes. Le corpus mobilisable représente environ 59% du corpus estimé[11], et comprend 7 types de sources (70% des types de sources utilisables). Le tableau permet de constater la détérioration des données archivées et donc la perte d'informations qui y est liée.

[11] Calcul de pourcentage sans pondération d'importance de chaque type de source, grâce au nombre de données présente dans chaque catégorie.

Tableau 1 : Etat des lieux de la conservation des différents types de données mobilisées pour l'étude du territoire de la débâcle de l'Oisans depuis le XXème siècle.

Type de données citées dans les différentes sources écrites	Nombre de données	Utilisation et pertinence	Source écrite mentionnant / utilisant les données
Echantillons	64	Utilisables et pertinents	Gilles Ménard
Coupes sédimentologiques	1	Non utilisable par manque de donnée et disparition de la coupe physique	Mathoulin, 1989
Cartes géotechniques	26	Utilisables et pertinentes	EDF
Coupes géologiques/géotechniques	9	Utilisables mais non pertinentes par manque de résolution	EDF
Datations anciennes	6	Utilisables et parfois pertinentes après re-calibration	Bailly-Maître et al (1998)
Sondages destructifs	27	Utilisables mais non pertinents	EDF
Palynologie	?	Non utilisable car introuvable	Mathoulin, 1989
Sondages électriques	136	Non utilisable car introuvable	EDF
dont EDF	*119*	Non utilisable car introuvable	
dont SIERG	*17*	Non utilisable car introuvable	
Sismique réfraction	5	Non utilisable car introuvable	EDF
Sondages carottés	72	Utilisables mais peu pertinents pour des questions de résolutions	EDF, BRGM, Mathoulin (1989) et Bailly-Maitre et al (1998)

Puisque « *Reconstituer les catastrophes anciennes requiert […] de s'intéresser autant aux traces dans le paysage (formes du relief, dépôts sédimentaires) qu'à la mémoire des sociétés, qu'elle soit archéologique, écrite ou orale* » (Reynard *et al.*, 2019), aucune source n'a été négligée. Articles, relevés de sondages, cartes géotechniques, échantillons et traductions latines ont été compilés et triés sur le critère principal de la pertinence des informations qu'ils apportaient à la recherche actuelle. Les fonds documentaires suivants ont été exploités : la bibliothèque universitaire de l'Institut d'Urbanisme et de Géographie Alpine (Cité des Territoires, Grenoble), la bibliothèque universitaire Joseph Fourrier (Campus de Saint-Martin-d'Hères), les archives EDF, les archives du département, les archives du bureau d'étude Kaëna, la base de donnée du sous-sol du BRGM et les archives personnelles de Philippe Schoeneich, Gilles Ménard, Marie-Christine Bailly-Maître et Charles Obled. Le corpus mobilisable présente, une fois trié, des précisions géo-historiques permettant la mise en contexte proposée dans le chapitre I et des données physiques dont le détail suit ci-après.

II.2.1.1. – Corpus technique disponible : géologie de la zone

Le couloir de Livet est le lieu de nombreux chantiers d'infrastructures, pour lesquels des études géologiques et géotechniques ont été menées. Les sondages carottés et les profils électriques,

conseillés pour les reconnaissances de sites ou les études géotechniques du risque par la littérature (Vulliet, Laloui & Zhao, 2016 ; Martin, 2006) sont également utiles à la géomorphologie pour comprendre les mécanismes sédimentaires. Pour le cas de la débâcle de l'Oisans, l'utilisation des documents commandités par les divers chantiers est conditionnée par la disponibilité, la conservation et la lisibilité des archives. Le tableau 2 illustre l'état actuel de la documentation des sondages par forages carottés. Cette dernière donne une visualisation verticale de l'enchainement, l'épaisseur et la granulométrie des couches sédimentaires dans le sous-sol. La profondeur de carottage dépend de l'information recherchée ainsi que de la résistance du substrat. L'intégralité des informations relatives à la carotte extraite sont relevées sur un log de forage, comprenant théoriquement : un dessin des différents substrats traversés, une description géologique, la profondeur et les informations techniques relatives à la progression de la foreuse. Ils comprennent également des coordonnées de localisation et parfois une altitude pour la tête de forage. L'intégralité des carottages exploités ont été réalisés pour un usage premier autre que l'étude de la débâcle de l'Oisans. Les résultats sont donc tributaires de l'objectif premier des carottes et les détails relevés par le géologue au moment du carottage en dépendent. Si le relevé se borne à une description à visées géotechnique du terrain, il est très probable que les discontinuités majeures et/ou les perturbations sédimentaires ne soient pas relevées. La ré-interprétation de données relevées par d'autres personnes à d'autres fins, lorsqu'elle est possible, peut malgré tout s'avérer exempte de véritable logique à cause d'exigences de relevés différentes (Schoeneich *et al.,* 2015).

Le tableau 2 recense les sondages recensés depuis 1969 dans la littérature. Sur 71 sondages carottés mentionnés dans les textes et les archives, seulement 42 sont utilisables (59%). 19 sont disqualifiés à cause d'absence de logs et 10 par absence de localisation spatiale (dont 4 non-localisés mais possédant un log). 31% des sondages géoréférencés présentent des altitudes extrapolées grâce au couplage de leurs coordonnées de localisation et des données Z fournis par le MNT[12]. Ces dernières sont donc variables à quelques mètres près. Ainsi, l'existence bibliographique d'un sondage ne le rend pas nécessairement utilisable pour la ré-analyse. Les trois raisons principales qui rendent un sondage inutilisable sont :

- l'absence de logs de forages ;
- l'absence de localisation géographique des logs et des forages ;
- dans une moindre mesure, l'absence d'altitude de tête de forage.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des forages carottés recensés dans la littérature et nombre de forages utilisables pour la ré-analyse.

Description des forages	**Nombre de forages**
Forages géoréférencés	**62**
Forages géoréférencés avec log	42
dont log sans altitude exacte en tête de forage	*19*
Forages géoréférencés sans log	20
Forages non géoréférencés	**10**
Forages non géoréférencés avec log	4
Forages non géoréférencés sans log	6
Total des forages carottés retrouvés	**72**
Total des forages carottés utilisables	**42**

[12] outils QGIS : « Analyse raster » > « prélever des valeurs raster »

Parmi les données géologiques du sous-sol retrouvées figurent également des coupes géologiques EDF. Elles correspondent à des profils en travers ou en long du couloir de Livet, et présentent un ou plusieurs logs de forages replacés suivant la topographie. Leur utilité s'est avérée limitée, en raison de leur résolution difficilement exploitable. Les datations de Bailly-Maître *et al.* ont été utilisées (1998) ainsi que la carte géomorphologique de Mathoulin (1989, annexe 9).

II.2.2. – La documentation nouvelle : données et choix méthodologiques

La méthode de travail repose sur le couplage de la géomorphologie de terrain aux nouvelles techniques numériques d'exploitation des données. C'est en alliant visualisation numérique et explorations in situ que les cartes géomorphologiques ont été dessinées. Des relevés sédimentologiques ont été effectués sur le terrain dans le cône de la Vaudaine ainsi que des prélèvements de matière organique dans le but d'obtenir une portion de chronologie absolue pour l'une des phases d'édification du barrage du lac.

La mise en œuvre des données, qu'elles soient anciennes ou actualisées, a donné lieu à des questionnements techniques et méthodologiques. Les quatre points névralgiques de la réflexion sont les thèmes suivants : la cartographie, le recensement des blocs, l'expertise sédimentologique et les datations C14.

II.2.2.1. – Cartographie géomorphologique

Cartographier un espace nécessite d'avoir une idée précise des informations à représenter, du nombre d'informations et de leur façon de les visualiser. Concernant la débâcle de l'Oisans, le travail cartographique s'articule en plusieurs temps : une étude numérique du terrain, une exploration in situ, la réalisation d'une cartographie par SIG et enfin la mise en place d'une légende adaptée.

II.2.2.1.1. - Exploitation des données numériques

- Le MNT LiDAR

L'existence d'un MNT (Modèle Numérique de Terrain) LiDAR (Light detection and ranging) a permis de mener une étude numérique de la zone d'étude, affinant ainsi les informations fournies par les quelques cartes géomorphologiques existantes (Mathoulin, 1989 ; Groleau, 2004 ; Bardin, 2009). L'acquisition de données LiDAR permet un relevé de points XYZ précis et très complet puisque la technique repose sur la vitesse de propagation de la lumière. Malgré son coût (en financement, en espace de stockage et en temps), elle facilite grandement la préparation et la visualisation des campagnes de terrain (Paget, 2008). Pour la débâcle de l'Oisans comme pour celle de Gietro, l'utilisation d'un MNT a été déterminante pour l'analyse (Reynard *et al.,* 2019). Le LiDAR a permis de cartographier beaucoup de zones à distance.

Les MNT 1m, 5m et 25m de l'IGN, disponibles via la plateforme IGN Professionnel, sont composés de relevés LiDAR. Le MNT 5m du département de l'Isère fourni par l'IGN est composé de relevés LiDAR, de corrélations photographiques et de relevés radars (cf. annexe 3 pour les détails liés au MNT). La portion de la Romanche étudiée fait partie des espaces isérois couvert par les relevés LiDAR (cf. carte annexe 3). Cette bonne couverture numérique s'explique majoritairement par les campagnes de travaux EDF nécessitant une bonne connaissance du couloir.

De nombreuses cartes sont nées grâce au MNT LiDAR. Ce dernier a permis d'extraire des courbes de niveau afin de travailler sur la topographie fine. Le logiciel de traitement utilisé est le logiciel gratuit QGIS. L'un des atouts de l'usage du MNT LiDAR a été l'utilisation du plugin « *profile tools* » qui permet d'obtenir à partir du fond MNT une coupe topographique. Cet outil, couplé au MNT ombré, a grandement facilité la cartographie à distance en permettant une meilleure compréhension de la topographie. Quelques couches shapefiles ont été téléchargées via data.gouv mais la quasi-totalité des informations représentées ont été digitalisées manuellement dans le but de représenter les formes géomorphologiques observées sur le MNT et/ou sur le terrain. La liste des couches shapefiles créées est consultable en annexe 4, le total atteint 57 couches digitalisées pour trois types d'informations différentes représentées : ponctuelles, linéaires et surfaciques.

Le MNT LiDAR a également permis une modélisation de l'espace en 3D en passant d'abord par le plugin QGIS *2tothree* puis sur le logiciel Blender. A des fins visuelles, exploratoires et de valorisation, Yago Delannoy a produit une animation 3D sous forme de petit film retraçant le scénario initial de la catastrophe (cf. images en annexe 5).

- Les orthophotographies

Plusieurs fournisseurs d'images satellites et aériennes existent pour l'Oisans : les images proposées en accès libre par Google Earth, Bing Aerial et Géoportail (IGN) permettent toutes de survoler la zone. Les images Géoportail (IGN) ont été choisies pour réaliser des comparaisons diachroniques et des repérages. Grâce à l'onglet « remonter le temps », il est possible d'avoir accès à une banque d'images balayant au moins 50 ans de prises de vues. Le projet utilise actuellement les ortho-images datant de 2012 (les plus récentes en accès libre) pour les travaux de SIG et la préparation du terrain. Des images plus anciennes (1937 à 2012) sont utilisées pour la comparaison diachronique (secteur du cône de la Vaudaine principalement, références des photographies en annexe 6).

II.2.2.1.2. - Relevés de terrain

Des relevés géomorphologiques ont été effectués dans le but d'affiner la connaissance morphologique de la zone d'étude. L'objectif des relevés sur le terrain était de préciser le travail cartographique numérique largement entamé. Les espaces clefs du scénario consensuel ont été parcourus ; soit la zone du barrage du pont de la Véna, l'écroulement de Versaire qui s'est avéré plus important que prévu et le couloir de Livet. La réalisation de cartes claires et précises à grande échelle permet de visualiser l'emboitement des formes de surface. La liste des couches et les métadonnées est disponible en annexe.

II.2.2.1.3. - Légende géomorphologique adaptée

Le travail cartographique effectué utilise la légende IGUL, la légende géomorphologique de l'Université de Lausanne (UNIL) avec quelques modifications afin d'obtenir des représentations différenciées de niveaux de terrasse. Le principe de cette légende s'inspire de la légende française dite « RCP 77 » permettant de superposer des figurés ponctuels et/ou linéaires à des plages de couleurs, rendant lisible ainsi différents facteurs morphogènes (Schoeneich, 1993).

II.2.2.2. – Le recensement des blocs

De nombreux blocs jalonnent le couloir encaissé de Livet. Au cours de ce travail, il a été envisagé que certains blocs présents pouvaient avoir un lien avec les dynamiques d'écoulement catastrophiques

anciennes. Il a donc fallu mettre en place une stratégie de recensement des blocs dans le but d'éclairer la question.

II.2.2.2.1. – Objectifs de la démarche

La notion de « sur échantillonnage » est largement utilisée par le géographe qui tente de représenter au plus juste la réalité du terrain. La surreprésentation de valeurs permet d'obtenir une visualisation plus fine de leurs fluctuations. La démarche de recensement pratiquée pour les blocs du couloir de Livet a pour objectif d'obtenir une représentation la plus proche de la réalité du terrain possible en recensant tous les blocs dépassant les 80cm de haut.

Le double problème résultant de cette démarche exploratoire est qu'il est rapidement question d'un corpus imposant et de relevés longs. C'est pourquoi il est important de cerner les enjeux descriptifs de la variable étudiée. Les questions principales sont donc : « Qu'est ce qui est représenté ? », « A quelle échelle ? » et « Pour quoi faire ? ». Dans le cas de notre recensement de blocs, il s'agit de représenter une dispersion spatiale de blocs pluridécimètriques à plurimétriques pouvant avoir été déplacés par les écoulements catastrophiques de la débâcle. C'est donc une dynamique de mouvement sédimentaire de grande ampleur étudiée tant à l'échelle du couloir entier qu'en comparaison entre différentes terrasses et/ou tronçons du couloir. L'objectif final est double, puisqu'il s'agit d'abord de visualiser une potentielle dispersion caractéristique ; mais également repérer et lister les différents blocs en vue d'une mise en valeur et/ou d'un processus de protection. Obtenir une localisation précise et une disposition des méga-blocs dans la vallée sera utile à l'analyse des mouvements des blocs et leur part dans l'héritage morphologique de débâcle (Robitaillé & Dubois, 1995 ; Dionne & Poitras, 1996 ; Reynard *et al.,* 2019).

II.2.2.2.2. - Méthodologie

La méthodologie suivie pour ce recensement est la suivante : tous les blocs accessibles et visibles depuis le Pont-de-La-Véna jusqu'au verrou de Gavet ont été relevés au GPS et mesurés avec un double décamètre et une mire de chantier. Ils ont été également pris en photo. Le point GPS est systématiquement à 5m à l'ouest du cœur du bloc.

II.2.2.2.3. - Le recensement en pratique

Les relevés ont été effectués en équipe de deux ou trois personnes, avec un GPS Trimble GeoExplorer. L'outil a une résolution absolue déclarée par le fabricant d'une dizaine de centimètres après post-traitement. Concernant nos points de relevés, leur précision est un peu moins fine car les mesures ont été effectuées dans un endroit boisé et/ou encaissé, supprimant de ce fait certains satellites (moyenne des précisions indiquées en première intention : 0,45m). La marge d'erreur de localisation peut atteindre parfois 2m, d'après les informations contenues dans les tables attributaires. Ceci reste tout à fait suffisant pour travailler à l'échelle des terrasses et du couloir. Après 10 demi-journées de prospection, 102 blocs sont relevés dont 82 avec des mesures permettant d'estimer leur volume. Les relevés se sont globalement bien déroulés sur l'espace en question mais un frein principal est apparu : l'accessibilité de certains blocs. De nombreux blocs se trouvent dans des jardins particuliers, dont l'accès est privé. D'autres mesurent plus de 8m de haut et sont pris dans la végétation de sorte qu'ils sont difficilement accessibles et chiffrables. L'échantillonnage de ces blocs particuliers a été impossible sur le terrain. La principale solution a été de repérer les divers blocs particuliers sur les images aériennes (lorsque c'était possible) pour ne pas trop perdre en

qualité de représentation. Cependant, cette méthode alternative ne permet pas un cubage des blocs en question. De même la localisation n'est pas aussi précise qu'avec le GPS.

Une grande quantité de photographies ont été prises et recensées (975). Trois personnes ont pris ces photographies : Philippe Schoeneich, Clémence Houpert et Camille L'Hutereau[13]. Le nombre de photographies prises sur le terrain est important (tableau 2 en annexe 6) puisque, pour chaque bloc recensé, une ou plusieurs photos étaient effectuées. Ces photographies s'ajoutent à la base de données photo de Philippe Schoeneich documentant les blocs actuellement disparus.

II.2.2.2.4. - Traitement des données : volumes d'ellipsoïdes

Le traitement des données de volume des blocs a été effectué grâce aux mesures des axes x, y et z de chaque bloc accessible. La formule de calcul choisie pour le volume des blocs est la formule de calcul du volume d'un ellipsoïde :

$$\frac{4}{3} \times abc \text{ avec } a = \frac{1}{2}x \text{ , } b = \frac{1}{2}y \text{ et } c = \frac{1}{2}z$$

Les résultats de ces mesures se présentent sous la forme de deux tableurs Excel et plusieurs couches shapefile de localisation des blocs (cf le récapitulatif en annexe 7).

Encart n°2 : Résolution, précision et blocs

Le calcul de volume des blocs a été réalisé grâce à la formule du volume d'un ellipsoïde, bien que la forme de nombre d'entre eux soit plus proche d'un parallélépipède. De fait, les estimations de volume ont été volontairement minimisées. Elles portent ainsi toutes le même biais de calcul. De plus les mesures effectuées sur les blocs sont des mesures au demi-mètre près, puisque les conditions de mesures ne permettaient pas une précision plus élevée (présence de végétation dense, grandeur des blocs par rapport aux outils de mesure et aux exécutantes). Parmi les blocs localisés, certains n'ont pas été mesurés.

II.2.2.3. – La sédimentologie

La sédimentologie a été utilisée pour étudier la sédimentation du torrent de la Vaudaine et son cône de déjection, ainsi que pour ré-interpréter certains logs de sondages. La coupe principalement documentée a été visitée le 19 juin 2019, dans la carrière de la Vaudaine[14] au Pont-de-la-Véna (fig. 6). Cette dernière est maintenue fraîche par l'exploitation de la carrière. La figure 6 donne un aperçu de l'emprise du front de taille. Le relevé de coupe qui en découle est accessible et commenté dans le chapitre III.

Figure 6 : Vue générale du front de taille de la carrière de la Vaudaine au Pont-de-la-Véna

[13] Références des appareils photos : Canon PowerShot G12 et Canon EOS 100D

[14] Cette carrière est citée dans les pages qui suivent majoritairement comme la « Carrière de la Vaudaine » à cause de sa localisation dans le cône de la Vaudaine, mais parfois également comme la « Carrière de l'Infernet » qui est son nom administratif mais contre-intuitif.

II.2.2.3.1. – Objectifs du recours à la sédimentologie

L'objectif de la relecture des logs géotechniques est d'obtenir des informations sur la constitution du sous-sol et des différentes phases d'aggradation sédimentaires. Ces dernières peuvent être dues au passage d'écoulements, à des apports par des laves torrentielles ou l'extension normal d'un cône de déjection, par la présence d'un plan d'eau de décantation (lac) ou encore par un dépôt d'écroulement. Egalement, il était envisageable de rechercher un niveau de dépôts à gros blocs attribuable à la débâcle permettant de déterminer le niveau de la vallée avant l'écoulement. Les logs de sondage ont été traités dans cette optique. Ils ont permis la caractérisation des dépôts du sous-sol du Pont-de-la-Véna mais se sont révélés limités quant aux informations concernant l'écoulement mixte à gros blocs attribuable à la débâcle. Le cône de la Vaudaine quant à lui a été exploré dans l'objectif de comprendre la mise en place du dépôt ainsi que les vitesses d'aggradation. Il était nécessaire de qualifier la dynamique sédimentaire afin de vérifier si elle était capable d'obstruer le cours de la Romanche par un apport sédimentaire massif.

II.2.2.3.2. - Rappels de sédimentologie

Se pencher sur les dynamiques de dépôts nécessite un rappel des principales attentes méthodologiques en sédimentologie. Il est courant d'étudier les dépôts par strates, qu'on compare souvent aux faciès (Cojan & Renard, 2003) mais sans le volet interprétatif. Les strates sont considérées comme délimitant une phase de dépôt où l'environnement présente des caractéristiques constantes (type mouvement de méandres). La définition de strates entend que « *des strates déposées dans des conditions différentes auront des aspects suffisamment contrastés pour pouvoir être identifiées* » (Cojan & Renard, 2003). Les dépôts détritiques qui nous intéressent sont tous quaternaires et se sont déposés dans des conditions climatiques globalement stables, malgré les fluctuations du Petit Âge Glaciaire (PAG). L'enjeu principal est de différencier les dynamiques de dépôts puisque l'environnement étudié a beaucoup changé localement, passant d'un espace lacustre à un espace torrentiel et pouvant par endroit être également un espace de dépôt gravitaire. La caractérisation des conditions de dépôts se fait en analysant leurs « *faciès* » sédimentologiques (Cojan & Renard, 2003).

L'approche par « *sédimentologie de faciès* » a pour objectif de rendre interprétables des suites de dépôts, regroupés par faciès illustrant une dynamique de dépôt. Les dépôts continentaux sont régulièrement discontinus et les lacunes doivent donc également être interprétées. Les enchainements types produisent ainsi des « *motifs élémentaires de l'édifice sédimentaire* » (Cojan & Renard, 2013) permettant de reconnaitre certaines dynamiques de l'environnement. Les méthodes ont été transposées à l'étude de la coupe ainsi que des logs anciens, moyennant les ajustements mentionnés plus bas.

L'intérêt principal des descriptions des lithofaciès est d'associer une texture du sédiment (fin, sableux, grossier,…) à une structure (supporté par une matrice, granoclassé,…) et à des figures sédimentaires (déformation, stratification,…). Concernant les dépôts du Pont-de-la-Véna, cela permet de décrire la texture de dépôts mixtes diamictiques, « *à savoir un sédiment formé d'une matrice de limons plus ou moins sableux dans laquelle « flottent » des cailloux anguleux et quelques blocs plus gros* » (Schoeneich *et al.,* 2015), avec toute la finesse possible (Moscariello, 1996 ; Moscariello *et al.*, 1998). Ainsi, le critère principal des différentes diamictes est la teneur en matrice ainsi que la structure du dépôt : la matrice peut remplir uniquement les vides entre d'autres éléments plus grossiers ; ou complètement supporter et emballer les éléments grossiers qui y

« *flottent* » (Schoeneich *et al.,* 2015). De cette différence notable mais parfois compliquée à cerner on distingue le charriage (diamicte « *clast supported* ») ou le transport en mouvement de masse (diamicte « *matrix supported* »). Une coupe permet une visualisation complète des textures, structures et figures sédimentaires à l'inverse des forages et des logs, qui font disparaitre la structure et les figures sédimentaires. Les descriptions de sondages récoltées ont donc été utilisées uniquement pour caractériser l'enchainement des textures sédimentaires du sous-sol.

II.2.2.3.3. - Détermination des faciès sédimentologiques des sondages du Pont-de-la-Véna

L'étude des faciès se fait à l'aide de logs de sondages carottés datés de 8 campagnes de géotechnique entre 1968 et 2012. La disponibilité de 25 logs de sondages a permis d'explorer le profil sédimentaire du sous-sol du lieu-dit du Pont de la Véna. Les forages présentent des faciès complexes, qui ne sont plus observables à l'heure actuelle. Les seuls supports les documentant sont les logs de forages produits par les géologues des différents projets. Ils se distinguent par des différences plus ou moins marquées évoquées précédemment et nécessitent donc un travail par faciès type. Cette technique permet de varier la résolution de l'étude sédimentaire suivant les objectifs mais également les moyens et les données disponibles.

Le second enjeu des descriptions de lithofaciès est de définir la présence ou l'absence de stratification dans les dépôts. Concernant des sondages décrits par logs et comme expliqué plus haut, il est relativement impossible de documenter cette information.

La corrélation proposée comprend trois principaux axes fonctionnant de concert pour permettre une reconstitution plausible. D'abord, les sondages ont été exploités et corrélés en fonction des formes observées en surface. Ainsi, il a été recherché des traces de déjection du cône sur son pourtour, tandis que le dépôt d'écroulement a été recherché autour des buttes restantes en surface. « *Plusieurs faciès unitaires peuvent être regroupés en associations caractéristiques d'un environnement donné de dépôt, ces assemblages constituent la base des modèles de faciès permettant de reconstituer les paysages au moment du dépôt. Cela suppose d'organiser, d'une façon génétiquement logique, les successions de faciès en fonction d'une topographie donnée, aussi parle-t-on souvent, d'une façon plus proche de la réalité, de profils de dépôts* » (Evin, 2002).

Ensuite, les carottes témoignent de diamictes diverses. Les strates de particules fines mises à part, les dépôts sont extrêmement chaotiques et présentent presque tous intégralement des blocs et/ou des galets et/ou des graviers pris dans des matrices plus fines, allant du sable à l'argile, toujours d'après les relevés de sondages. Les couleurs des différents alluvionnements sont également plus ou moins à mettre en regard, notamment la couleur verte, corrélée par études des argiles avec la présence de dépôts chloriteux typiques du torrent de la Vaudaine[15] (les argiles relatives aux méta-sédiments du bassin de Bourg d'Oisans sont quant à elles plus sombres, entre le gris et le noir et ne présentent pas les mêmes altérations).

Enfin, les différenciations des dépôts grossiers (écoulements ou écroulement) ont été réalisées grâce à l'étude du vocabulaire utilisé dans les descriptions ainsi que la portion de matrice fine mentionnée. Ainsi, sont considérés comme faisant part du dépôt d'écroulement les espaces présentant des matériaux grossiers « anguleux » à « anguleux émoussés » (témoignant d'un transport court mais intense). Généralement, les proportions de fines sont moindres que pour les dépôts d'écoulement,

[15] Etude des sédiments fins par G. Ménard

qui présentent également des variations plus importantes (type superposition de dépôts fins sableux, puis de gravier, puis à nouveau de dépôts plus fins, parfois tirant sur les silts, mais très souvent contaminés par des petits blocs de quelques centimètres à quelques dizaines de centimètres).

Puisque le « degré de subdivision » des faciès dépend ici des logs, il a été proposé la classification suivante, inspirée des classifications de Miall (1978). Cette classification est mise au service d'une étude spécifiquement fine de phases de dépôts grossiers, puisqu'on se penche sur une fenêtre temporelle théoriquement de quelques milliers d'années maximum. Les principales modifications apportées à la classification de Miall (tableau 3) sont l'ajout de plages de couleurs, correspondant à l'interprétation faite de diamictes suivant des critères non plus seulement sédimentologiques mais surtout spatiaux (tels qu'expliqués plus haut). Rappelons que les logs de forage présentent eux-mêmes des subdivisions dans ces catégories, mais elles sont trop imprécises pour être gardées en l'état. Ainsi, « *un excès de détails dans la classification des faciès peut nuire à [la] démarche* » (Cojan & Renard, 2003).

Tableau 3 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude des logs du Pont-de-la-Véna

D	D	Matériaux grossier en diamicte imputé au cône de déjection et/ou aux écoulements des cours d'eau	
		Matériaux grossier en diamicte imputé au dépôt d'écroulement	
		Matériaux grossier en diamicte imputé au torrent en phase supérieure (au dessus des alluvions fines)	
	Df	Diamicte fine inférieure terminant les dépôts grossiers	
	Dm	Diamicte verte imputée aux laves du torrent de la Vaudaine	
S	Sm	Sable par-dessus les alluvions fines de décantation	
F	Fm	Alluvions fines de décantation	
O		Tête de sondage organique	

II.2.2.3.4. - Détermination des facies sédimentologiques de la coupe de la Vaudaine

Pour l'étude du cône de déjection de la Vaudaine, le codage indiqué sur le relevé est également inspiré de la classification de Miall (1978). Cependant, les codes proposés sont quelque peu modifiés afin d'illustrer les processus torrentiels qui mobilisent beaucoup plus de matériaux grossiers. La principale modification concerne les blocs dans les dépôts. Dans la même logique que la notation des *dropstones*[16], il a été retenu de parler de « blocs » notés « b » pour les blocs anguleux et/ou sub-arrondis pluridécimétrique à métriques des dépôts déposés par la dynamique torrentielle. On constate également que la taille et la répartition des blocs est impossible à faire figurer avec le codage de Miall, ce qui pourtant ici est nécessaire. Ainsi, les équivalences entre les codes de lithofaciès et la réalité du terrain étudié sont données par le tableau 4. Les codes sont rappelés également sur la coupe proposée dans le chapitre III.

[16] Les « galets lâchés » en contexte lacustre et marin dans la classification classique et notés « *d* »

Tableau 4 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude de la coupe de la Vaudaine

Code lithofaciès	Description rapide d'après Miall (1978)	Description réelle pour la zone étudiée	Figurés
Dch	Diamicte clast stratifiée horizontalement	Zone torrentielle à tuilage visible et diamicte clastique fine	
Gsb	Gravier stratifié à blocs	Zone mixte de grossier à pseudo tuilage et blocs nombreux	
Dmmb	Diamicte matrice massive à blocs	Zone mixte de diamicte relativement fine et support de légers débris et blocs	
Dcmb(r)	Diamicte clast massive à blocs resédimentée	Zone d'écroulement remanié à diamicte relativement fine support de blocs hétérométriques	
Dcmbo	Diamicte clast massive à blocs et matière organique	Zone de diamicte marron à blocs hétérométriques	

Concernant le chenal d'écoulement actuel de la Vaudaine (parcouru par des laves torrentielles et anthropisé), seule une description sédimentaire classique est proposée, sans s'engager dans la classification des lithofaciès. La sédimentologie est utilisée dans le cadre d'observations de sédiments grossiers, ce qui explique les approximations et les choix de simplification effectués. Le couplage avec d'autres méthodes telles que les datations reste primordial.

II.2.2.4. – Les datations C14

Obtenir des dates dites « absolues » pour certaines formations et morphologies permet de structurer la morpho-chronologie complète. Différentes techniques existent : la dendrochronologie, la lichenométrie, la palynologie, les datations carbone 14 (C14) ou encore les datations dites Uranium/Thorium[17]. Le choix a été fait, compte tenu du temps imparti, des prélèvements disponibles et des financements, d'utiliser la technique de datation C14. Le crédit de projet permettait de faire 3 datations avec cette méthode.

Encart 3 : Pré-requis aux datations C14

« *Intimement mêlé aux deux autres isotopes du carbone (le 12C et le 13C), le 14C entre dans la composition de toutes les matières carbonées vivantes ». Cet isotope du carbone est radioactif, et donc se désintègre au bout d'un temps donné. Il est assimilé par les êtres vivants au même taux alors présent dans l'atmosphère. Au moment du décès, le taux se fixe et commence à décroitre. Ainsi, « toute matière carbonée isolée de la source de production de radiocarbone perd la moitié de sa teneur originelle en 14C tous les 5730 ans* » (J. Evin, 2002).

En ayant connaissance des fluctuations des taux de départ dans le temps, on réussit à donner un âge à la mort de l'être vivant. On utilise pour cela des courbes de calibration. En laboratoire, différents âges sont donnés, suivant les corrections qu'on y apporte. L'âge brut C14 est exprimé en âge BP (= *before present*), c'est-à-dire x années avant 1950. On le trouve exprimé avec une marge d'incertitude liée à la précision de la mesure. L'âge appelé « âge conventionnel » est quant à lui re-calibré par rapport à la teneur en C13. Théoriquement, cette différence (delta C13) est peu marquée pour la matière végétale. Enfin, l'âge calibré, exprimé en cal BP (*Before Present*) ou en cal BC/AD (*Before Christ / Anno Domini*), correspond à un replacement sur la courbe temporelle de calibration obtenue par les croisements des différentes techniques de datation (Uranium/Thorium, dendrochronologie). Notons que c'est l'âge conventionnel et non l'âge brut qui subit la calibration.

[17]Dans l'ordre : datations par les cernes des arbres, par l'âge des lichens, par les pollens, par la demi-vie du carbone 14, par la désintégration de l'Uranium 234 en Thorium 230.

II. 2.2.4.1. - Echantillons proposés : stratégie d'échantillonnage et description

Différents échantillons organiques ont été récupérés entre les différents sites clefs du terrain d'étude. Il existe ainsi un corpus formé de troncs en place prélevés à Grenoble, de détails organiques prélevés dans des forages de 2012, des morceaux de charbons pris dans une poche de matériaux fins et organiques dans le cône de déjection de la Vaudaine et un tronc prélevé également dans le front de taille du cône. Ces divers débris organiques ont été pour la plupart recensés et documentés, dans l'objectif d'obtenir des datations carbone 14 (cf. tableau récapitulatif des nomenclatures d'échantillons en annexe 8). Parmi les divers échantillons à notre disposition, le choix a été fait de documenter en priorité la zone du barrage ancien (Le Pont-de-la-Véna), d'autant que trois échantillons différents sont localisés dans cette zone et permettront de visualiser une chronologie d'enchainement des formes. Il a donc été décidé de dater en priorité trois échantillons (cf. images en annexe 8) : **CA2012-1-1, EI19-5-1 et EI19-3-2**. Respectivement, les échantillons proviennent d'un bois en place dans un sondage, d'une poche de matériaux organiques dans la coupe et d'un tronc d'arbre en place dans la coupe.

Ces datations sont « opportunistes » puisque les résidus de matières organiques ont été extraits lors d'explorations non directement liées à l'étude. Cette pratique a montré notamment ses fruits pour le cas du Tauredunum (Schoeneich et al, 2015). De plus, aucun prélèvement n'a été effectué dans les différentes terrasses mentionnées car cela nécessiterait d'y rafraichir une coupe tout en espérant trouver un morceau organique qui provienne de l'événement exact. Les différentes terrasses pouvant avoir été remaniées et alluvionnées en différentes phases, ceci est trop incertain pour être proposé dans ce mémoire. Cependant, une campagne de datations et d'échantillonnages ciblant les terrasses pourrait être envisagée.

II.2.2.4.2. - Calibrage des nouveaux échantillons et recalibrage des datations anciennes

Les échantillons ont été envoyés à la société BetaAnalytics pour datation par spectrométrie de masse. Le tableau 5 résume les informations obtenues.

Tableau 5 : Datations récentes

Nom	Brut	Conventionnel	Calibré	Varia delta C13	Laboratoire
CA2012-1-1	111.02 +/- 0.41 pMC	-45 - -49 cal BP (90,8%)	1994-1998 cal AD	-28.3 ‰	Beta Analytic
EI19-3-2	1420 +/- 30 BP	1368 – 1290 cal BP (95,4%)	582 – 660 cal AD	-25.9 ‰	Beta Analytic
EI19-5-1	3860 +/- 30 BP	4410 – 4225 cal BP (84,0%)	2461 – 2276 cal BC	-25.3 ‰	Beta Analytic

Concernant les datations antérieures (Bailly-Maître *et al.*, 1997), elles sont anciennes et peu documentées. Les conventions de calibration n'étant à l'époque pas les mêmes, une re-calibration avec le logiciel Oxcal[18] a été effectuée. Le tableau 6 présente les informations disponibles. Il faut prendre en considération que cette calibration est faussée puisqu'effectuée sur les âges bruts et non les âges conventionnels.

[18] https://c14.arch.ox.ac.uk/oxcal.html

Tableau 6 : Re-calibration des datations anciennes (données d'après Bailly-Maître *et al.*, 1997)

Nom	Brut	Re-calibré	Probabilité	Age calendaire	Laboratoire
RS10_4	250 +/- 40	334 – 267 cal BP	41.6%	1660 – 1683 AD	?
S4_14	1250 +/- 50	1284 – 1065 cal BP	95.4%	666 – 885 AD	Archéolab
S4_40	3370 +/- 80	4411 – 3962 cal BP	93.7%	2461 – 2012 BC	Archéolab
S7_32	4240 +/- 70	4970 – 4569 cal BP	95.4%	3020 – 2619 BC	Archéolab
RS10_26	4520 +/- 100	5333 – 4868 cal BP	86.5%	3383 – 2918 BC	?
CB81.09_24	7660 +/- 450	9550 – 7621 cal BP	95.4%	7600 – 5671 BC	?

Toutes les informations complémentaires concernant les datations actuelles et anciennes sont disponibles en annexe 8 (notamment les courbes de calibration).

L'amélioration des estimations et des hypothèses est permise par l'usage combiné de toutes les données et méthodes présentées. L'objectif est de s'appuyer sur la spécificité de chacune d'entres elles pour nourrir le propos. Malgré tout, il persiste des zones d'ombres inhérentes à la spécificité du sujet. Le travail présenté est une interprétation des données disponibles, tentant de proposer une vision englobant un maximum des données disponibles et utilisables. Concrètement, le tableau 7[19] qui suit récapitule la mobilisation des différentes données disponibles lors de l'investigation des trois questions qui sous-tendent la problématique générale. Pour répondre aux interrogations concernant le barrage, les contours du lac et les morphologies du couloir de Livet, il est mobilisé des portions du corpus provenant des domaines disciplinaires suivant : la géo-histoire, la géologie, la géomorphologie, l'imagerie, la datation.

[19] A noter que le tableau n'est pas exhaustif, et qu'au cours de la démarche des vas-et-viens sont intervenus à propos de différentes sources d'informations. Si ces dernières n'apparaissent pas, c'est qu'elles se sont avérées inutilisables.

Tableau 7 : Récapitulatif des données utilisées classées par domaine disciplinaire pour chaque question structurant le raisonnement général.

	Question 1 : Le barrage	Question 2 : Le lac	Question 3 : Le couloir
Bibliographie et géo-histoire	**Témoignages écrits :** Blanchard (1925), Allix (1929) **Chronologie de la Romanche :** Cœur (2004) **Etude des textes anciens :** Berlioz (1998), Boutaric (2000) et Sysseau (2020)	**Témoignages écrits :** Ferrand (1909), Allix (1929), Blanchard (1914, 1943) **Chronologie lacustre :** Cœur (2004), Mathoulin (1989) et Bailly-Maître et al. (1997)	**Sur le couloir de Livet :** Blanchard (1943), Chardon (1988, 2003), Mathoulin (1989), Groleau (2004), Bardin (2009) **Sur d'autres terrasses de débâcles :** Reynard et al. (2019) **Dossier INRAP** d'archéologie préventive (Bessat et al., 1997)
Géologie et techniques	Logs de forages Relevés techniques et comptes-rendus EDF Etude de la Vaudaine et de l'Infernet par Groleau	Logs de forages environ	Logs de forages environ
Géomorphologie	Relevés de terrain Sédimentologie de la Vaudaine Chronologie du cône de déjection par comparaison du remplissage lacustre daté	Relevés de terrain	Relevés de terrain (GPS, cartographie et photographies)
Imagerie	LiDAR Images aériennes Photographies obliques	LiDAR cartes anciennes	LiDAR Images anciennes
Datation	Echantillons actuels couplés aux datations anciennes de la plaine de Bourg d'Oisans	Datations anciennes recalibrées et comparées aux datations actuelles pour la chronologie de remplissage de la plaine	

La pluralité des sources de données et l'amélioration des méthodes de la géomorphologie permettent la création et l'exploitation d'un corpus imposant. La géomorphologie apporte une expertise physique du territoire en y cherchant des formes de surfaces permettant d'illustrer l'enchainement des phénomènes que sont le barrage, le lac et la débâcle. C'est grâce aux outils présentés (MNT LiDAR, GPS, datations C14…) et les choix méthodologiques qui s'imposent que la chronologie relative et l'emboitement des formes peuvent être affinés dans le but de retrouver une portion oubliée de l'histoire de la débâcle de l'Oisans. Il est désormais temps de présenter les formes retrouvées et les relations qu'elles entretiennent avec la catastrophe.

CHAPITRE III – RESULTATS

Voilà deux chapitres entiers qu'il est question d'un scénario de catastrophe consensuel et initial. Ce troisième chapitre a pour objectif d'illustrer les précisions apportées par l'analyse de la géomorphologie du secteur du Pont-de-la-Véna. Ce travail est un regard neuf sur les hypothèses soutenues jusqu'ici, il n'entérine pas les résultats obtenus antérieurement. Au contraire, il apporte des arguments solides et de nouvelles preuves afin d'affiner le regard que l'on porte aujourd'hui sur la débâcle du lac de l'Oisans.

Présenter ces résultats est l'enjeu principal de ce mémoire. Le choix est fait de suivre les trois questions originelles ayant rythmé la recherche. Ainsi, les questions du barrage en lui-même, du lac et enfin de l'impact de l'événement (chapitre 1, figure 5) sont reprises en détails. Les nouvelles questions ouvertes à propos de la catastrophe de 1219 ainsi que la chronologie complète du paysage referment ce chapitre de résultats.

III.1. – Géomorphologie du Pont-de-la-Véna : le barrage complexifié

Le lieu-dit du Pont-de-la-Véna attire les regards des spécialistes depuis des siècles. Tantôt comme étant le point noir de l'écoulement de la Romanche, tantôt comme étant la clef de compréhension de la formation et de la fluctuation du Lac Saint-Laurent (Mathoulin, 1989). Cet espace qui marque véritablement la bascule topographique entre la plaine et le couloir de Livet renferme encore, au XXIème siècle, des mystères qui stimulent la curiosité des chercheurs grenoblois. Il faut donc commencer par cet espace clef, et y revenir souvent pour tenter d'appréhender la mise en place, la chronologie et l'importance de la réalité ancienne de la débâcle de l'Oisans.

Les textes anciens notent tous la dangerosité du Pont-de-La-Véna : la Romanche s'y trouve endiguée entre deux versants abrupts d'où descendent deux torrents énergiques (fig. 7). Tous ces paramètres morphologiques ont très tôt placé le site comme un espace de forts enjeux pour la sécurité des personnes à l'aval. Dès le XVIème siècle, des tentatives d'endiguement et de creusement du cours de la Romanche se succèdent pour éviter l'occurrence de nouvelles catastrophes. Ces efforts ne seront pas toujours récompensés, mais signent le début d'un intérêt sans cesse répété pour cette zone à forte production d'aléas.

Malgré un intérêt humain ancien, cet espace n'est pas cartographié en détails avant la carte géomorphologique de Véronique Mathoulin (1989, cf. annexe), les croquis de Michel Chardon (1988) et l'étude de la Vaudaine d'Antoine Groleau (2004, cf. figure 9 plus bas). Depuis 1968, le sous-sol a été régulièrement exploré par les forages carottés et destructifs d'EDF, et il semble que des profils électriques aient été effectués mais aucun résultat de ces derniers n'est parvenu jusqu'en 2020. Il est constaté, en dehors des cônes de déjections de la Vaudaine et de l'Infernet la présence de collines. Ces dernières sont plus ou moins corrélées dans les textes avec des événements gravitaires provenant des versants (Blanchard, 1914et 1943 ; Mathoulin, 1989). Concernant le scénario de la débâcle de l'Oisans, l'hypothèse couramment admise jusqu'ici était d'expliquer le barrage du cours de la Romanche par les morphologies des cônes de déjection torrentiels de la Vaudaine et de l'Infernet (fig.7). La reprise du sujet questionne les géométries du Pont-de-la-Véna dans l'objectif de replacer le rôle de la Vaudaine, de l'Infernet mais aussi de l'écroulement de Versaire dans le scénario.

III.1.1. - Les cônes de la Vaudaine et de l'Infernet

Les torrents de la Vaudaine et de l'Infernet (fig. 7) rejoignent chacun la Romanche, l'un depuis le nord et les reliefs de Belledonne, l'autre depuis le sud et les pentes du Taillefer au lieu dit du Pont-de-la-Véna. L'intégralité de leur fourniture sédimentaire transite du bassin de réception au cône de déjection expliquant l'aggradation marquée de ces derniers. Les deux cônes se font face, sur une faille décrochante active. Historiquement, le bassin versant de la Vaudaine était un lieu d'alpage, où les bergers menaient leurs animaux. Des sentiers aujourd'hui difficilement accessibles témoignent de ce passé pastoral. L'absence de végétation ou une végétation beaucoup plus rase augmentait la disponibilité sédimentaire (Groleau, 2004). Les charges sédimentaires actuelles n'ont rien à voir avec ce qu'elles ont pu être dans le passé. Le couvert végétal des deux systèmes torrentiels est aujourd'hui si important (notamment pour l'Infernet), qu'il est plus aisé d'observer les morphologies sur le MNT Lidar que sur le terrain.

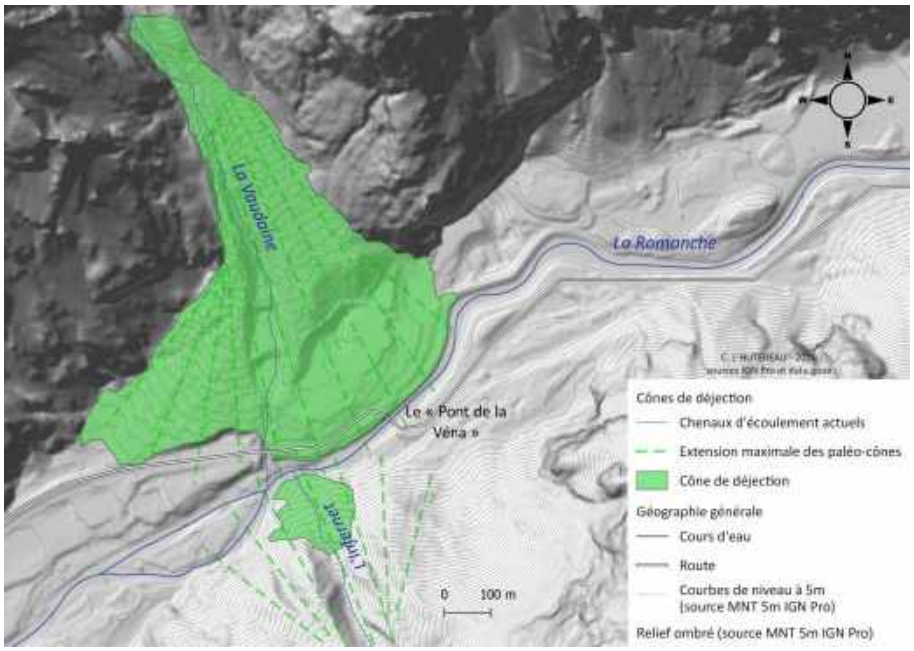


Figure 7 : Complexe des cônes de la Vaudaine et de l'Infernet au lieu dit du « Pont-de-la-Véna »

L'objectif des descriptions qui suivent est d'obtenir un maximum d'information sur la dynamique sédimentaire et la morphologie des deux cônes de déjection afin de comprendre leur rôle exact dans le mécanisme de barrage de la Romanche et la formation du lac Saint-Laurent. La Vaudaine et l'Infernet sont-ils suffisant pour constituer un tel barrage ?

III.1.1.1. - La Vaudaine

Figure 8 : Cône de déjection de la Vaudaine vu depuis Versaire (Romanche amont) par R. Blanchard, in *Les Alpes Occidentales*, 1943.

Le cône de déjection de la Vaudaine attire immanquablement l'œil. La photographie ancienne de Raoul Blanchard (fig. 8) ci-contre en témoigne : cette forme vient s'étendre à la fin de la plaine de Bourg d'Oisans, s'élevant de plusieurs dizaines de mètres et contrastant avec l'espace plan qui la précède. D'après Antoine Groleau (2004), le bassin de réception de la Vaudaine présente cinq ravins (fig. 9), alimentant par de petits ruisseaux le cours de la Vaudaine, qui se forme réellement juste à l'amont du cône (1008m

d'altitude). Le chenal d'écoulement joignant le bassin de réception et le cône est remarquablement accidenté d'après Groleau (400m d'étranglement avec de gros blocs coincés et des ressauts) malgré des tentatives répétées d'anthropisation (présence de restes d'une centaine de modifications anthropiques du lit effectuées par le RTM et l'ONF). En 2004, 11 seuils actifs en relatifs bon état sont relevés (Groleau, 2004).

Le bassin versant de la Vaudaine couvre 4,33km² et ses altitudes vont de 2603m (Pic de Mirebel) à 710m d'altitude. Des résurgences dans le bassin de réception sont notées à 1700m d'altitude (fig. 9), ce qui traduit des circulations de sub-surface. Le bassin de réception est producteur de matériaux, mais présente peu d'espaces de stockage sédimentaire avant la mise en mouvement par les écoulements. Antoine Groleau décrit un bassin de réception taillé dans la roche, avec des dalles lisses impropres au stockage sédimentaire mais s'avérant de parfaits plans de glissement. La présence de neige et de névés induit un stock d'eau à la base du bassin de réception et pouvant déstabiliser les stocks sédimentaires présents en période de fonte. La compacité du bassin versant (indice K de 1.18) en fait un espace aux réactions vives et éclairs (Groleau, 2004).

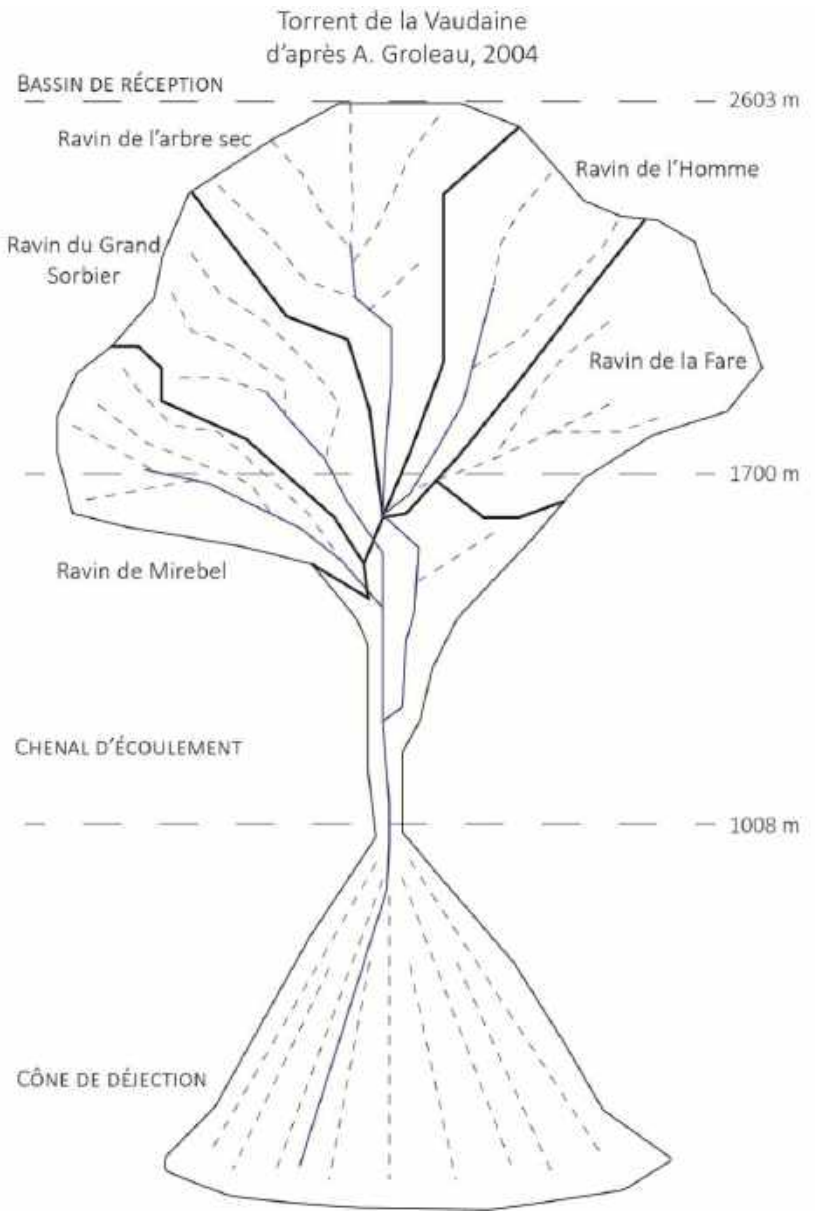


Figure 9 : Croquis du système torrentiel de la Vaudaine d'après A. Groleau, 2004

III.1.1.1.1. - Morphologie du cône de déjection

Le cône dans sa morphologie globale comporte deux unités : une partie amont (est) hébergeant aujourd'hui une carrière exploitant depuis 1946 les déjections du torrent et une partie aval (ouest), plus récente et supportant l'écoulement actuel de la Vaudaine. Ce partage presque symétrique du cône témoigne d'ores et déjà d'une évolution temporelle dissymétrique de ce dernier. La figure 10 met en évidence différentes phases d'édification du cône. En jaune clair, la structure ancienne du

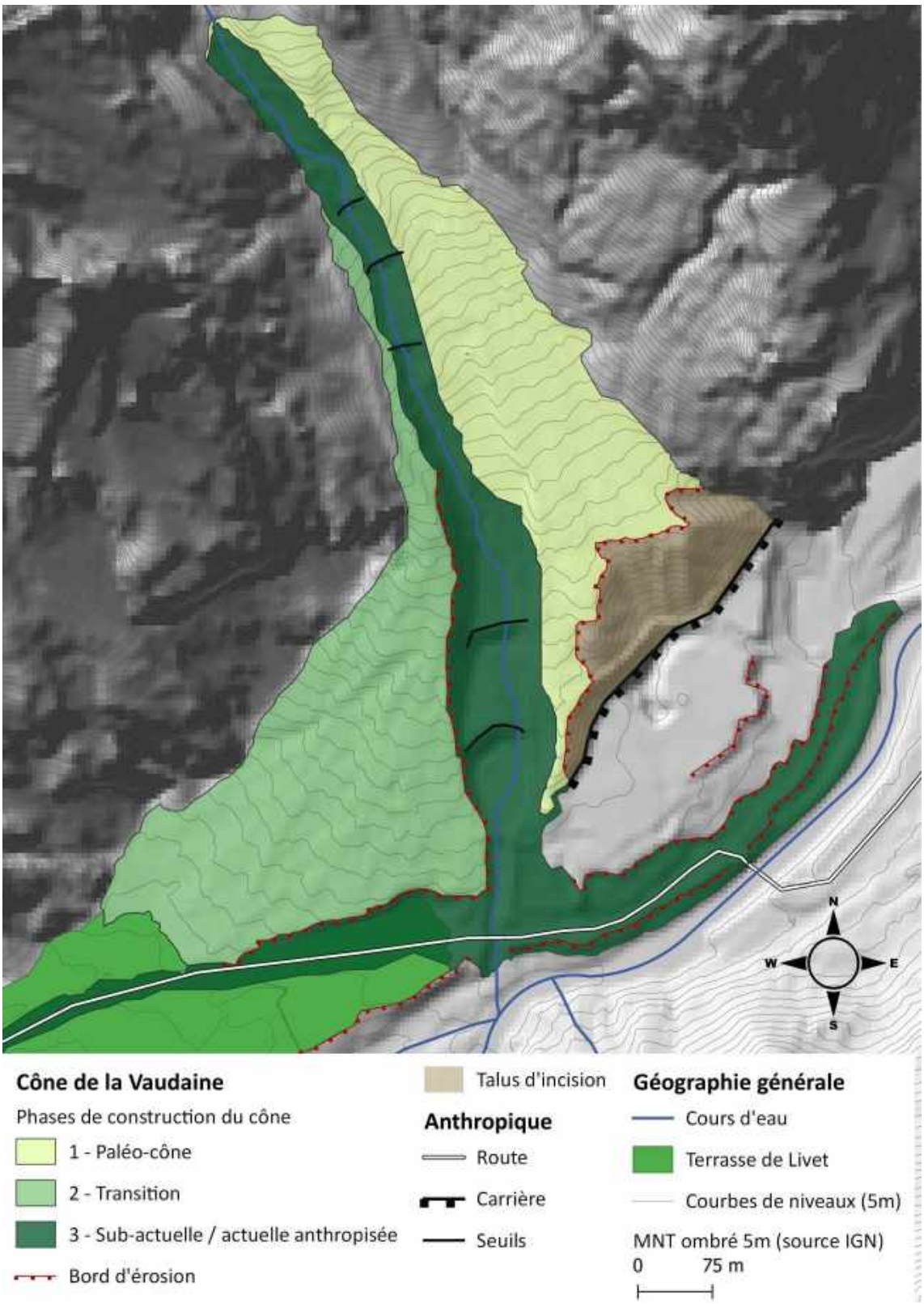


Figure 10 : Carte de la morphologie du cône de déjection de la Vaudaine

paléo-cône, comprenant la partie amont et le front de carrière. La couleur verte claire met en avant la partie de transition du cône aval (ouest) présentant une pente homogène. Cette portion du cône aujourd'hui végétalisée est entaillée sur son flanc est par l'activité actuelle du torrent. Elle témoigne de l'édification d'un second cône emboîté, certainement lors d'une modification du régime hydrologique du torrent, de son niveau de base de raccordement à la plaine aval, de sa charge sédimentaire et/ou de l'état de la partie amont du dépôt torrentiel. En vert foncé, on retrouve le

cône actuel à sub-actuel de la Vaudaine, dont le relief a été fortement anthropisé et qui témoigne d'une forte ré-incision en partie artificielle (creusement d'une plage de dépôt). La Vaudaine s'y écoule actuellement, franchissant différents seuils anthropiques. La présence, en pied de cône, de la route et de la carrière modifie également la morphologie naturelle du cône (zone verte foncée en pied de cône). La terrasse de Livet (en vert classique sur la carte) supporte les modifications anthropiques citées, ainsi que la portion de cône intermédiaire (vert clair). Il semble que le cône actuel incise le modelé de la terrasse, et que le cône intermédiaire se raccorde à la terrasse, elle-même incisée par le cours actuel de la Vaudaine. Ceci reste logique pour l'hypothèse soutenue : le paléo-cône a joué un rôle majeur dans la mise en place du barrage du lac puis a été évacué en partie (création du talus d'incision), la terrasse de Livet représente une portion des dépôts hérités de la vidange du lac, et sur cette dernière le cône intermédiaire s'est développé. Le paléo-cône serait donc antérieur au phénomène de barrage (et participant), le raccordement en terrasse serait concomitant à une vidange, et le cône réédifié à l'aval (cône de transition sur la carte) serait postérieur. La portion anthropisée actuelle est difficilement lisible et participe à rendre chaotique une portion de la topographie de la terrasse de Livet.

III.1.1.1.2. - Sédimentologie de la Vaudaine

Grâce aux expertises d'Antoine Groleau en 2004, on sait que le bassin de réception de la Vaudaine est globalement accidenté et fournisseur de matériaux[20]. En 2004, la végétation était globalement prépondérante mais il restait des stocks mobilisables notamment dans les ravins de l'Homme et de l'arbre sec (fig. 9). Historiquement, le pastoralisme et les mécanismes gravitaires engendraient une fourniture sédimentaire au minimum égale voire supérieure à celle rencontrée désormais. Les nombreuses laves torrentielles (Cœur, 2004) illustrent la capacité de transport du torrent. Groleau différencie deux types d'écoulements du cours d'eau : des laves type « granulaires » où gros blocs côtoient matériaux plus fin ; et des apports de matériaux plus fins dues aux avalanches.

A l'aval du bassin de réception, lorsque le chenal d'écoulement franchit un petit verrou (fig. 9), le cône commence à se développer, globalement encore bien encadré par le flanc du Pic de la Fare à l'amont. Cette paroi reste presque jusqu'au pied du cône le garde-fou de la sédimentation du cône vers l'est. Cet endiguement naturel peut expliquer la tendance du cône à se développer aujourd'hui à l'ouest. Dans ses observations concernant la sédimentation du cône, Antoine

- Le profil sédimentaire du torrent actuel

Le chenal d'écoulement actuel présente des seuils anthropiques depuis le début de l'évasement du cône jusqu'à son pied. Les seuils, notamment les plus à l'aval, sont fournis en matériaux hétérométriques et aux lithologies différentes comme l'illustrent le 3 de la figure 11. L'encombrement des seuils traduit l'activité sédimentaire du torrent. Le chenal d'écoulement de la Vaudaine entaille le cône actuellement (fig.10). Cette incision permet d'observer une coupe dans les dépôts du cône intermédiaire (fig. 11). Ils présentent les caractéristiques d'un dépôt de laves torrentielles. De fines lignes de tuilage sont discernables, avec des alignements de galets et matériaux anguleux à sub-anguleux (figure 11, 1). Une importante quantité de matrice fine emballe

[20] La forte fourniture sédimentaire et l'instabilité du Pic de la Fare est également lisible dans un topo d'escalade. L'accès à deux voies d'escalades ouvertes sur les parois de la Fare est décrit en 1997 comme un pierrier dangereux, instable et régulièrement mobilisé par des écoulements torrentiels et avalancheux (Cambon, ré-édition 2018). L'ouvreur J-M Cambon précise lors d'une conversation à l'été 2019 la présence de niches d'arrachements dans la face.

les éléments grossiers et s'intercale entre les zones de tuilage visibles (figure 11, 2). Dans les coulées torrentielles ainsi stratifiées viennent parfois s'intercaler des blocs anguleux pluridécimétriques à métriques (figure 11, 5). Le rebord supérieur de l'escarpement présente des concentrations de blocs anguleux pris dans une matrice fine, typique de coulées de laves torrentielles relativement liquides (figure 11, 4, pas de matrice supportant complètement les sédiments grossiers). Les dépôts restent globalement lisibles et la dynamique torrentielle également.

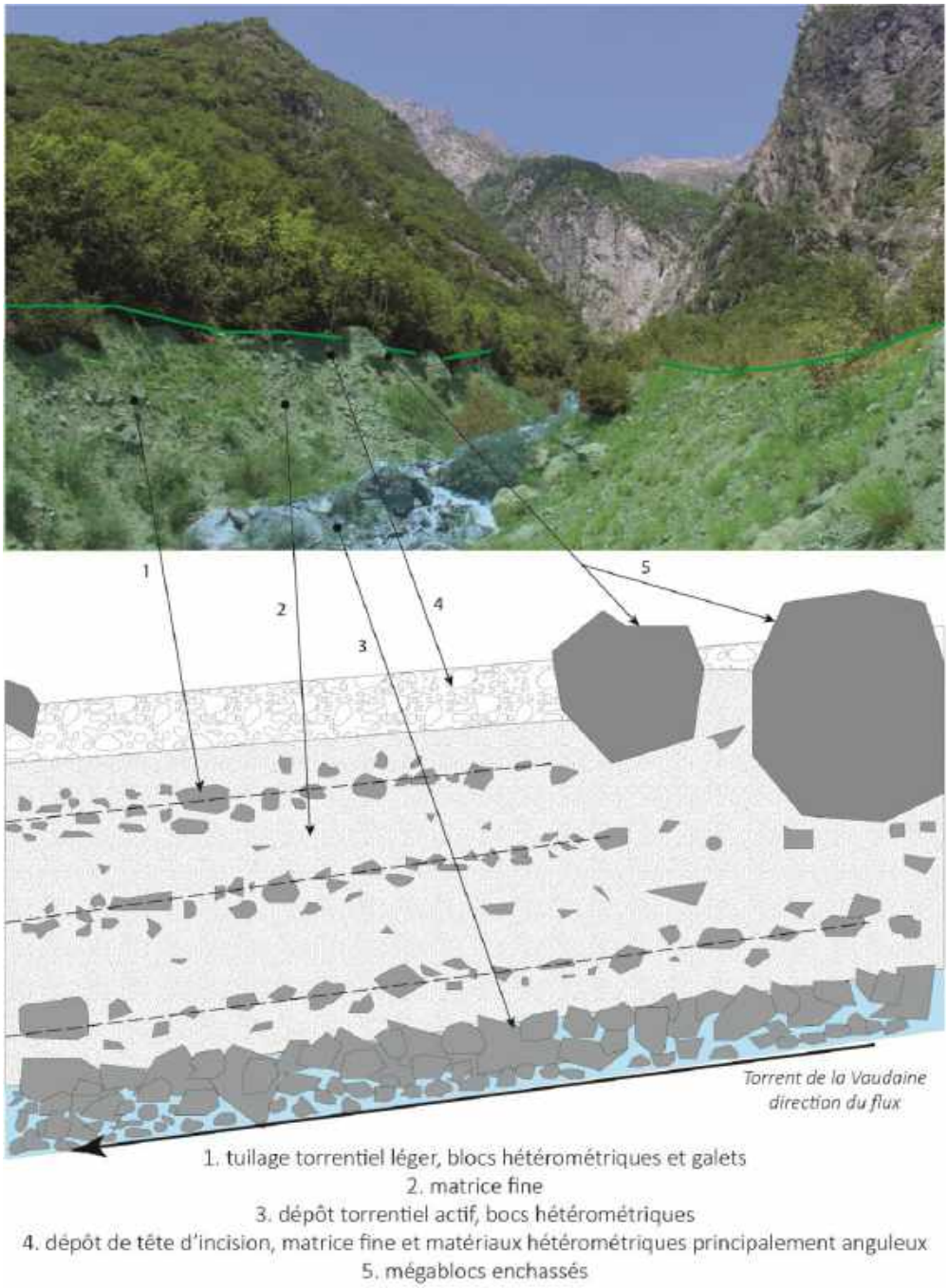


Figure 11 : Profil sédimentaire du cône incisé par la Vaudaine active et actuelle

• Le profil sédimentaire du cône fossile

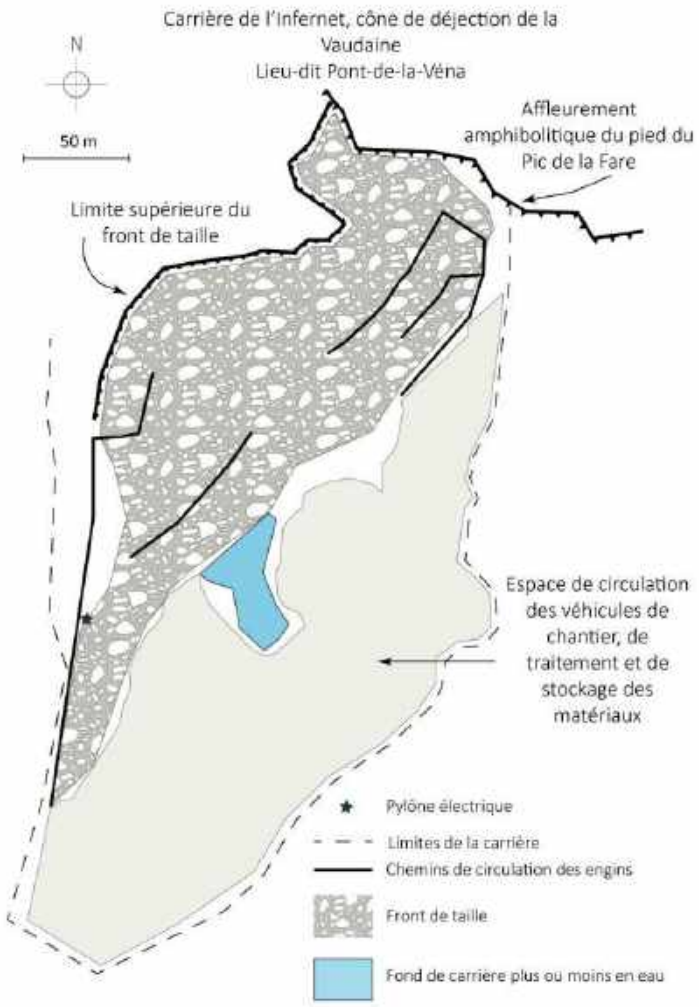
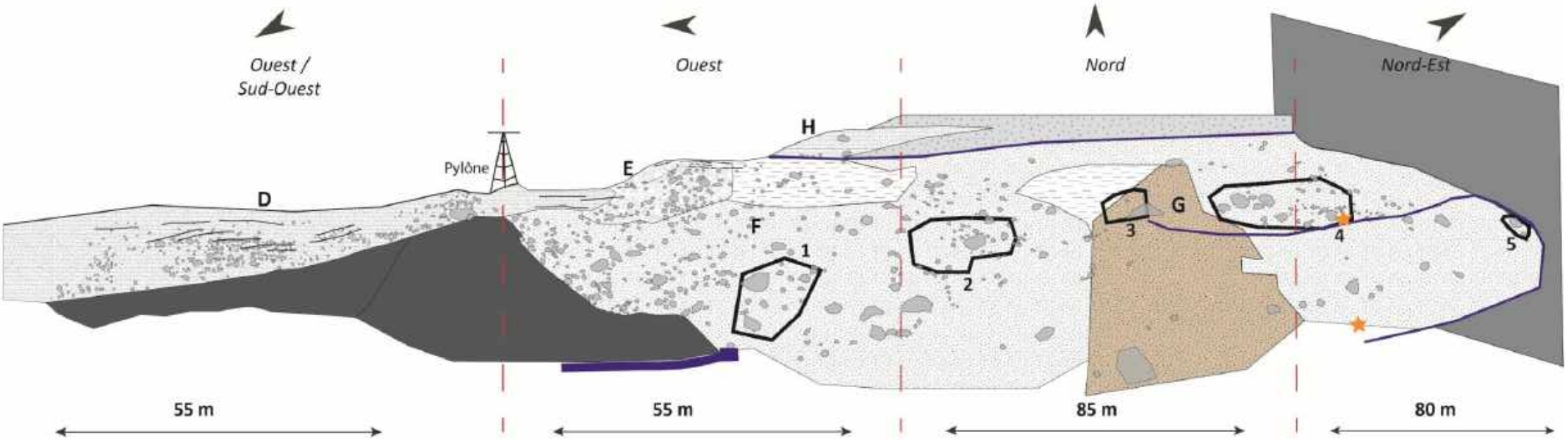


Figure 12 : Plan de l'organisation de la carrière de l'Infernet

La carrière « de l'Infernet » porte relativement mal son nom, puisqu'elle exploite en réalité les déjections anciennes de la Vaudaine. Elle se situe sur la partie amont du pied du cône et extrait des granulats et autres types de matériaux provenant de l'activité torrentielle (fig. 10 et fig. 12). L'exploitation de cette carrière permet d'obtenir une vision en coupe de la partie tronquée du cône de déjection. Le pied du front de taille s'ouvre à environ 730m d'altitude et le rebord haut atteint environ 780m. Le cheminement dans l'exploitation dépend de la progression de l'extraction sur le front de taille. La figure 12 illustre les différents chemins existants au moment de la visite (19/06/2019), ainsi que l'organisation générale de la carrière. La terrasse d'exploitation en milieu de front de taille culmine à 740m environ (fig. 12 et fig. 13). Il a été constaté des fissures en tête de front de taille, un phénomène relativement normal pour ce genre d'exploitation, à l'image des rebords de niches d'arrachements.

La coupe qui suit (fig. 13) représente le front de taille dans sa globalité. L'espace haut du front est quant à lui documenté plus spécifiquement par la figure 14. Comme illustré sur la figure 12, la carrière présente une orientation multiple, ce qui explique les changements d'orientation de la coupe 13. De même, les échelles ne sont pas homogènes et seule la partie « basse » du front de taille est détaillée.

Profil sédimentologique et stratigraphique de la carrière de l'Infernet
Commune de Livet, lieu-dit du Pont-de-la-Véna, portion distale amont du cône de déjection de la Vaudaine



zone torrentielle : tuilage visible et diamicte clastique relativement fine *(Dch)*

zone mixte : grossier à pseudo tuilage et blocs *(Gsb)*

zone mixte : diamicte relativement fine support de légers débris *(Dmmb)*

zone d'écroulement remanié : diamicte relativement fine support de blocs et mégablocs *(Dcmb(r))*

zone mixte : diamicte marron à blocs *(Dcmbo)*

axe de tuilage visible

blocs et mégablocs

zones remarquables :
1 - zone à gros blocs
2 - zone de venue d'eau à blocs
3 - zone de venue d'eau
4 - zone à mégablocs
5 - zone de grossier et blocs compressés

zones de circulation des engins (principale et secondaire)

zones d'échantillonnage

changement d'orientation du front de taille

zone de dépôts de matériaux extraits

zone d'affleurement du pied du Pic de la Fare

zone haute et accidentée de l'exploitation

C. L'HUTEREAU - 2020

Page précédente, figure 14 : Coupe complète du front de taille de la carrière de la Vaudaine

La jonction entre la partie ouest torrentielle du cône et la partie Est mixte s'illustre nettement sur la partie ouest de la coupe : le tuilage hérité du mécanisme torrentiel (*Dch*) se lit à l'ouest de la coupe (cf. D sur la coupe 13). Il s'efface peu à peu au niveau du dessous du pylône électrique pour laisser place à une sédimentation plus chaotique (*Gsd*, cf. E sur la coupe). La partie est est un chaos de matériaux fins emballant des blocs pluri-décimétriques à pluri-métriques anguleux (*Dcmd(r)*). Certains espaces à l'est montrent des paquets de blocs plurimétriques anguleux plus rapprochés, où la matrice semble moins omniprésente, mais flottant dans le reste de la coupe (*Dcmd(r),* cf. F sur la coupe 13). Globalement la lithologie semble plus caractéristique de la zone : des amphibolites, mais qui restent très hétérogènes (rubanées, noire à verte). La portion est de la coupe comporte peu de logique, tant en termes de stratification que de granoclassement, ce qui amène à envisager un dépôt d'écroulement ayant été remanié, voire glissé depuis une des parties supérieures du bassin versant (*Dcmd(r)*). Ce dépôt plus que chaotique est de plus très important, puisqu'il se développe à l'est verticalement dans toute la coupe de la carrière, et avec une épaisseur de plusieurs dizaines de mètres. On distingue une ligne verticale de dépôts de couleur marron séparant en quelque sorte le compartiment le plus à l'est du reste de la coupe (*Dcmdo*, cf. G sur la coupe 13). On distingue plusieurs venues d'eau, à divers endroits dans la coupe. Une circulation nette est observée sur la partie la plus haute de la coupe, où les alignements de matériaux grossiers sont encore quelque peu visibles (*Dmmd*, cf. H de la coupe). Il est envisageable de parler de diamicte à gros et méga blocs, nourrie également de graviers anguleux. Une étape de jonction entre le chaos à l'est semble visible : plus haut que la zone E, des blocs hétérométriques anguleux à sub-arrondis pris dans une matrice fine sont présents mais s'articulent encore en quelques bancs horizontaux (*Dmmd*, cf. H sur la coupe 13). Les dernières traces d'alignement des matériaux perdurent sur la partie haute du front de taille la plus à l'ouest, entre 750 et 780m d'altitude environ, illustré par les images *b* et *d* de la figure 14. La figure 14 documente également les dépôts torrentiels hauts et la place de la matrice par rapport aux matériaux grossiers. Des blocs métriques à plurimétriques voisinent avec des blocs pluridécimétriques et des débris anguleux. Le tout est emballé dans une matrice fine (a,c,e de la figure 14). Des venues d'eau témoignent de changement de perméabilité dans le dépôt.

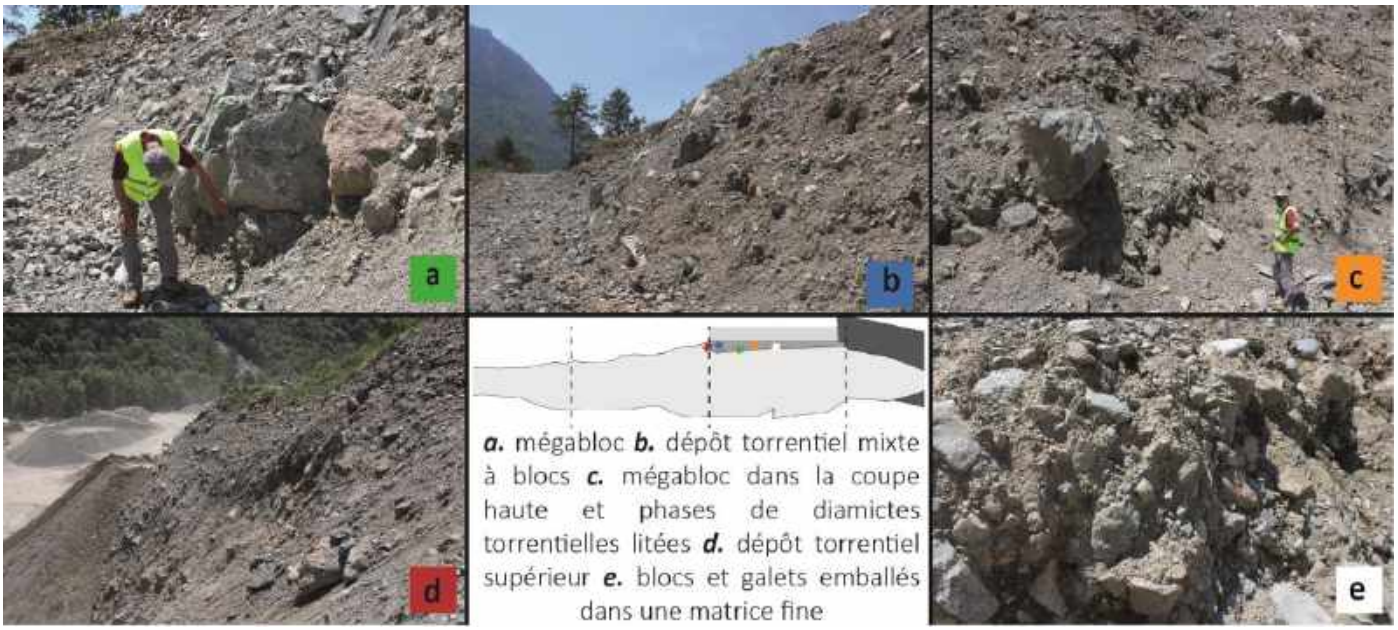


Figure 13 : Documentation photographique de la partie haute de la coupe

Figure 15 : Poche de dépôts fins et organiques, zone d'échantillonnage

A 740m d'altitude, dans la partie est de la coupe, une poche de matériaux fins et organiques a été découverte. Ce dépôt (fig. 15) a été échantillonné (trois relevés) et documenté (cf. localisation des prélèvements sur la figure 13). La datation EI19 - 3.2 (charbons de bois) provient de cette zone. Egalement, le cône contient localement des souches d'arbres. L'une d'entre elle a été prélevée en novembre 2019 en pied du front de taille (figure 13) par l'exploitant de la carrière. De cette souche est extrait l'échantillon de datation EI19 – 5.1.

Les résultats de datation C14 des deux échantillons, éloignés verticalement de plus de 10m, témoignent d'une édification de ce dépôt remanié en deux temps minimum. En effet, la datation la plus basse est également la plus ancienne, datée à 3860 +/- 30 BP soit une fois re-calibrée entre 2461 et 2276 cal BC. La datation haute, elle, est beaucoup plus récente puisqu'elle est datée à 1420 +/- 30 BP, soit une fois re-calibrée entre le VIème et le VIIème siècle (582 et 660 cal AD). Au regard des spécificités de chaque datation, il est admis que la souche de bois date une phase d'exhaussement du cône ancienne (par mobilisation ou re-mobilisation d'un dépôt d'écroulement dans le bassin de réception), tandis que la poche de matériaux fins et organiques indique une circulation d'eau dans le cône ou à son contact. Cette dernière peut témoigner tant d'une zone de marnage lacustre que d'une zone humide inhérente à la morphologie du cône et la circulation de l'eau interne. Cette présence pourtant se corrèle spatialement avec certaines traces de venues d'eau, indiquant un changement de perméabilité du substrat.

L'exploitation de cette coupe permet de mettre en avant les processus sédimentaires de la Vaudaine. Deux unités distinctes sont visibles : la partie est correspond au cône ancien tronqué formé de dépôts en masse non stratifiés tandis que la partie ouest se relie au cône intermédiaire d'après son dépôt torrentiel relativement peu stratifié mais semblable à ceux observés dans la coupe du cours d'eau actuel (fig.11). La jonction se fait de façon progressive dans la coupe (repères D et E de la coupe en figure 13). La chronologie d'édification d'est en ouest semble justifiée, soutenue par les datations distinctes des deux étages de dépôt en masse et la localisation actuelle du cours d'eau.

III.1.1.1.3. - Incision amont

L'intérêt du rebord d'érosion exploité par la carrière est notable, mais il demeure une question : cette incision haute de 50 mètres est-elle le fruit uniquement d'efforts humains, ou préexistait-elle dans le paysage à l'exploitation par la gravière ? Cette question a été rapidement résolue par la consultation des images aériennes anciennes disponibles sur IGN/Géoportail. La photographie de R. Blanchard de 1943 (fig. 8) et les photographies de 1937 à 2012 témoignent de la présence d'un talus d'érosion préexistant (fig. 16). Nous constatons également, par comparaison, que le front de taille ne

recule pas, mais s'élargit en direction de la paroi est du versant (pied du Pic de la Fare, cf. comparaison diachronique de 2012 et coupe de 2019). Ainsi, la localisation des prélèvements dans la poche organique était apparemment recouverte avant l'extension de la carrière, entre 2012 et 2019. L'évolution est rendue visible par comparaison sur orthophotographies du tracé du front de taille par rapport à la route d'exploitation, dont un virage majeur est repéré par une étoile sur les différentes images de la figure 16.

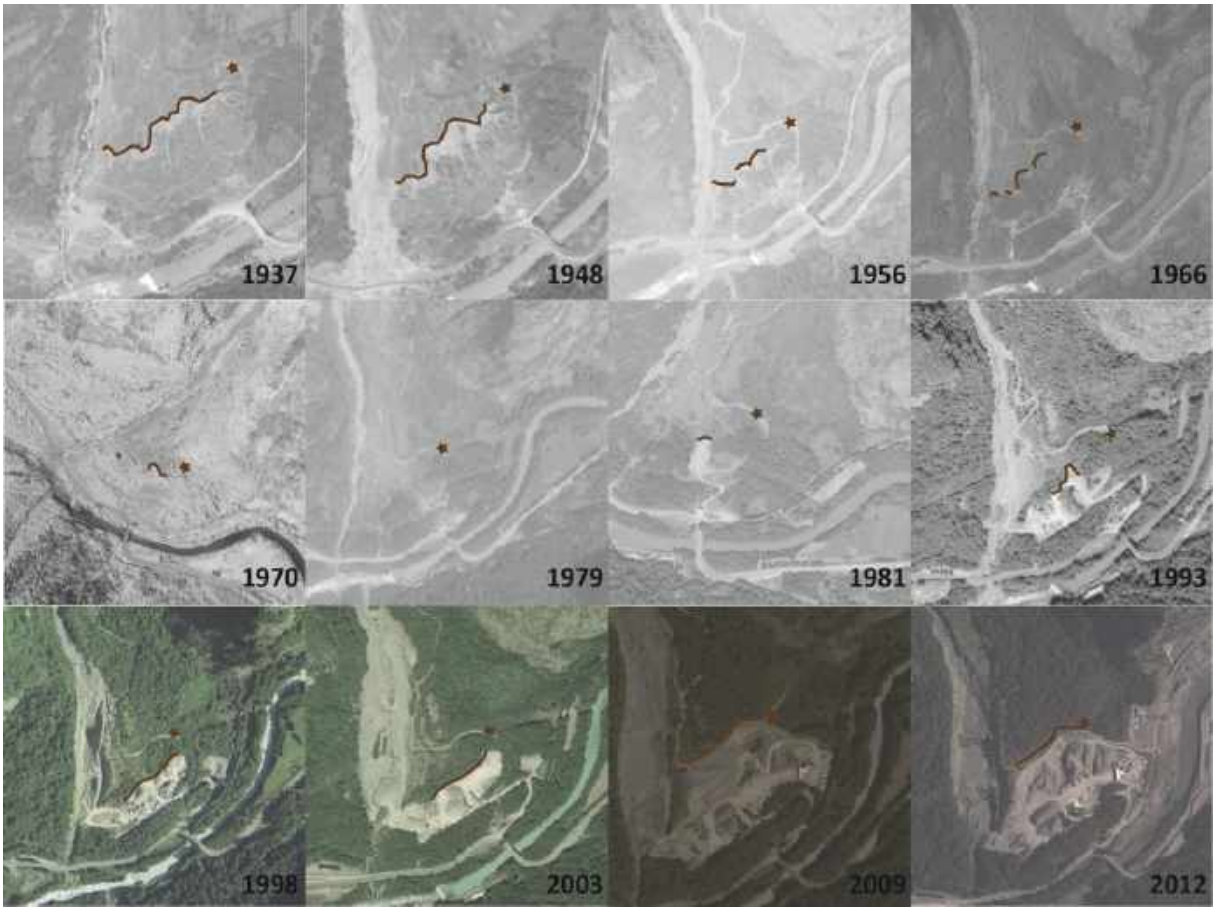


Figure 16 : Comparaison diachronique du rebord d'incision du cône de la Vaudaine (sources orthophotographies Géoportail « *Remonter le temps* »)

Cette partie du cône était donc tronquée avant l'exploitation de la carrière. On peut émettre l'hypothèse que son érosion est due à l'écoulement de la débâcle de 1219. Ce genre de front d'érosion est récurrent dans les morphologies de barrage érodé (crue de la Josefina, rupture de barrage naturel du Tronador* créant un rebord d'incision considérable illustré par la figure 17). Le mécanisme s'alimente de deux façons : d'une part par l'érosion mécanique de l'eau au contact du matériel, et d'une autre part par la déstabilisation du rebord d'érosion à cause du sapement de son pied. Cette

Figure 17 : Rebord d'érosion du barrage glaciaire du Tronador provoqué par la force de la vidange du lac à l'amont, Equateur, 2009 (source : http://glaciers-climat.fr/Catastrophes/Catastrophes.html)

* cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

forme érosive marque donc le passage d'un flux d'eau fort et morphogène, mais ne permet pas de noter avec précision une hauteur d'eau au moment de la rupture en raison de l'action combinée des deux mécanismes cités précédemment. Cependant, la présence de ce premier front d'érosion permet de visualiser dans le paysage du couloir de Livet le passage d'un écoulement violent.

Si la Vaudaine est un torrent actif aux dépôts sédimentaires imposants et modifiant le paysage, qu'en est-il de l'Infernet et son cône ? La jonction des deux morphologies est-elle réellement susceptible d'avoir provoqué un barrage de plusieurs dizaines de mètres de haut ?

III.1.1.2. - L'Infernet

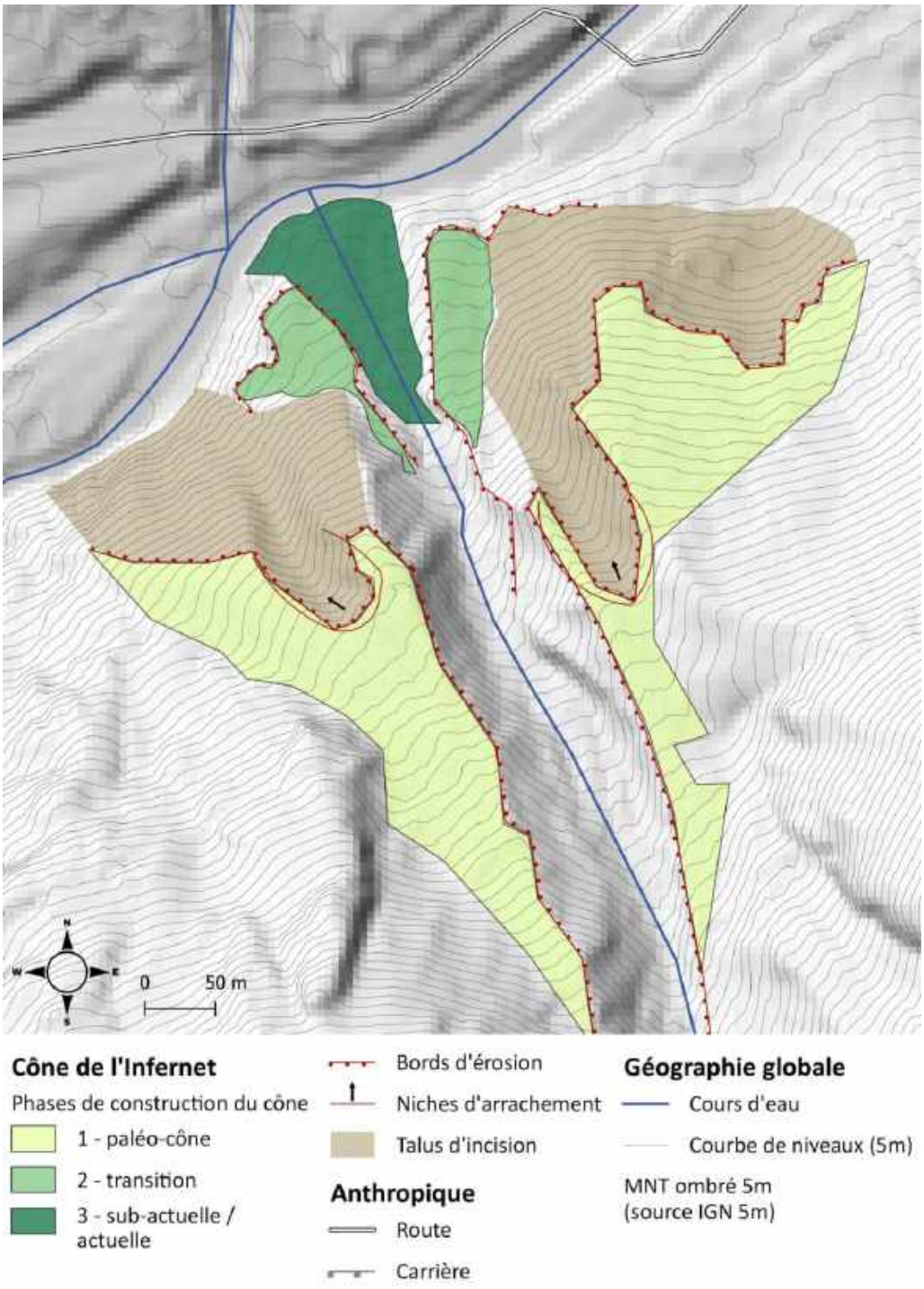


Figure 18 : Carte de la morphologie du cône de l'Infernet

L'Infernet est le torrent provenant du Massif du Taillefer au sud et se raccordant à la Romanche à l'amont immédiat de la confluence Romanche/Vaudaine. Plus secret, plus végétalisé et plus complexe dans sa morphologie, le rôle de l'Infernet dans le scénario est constamment minimisé. Il représente pourtant 1800m de dénivelé, depuis le pied du Grand Galbert. Son bassin de réception est une gorge étroite jusqu'à 1300m d'altitude, et de gros blocs parsèment son cours tout en paraissant peu mobilisables (Groleau, 2004). Ce système torrentiel a pu faire partie d'un système glaciaire jusque récemment (Würm) puisque plusieurs auteurs mentionnent des dépôts morainiques dans son chenal d'écoulement (Chardon, 1988 ; Mathoulin, 1989 ; Monjtuvent, 1975 ; Groleau, 2004). Le relevé Lidar de la zone d'étude permet une nouvelle lecture des formes et de leurs imbrications.

III.1.1.2.1. - Morphologie du cône de déjection

La morphologie de la Vaudaine révèle une sédimentation extrême et des cônes emboîtés dont l'axe s'est déplacé d'amont en aval. L'Infernet quant à lui offre un profil tout à fait inverse : sa forme principale, imposante, est incisée et ré-incisée donnant des cônes imbriqués. La figure 15 illustre le phénomène. D'abord, en vert très clair, la masse complète du cône fossile, qui s'étend de façon plus libre que la Vaudaine sur ses parties distales. Il rencontre la roche en place à l'est bien plus haut, et son cône n'en est que peu gêné, à la différence de la rive gauche. Le pied de cône illustre pourtant une dynamique érosive nette. De grands rebords d'incisions sont lisibles, avec deux niches d'arrachements certainement résultant de l'appel au vide provoqué par l'érosion du pied de cône. Ce cône présente cependant une chronologie complètement différente de la Vaudaine. Le chenal de la Vaudaine migre latéralement (d'est en ouest) tandis que le chenal principal de l'Infernet présente une forte incision et une succession verticale de cônes emboîtés. L'emboitement des formes traduit une dynamique torrentielle de dépôt-incision. Les édifices emboités apparaissent en vert graduellement plus foncés sur la figure 18. On constate que le chenal d'écoulement s'est incisé de plusieurs dizaines de mètres. Cette ré-incision du cône témoigne d'une fluctuation du niveau de base de la Romanche au droit de la confluence.

Les cônes de la Vaudaine et de l'Infernet se sont donc développés dans la même zone et semblent posséder une capacité de transport sédimentaire considérable. Mais leurs capacités sont-elles suffisantes pour provoquer leur jonction et rehausser le lac en 1191 comme l'entend le scénario consensuel ?

III.1.1.3. - La jonction des cônes

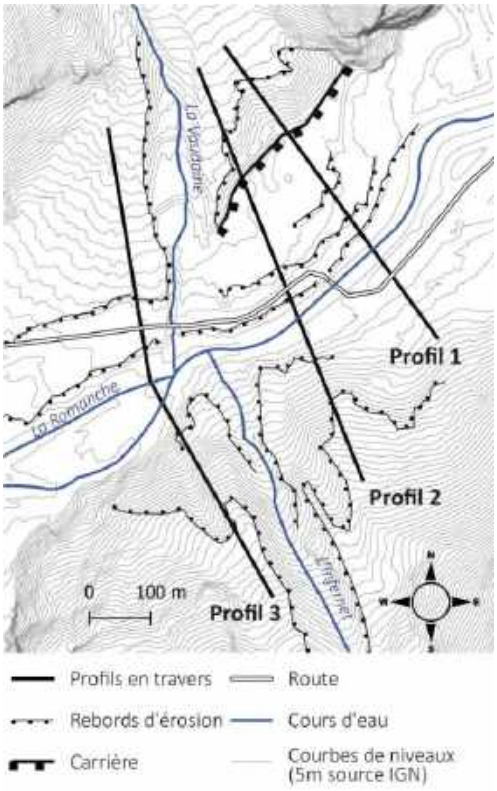
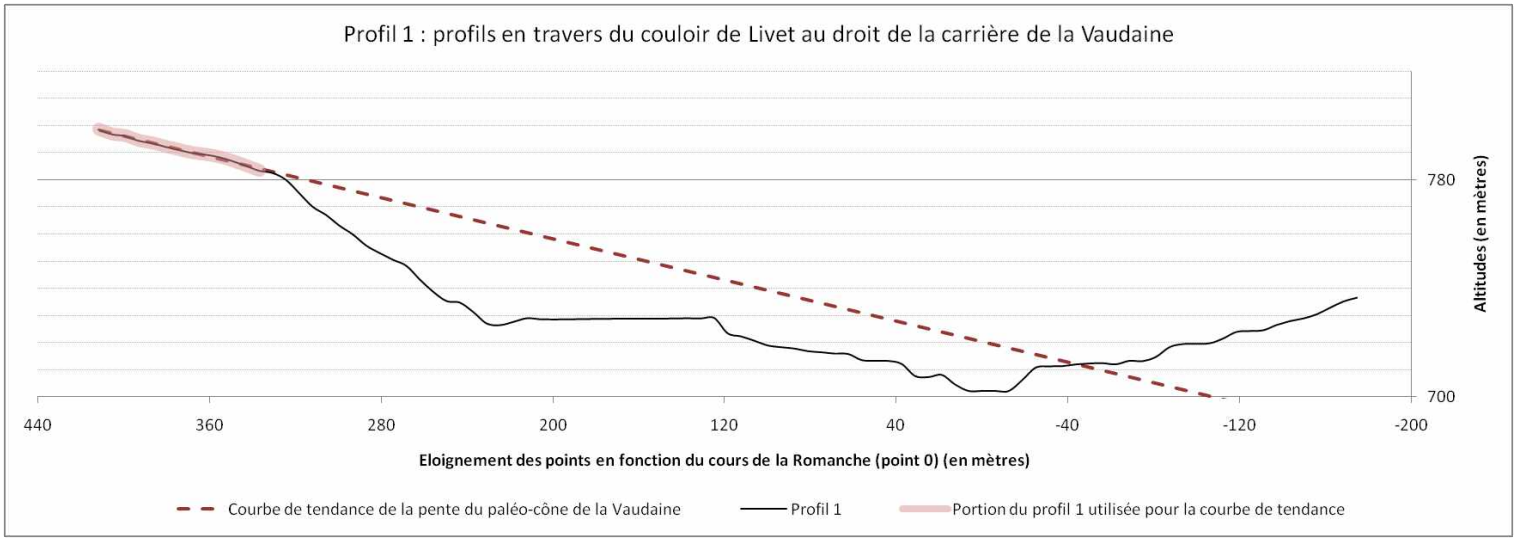
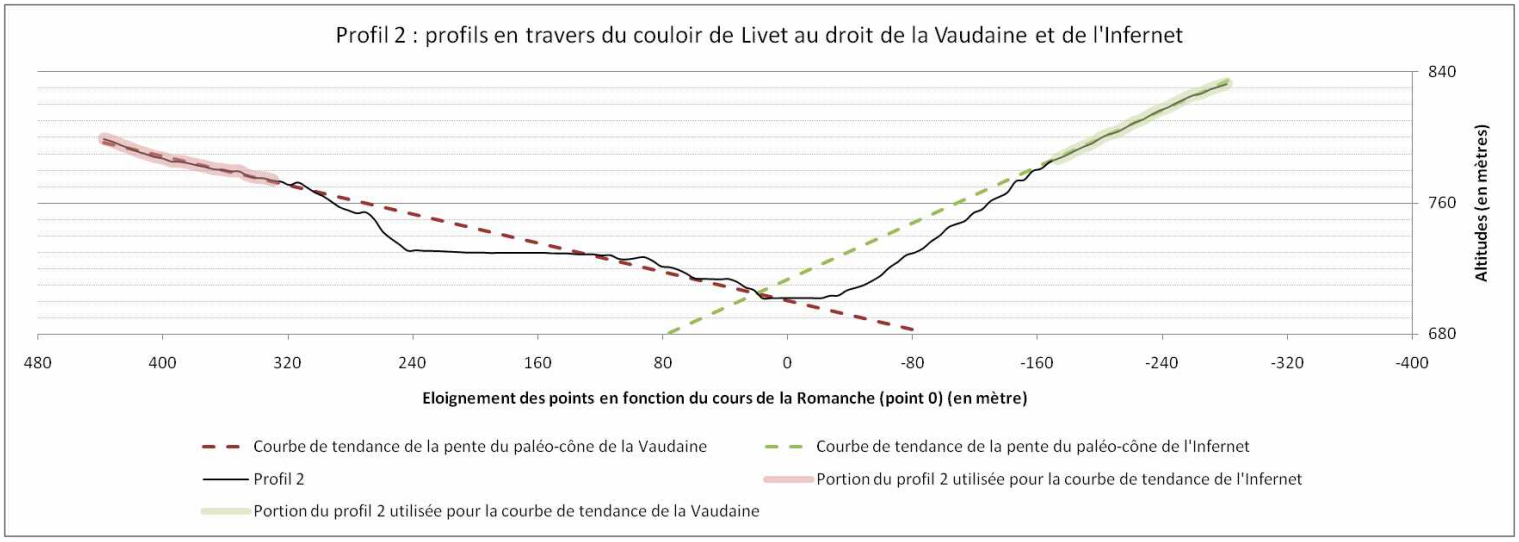


Figure 19 : Localisation des profils en travers réalisés pour le complexe Vaudaine / Infernet

Le cône intermédiaire de la Vaudaine, par son raccordement sur la surface de terrasse, est chronologiquement postérieur à la mise en place de la terrasse. Seule la portion du paléo-cône tronquée convient chronologiquement à l'édification d'un barrage de la Romanche. Dans ce cas de figure, les cours de la Vaudaine et de l'Infernet ne suivent plus exactement le même axe. Le face à face des deux torrents change : la Vaudaine coule à l'amont de l'Infernet. L'hypothèse d'une jonction parfaite des deux cônes est donc infondée. En admettant que les deux cônes s'adossent l'un à l'autre (et donc que les formes maximales des deux cônes soient chronologiquement simultanées) le prolongement des pentes des deux paléo-cônes donne une jonction à l'altitude maximale de 714m à l'amont du complexe Vaudaine/Infernet (profil 2 localisé sur la figure 19 et graphique 2 de la figure 20). Si cette fois, il est estimé que le rebord d'érosion du paléo-cône de l'Infernet est plus ancien que celui de la débâcle (hauteur de tête d'escarpement de l'Infernet : 790m, hauteur de tête d'escarpement de la Vaudaine : 780m), alors il suffit de prolonger uniquement le cône de la Vaudaine, ce qu'illustre le profil en travers 1 (fig. 19 et fig. 20). Le cône avance jusqu'au nord-est du cône de l'Infernet, ne rencontrant que tardivement les contreforts érodés du paléo-cône de l'Infernet. Le troisième profil en travers (profil 3, fig. 19 et fig. 20) donne une estimation de l'édification du cône de l'Infernet plus à l'aval, c'est-à-dire au sud-ouest du complexe Vaudaine/Infernet. Dans ce cas, on constate qu'une jonction maximale se lit à 713m d'altitude. Il est important de noter que cette jonction est possible uniquement par l'existence du cône intermédiaire et de la terrasse, qui théoriquement n'étaient encore pas formés lors de l'événement de rehausse du barrage en 1191. Le profil 3 permet de visualiser la possibilité de l'Infernet d'offrir un soutien sous forme d'assise sédimentaire à l'aval immédiat du cône de la Vaudaine, mais ce uniquement si le paléo-cône de l'Infernet était encore actif et non-érodé au moment de la mise en place du barrage. Quoi qu'il en soit l'estimation d'altitude haute du barrage par les cônes de déjection ne dépasse pas les 714m d'altitude d'après les prolongements théoriques proposés. Cette altitude est suffisante pour ennoyer une partie de la plaine de Bourg d'Oisans, mais pas complètement. Les estimations de hauteur d'eau de la littérature et les traces physiques témoignent d'une hauteur d'eau du lac plus élevée d'au moins quinze mètres.

La Vaudaine et l'Infernet présentent tous les deux un pouvoir érosif et une charge sédimentaire impressionnants mais l'édification du barrage ne peut s'être produite uniquement de leur fait. En effet, ceci nécessiterait de combler le fond de vallée sur plus de deux kilomètres de large et à minima une vingtaine de mètre de haut, et ce de manière pérenne. Il semble donc qu'une autre forme et un autre processus aient participé au barrage du Pont-de-la-Véna.





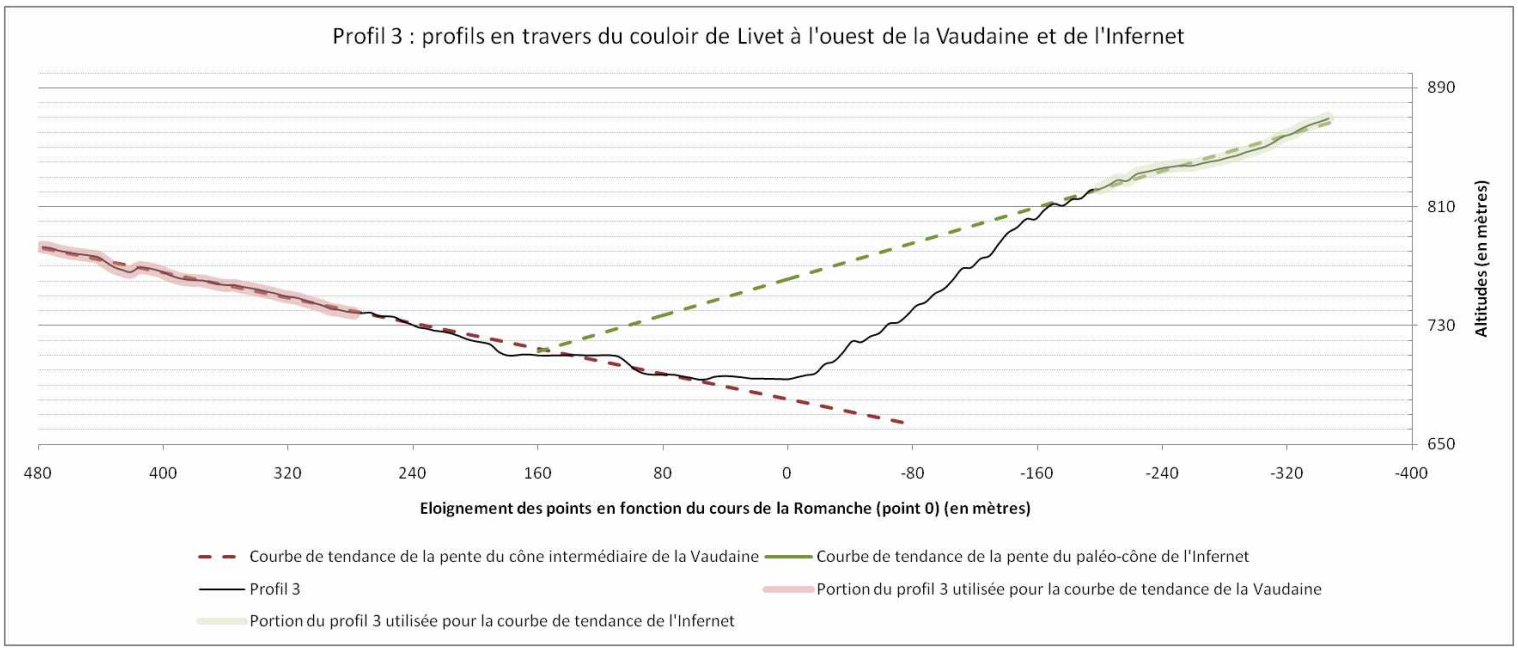


Figure 20 : Profils en travers du système complexe Vaudaine / Infernet et hypothèses de jonctions des géométries.

III.1.2. - L'écroulement de Versaire

A l'amont immédiat du cône de déjection de la Vaudaine, il est indiqué la présence de quelques collines dépassant de la fin de la plaine de Bourg d'Oisans. « *Les « buttes de Mauras » ou encore la « colline de Versaire » apparaissent dans les textes (Blanchard 1914, Allix 1929, Mathoulin 1989). Pourtant, à chaque mention, il en est fait une description minime. On évoque des collines en rive droite de la Romanche, observées à travers les taillis, certainement pour la plupart depuis la rive gauche. On en déduit quelques petits dépôts d'écroulement modestes aux alentours de l'exutoire du lac* » (L'Hutereau & Schoeneich, 2019). Au sortir de l'hiver 2019, les buttes de Versaire ont été cartographiées et photographiées. Les informations compilées livrent un constat sans équivoque : Versaire n'est pas uniquement quelques blocs esseulés, mais un dépôt d'écroulement s'étendant entre Belledonne et Taillefer, sur les deux rives de la Romanche et jusqu'à une altitude assez marquée en rive gauche. La figure 21 témoigne de l'extension de cette forme rendue presque invisible par la végétation et la sédimentation.

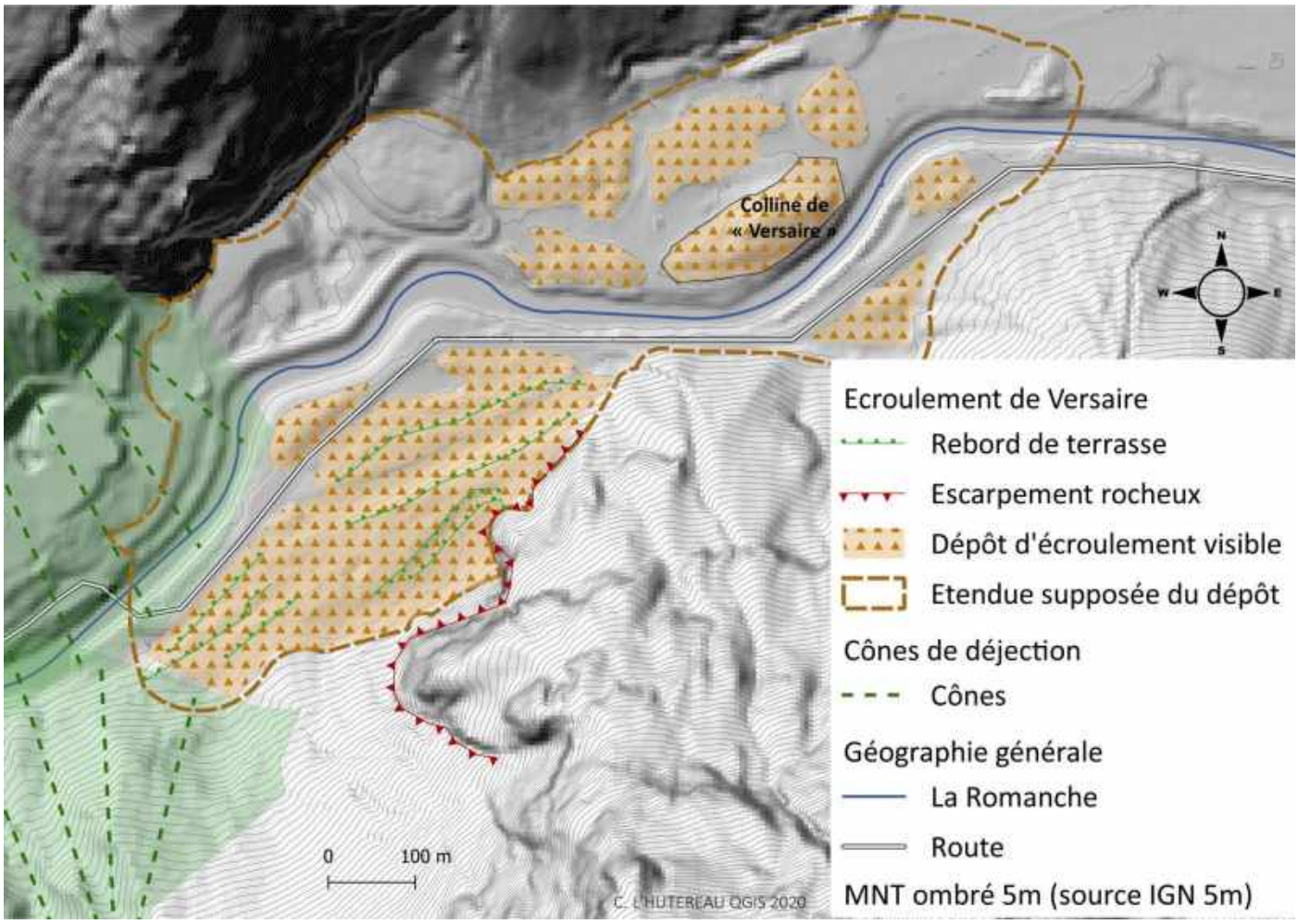


Figure 21 : Cartographie générale de l'écroulement de Versaire

III.1.2.1. - Rive droite de la Romanche

La partie de l'écroulement de Versaire en rive droite de la Romanche est la portion connue et citée dans les textes. Il est généralement fait référence à la « *butte* » ou la « *colline* » de Versaire, sans s'attarder sur les formes qui l'entourent.

III.1.2.1.1. - La colline de Versaire

La « *colline de Versaire* » est la forme la plus haute (fig. 21). Elle soutient l'un des nombreux poteaux électriques qui parsèment le couloir de Livet. Au-delà de son altitude[21] qui tranche avec le reste de la plaine, sa forme interpelle, et permet un premier constat. Elle est constituée de blocs pluridécimétriques à plurimétriques. Elle a été fortement modelée par l'eau, ce qui lui donne une allure carénée en goutte d'eau (cf. croquis en figure 22). Un front oblong et une queue plus fine dans le sens de l'écoulement. Cette morphologie très bien illustrée par la butte de Versaire se retrouve en fait à divers endroits du dépôt d'écroulement (fig. 21) avec parfois des dépôts plus fins plaqués sur les niveaux bas des buttes.

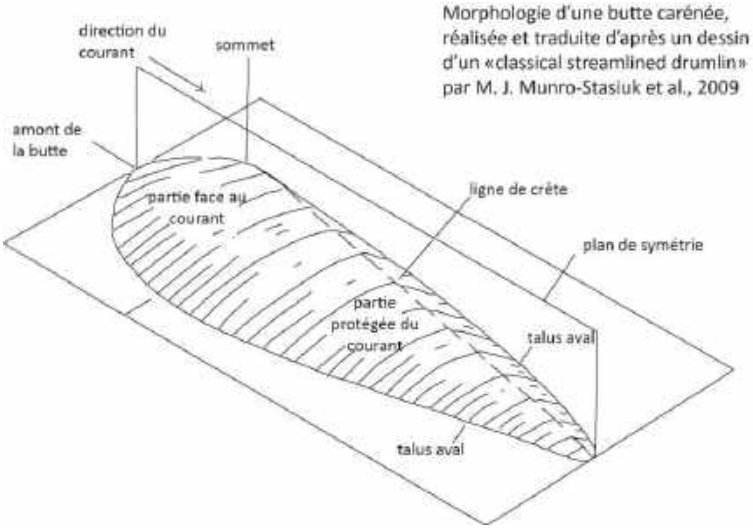


Figure 22 : Croquis théorique d'une butte carénée d'après J. Munro-Stasiuk *et al.*, 2009

III.1.2.1.2. - Les chenaux internes

Entre la butte de Versaire et le versant rocheux de Belledonne, dans le chaos de blocs sédimentés, on retrouve des chenaux et des buttes carénées de moindre envergure. La figure 23 illustre les morphologies contrastées malgré la re-sédimentation de la zone. Sur la photographie, la plage ocre délimite une bordure de butte carénée relativement basse mais garnie de blocs et assez large. La plage verte quant à elle est une forme complètement plane marquant un paléochenal. Ce dernier se retrouve sur la figure 24 illustrant toujours ce même phénomène de contraste topographique fort, mais cette fois combiné à la présence d'un bloc plurimétrique dont le socle est enchâssé dans le fond plan. Une butte géométrique est lisible sur la partie gauche de l'image, certainement modelée par les fluctuations d'écoulement à cause de la présence du bloc. Les différents chenaux anciens lisibles sont tous cartographiés sur la figure 25.

[21] L'altitude fournie par l'IGN sur les cartes est fausse, les 751m indiqués ne correspondent pas à ce qui est observé sur le terrain. D'après le lidar, la mesure maximum est d'environ 730m.

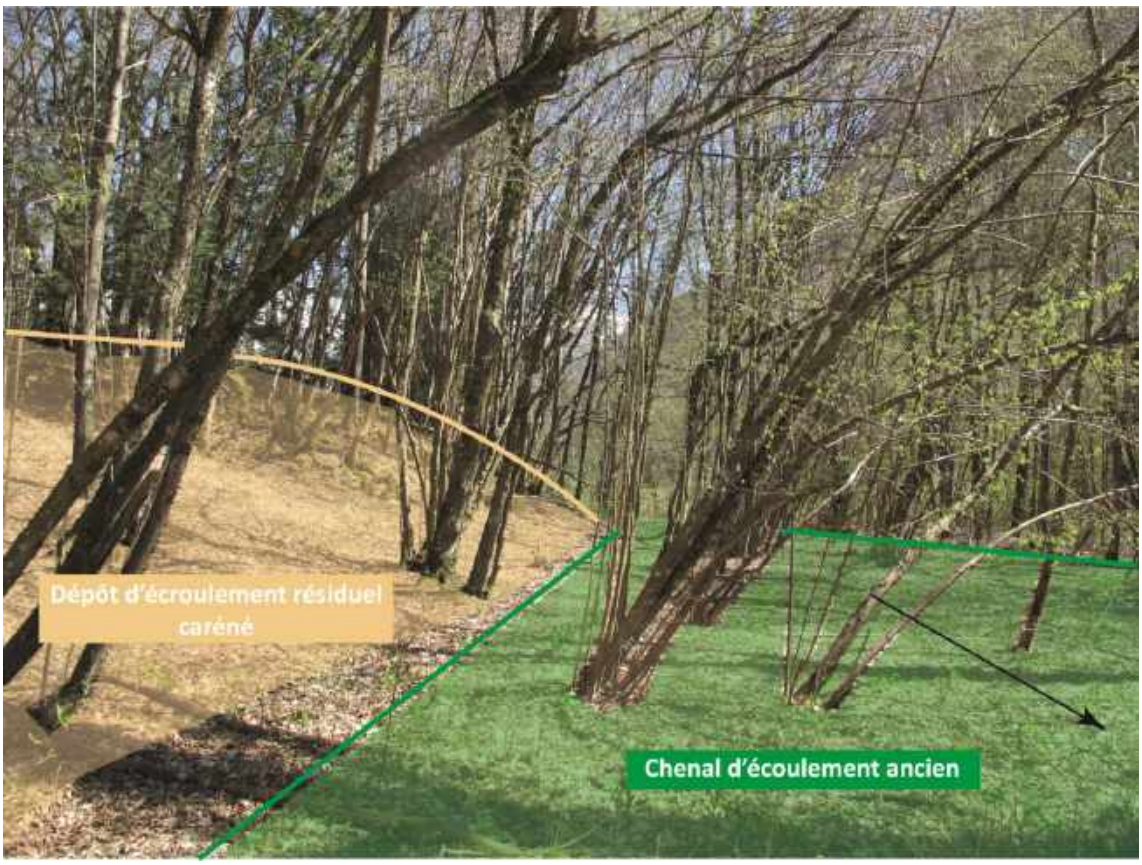


Figure 23 : Butte carénée bordée d'un chenal ancien (photographie habillée)

Figure 24 : Bloc plurimétrique et chenaux d'écoulement (photographie habillée)

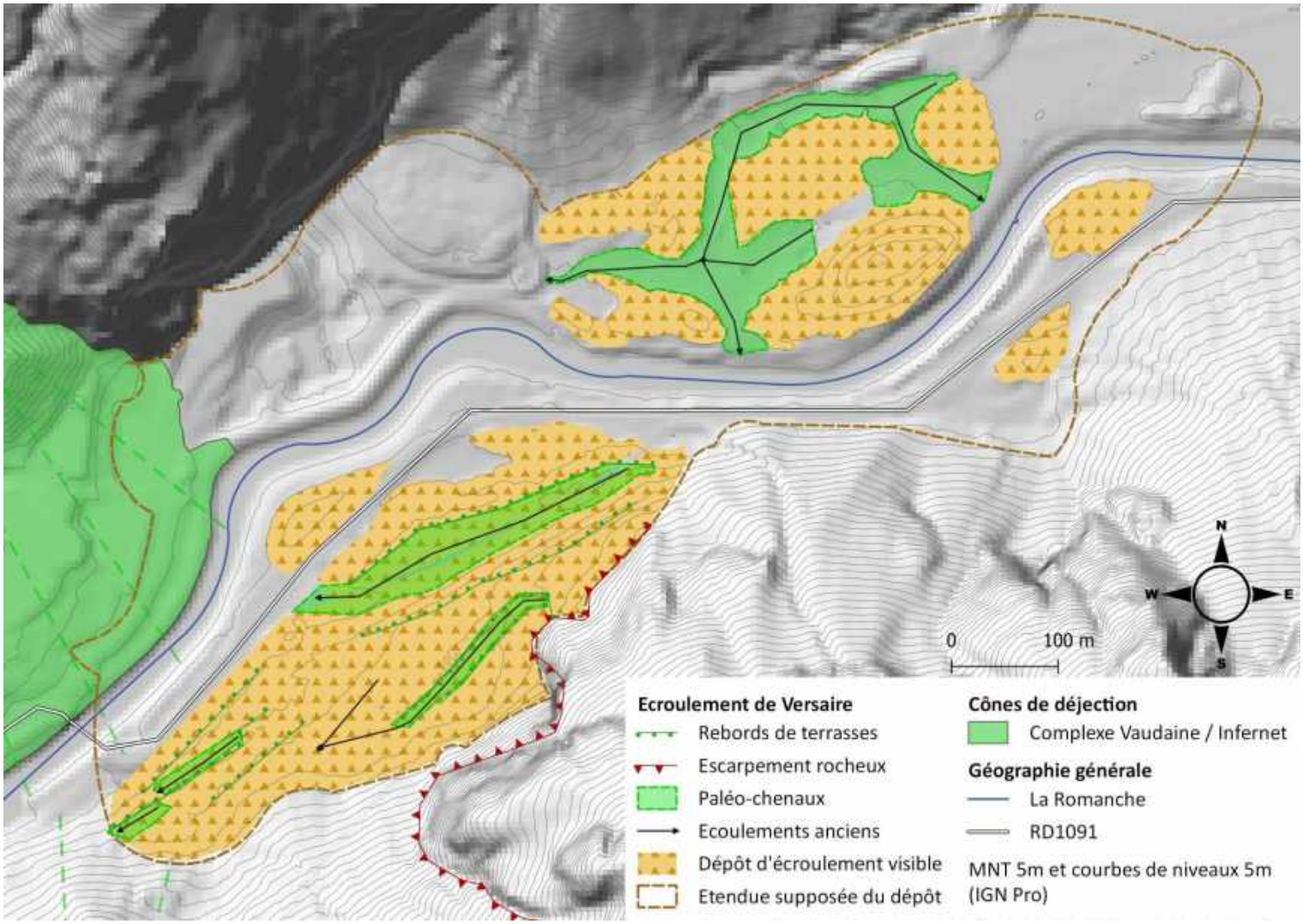


Figure 25 : Cartographie des paléo-chenaux de l'écroulement de Versaire

III.1.2.1.3. - L'écroulement de 1995

Au pied du versant en rive droite, certains blocs semblent plus posés sur la plaine qu'enfouis sous des sédiments. Ces derniers traduisent la présence d'un écroulement plus récent, documenté par le BRGM. Il est daté de mars 1995 et estimé à seulement un millier de m3 par le service RTM. Cette dynamique d'écroulement moderne permet de visualiser la différence de dépôts entre un dépôt jeune et un dépôt ayant été pris dans différents processus sédimentaires.

III.1.2.2. - Rive gauche de la Romanche

III. 1.2.2.1. - Les blocs massifs

La rive gauche de la Romanche est la plus accessible puisque la route la traverse, mais paradoxalement, c'est la portion de l'écroulement qui n'apparait pas dans les textes. En effet, même les blocs plurimétriques qui apparaissent en bord de route (fig.26) ne sont pas mentionnés dans les travaux anciens. La cartographie permet de mettre en évidence ces reliefs jusqu'ici invisibles.

Figure 26 : Bloc plurimétriques pris dans les sédiments en rive gauche au bord de la route. (Photographie par P. Schoeneich, 2019)

III.1.2.2.2. - Les terrasses perchées et les paléo-écoulements

Parmi les reliefs les plus marquants de cette étude, les chenaux perchés apparaissent en bonne place. La surface du dépôt d'écroulement de Versaire est modelée en terrasses. Ces formes remarquablement planes et adossées au versant du Taillefer, s'étendent parallèlement à la Romanche, sur au moins deux niveaux. Sur le plan de ces terrasses, des chenaux et des buttes carénées témoignent d'écoulements (fig. 27). La terrasse la plus haute cartographiée à cet endroit culmine à 734m, soit 34m au-dessus du niveau de la Romanche actuelle. Comme indiqué sur la carte, elle comprend un réseau d'anciens chenaux d'écoulements incisant une matrice relativement fine mais garnie de gros blocs. La végétalisation complète de ces formes permet difficilement d'obtenir une coupe nette, mais des blocs enchâssés

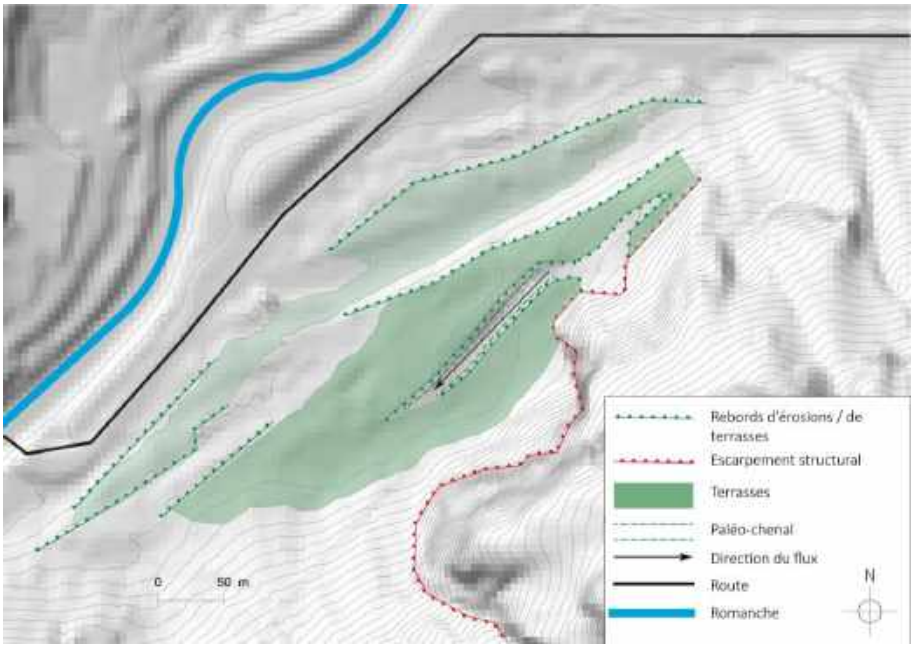


Figure 27 : Cartographie des terrasses perchées du dépôt d'écroulement de Versaire en rive gauche

dans les lambeaux de terrasses sont parlants quant à l'hétérogénéité granulométrique de la formation (fig. 28). Les trois photographies de la figure 28 illustrent, malgré la végétation, le chenal haut cartographié par la figure 27. La roche en place est visible, tout comme les rebords de terrasse relativement nets bien que rendus arrondis par le temps. Quelques blocs aux dimensions diverses sont visibles sur les deux photographies de droite. Ces lambeaux de terrasses témoignent d'un écoulement ancien perché au- dessus du niveau actuel de la Romanche.

Figure 28 : Photographies habillées du chenal d'écoulement haut

III.1.2.3. - Profondeur et estimation

Les hauteurs du dépôt, son emprise spatiale et les blocs qui le composent témoignent d'un écroulement massif. Qu'en est-il de sa profondeur ?

III.1.2.3.1. – Le pavage de blocs du sous-sol découvert par Raoul Blanchard et EDF

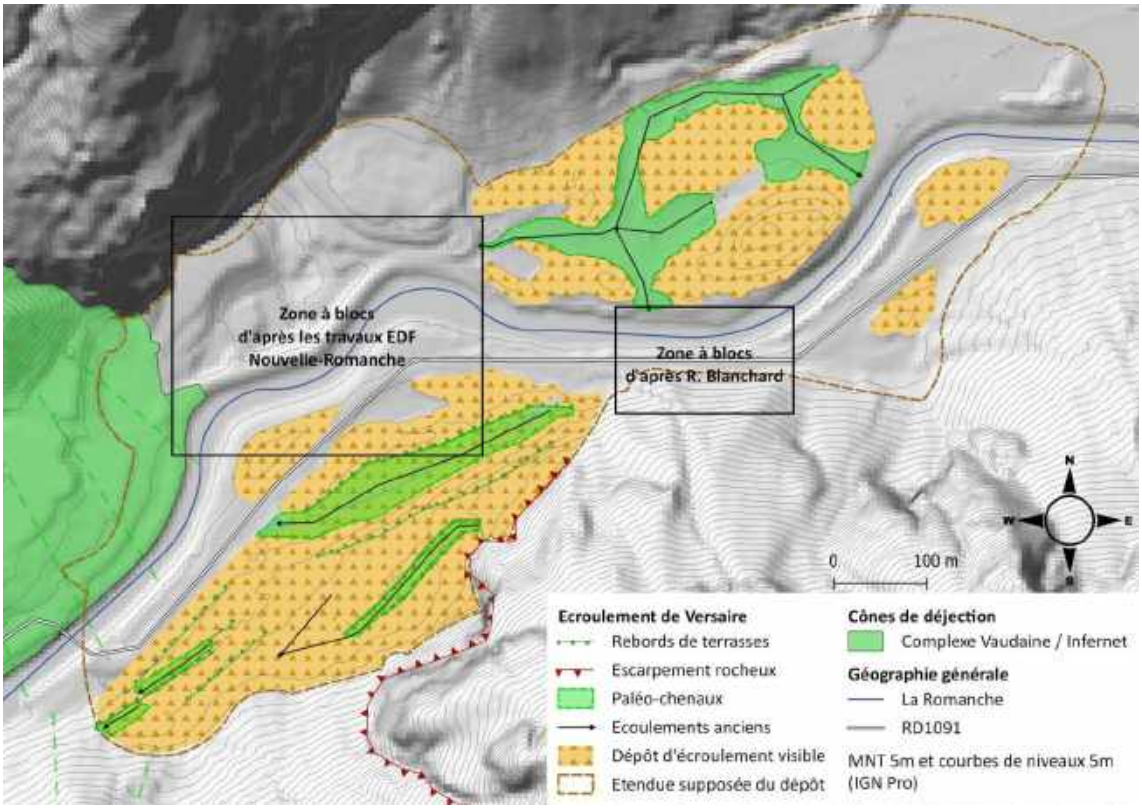


Figure 29 : Carte des deux lieux de mise en évidence du pavage de blocs en sous-sol

Dans un texte publié en 1925, Raoul Blanchard indique avoir trouvé un verrou rocheux au Pont de la Véna, ce qui expliquerait l'édification du lac, le surcreusement de la plaine de Bourg-d'Oisans et son

remplissage alluvio-lacustre. Cette découverte est due à l'étiage de la Romanche à l'hiver qui met au jour un fond rocheux apparent dans le lit de la rivière (fig. 29). Le torrent coulerait donc à même la roche lors de son passage de la plaine au couloir. Cette solution simple et inespérée à l'énigme perdurera deux ans, jusqu'aux travaux de 1928-1929 réalisés par EDF à cet emplacement pour des raisons hydrauliques et hydroélectriques. Là, les excavations mettent au jour non pas un lit rocheux, mais un pavage de blocs métriques à plurimétriques. Les blocs, si gros et enfoncés dans le substrat, abusaient l'œil observateur. En 1929, dans son ouvrage sur l'Oisans, André Allix annonce l'invalidation de l'hypothèse du verrou, remplacée par le constat d'énormes blocs en sous-sol du lieu-dit le Pont de la Véna. Ce constat, repris ensuite par Raoul Blanchard en 1943, se verra plus ou moins ignoré par les chercheurs comme par les exploitants hydroélectriques, et ce jusqu'en 2012. A cette date, le projet Nouvelle Romanche d'EDF nécessite des travaux remarquables, notamment dans l'espace compris entre les cônes de déjection et la « *butte de Versaire* » (fig. 29). Le creusement d'un bassin ainsi que de nombreux sondages donnent un résultat sans appel : le sous-sol est pavé de blocs plurimétriques pris dans des alluvions fines à raison d'une dizaine de mètres de profondeur. Ces observations montrent que les buttes des deux rives ne forment qu'un seul dépôt d'écroulement très important, dont l'extension peut être précisée (fig. 29). La niche d'arrachement la plus plausible, au regard du volume estimé ci-après, est située sur la paroi du Pic de la Fare qui surplombe le dépôt.

III.1.2.3.2. - Estimation du volume

Suite à l'obtention de ces informations concernant le sous-sol et l'altitude des dépôts en pied de versant, il a été envisagé une première estimation de volume, pour se donner un ordre de grandeur. Une formule simple de cubage a été effectuée :

$$superficie\ estimée\ du\ dépôt \times hauteur\ de\ dépôt$$

avec :
Superficie estimée du dépôt : 424128,35m²
Hauteur maximale du dépôt : 34m
Profondeur estimée du dépôt en sous-terrain : 10m
On obtient, pour le volume estimé de surface :
424128,35 *34 = 14420363,9 soit environ **15M de m3**
On obtient, pour le volume estimé total :
424128,35 * 44 = 20358160,8 soit environ **20M de m3**

Cet ordre de grandeur semble tout à fait cohérent avec l'espace en question et en comparaison avec les volumes d'autres écroulements alpins d'envergure. Le barrage gravitaire du lac du Lauvitel[*] représente par exemple 12M de m3 (Delunel *et al.,* 2010).

III.1.3. - Les dynamiques sédimentaires du lieu-dit Pont-de-la-Véna

Les sondages ont été corrélés pour tenter d'analyser les informations présentes en sous-sol entre le dépôt d'écroulement et les cônes de déjection. 25 sondages ont été utilisés à cet effet (fig. 30). Bien que généralement les sondages des espaces ayant subi de fortes et rapides modifications morphologiques soient difficilement exploitables (Schoeneich *et al.,* 2015), quelques constats sont discernables.

[*] cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

Les coupes dans le sens du courant (profil en long des dépôts, fig. 31) mettent en évidence un bassin de sédimentation localisé entre le dépôt d'écroulement de Versaire et les cônes de la Vaudaine et de l'Infernet. Ce dépôt atteint localement 14m d'épaisseur, et se compose de silts à tendance argileuse. Il témoigne d'une sédimentation en eaux calmes, type lacustre. L'échantillon CA2012-1-1 prélevé dans une carotte sédimentaire à 16,50m de profondeur, à la limite profonde du dépôt devait permettre de placer chronologiquement ce remplissage. Pourtant, la date obtenue (111.02 +/- 0.41 pMC, soit 1994-1998 cal AD) est une date actuelle. Il est fortement envisagé que l'échantillon soit plutôt une racine qu'un bois en place alors recouvert. Par-dessus ces dépôts sont retrouvées généralement des traces d'écoulements, caractérisées par des diamictes faites d'éléments grossiers, entre graviers et débris de blocs. La formation du socle du dépôt de fines pose plus de problèmes. En effet, suivant les choix méthodologiques explicités plus hauts, les dépôts, tous globalement formés d'une diamicte à forte teneur en matériaux grossiers, sont imputés à l'écroulement (sondages amonts et proches des formes actuelles encore discernables de l'écroulement) ; ou à des lambeaux anciens de cône de déjection (sondages aval à proximité immédiate du cône de la Vaudaine). Ce problème d'interprétation n'empêche pas cependant de constater que le dépôt fin vient recouvrir des dépôts majoritairement grossiers, et ce de façon très marquée à l'amont (présence de blocs massifs traversés, de débris anguleux nombreux). La présence d'une dizaine de mètres de comblement sédimentaire lacustre pourrait expliquer la disparition des indices de l'érosion régressive, processus théoriquement attendu lors d'une vidange de lac.

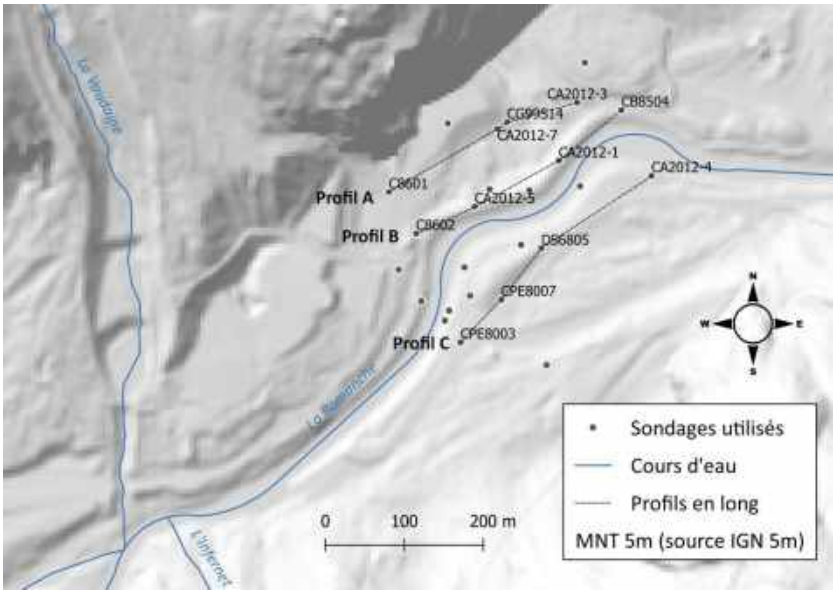


Figure 30 : Localisation des sondages et des profils en long associés

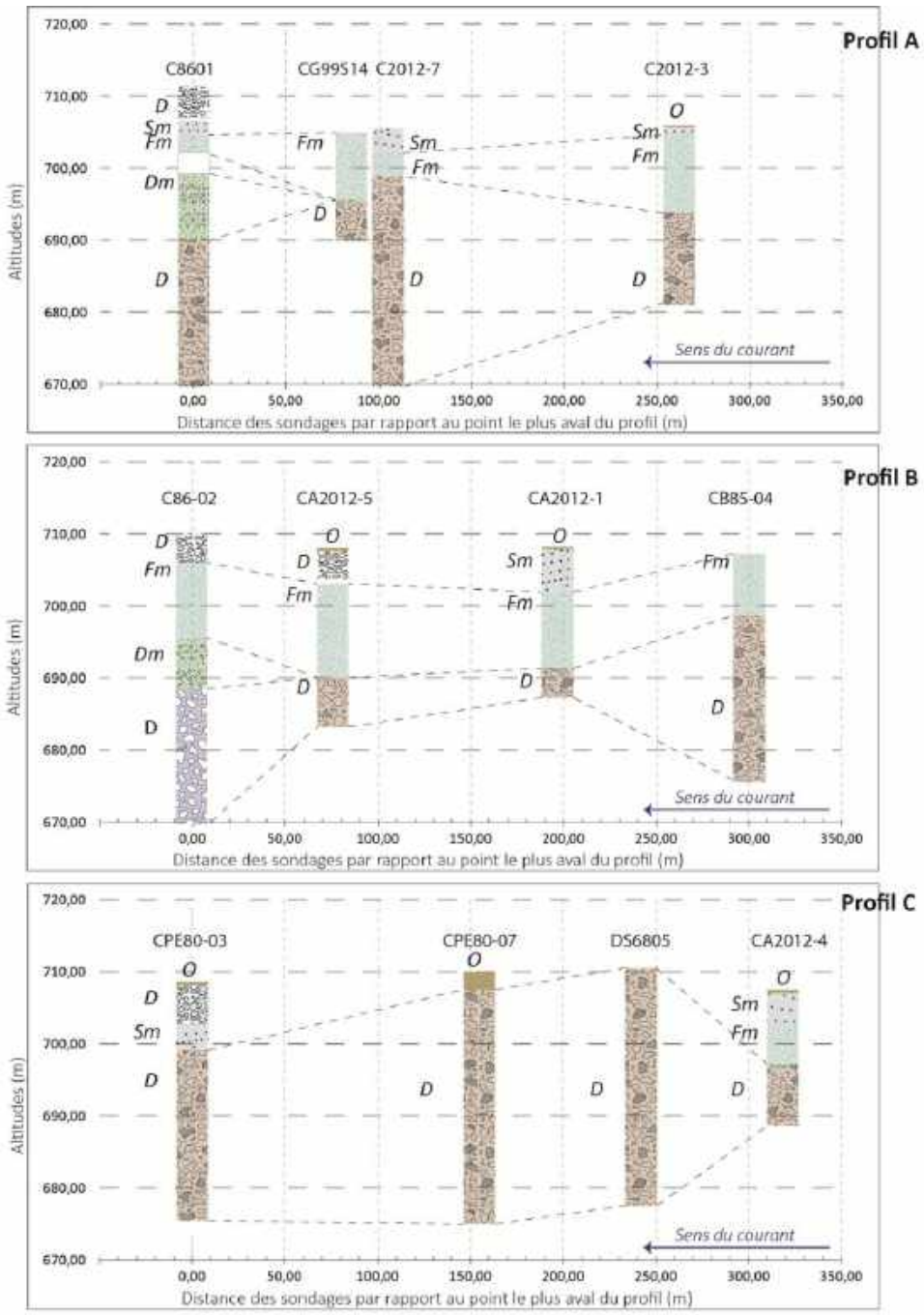


Figure 31 : Profil en long de l'espace du Pont-de-la-Véna d'après trois lignes de sondages carottés

La question de l'édification d'un barrage au Pont-de-la-Véna capable de retenir derrière lui un lac de plus de 10km de long est compliquée. La présence des cônes de déjection seule ne semble pas suffire. La découverte d'un écroulement plus imposant peut jouer en faveur d'une combinaison de plusieurs morphologies. Les écoulements perchés montrent que le dépôt d'écroulement a été submergé et qu'un écoulement a débordé par-dessus la masse écroulée. L'écroulement a donc participé au barrage. La forme carénée des collines indique par ailleurs que le dépôts d'écroulement a été érodé et remanié par la débâcle. Son volume initial était donc certainement beaucoup plus important que la partie visible actuellement. Le couloir de Livet, à l'aval du lieu du barrage présente des blocs plurimétriques semblables aux blocs constatés dans le dépôt de Versaire. Leur dimension ainsi que leur lithologie semble les corréler à la morphologie initiale de l'écroulement. Ils ne peuvent provenir du cône de la Vaudaine, puisque la coupe du paléo-cône tronqué ne met au jour que peu de

blocs aux dimensions similaires. Concernant les torrents, leur fourniture sédimentaire témoigne de leur capacité à s'exhausser. Le cours de la Romanche quant à lui prouve une grande force morphogène, qui pourrait s'avérer capable de faire disparaitre une portion non négligeable de l'écroulement. Le mécanisme de barrage de la Romanche coupable de l'exhaussement du lac dans la plaine de Bourg d'Oisans se trouve donc complexifié. Dans l'objectif de préciser et comprendre l'événement de 1219, il est important de se pencher cette fois sur la relation entre le barrage du Pont-de-la-Véna et le lac dans la plaine de Bourg-d'Oisans. Quelle hauteur de barrage, quelle hauteur d'eau derrière le barrage et quels impacts sur l'extension spatiale du lac dans la plaine ?

III.2. – Géographie lacustre du Lac Saint Laurent : préciser l'extension spatiale

Aujourd'hui, Bourg d'Oisans n'a plus les pieds dans l'eau. Pourtant, jusqu'au XVIème siècle minimum, un lac se trouvait dans cette plaine entourée de grands massifs. La géologue Véronique Mathoulin prête à ce lac différents visages suivant la période chronologique observée depuis 30 000 ans (Mathoulin, 1989, Bailly-Maître *et al.*, 1997). Elle l'appelle le lac Saint Laurent. Ses fluctuations ont impacté les peuplements uisans[22] entre le XIème et le XVIème siècle. Les traces de ce lac sont floues et l'enjeu est d'en retrouver quelques marques, que ce soit dans les textes ou sur le terrain.

Encart 4 : Toponymie de la plaine de Bourg d'Oisans… à l'écoute du lac

A « Rochetaillée », une voie romainea été taillée par le feu en encorbellement dans la roche pour permettre un passage sécurisé au dessus d'un lac et/ou d'un marécage impratiquable. L'indice toponymique de ce vestige archéologique n'est pas le seul à rappeler une particularité physique des localités de la plaine de Bourg d'Oisans. Ainsi, les lieux-dits des « Sables » ou encore de « La Paute » sont rattachés à des réalités anciennes liées à la présence du lac (marécages, espaces fertiles). Aujourd'hui invisible, le passé lacustre de la plaine de Bourg d'Oisans se lit encore sur les cartes grâce à la toponymie.

(pour aller plus loin : Les noms du paysage alpin : atlas toponymique, par H. Bessat & C. Germi, 2019).

III.2.1. – Des hypothèses textuelles au travail MNT

Suite à la première phase d'analyse du processus en chaine, la question qui découle de la mise en place du barrage est celle de la hauteur d'eau et de l'emprise spatiale du lac. Cette seconde question mobilise ici une part importante des textes anciens, ainsi que les textes du XXème siècle qui fournissent chacun des estimations plus ou moins justifiées. L'objectif est de mettre en regard les informations compilées par les textes avec les simulations permises par le MNT.

III.2.1.1. - Les hypothèses textuelles

La première mention du lac Saint Laurent dans les archives remonte à 1036. Il est question du lac dans les propriétés terriennes. Ce point de revenus non-négligeable est relativement abordé par les archives administratives durant les deux siècles qui précèdent l'événement de 1219 (Cœur, 2004). C'est ainsi que l'on connait sa présence dans le secteur aval de la plaine de Bourg d'Oisans. La fluctuation due à un événement en 1191 est relatée par une source nettement postérieure parfois mise en doute, mais qui reste cohérente avec les différents mouvements de population recensés

[22] *Uisans* : originaire de l'Oisans

dans la plaine de Bourg d'Oisans (Berlioz, 1997 ; Cœur, 2004). Evidemment, au cours du Moyen-âge, les fluctuations altimétriques ne sont pas recensées. C'est seulement lorsque l'objet d'étude passe aux mains des chercheurs du XXème siècle que les premières estimations naissent. Ainsi, le tableau 7 recense les différentes estimations proposées dans les textes jusqu'à l'étude historique de Denis Cœur en 2004.

Tableau 8 : Tableau des estimations des altitudes maximales atteintes par le lac suivant les sources du XXème siècle

Auteur	Estimation de l'altitude de la surface du lac
R. Blanchard, *Les Alpes Occidentales. Tome III : les Grandes Alpes françaises du Nord (Massifs Centraux, Zone Intra-Alpine)*, 1943	entre 715 et 720 m maximum
A. Allix, *Un Paysage de haute montagne*, 1929	maximum 729 m
V. Mathoulin, *La plaine de l'Oisans et le couloir de Livet*, 1989	entre 737 et 741 m
D. Cœur, *Cas du Lac d'Oisans (Vallée de la Romanche) - Éléments historiques*, 2004	environ 740 m

Figure 32 : Proposition d'extension du lac Saint Laurent par V. Mathoulin pour la revue Patrimoine de l'Isère, 2001

Dans la revue Patrimoine de l'Isère, une cartographie est proposée par Véronique Mathoulin. (fig. 32). On constate sur cette carte une proposition de différence de hauteurs d'eaux élevée (de 710m prè-1191 à 745m post-1191, ce qui fait une réhausse du lac de 35m) mais qui ne se lit que très peu sur l'emprise spatiale du lac dans la plaine. En effet, le lac pré-1191 représenté atteint déjà le Bourg d'Oisans et presque la confluence Romanche/Vénéon. La modélisation qui va suivre (fig 33) pointe du doigt les faiblesses de cette première représentation.

III.2.1.2. - La modélisation de l'extension spatiale à partir du MNT

L'extension spatiale du lac a été modélisée à l'aide du MNT. La figure 33 permet de constater la corrélation entre l'altitude maximale du lac et son emprise spatiale dans la plaine de Bourg d'Oisans. La bascule altimétrique se joue entre 715m et 720m d'altitude maximum. En effet, en 5 mètres, le lac progresse de plusieurs kilomètres dans la plaine, dépassant le cône de l'Ornon et La Paute qui marquent traditionnellement le milieu de la plaine. Cette simulation permet également de constater que l'illustration de Véronique Mathoulin d'un lac antérieur à 1191 à 710m d'altitude maximal ne donne absolument pas l'emprise spatiale proposée (fig. 33). Au-delà des inexactitudes des estimations d'il y a 30 ans, on constate qu'il suffit d'atteindre la cote altitudinale de 720m pour que le Bourg d'Oisans actuel ait les pieds dans l'eau. Rappelons qu'André Allix mentionne une hauteur

d'eau aux alentours de 729m (1929), poussant les uisans à remonter le village de Bourg d'Oisans sur le cône de déjection du torrent du Saint Antoine. D'après lui, quelques ruines subsistaient encore à 741m d'altitude. La simulation MNT à 741m semble relativement aberrante puisque la confluence Romanche / Vénéon est atteinte. Cette organisation de l'espace laisserait alors plusieurs marques historiques. Le delta de confluence du Vénéon se trouverait ennoyé et en porterait les séquelles morphologiques. De plus le Bourg d'Oisans se trouverait isolé et les populations obligées de traverser à bord d'embarcation ou de construire un pont sur le cours du Vénéon. Ni l'un ni l'autre de ces déplacements contraignants ne ressortent des archives. Il semble donc que la cote altitudinale d'eau maximale au barrage oscille entre 729m et 735m, d'après la simulation MNT et les textes.

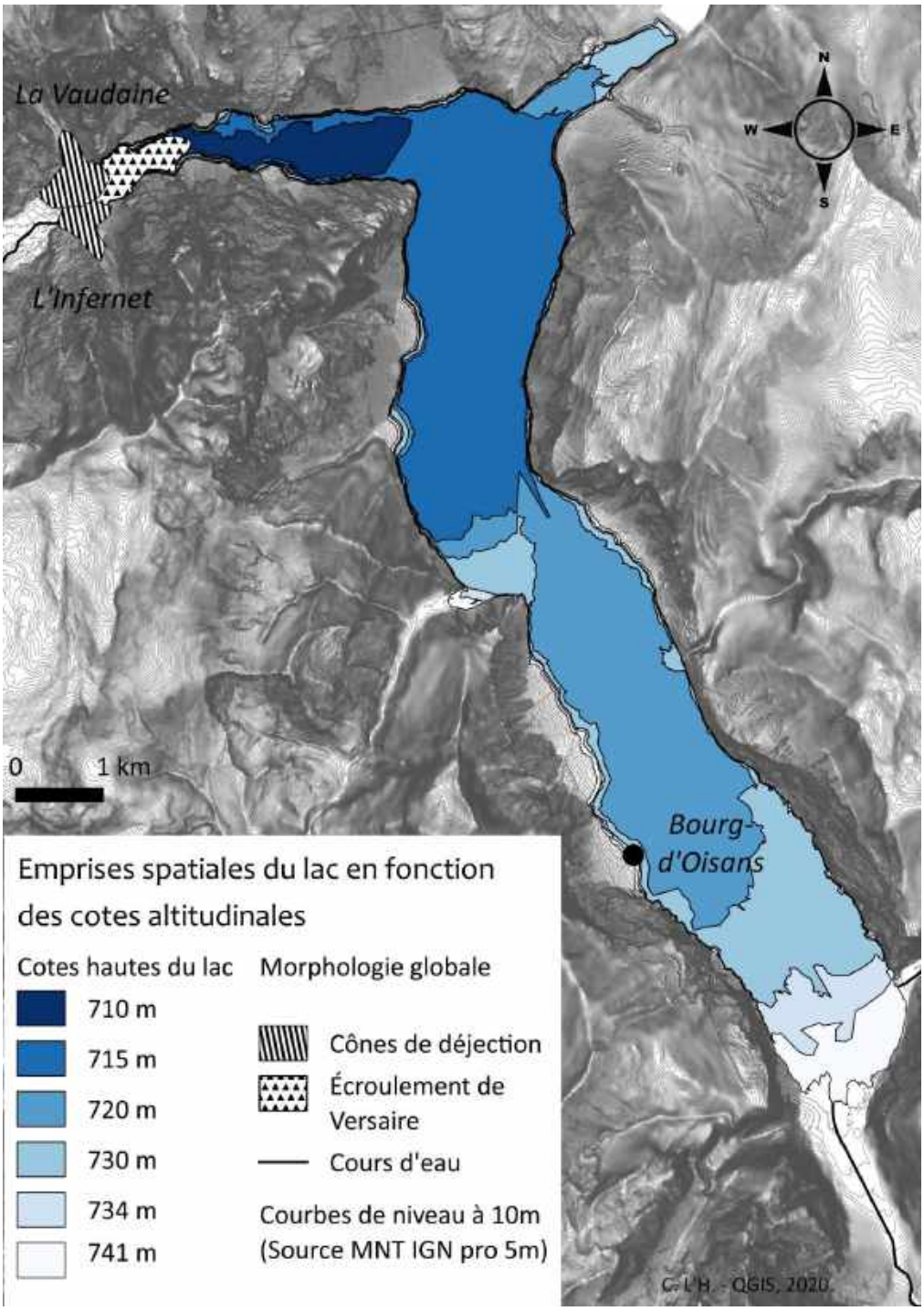


Figure 33 : Cartographie du Lac Saint Laurent : modélisation suivant les altitudes maximales atteintes par l'eau

III.2.2. – La hauteur d'eau au barrage

La dernière partie de la réponse à la question se trouve sur le terrain. En effet, les marques d'écoulements perchés décrites plus haut (figures 25, 27 et 28) ont permis de visualiser un espace de surverse et d'écoulement plus ou moins pérenne pouvant être dû à l'existence du barrage. La figure 34 témoigne des altitudes de ces formes au droit de l'écroulement de Versaire. L'altitude maximale à l'amorce du chenal le plus élevé est de 734m, ce qui vient se placer dans la portion haute de l'estimation proposée par la simulation MNT. Cette altitude également est plus haute que le point de jonction par reconstitution des profils d'équilibre des cônes, ce qui va dans le sens d'un groupement de processus et de formes créant un barrage mixte. L'estimation du volume lacustre avec cette hauteur d'eau maximale est de 330M de m³ (sans prendre en considération la sédimentation dans la plaine).

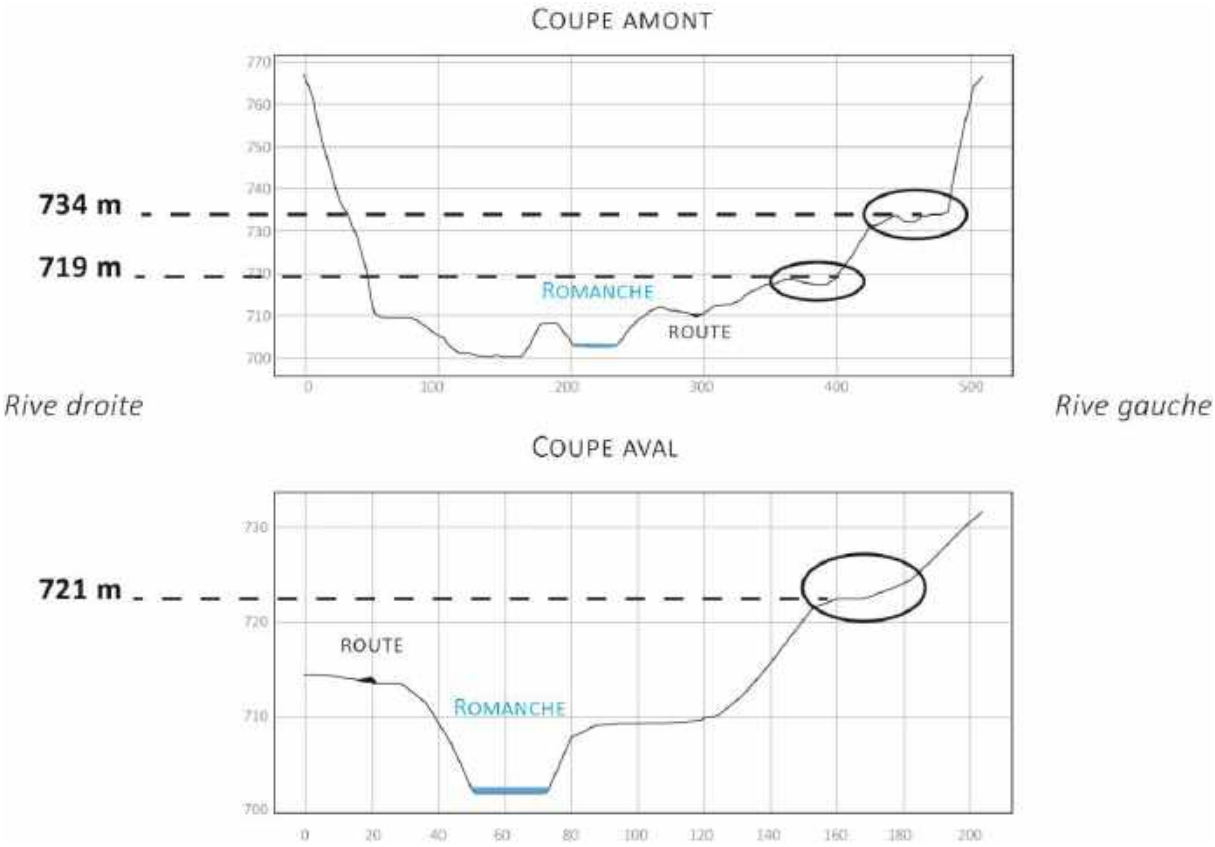


Figure 34 : Coupe en travers du couloir de Livet, au niveau de l'écroulement de Versaire.

La principale critique de ces traces perchées reste l'absence de datation. En effet, cette forme, pour la plus haute située à 734m d'altitude, ne propose qu'une illustration relative de l'emboitement des formes. Ainsi, un tel écoulement a pu être concomitant au barrage ou complètement antérieur. Il parait difficilement postérieur à la catastrophe, puisqu'aucune source ne fait référence à un second exhaussement des écoulements aussi drastique et assez pérenne pour avoir créé une morphologie de ce type.

La présence d'un barrage et d'écoulements perchés légitime la présence du lac. L'évacuation de l'eau du lac de façon brutale n'est pourtant pas encore complètement visualisable. Quels sont les indices morphologiques permettant d'identifier la teneur exceptionnelle et catastrophique de l'écoulement de la débâcle ?

III.3. – Géomorphologie du couloir de Livet : des « *hydraulic cataforms* » à l'aval

Citant une communication personnelle avec Hunt, Huggett mentionne la dénomination d'« *hydraulic cataforms* » (1994) pour les formes résultantes des grandes catastrophes fluvio-glaciaires, dont celle du Missoula Flood. Cette dénomination permet de pointer du doigt les dépôts de débâcles, et d'en faire une classe particulière. Il est connu que les GLOFS[23] ont un impact sur la dynamique morphologique d'une vallée (Berthet, 2016). Les traces laissées par le Tronador, la Josefina ou encore Giétro[*] en témoignent, alors même que ces catastrophes n'ont en aucun cas la dimension du Missoula Flood par exemple.

Pour le couloir de Livet « l'impact de la vague sur le paysage […] a été peu étudié. Le déferlement de l'eau sur Grenoble ainsi que le phénomène de reflux de l'Isère sont décrits même par Jean de Sassenage, mais le tracé et la force de l'écoulement au point initial de rupture et dans le couloir de Livet restent très rarement évoqués dans les textes. Pourtant, cette question est soulevée plusieurs fois par les archéologues qui se sont penchés sur le couloir de Livet : si aucun vestige ancien n'y est retrouvé, est-ce parce que les occupations humaines y étaient inexistantes ; ou parce que la vague de la débâcle a balayé les traces qu'on pouvait espérer trouver (Bessat *et al.*, 1997) ? » (L'Hutereau et Schoeneich, 2019).

L'intérêt de l'étude du couloir de Livet est de s'attacher à illustrer les possibles « *hydraulic cataforms* » présentes dans le couloir de Livet. Deux formes principales sont documentées, s'ajoutant aux buttes carénées déjà citées : des terrasses surplombant le torrent, et des dépôts de blocs parsemant le couloir.

III.3.1. - Les terrasses du couloir de Livet

Le couloir de Livet se présente comme étant une incision étroite entre deux massifs de montagne (Belledonne au Nord/ Nord-ouest et Taillefer au Nord-est/sud-est). Depuis Rochetaillée jusqu'au verrou de Séchilienne, 12km de cours d'eau s'encaissent dans un couloir variant entre 1 et 2.5km de large. Ce genre de configuration donne au cours d'eau différentes caractéristiques. Tout d'abord, le torrent dispose d'un espace confiné entre deux parois, qui lui confère une vitesse plus rapide et une compétence plus élevée qu'un passage en plaine. Cette caractéristique est clairement un atout pour le couloir de Livet, qui est devenu grâce à ce détail naturel un haut lieu de la production d'hydroélectricité. Concernant cette fois les dynamiques sédimentaires, la présence de couloirs et de gorges étroites prédispose ces espaces à une disparition relativement rapide des zones de sédimentation. Ainsi, Kim Genuite *et al.* (2016), à propos des gorges de l'Ardèche, expliquent la variabilité des formes de terrasse suivant la largeur disponible pour le cours d'eau. Au sujet de la Romanche, Véronique Mathoulin explique la dynamique sédimentaire de la Romanche ainsi : « *toutes les formes d'accumulation n'ont pas pu être conservées du fait de la faible largeur de la vallée. La Romanche traverse le défilé avec force car canalisée par les versants de Belledonne-Taillefer et ainsi détruit petit à petit ou brutalement lors de crues ou de débâcles toutes formes d'accumulation faisant obstacle à son cours. Ainsi détruit-elle donc continuellement les traces de son passé* » (1989). Cette constatation valorise d'autant plus la présence des lambeaux de terrasse qui parsèment le

[23] *Glacial Lake Outburst Flood*, vidanges brutales de lacs glaciaires
[*] cf. Lexique des catastrophes citées en annexe (annexe 1)

couloir de Livet, illustrés par la figure 35. Les terrasses du couloir de Livet sont citées par Raoul Blanchard en 1943 mais également par Michel Chardon en 1988, et tous deux s'accordent à leur prêter une genèse par écoulement catastrophique.

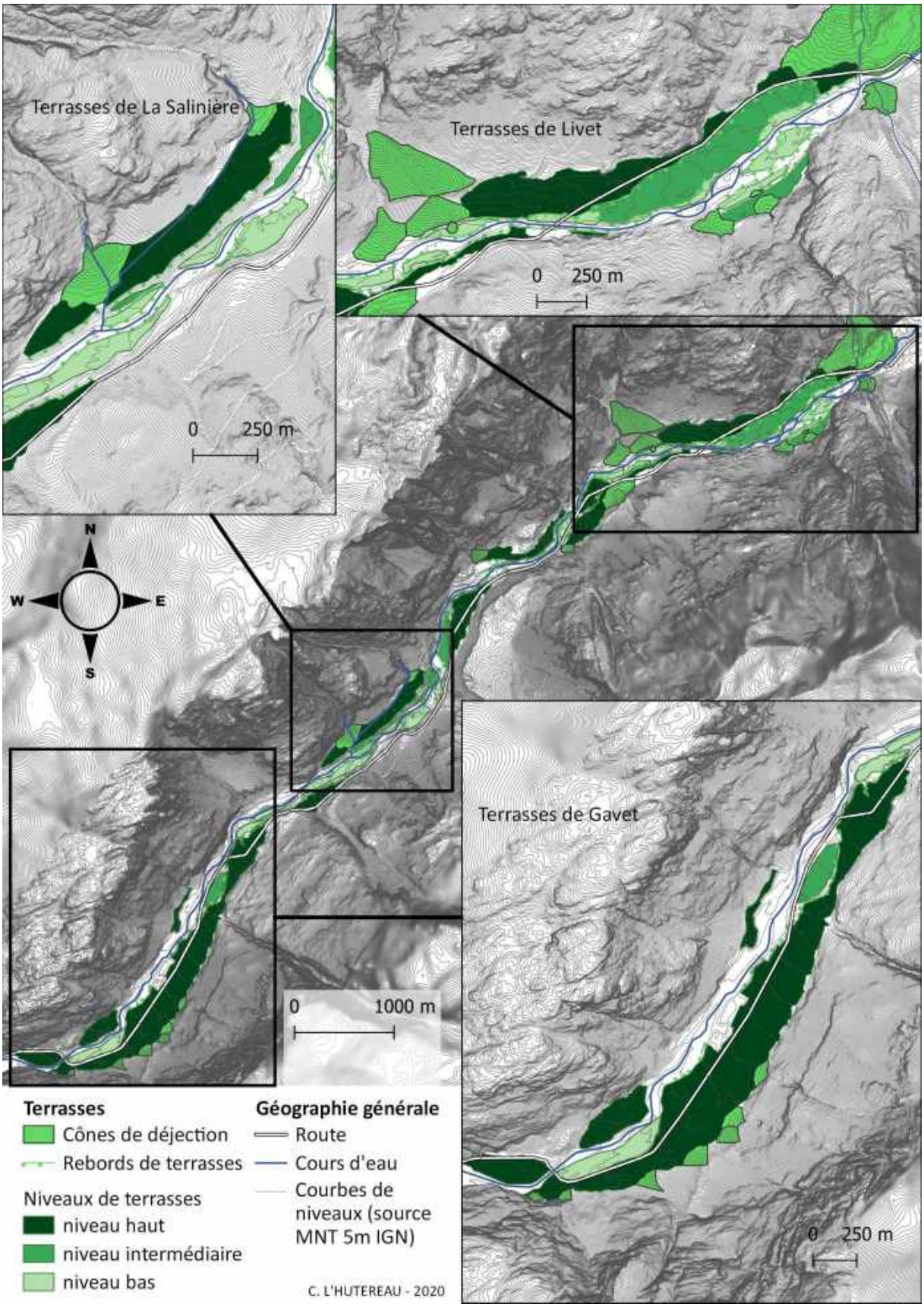


Figure 35 : Cartographie complète des terrasses du couloir de Livet

Une hiérarchisation des différents niveaux de terrasse dans le couloir a été réalisée. On constate nettement un étage « haut », en vert foncé sur la carte qui serait théoriquement l'étage le plus vieux de terrasse. Ces terrasses « hautes » se raccordent topographiquement d'amont à l'aval et dessinent un ancien fond alluvial. Pour ce qui est des niveaux « bas » et « médians », la hiérarchisation est plus compliquée, et dépend plus généralement de la présence de terrasse « médiane ».

Le profil en long des terrasses hautes du couloir de Livet (fig. 36) dessine un profil beaucoup plus tendu pour les terrasses que pour le cours d'eau actuel. Ce genre de profil est typique d'un écoulement violent et/ou très chargé en sédiments. Le profil actuel de la Romanche est plus concave : c'est son profil d'équilibre. Les quelques variations localisées sont les localisations des barrages hydroélectriques sur son cours. L'aval du profil des terrasses montre un raccordement entre le cours de la Romanche et les dépôts perchés.

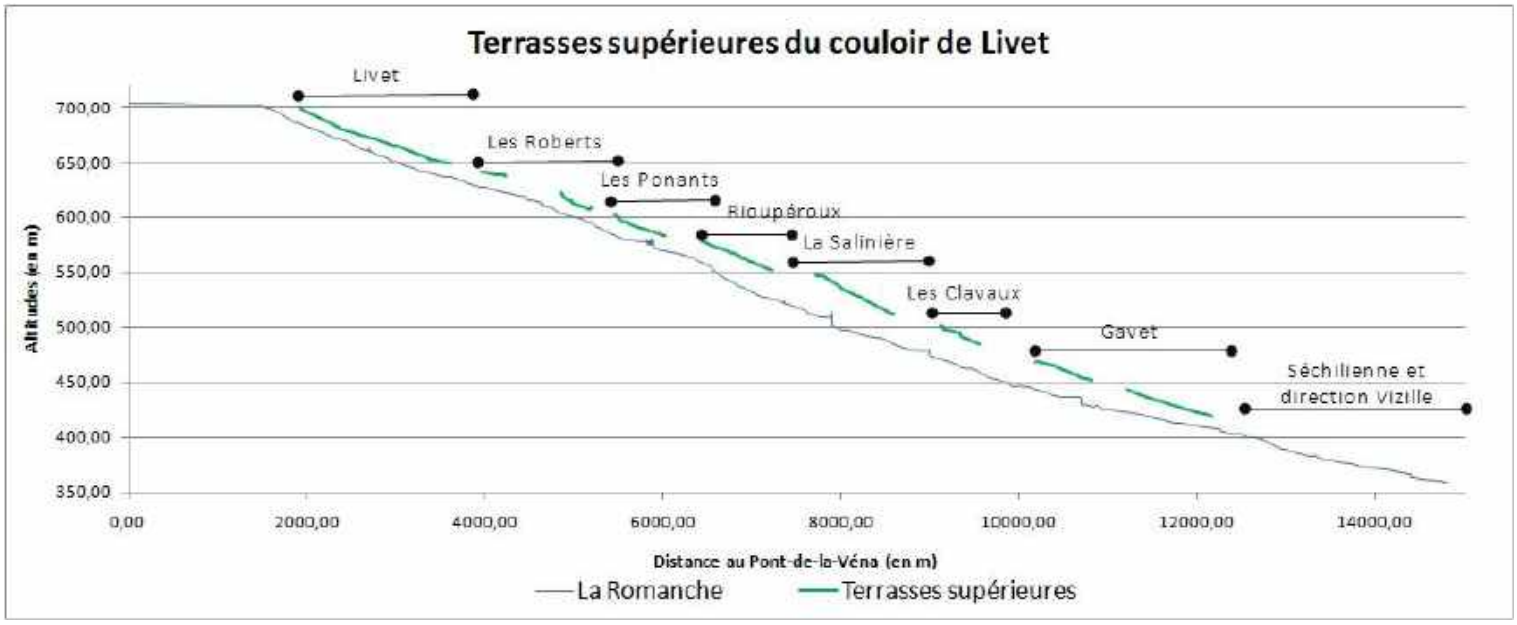


Figure 36 : Profil en long des terrasses hautes du couloir de Livet

Concernant l'emboitement relatif des formes, le couloir de Livet et ses terrasses posent question. Dans le rapport archéologique de Bessat *et al.* (1997), le problème est parfaitement résumé : il est impossible, sans datations, de savoir à quelle période correspondent les dépôts de terrasse. Le cas du couloir de Livet n'est pas unique, puisque la débâcle du lac de Giétro pose les mêmes questions : « *Une autre difficulté vient du fait que la morphologie de la vallée s'est dessinée tout au long de l'Holocène, à partir du moment où les glaciers se sont retirés dans les vallons latéraux. La Dranse a connu tantôt des phases de dépôt de sédiments, avec remplissage alluvial de la vallée, tantôt des phases d'érosion, avec incision du lit dans les dépôts alluviaux. Cette histoire se traduit sur le terrain par la succession de terrasses étagées. […]Il devient dès lors très difficile d'attribuer tel niveau de terrasse à la débâcle de Giétro* » (Reynard *et al.,* 2019). Pour le cas de Livet, les calculs du volume total des terrasses[24] donnent des chiffres dépassant largement le volume de l'écroulement de

[24] Calcul de volume effectué avec la formule du volume d'un triangle rectangle :
(superficie de la terrasse x hauteur de terrasse)/2
Cette formule par du postulat que l'intégralité de la terrasse fait partie du dépôt de débâcle. Il est grandement

Versaire, ce qui irait plutôt dans le sens de la multiplicité des débâcles et des dépôts, ainsi qu'un possible encaissement au cours du temps. Pourtant, le couloir est très encaissé et présente un dépôt haut relativement bien conservé et très homogène (fig. 36). Cette géométrie irait donc plutôt dans le sens d'une édification récente et en une seule fois.

Si on prend en considération les données géohistoriques disponibles, notamment concernant la crue de 1733[25], on peut éventuellement se demander si l'aggradation des terrasses a évolué entre la débâcle et 1733. L'étude de deux sondages effectués au front de la terrasse des Ponant et au front du lambeau de terrasse qui lui fait face (sur lequel passe la route) ne permet pas de distinguer une marque nette de changement de sédimentologie corroborant un dépôt en 1733 par-dessus la terrasse de débâcle. L'altitude de la tête de forage des sondages est certainement trop basse par rapport à la hauteur maximale de la terrasse pour retrouver une discontinuité sédimentologique.

Les terrasses ne sont pas les uniques formes qui se détachent de ce couloir. Des blocs nombreux et enchâssés dans le substrat jalonnent les terrasses.

III.3.2. - Les blocs du couloir de Livet

Le couloir de Livet présente, outre une morphologie de terrasses de débâcle préservée, un nombre important de gros blocs et blocs plurimétriques. Pour certains, telle la Tête de Louis XVI, ils proviennent des versants amphibolitiques abrupts du couloir. Mais d'autres, enchâssés en bord de route ou dans les terrasses dépendent d'une autre dynamique de dépôt. Leur position enchâssée dans les alluvions indique leur dépôt en même temps que le sédiment. Les blocs auraient donc été charriés depuis l'amont. La lithologie du couloir étant homogène, il est difficile de préciser la zone source. Le Pont-de-la-Véna et l'écroulement de Versaire représentent pourtant l'hypothèse de départ de ces blocs la plus plausible. Comme vu précédemment, La Vaudaine ne peut fournir des blocs de telles dimensions, mais le dépôt résiduel de Versaire rappelle la lithologie, la taille et la forme des blocs aval (amphibolites anguleux à anguleux émoussés au fil du couloir). Les blocs du couloir peuvent donc provenir du dépôt de Versaire et avoir été déplacés par la force de l'eau au moment de la rupture du barrage. Ce genre d'emballement mécanique de rupture de barrage donne à l'eau une compétence de transport importante. Ceci expliquerait la présence de blocs plurimétriques amphibolitiques anguleux-émoussés semi-enterrés dans l'intégralité du couloir de Livet (figures 37 et 38).

Figure 37 : Blocs enterrés au cours du couloir de Livet

probable que ce ne soit pas le cas, mais il est pour le moment impossible de délimiter les limites de sédimentations internes et donc de statuer sur l'épaisseur du dépôt exact de débâcle.

[25] Mention de destructions de maisons sur la terrasse de la Salinière, sans savoir s'il s'agit d'habitations sur les terrasses intermédiaires ou sur la terrasse haute.

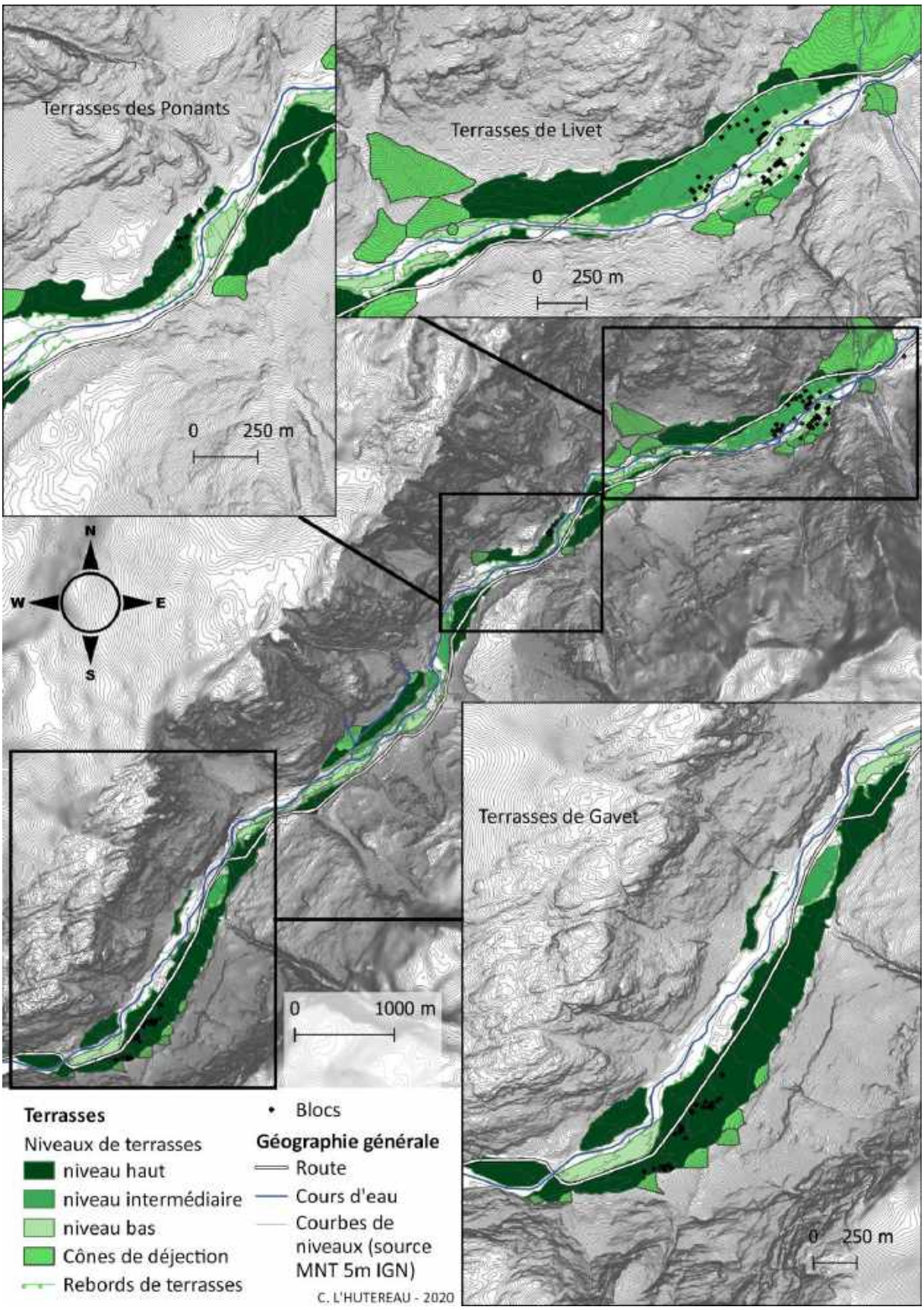


Figure 38 : Carte de localisation des blocs dans le couloir de Livet

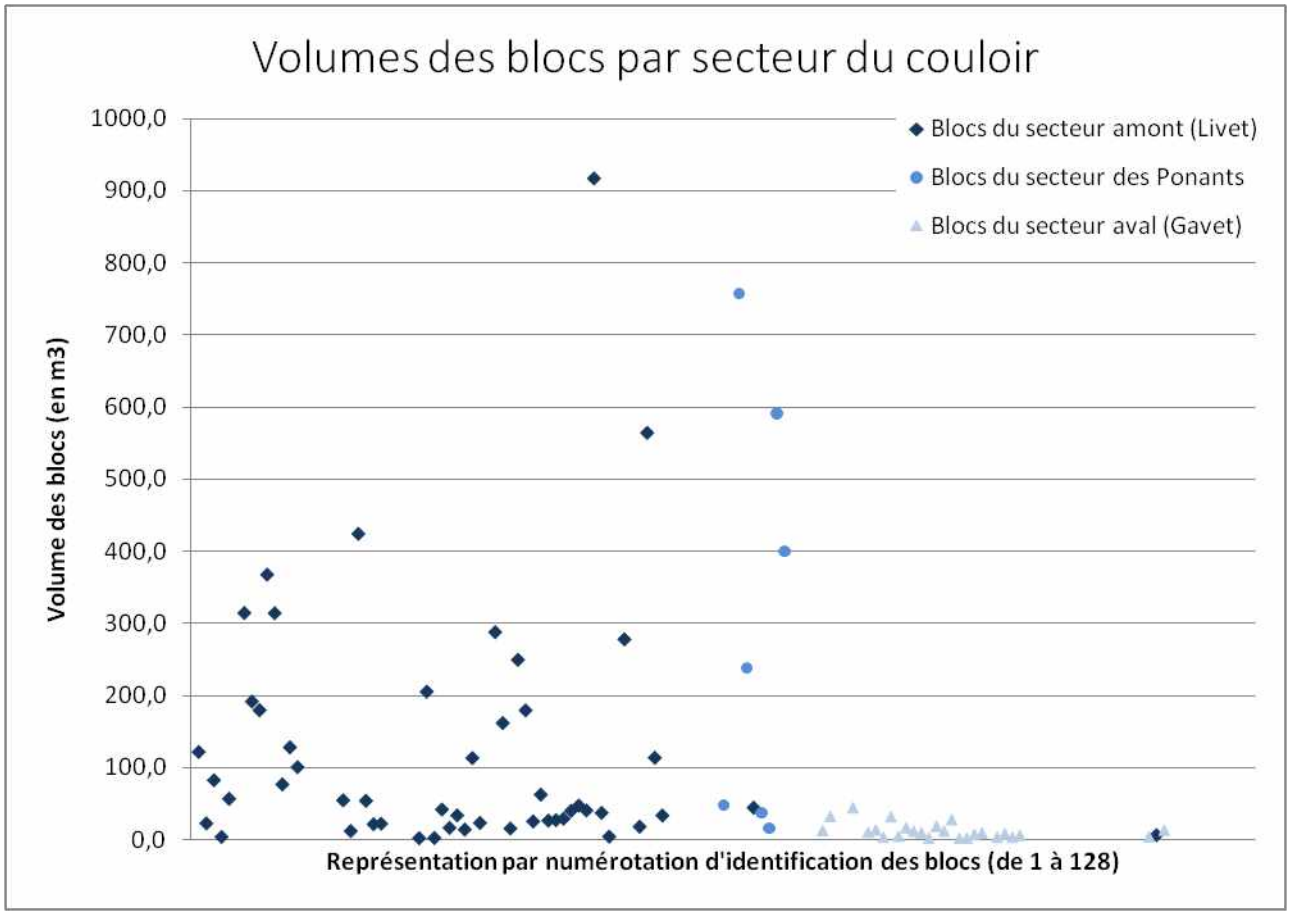


Figure 39 : Comparaison volume / secteur de dépôt des blocs référencés

La documentation de ces dépôts permet de constater différents points. Tout d'abord, on constate que des foyers de dépôts de ces blocs se retrouvent sur les terrasses supérieures (fig. 38). Les terrasses les plus touchées sont celles de Livet, des Ponants, de la Salinière et de Gavet (fig. 38 et fig. 40). Chacune d'entre elles présentent des accumulations de blocs dans et sur leur surface. Les photographies de la figure 37 illustrent les phénomènes de blocs enterrés, tandis que les photographies de la figure 40 documentent les blocs pris dans les rebords d'érosion des terrasses (notamment très visible pour La Salinière). Au-delà des photographies, les blocs ont été recensés dans le couloir de Livet, dans le but de développer une analyse de leur répartition spatiale. La carte (fig. 38) démontre une présence élevée de blocs au milieu du couloir juste après les cônes de la Vaudaine et de l'Infernet. Cette présence est expliquée par la force nécessaire pour déplacer les blocs. Le diagramme disponible illustre également la relation volume-distance de transport : le volume des blocs décroit relativement à mesure qu'on s'éloigne de la zone de départ du Pont-de-la-Véna (fig. 39). Il apparait que les blocs les plus imposants restent relativement proches de la zone de départ et y sont plus nombreux. Cependant, les volumes déplacés jusqu'à la fin du couloir de Livet démontrent une compétence du cours d'eau importante (volume moyen des blocs : 104m^3, volume maximum : 916m^3). Concernant la dynamique de dépôt, il est entendu que les dépôts ont généralement lieu à l'amont immédiat de changement de direction du cours d'eau, ou à l'amont immédiat d'un rétrécissement de la largeur disponible pour l'écoulement (Robitaille & Dubois, 1995). Ici, il est difficile de réellement retrouver cette dynamique. Les dépôts de Gavet extrêmement enterrés vont dans ce sens, mais La Salinière, par exemple, reste une relative ligne droite sans variation notable de largeur du chenal d'écoulement.

Figure 40 : Blocs saillants en rebord d'érosion entre Livet et Gavet.

Dans leur étude de la débâcle de la rivière Pikauba, Robitaille *et al.* (1995) parlent également de blocs de délavages. Dans un contexte glaciaire et périglaciaire, des blocs déposés dans les tills peuvent être mis à nu par le passage d'un fort écoulement. Concernant le couloir de Livet, soumis à des dynamiques glaciaires (glacier de la Romanche à l'extension du Würm), il serait envisageable que des blocs de délavage soient mis au jour. Cependant, comme expliqué précédemment, la caractéristique de ce type de couloirs étroits et encaissés ne correspond pas à la persistance de grands dépôts glaciaires. L'unique forme dite « morainique » dans le couloir est la terrasse haute des Clôts, qui est caractérisée comme morainique par Mathoulin (1989) mais qui ne présente que très peu de preuves de ce passé glaciaire. Pour en revenir aux blocs du couloir de Livet, il est envisageable que certains aient été découverts par le passage de l'eau lors de la dernière débâcle (ou des crues de la Romanche), mais leur lithologie homogène (présence uniquement d'amphibolites et de gneiss amphibolitique) témoigne d'une provenance locale des roches. De même, il est possible que les terrasses soient résiduelles de plusieurs débâcles (depuis le recul du glacier, celle de 1219 serait la dernière). Il est possible qu'elle ait déposé des blocs et délavé d'autres déjà présents. Toujours est-il que la présence de blocs plurimétriques dans des sédiments fins de ce genre sont régulièrement associés à de possibles écoulements catastrophiques d'ampleur considérable. Les travaux d'Emmanuel Reynard *et al.* au sujet de la débâcle de Giétro en témoignent : « *les épandages de blocs sont ainsi un marqueur important du passage de la crue dans certains secteurs et constituent des témoins précieux de l'extension de l'inondation* » (2019).

III.4. – Proposer un scénario complet

Les trois grandes questions autour du Pont-de-la-Véna ont été investiguées et il est désormais possible de proposer une nouvelle interprétation de la succession des événements.

III.4.1. – Chronologie : imbrications temporelles des phénomènes morphogènes

En reprenant les formes et les traces relevées, il est possible de construire une chronologie de mise en place des formes et permettant d'étayer certaines hypothèses. Il est donc proposé de reprendre chronologiquement les conséquences morphologiques des grandes crues de la Romanche après le dernier assèchement du lac (1540 d'après D. Cœur), le stade de fluctuation lacustre postérieur à la débâcle (1219-1540), la débâcle en elle-même et enfin les morphologies et événements ayant pu la précéder.

III.4.1.1. - Les grandes crues de la Romanche

Denis Cœur (2004) référence 4 crues principales importantes sur la période (fig. 41), et notamment celle de 1733 qui est décrite avec beaucoup de détails par le sub-délégué Gravier[26]. Il y fait mention notamment d'énormes dégâts pour les villages, notamment Livet et la Salinière. Il parle de la destruction d'un village qui y était fixé, ainsi que du percement de terrasses élevées. Il pourrait ainsi témoigner du remaniement des terrasses de débâcle déposées précédemment. L'étude des sondages n'a pas permis de mettre en évidence une couche de dépôt permettant de préciser la sédimentation induite par la crue de 1733 sur le complexe de terrasses de la Salinière.

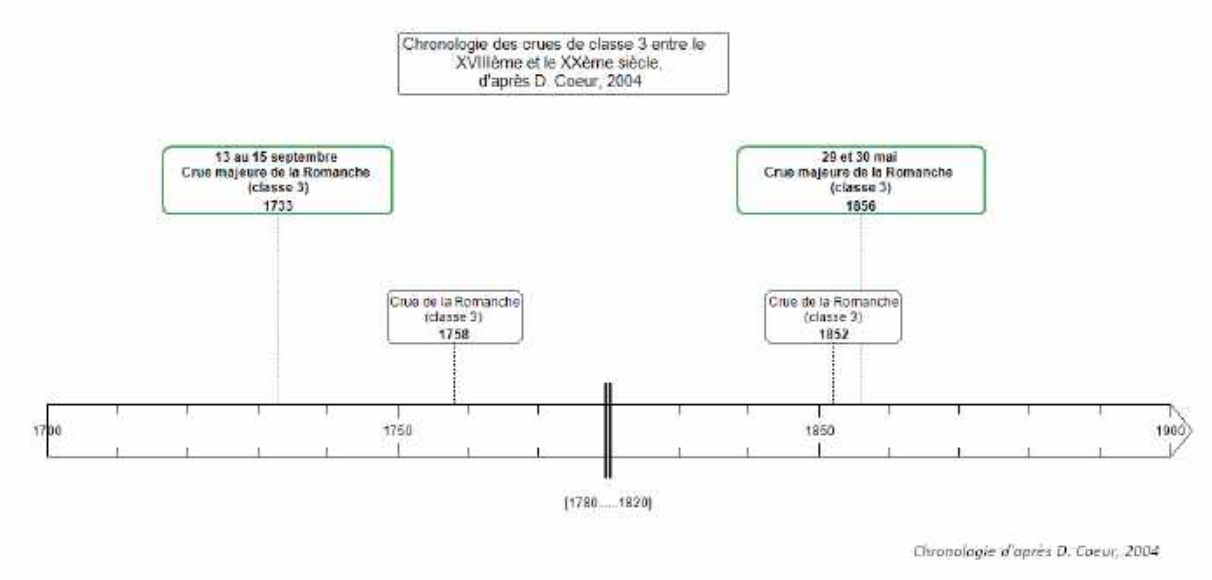


Figure 41 : Frise chronologique des grandes crues de la Romanche, période 1700-1900 (tiré de Cœur, 2004)

Ainsi, on peut imputer à ces grandes crues les différents niveaux de terrasses basses de toute la partie du couloir de Livet. Les talus d'érosions des cônes intermédiaires de la Vaudaine, de l'Infernet et du cône tronqué de Saint Barthélémy de Séchilienne peuvent éventuellement y être rattachés, ou

[26] Archives du Château de Vizille concernant les crues de la Romanche entre 1733 et 1750 (Archives Départementales de l'Isère, 11J24) citée par D. Cœur, 2004

du moins réactivés par ces phénomènes. On peut se demander dans quelle mesure les crues post-débâcle ont modifié le paysage, à raison de combien de mètre d'incision ou de dépôts ?

III.4.1.2. - Le lac post-débâcle

La vidange du lac Saint Laurent en 1219 n'a pas supprimé complètement le plan d'eau. Ce dernier a encore plusieurs centaines d'années de vie après cette vidange (fig. 42). Il est décrit dans différents textes et archives, qui sont repris et traités par Denis Cœur en 2004. Ce dernier postule l'existence, après 1219, d'un lac fluctuant, au gré des dépôts et ré-incisions des cônes de la Vaudaine et de l'Infernet. Les dépôts limoneux importants présents entre le dépôt d'écroulement de Versaire et le Pont de la Véna tendent à aller dans le sens de cette hypothèse. Les formes carénées par l'écoulement catastrophique ont pu être re-sédimentées en partie par le lac, n'offrant en surface qu'une portion de l'écroulement encore présent. Les chenaux d'écoulement bas observés (719m) peuvent également témoigner de l'activité postérieure à la débâcle. La sédimentation post-vidange peut s'être établie sur les résidus de l'érosion régressive faite par la débâcle, ce qui expliquerait également l'invisibilité de cette dernière. Ce surcreusement à la suite de la vidange pourrait également expliquer, au moins en partie, la ré-incision intense du lit de l'Infernet dans son propre cône de déjection.

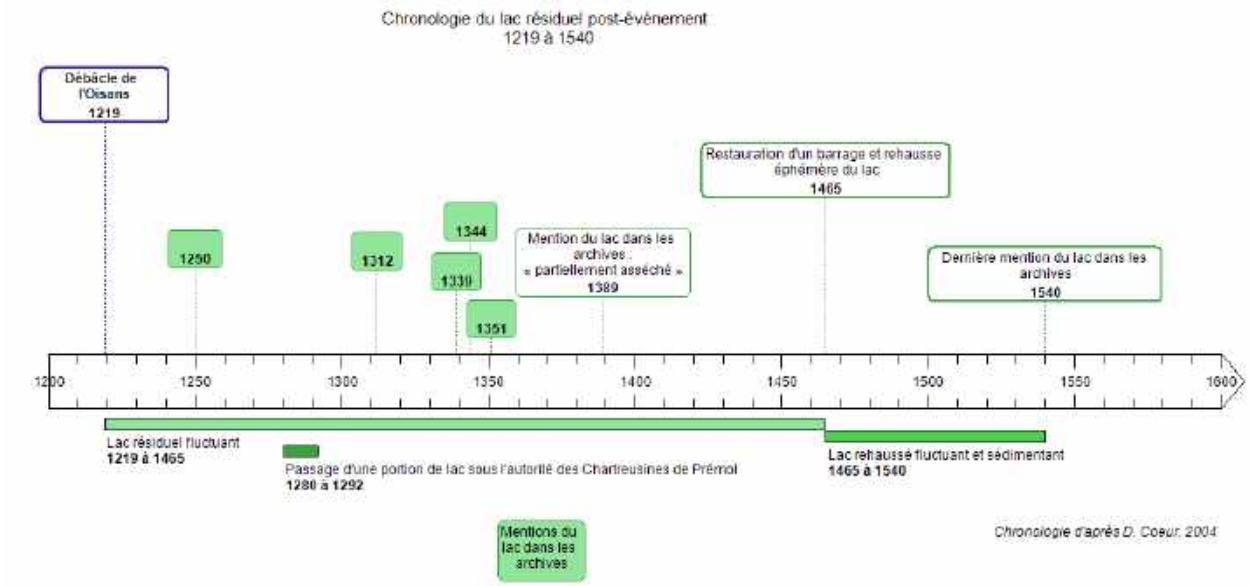


Figure 42 : Chronologie des fluctuations du lac post-débâcle, période 1200-1600 (tiré de Cœur, 2004)

Les travaux de Denis Cœur, sans réellement mettre en avant des sources exactes, proposent des cotes hautes du lac encore après la catastrophe, dont une phase de remontée du lac à 735m d'altitude. Cette vision est-elle plausible ? Les traces d'écoulement perchées peuvent-elles être des marqueurs d'un lac reformé bien plus haut et tardivement ? Si oui, par quel mécanisme et quelles en sont les traces ? Et qu'en est-il de la vidange ? A moins d'un nouvel écroulement, dont aucune trace archivistique ne subsiste, il semble que cette hypothèse soit impossible. De même, la migration du chenal d'écoulement de la Vaudaine vers l'aval permettrait certes une jonction avec l'Infernet, mais à une altitude moindre.

III.4.1.3. - Le lac de la débâcle

L'écroulement de Versaire est nettement plus ancien que la mise en place d'une réhausse du lac en 1191. Sa profondeur et son absence dans les textes pousse à reculer son occurrence à une période plus ancienne de l'Holocène. Concernant les cônes de déjection de la Vaudaine et de l'Infernet, ils ont pu avoir été beaucoup plus développés qu'ils ne le sont actuellement, et les traces effacées par les cycles d'écoulements postérieurs. L'édification du barrage, au moment de la rehausse du lac suivrait donc l'enchainement suivant : Le dépôt d'écroulement de Versaire est à l'époque bien plus impressionnant (en témoigne la butte résiduelle la plus à l'aval, et les sondages qui révèlent son contenu). Ce dernier barre une part importante des écoulements et représente le volume principal du barrage du Pont-de-La-Véna. A l'aval direct de cette forme, en rive droite, le cône de déjection de la Vaudaine est déjà un système également imposant. Les datations de la masse écroulée du cône indiquent une édification en deux temps minimum, les deux antérieurs à 1191 (d'abord il y a 4000 ans puis entre le VIème et le VIIème siècle). Il est envisagé que les deux morphologies soient imbriquées. En fonction de la date de l'écroulement, certaines déjections de la Vaudaine peuvent être pré-existantes puis d'autres se re-déposer en plusieurs temps une fois le dépôt d'écroulement édifié. Quoi qu'il en soit, la jonction des morphologies de la Vaudaine et de Versaire représente un point de faiblesse érosive. La Romanche s'écoule par un étroit chenal incisé sur ce point de faiblesse. Il devient alors possible, par l'occurrence d'une lave torrentielle importante, d'obstruer l'écoulement déjà très étroit et de rehausser le barrage. Ceci supprime le point bas d'écoulement et remonte le niveau d'eau de plusieurs mètres, pendant 28 années (fig. 43). L'érosion régressive continue malgré tout son travail et en 1219 le mécanisme s'emballe. La vague de débâcle qui suit balaye une partie importante du barrage : que ce soit le cône de déjection et l'écroulement, tout va être nettoyé.

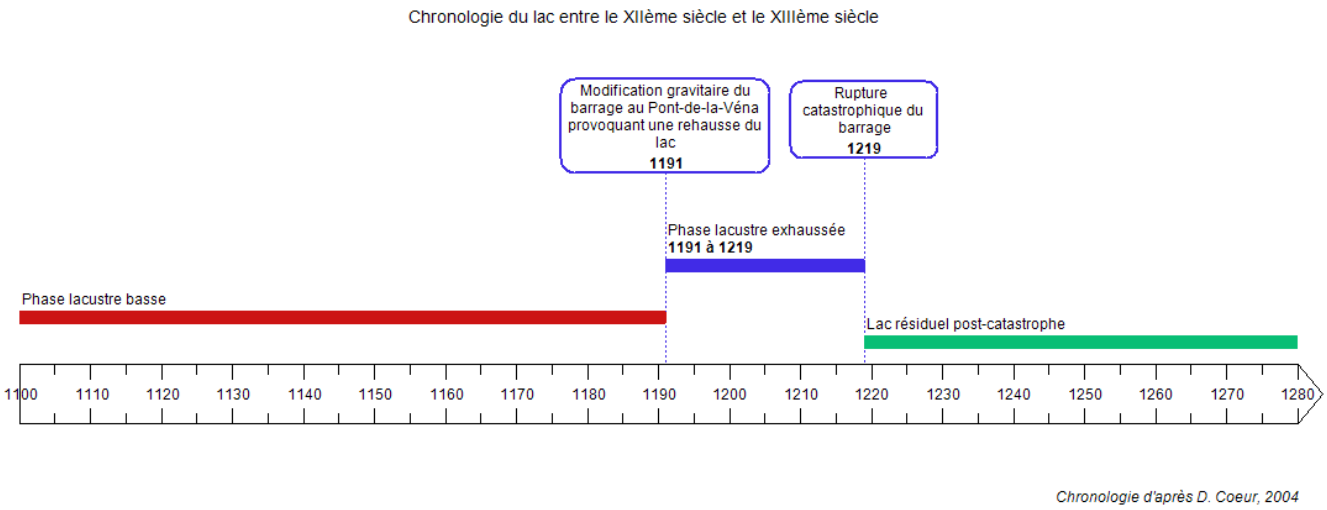


Figure 43 : Chronologie de la débâcle et des fluctuations du lac associé (tiré de Cœur, 2004)

III.4.1.4. - Les phases lacustres antérieures à 1219

La reprise des données anciennes de Véronique Mathoulin a permis une mise en lumière de deux cohérences de datation : les datations obtenues sur le cône de déjection de la Vaudaine corrèlent avec des phases de sédimentation dans la plaine de Bourg d'Oisans. Ainsi, les modifications morphologiques du cône de la Vaudaine semblent reliées avec des phases de sédimentation dans la

plaine, ce qui vérifie la relation de dépendance entre la zone de barrage du Pont de la Véna et les fluctuations lacustres. La figure suivante (fig. 44), inspirée de l'article de Bailly-Maitre *et al.* (1997) met en avant les relations entre l'amont et l'aval de la plaine de Bourg d'Oisans. Il est pourtant constaté également que certaines datations anciennes donnent des incohérences chronologiques de sédimentation dans la plaine.

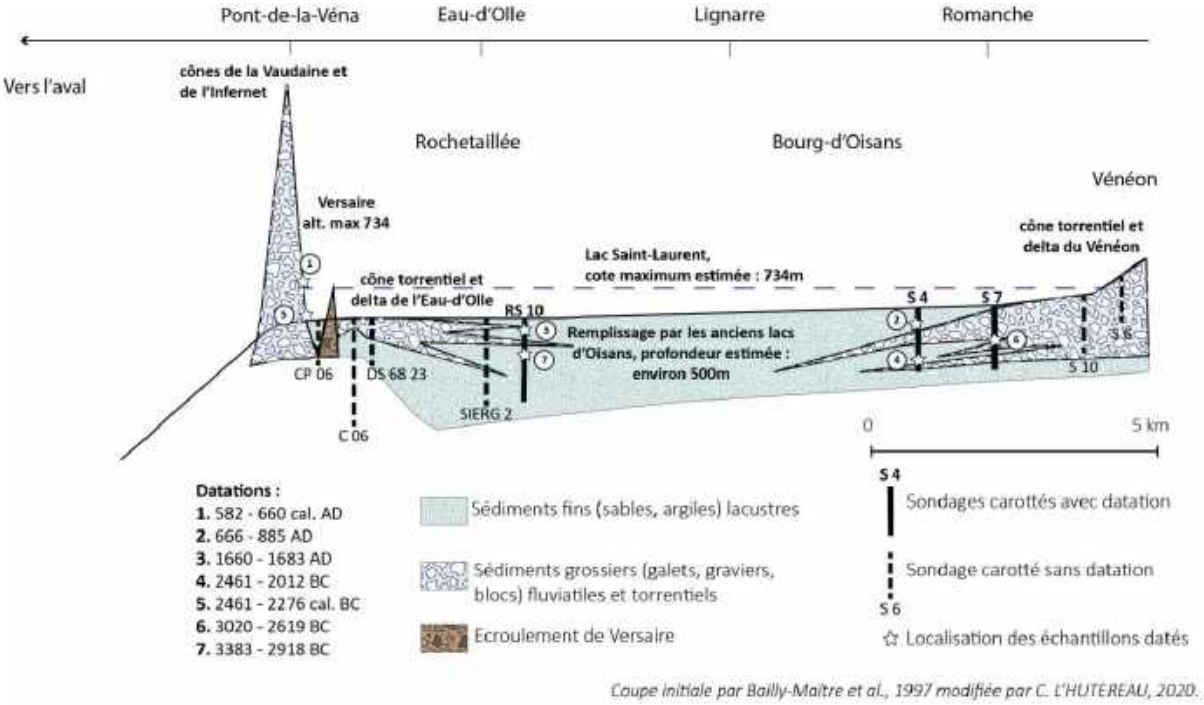


Figure 44 : Coupe en long de la Plaine de Bourg-d'Oisans d'après la coupe longitudinale chronostratigraphique et paléogéographique des anciens lacs de l'Oisans de Bailly-Maître *et al.*, 1997 ; modifiée et augmentée des datations actuelles.

La chronologie relative proposée est volontairement accompagnée de questions ouvertes. L'interprétation proposée peut être complètement remise en question par un ajout de documentation. La principale façon d'avancer serait de produire d'autres datations (C14 ou isotopes cosmogonéniques) pour replacer les morphologies les unes par rapport aux autres.

L'un des objectifs de l'obtention de cette chronologie était de proposer une mise à jour du scénario consensuel. Le scénario de la débâcle de l'Oisans qui suit est donc nourri des précisions obtenues grâce à l'étude géomorphologique. De même, cela permet d'illustrer les différents aspects qui en font une « chaine de processus complexe ».

III.4.2. – Catastrophe en chaîne

III.4.2.1. - Proposition d'un scénario augmenté pour la débâcle de l'Oisans

La complexification du barrage du lac de l'Oisans engendre un retour sur les propositions de scénario pour la catastrophe de 1219. Si l'inondation de Grenoble demeure un point immuable, les différents mécanismes menant à ce résultat sont différents et méritent d'être mis en avant.

• *Phase antérieure à 1191 :*

Le lac est déjà en place, et barré majoritairement par l'écroulement de Versaire, alors beaucoup plus important que ce qui est visible aujourd'hui (fig. 46). Le cône de déjection de la Vaudaine s'appuie sur la partie distale aval de l'écroulement. Le cône de l'Infernet s'emboite également, plus à l'aval. L'eau qui s'écoule alors incise ce barrage long de plusieurs kilomètres en un chenal étroit. La sédimentation à l'amont du dépôt d'écroulement colmate l'édifice.

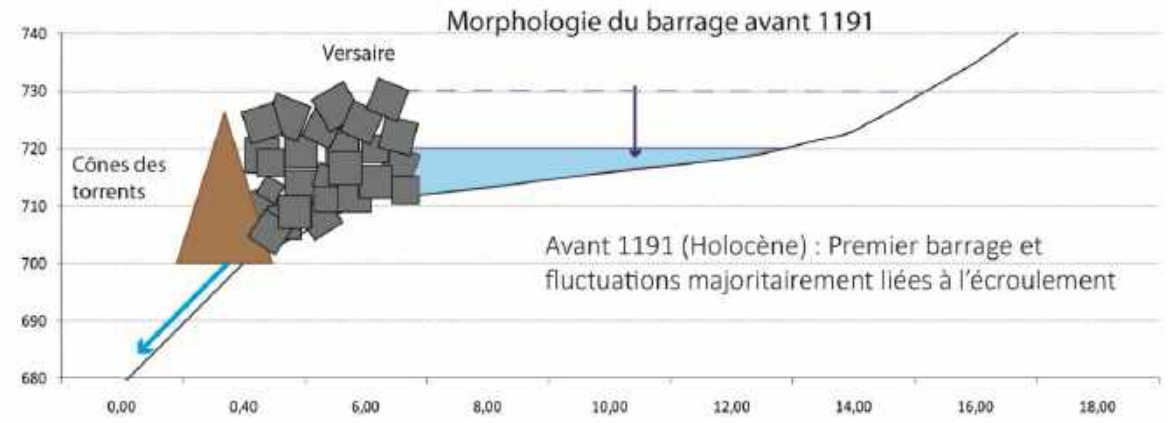


Figure 45 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 1

• *En 1191 :*

Lors d'un événement météorologique extrême, le torrent de la Vaudaine produit une lave torrentielle d'envergure, colmatant les différentes possibilités d'écoulement. Le chenal étroit envisagé à la jonction de l'écroulement et du cône est comblé. Ce barrage du chenal rehausse le niveau du lac, créant des surverses de ce dernier jusqu'à 734m (fig. 47). Le cône de l'Infernet, mis en cause initialement, représente ici une variable secondaire. Il est possible qu'il produise lui aussi une lave torrentielle en 1191, mais le dépôt s'ajoutera simplement à la masse aval du barrage. Ce surplus sédimentaire peut être considéré comme une consolidation de l'assise aval du barrage, mais pas comme une participation active à la rehausse du barrage initial. La localisation aval du chenal de l'Infernet l'exclue.

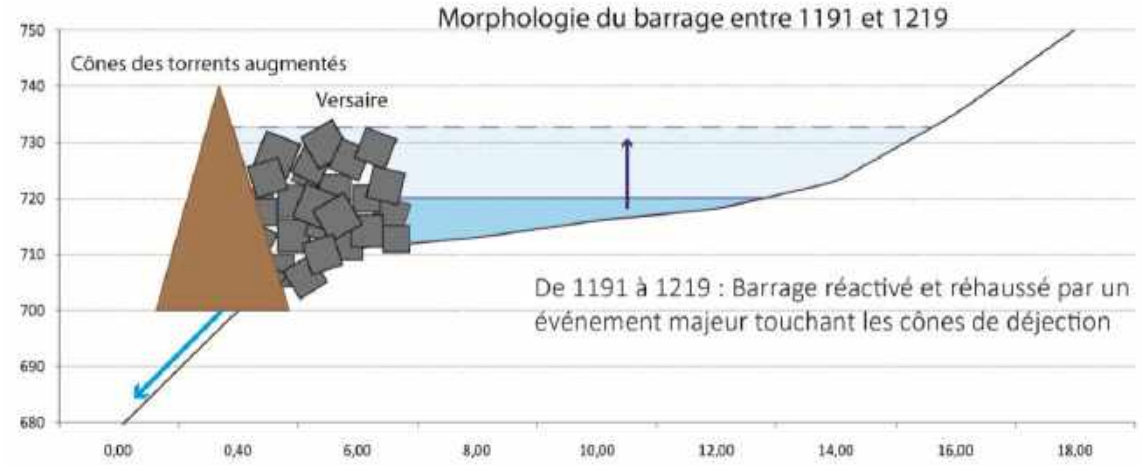


Figure 46 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 2

• *En 1219 :*

28 ans après la rehausse du barrage mixte, l'érosion régressive a fait son œuvre, et le mécanisme est proche de la rupture. Une brèche dans le barrage s'élargit, et lorsque le débit surpasse la résistance des matériaux présents, l'eau emporte une grande partie du barrage mixte. Les fronts des cônes sont tronqués, l'écroulement est en partie emporté et les blocs transportés à l'aval. L'érosion régressive s'attaque au sous-sol pavé de blocs mais bien qu'efficace, elle n'atteindra pas la base de l'écroulement, qui reste malgré tout épais et spatialement imposant (presque 2km de long) (fig. 48).

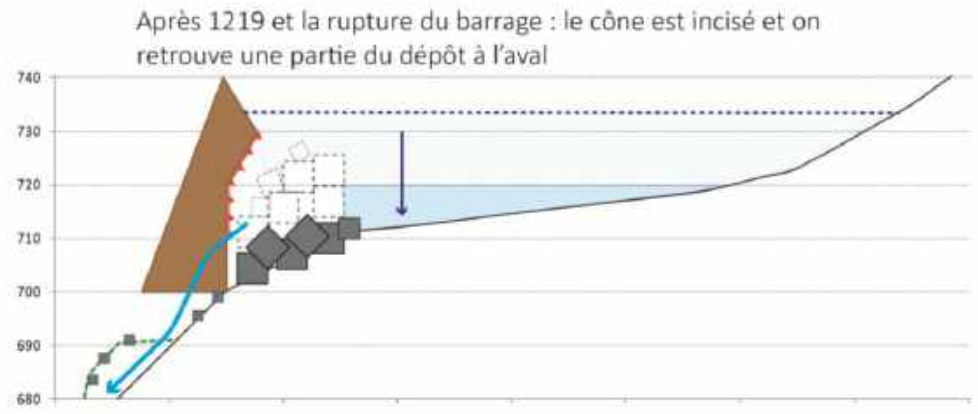


Figure 47 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 3

• *Après 1219 :*

L'arrêt de l'érosion régressive préserve une portion de l'écroulement, qui garde derrière lui encore une portion du lac, qui fluctuera pendant de nombreuses années. Les fluctuations peuvent continuer à être imputées à un barrage mixte puisque la Vaudaine et l'Infernet continuent d'après les textes à augmenter périodiquement leurs déjections. Les fluctuations de niveau restent cependant limitées par le volume relatif des phénomènes torrentiels et par le déplacement des chenaux d'écoulement vers l'aval, qui traduit un abaissement du niveau de barrage envisageable.

Le consensus de la simple jonction des cônes de la Vaudaine et de l'Infernet est donc dépassé. Il est impensable, à la vue des formes héritées de l'écoulement des deux torrents, que ces derniers aient été assez jointifs pour former un barrage culminant à minima à 734m d'altitude. Les traces de l'écroulement de Versaire permettent d'envisager une géométrie différente du Pont-de-la-Véna. Les traces de chenaux perchés attestent la circulation d'eau à des altitudes de presque 30 mètres au-dessus du cours de la Romanche actuel. La Vaudaine et son fonctionnement torrentiel, couplé à l'escarpement du Pic de la Fare et des contreforts de Belledonne permettent d'envisager un apport sédimentaire important. L'imbrication des formes sur l'espace révèle des fluctuations complexes dont certaines resteront toujours mystérieuses. Il ne peut cependant être nié l'impact morphogène d'une vidange importante dans le couloir de Livet, qui présente les stigmates spectaculaires d'une débâcle. Les terrasses qui parsèment toute sa longueur, perchées jusqu'à 30 mètres au-dessus du cours actuel de la Romanche ainsi que des blocs trop imposants et enterrés pour être liés aux processus gravitaires locaux des versants illustrent la violence de l'événement qui a eu lieu dans cette portion des Alpes. Voici donc une illustration par l'exemple de ce qui peut être appelé une catastrophe en chaine.

III.4.2.2. - Les composantes d'une catastrophe en chaine

Quelle que soit l'imbrication chronologique des différentes formes et les questions qui restent en suspens à leur propos, la catastrophe de 1219 représente à son échelle une « catastrophe en chaine » ou « chaine de processus complexe ». Ceci signifie qu'elle est en fait le fruit d'un enchainement d'événements naturels rencontrant à un instant « t » la sphère organisée humaine. C'est cette rencontre qui transforme l'aléa en catastrophe (Martin, 2006). La présence humaine sur le trajet de la crue déclenche une seconde chaine de processus. D'après une idée proposée par Schoeneich *et al.*, (2015), il est proposé une représentation de la suite d'événements ayant mené à la catastrophe de 1219 (fig. 45). Chacun pris séparément parait bénin, mais mis bout-à-bout, cela permet d'expliquer le millier de morts à Grenoble en 1219. Les prédispositions du site du Pont-de-la-Véna entrent pour beaucoup dans la mise en place de la situation critique, mais on constate que des corrélations de facteur se mettent rapidement en place : la présence sédimentaire couplée à un aléa météorologique majeur décuple une lave torrentielle en une mobilisation sédimentaire de masse.

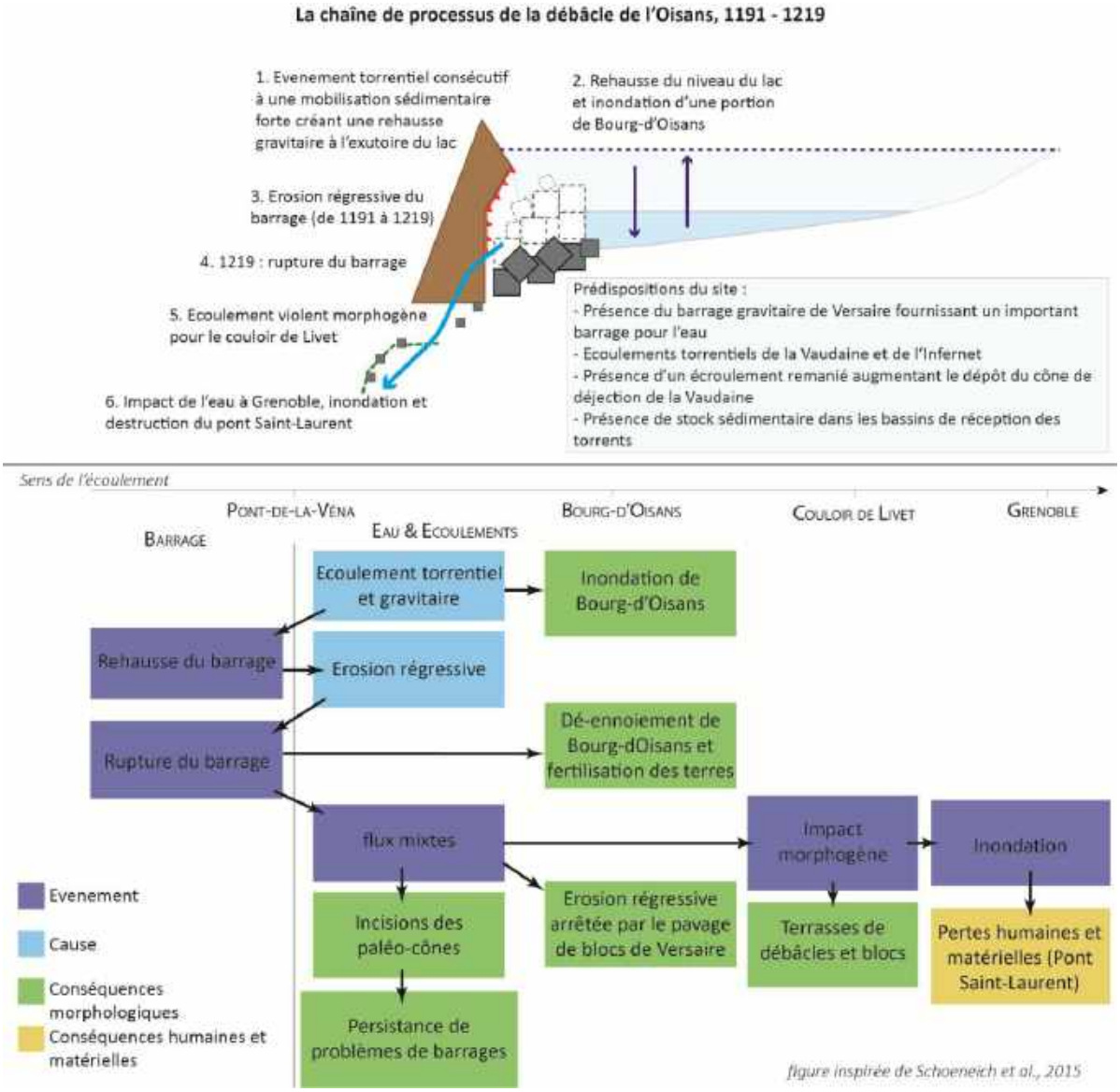


Figure 48 : Chaine de processus de la débâcle de l'Oisans, inspirée du cas du Tauredunum par Schoeneich *et al.*, 2015

Les cas-exemples comme la débâcle de l'Oisans incitent aujourd'hui à une double attention quant à la prévention des risques : d'abord une connaissance individualisées de chaque spécificité des terrains à risques (susceptibilité à l'aléa météorologique, gravitaire, sédimentaire,…) mais aussi et surtout un besoin de fonctionner en réseau et en interconnexion pour prévenir au maximum, par la connaissance du terrain, les interactions susceptibles d'avoir lieu entre différents processus. Ainsi, un écroulement remis en mouvement par une forte pluie peut avoir des conséquences importantes s'il vient à barrer un cours d'eau lui-même grossit par une période de fonte des neiges. Evidemment, les dispositifs de veille et de protections restent tributaires de la connaissance des terrains ainsi que du nombre de relais de processus existants sur un même point. En effet, plus les relais de processus sont nombreux, plus le phénomène entier est compliqué à modéliser.

Fort de la mise en lumière de la portée historique, géographique, géologique et géomorphologique du Pont-de-la-Véna, il est désormais temps de reprendre le regard global du géographe, en tentant de lier cette recherche de terrain à une progression concrète pour le territoire.

CHAPITRE IV – LA DEBACLE DE L'OISANS, PERSPECTIVES GEOPATRIMONIALES

Le développement des trois chapitres antérieurs a permis de caractériser avec assez de détails l'histoire d'un site particulier de l'Oisans. Le propre du travail du géographe est de faire interagir la connaissance du terrain physique avec le terrain sociologique et humain. Leurs imbrications dépendent des liens, des interactions et des fonctionnements des deux pendants. La commune de Livet-Gavet est économiquement régie par l'hydroélectricité et plus ou moins sinistrée par son rôle actuel d'axe de communication. Cet espace confiné, rude, présente une histoire plus longue que celle lisible sur les « *ruines lentes* » (Le Blanc, 2010) des centrales hydroélectriques qui jalonnent le couloir. Les spécificités géologiques et géomorphologiques donnent une vision alternative du territoire. Le tracé de la Romanche, la géologie particulière du couloir de Livet, les traces de catastrophes gravitaires et hydrologiques et la topographie illustre de la plaine de Bourg d'Oisans sont autant d'éléments qui peuvent être mobilisés pour mettre en valeur différemment le territoire. Ces spécificités physiques ajoutent à l'Oisans des raisons d'être recensé comme portion du géopatrimoine isérois et français.

Cette recherche s'inspire des protocoles de recherche-action pour mettre l'étude théorique au service de l'aménagement territorial. Dans cette optique, le contenu qui suit rappelle les grandes questions qui sous-tendent la patrimonialisation, expose les critères qui font de l'espace un géosite et propose une base de médiation ayant pour point de départ le paysage de la débâcle de l'Oisans.

IV.1. - Patrimonialiser : du risque à la notion de géosite

La volonté de mettre en avant les particularités d'une région dépend de beaucoup de facteurs. Parmi eux, les spécificités pouvant être patrimonialisées, c'est-à-dire reconnues comme des richesses importantes devant être préservées au nom de toute la communauté humaine. Le patrimoine, dans le sens d'O. Lazzarotti (2013) cité par Metzger *et al.* (2019) est « *un ensemble d'attributs, représentations et pratiques fixé sur un objet non contemporain dont est décrété collectivement l'importance présente intrinsèque et extrinsèque qui exige qu'on le conserve et le transmette ».*

La plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet ont été tous deux théâtre de plusieurs catastrophes depuis la fin du maximum glaciaire. Ce constat amène à penser l'espace comme étant aujourd'hui encore un vivier de risques et d'aléas. La mise en lumière de la débâcle de l'Oisans peut relever de la mise en lumière de ce risque, ou des traces anciennes qu'il a laissées. Le massif de l'Oisans dans son intégralité présente une géologie et des morphologies intéressantes. Leur existence implique des aménagements, des comportements sociaux et des pratiques en conséquence. Dans ces conditions, la question d'un choix entre patrimonialisation d'un risque et patrimonialisation d'un héritage géologique et géomorphologique peut paraitre un aspect à débattre.

IV.1.1. - La complexité du « risque » comme valeur patrimoniale

La première façon d'envisager l'objet d'étude dont il est question dans les trois chapitres précédents est de l'observer sous la lumière du « risque ». C'est une catastrophe notoire, qui a marqué les esprits comme les paysages. Mais cette mise en lumière est-elle pertinente lorsqu'il s'agit d'ouvrir une discussion autour du paysage naturel hérité comme ressource territoriale ?

La question de la patrimonialisation du risque est une question complexe et multidirectionnelle. Elle engendre des notions de territorialisation, mais aussi de mémoire et de culture du risque. Elle diverge suivant les lieux, mais également suivant les types de risques rencontrés (avalanches, chutes de pierre, inondations…). Il est compliqué de faire coïncider parfaitement les notions de « risque » et de « patrimonialisation », en partie à cause de la temporalité relativement différente des deux objets. Si le patrimoine est fondé sur des traces anciennes et passées, le risque, lui, garde toujours une résonnance présente, puisqu'il peut être réactivé, notamment lorsqu'il s'agit d'inondations. Metzger *et al.* (2019) différencient la question du patrimoine d'un risque (ré actualisable) et d'une catastrophe (aux dates arrêtées et codifiées comme telles). Il ressort de cet article la nécessité de questionner la nature de ce qui est patrimonialisable, son emprise dans le temps, son emprise sociale et territoriale, ainsi que son lien plus ou moins activé avec une culture du risque sur le territoire.

Utiliser le risque comme entrée dans le patrimoine pour un territoire représente une démarche qui questionne beaucoup. La vision du risque comme un état « négatif » parait antinomique à la notion de patrimoine (Metgzer et al, 2019). Pourtant, Metzger *et al.* mettent en lumière la possibilité de mettre en valeur les risques, notamment d'inondation, pour certains territoires. Le débat reste rude puisque les réponses à la première question restent multiples : « *qu'est-ce qui dans le risque fait patrimoine ?* ». Il est possible de classer un fait ancien unique tel qu'une catastrophe pour laquelle on garde des stigmates plus ou moins vifs pour interpeller chacun. C'est le cas des repères de crues ou des ruines telles que celles d'Oradour-sur-Glane. Il est alors question de « *ruines violentes* » ou « *traumatiques* ». Mais est-il possible également de parler d'un patrimoine d'un risque possédant toujours une réalité actuelle, multiforme et imprévisible ? « *Ce qui peut se produire à nouveau peut-il être déjà patrimonialisé ?* » (Metzger *et al.*, 2019). De même, il est également question de se préoccuper des populations du territoire soumis à ce risque. Suivant les régions et le caractère de ce dernier, la culture est très différente. Il est également important de prendre en considération l'impact que peut avoir la mise en avant d'un risque sur le processus de dissonance cognitive (Schoeneich & Buchet-Henchoz, 1998) des populations et leur capacité d'adaptation pour « vivre avec ». Ethiquement parlant, mettre l'accent sur une situation qui peut être une source d'angoisse permanente pour une part plus ou moins importante d'habitants peut s'avérer une véritable question de société. Il est également possible de mettre en avant comme patrimoine la « culture du risque » des populations et les moyens mis en place pour répondre aux spécificités du terrain. Mais encore une fois, est-ce alors le risque physique qui est mis en avant, ou plutôt un processus sociologique complexe et connexe à ce dernier ? Artistiquement, l'intérêt et la fascination de l'Homme pour ce qui le dépasse n'est plus à prouver. Metzger *et al.* citent Turner, mais il est possible de rapprocher plus globalement la grande majorité du courant romantique qui, au XIXème siècle, montre l'Homme impuissant devant la Nature. Le stéréotype du « héros romantique » dépeint face à des paysages miroirs de l'âme ou à des catastrophes naturelles (orages, tempêtes…) replacent la Nature au centre de l'esthétique du siècle mais pointent aussi du doigt la peur de l'Homme face à ce qu'il ne peut contrôler. Plus tardivement, les romans de catastrophe, tels celui de Ramuz *La Grande peur dans la montagne* (1926), participent également à l'exploration de cette thématique du rapport au risque comme toile de fond. Ces liens sociétaux restent cependant mêlés d'esthétique et de culture du risque, ce qui rend encore une fois l'objet d'étude peu dissociable de l'action humaine et ses ressentis. Pour aller encore plus loin, il faut envisager les réactions différentes de chaque population à chaque époque face à un risque naturel. Il devient punition divine dans les *Exempla* catholiques (Berlioz, 1997), outil lorsqu'il est compris et domestiqué (fluctuations du Nil, mascaret de

la Garonne…) ou encore ressource (exploitation du cône de déjections torrentielles de la Vaudaine, du dépôt d'écroulement jeune de Versaire…). Sur le long terme, un risque peut changer d'appréhension par les populations, tout comme il peut diminuer ou augmenter suivant les conditions naturelles nécessaires au déclenchement de l'aléa.

IV.1.2. - La pertinence du géopatrimoine pour la basse vallée de la Romanche

Ces questionnements illustrent la difficulté du « risque patrimonialisé » et la pluralité des sens de la notion de « patrimoine ». Qu'en est-il maintenant du cas de la basse vallée de la Romanche ? Est-il réellement pertinent de réfléchir sur la notion de « risque » pour mettre en valeur ses spécificités ?

Le risque hydrologique de la vallée de la Romanche à partir de Bourg d'Oisans est aujourd'hui complètement changé, suite aux aménagements consécutifs à l'expérience des crues et à l'extension de la production hydroélectrique. Ainsi, le cours de la Romanche est endigué et son débit est surveillé et écrêté par les divers barrages jalonnant son tracé et celui de ses affluents. Les risques gravitaires et fluvio-gravitaires (laves torrentielles) sont quant à eux extrêmement fréquents, sans compter la menace de Séchilienne qui reste aujourd'hui encore active. Pourtant, ces risques multiformes, multi scalaires et complexes restent une constante dans les espaces naturels de montagne et haute montagne. Leur présence en elle-même ne permet pas de différencier l'Oisans et la basse vallée de la Romanche des autres milieux montagnards. En revanche, les risques sont pour certains liés à des caractéristiques physiques remarquables. Cette entrée par l'intérêt géologique et géomorphologique semble plus discernable, constatable et sociologiquement acceptable. Les risques qui en découlent quant à eux restent présents, mais comme une conséquence, lorsqu'on se penche sur les morphologies diverses. En suivant la même logique, la débâcle de 1219 ne peut devenir un objet patrimonial à elle-seule. En effet, cela serait trop restrictif et réducteur : cette dernière reste dépendante d'une histoire plus longue et a été remodelée par une histoire plus proche de nous. Elle n'est également pas assez documentée pour se suffire à elle-même comme objet d'étude. Sans la déconnecter purement de la thématique du risque, elle doit être simplement prise ni plus ni moins pour ce qu'elle est : un processus morphogène majeur pour un espace géographique singulier, une composante nécessaire mais pas suffisante à l'explication de la morphologie actuelle de la plaine de Bourg d'Oisans et du couloir de Livet.

Les géopatrimoines, au sens des « *composantes abiotiques de la planète sujettes à des actes de patrimonialisation (reconnaissance collective, protection, labellisation, valorisation) [forment] depuis une vingtaine d'année […] un nouveau type de patrimoine qui place officiellement les objets géologiques et géomorphologiques remarquables (géotopes, géosites, géopatrimoines) dans la catégorie des patrimoines dits naturels, aux côtés de la faune et de la flore* » (Reynard et al, 2011). Cette notion permet de mettre en avant pour un même espace diverses temporalités et rendre compte d'une imbrication complexe de morphologies et de processus. Le géopatrimoine représente l'intégralité de la richesse géologique d'un espace conséquent (parc ou pays) et est composé lui-même d'entités plus fines que sont les géotopes ou géosites[27] (le lac du Lauvitel par exemple). Ces derniers, à l'image d'un biotope, illustrent une compilation de différents processus et formes créant

[27] Géotopes ou géosites : notion suisse, le géotope (pendant géologique du biotope) est l'équivalent d'un géosite. Ils désignent tous deux des portions d'espaces remarquables pour leurs qualités géo(morpho)logiques prennent spatialement part à un paysage remarquable. (Schoeneich, 2007)

un résultat remarquable pour diverses raisons. Les géosites sont aujourd'hui référencés et inventoriés à l'échelle nationale dans le cadre de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (INPN) suivant différentes catégories, dans le but de les connaitre, les faire reconnaitre et de les protéger lorsque cela s'avère nécessaire. L'espace du Pont-de-la-Véna, ainsi que de la plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet, répondent au cahier des charges du géopatrimoine établi par la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG). Ce sont des espaces naturels remarquables au nom de leur formation géologique et des processus qui les ont modelés lors du Quaternaire. L'éventail temporel de leurs particularités prend place avec pertinence dans ce type de patrimoine. Concrètement, différentes portions de la basse vallée de la Romanche pourraient représenter des géosites s'insérant dans le géopatrimoine alpin. Lors de l'inventaire auvergnat-rhône-alpin, seul le site du Pont-de-la-Véna a pour l'instant été jugé assez important pour devenir géosite.

IV.2. - L'émergence d'un géosite en pratique

Les différentes étapes de la mise en valeur des ressources géopatrimoniales sont au nombre de trois : après un inventaire, il faut ensuite prendre en compte les vulnérabilités de chaque site (et les protéger si besoin) pour enfin partager et valoriser. L'inventaire de la région Auvergne-Rhône-Alpes est en cours de finalisation. Il comprend la description des différents géosites référencés dans les 12 départements ainsi qu'une première estimation de leur degré d'importance et de protection. Cet inventaire est mené par la Commission Régionale du Patrimoine Géologique (CRPG) et la DREAL. Le secteur de l'inventaire qui nous intéresse est le secteur dit du Pont-de-la-Véna. Il possède aujourd'hui une fiche de classement géosite[28] dont la rédaction a été terminée en 2020 grâce aux précisions apportées par l'étude géomorphologique présentée.

IV.2.1. - La fiche de classement

Chaque fiche de classement établie conjointement par la DREAL et la CRPG permet d'obtenir toutes les informations nécessaires à la compréhension du géosite en question. Elle comprend différentes informations concernant l'espace, ainsi qu'une carte de localisation indiquant l'emprise provisoire définie par la DREAL/CRPG du géosite du Pont-de-la-Véna. La fiche complète du géosite est disponible en annexe 11. Les principales catégories d'informations fournies par la fiche de classement sont les suivantes :

La définition : elle permet de cerner les caractéristiques principales du site, son historique global et les différentes thématiques qui peuvent être évoquées à travers lui.

Les espaces d'accès : ils permettent d'orienter les personnes souhaitant visiter le géosite et en profiter au mieux. La préparation de sorties de terrain pour un public universitaire s'en trouve par exemple facilité.

La localisation cartographique : cette dernière permet de localiser le géosite, de donner son emprise spatiale et de le délimiter. En plus de permettre à tous d'accéder au géosite, ce document fait également office de délimitation des espaces protégés s'il y a lieu.

L'intérêt patrimonial : cette portion permet, grâce aux descriptions et aux informations obtenues à propos du site, de proposer une « échelle » d'intérêt. Cette dernière se fait par un décompte de points pondérés avec pour critères l'intérêt géologique principal, l'intérêt géologique secondaire,

[28] Fiche de classement géosite RHA0133 par F. Hobléa, J. Chevalier, G. Menard, F. Amelot et C. L'Hutereau

l'intérêt pédagogique, l'intérêt pour l'Histoire des sciences, la rareté du site et son état de conservation. Les points reçus par chaque site s'échelonnent de 0 à 48, et leur attribuent un niveau d'intérêt de zéro, une, deux ou trois étoiles.

Les points de protection : dans la même logique que l'intérêt patrimonial des sites, leur besoin de protection est noté suivant différents critères que sont l'intérêt patrimonial, la vulnérabilité naturelle, les menaces anthropiques et les protections effectives. Les points vont de 0 (pas de protection effective ni nécessaire) à 12 (nécessité d'une grande protection).

Le classement du site du Pont-de-la-Véna comme géosite met en avant sa persistance temporelle à l'échelle des temps géologiques ainsi que la diversité morphologique héritée majoritairement des fluctuations quaternaires.

IV.2.2. - Les enjeux du classement

Tout classement, lorsqu'il apparait pour la première fois comme c'est le cas pour le pont de la Véna, déclenche des modifications de statut pour les zones concernées.

IV.2.2.1. - Protection des blocs…

Le classement du site du Pont-de-la-Véna permet de donner une première existence administrative légale aux particularités géologiques et géomorphologiques de la Vaudaine, de l'Infernet et de la plaine de l'Oisans. La localisation actuelle définie par la carte insérée dans la fiche de classement en géosite ne comprend que l'espace délimité entre les buttes de Versaire et la partie distale aval du cône de déjection de la Vaudaine. Si la majorité des blocs recensés sont en dehors de cette zone, l'écroulement de Versaire lui est bien présent ainsi que la carrière de l'Infernet. La mention des traces héritées en contre-bas de la zone classée permet également de faire entrer une part de la vulnérabilité de ces formes dans le classement. En effet, entre 2009 et 2019, certains blocs recensés ont disparu du fait des grands chantiers d'infrastructures du couloir de Livet (élargissement et contournement de la RD1091, aménagement EDF Nouvelle Romanche). Si le classement aujourd'hui n'assure pas la préservation des blocs sur l'intégralité du couloir, elle permet de commencer à en soulever la réflexion.

IV.2.2.2. - … et enjeux des changements de statut des zones classées

Le classement et la protection des blocs sont soumis à l'impact qu'ils auront sur la dynamique locale. En effet, dans cette portion de l'Oisans comme ailleurs, tout classement modifie la fonction et les caractéristiques des espaces mentionnés. Ici, le classement d'intérêt à 3 étoiles et la directive de protection prescrits par la fiche de classement de la CRPG soumettent l'espace cartographié à une surveillance et à des réglementations plus strictes. Prendre la décision de classer l'intégralité du couloir avec ce même degré de protection par exemple doit être soumis à négociations et discussions avec les collectivités locales en fonction des activités et de l'orientation des politiques territoriales pour l'espace en question.

IV.3. - Ouverture culturelle : quelles stratégies de visualisation historique ?

Il a été jusqu'ici question d'une réflexion thématique et pratique autour du classement comme géosite de l'espace du Pont-de-la-Véna et plus globalement de la basse vallée de la Romanche.

L'importance scientifique des preuves et chronologies donnait comme nécessaire le classement zonal plus qu'événementiel pour ne pas passer à côté d'une richesse géologique plurimillénaire. Concernant la mise en valeur des connaissances et l'activation de la ressource patrimoniale comme telle, la stratégie change complètement. En effet, la présence sur le géosite de traces d'un événement catastrophique documenté permet d'attirer l'attention sur l'intégralité du site, comme un premier contact attirant l'attention du public. Cette dernière partie propose de résumer rapidement la place actuelle de la catastrophe et par extension du géosite dans le territoire isérois, tout en proposant des pistes pour contribuer à une plus forte valorisation.

IV.3.1. - Etat des lieux de l'activation d'une ressource culturelle locale

La débâcle de l'Oisans et les crues de la Romanche restent des thèmes relativement récurrents de la politique d'aménagement et de protection du bassin grenoblois. Quelle place, cependant, a cet héritage dans les mémoires iséroises ?

IV.3.1.1. - Une histoire locale peu présente

Une hypothèse de travail a été formulée afin de mesurer la place de la débâcle de l'Oisans dans le quotidien culturel des isérois : sa représentation dans les différents musées de la région traduirait un certain ancrage culturel. Une étude de la présence (ou l'absence) de la mention de la catastrophe dans les différents musées grenoblois a été menée à l'automne 2019. En tout, sept musées / espaces scénographiques grenoblois ont été visités pour tenter de trouver des traces de mention de l'événement dans les scénographies. Sur les sept, seul le Muséum d'Histoire Naturelle présente des rappels de cette portion de l'histoire (mention de la catastrophe dans les explications sur les Alpes dauphinoises dans la portion minéralogie de l'exposition). Grenoble ne garde donc que de façon très ponctuelle et parcellaire une communication sur cet événement. La crue de 1219 a été rappelée en filigrane lors de la réfection de la passerelle Saint-Laurent[29] entre 2017 et 2018. La figure 50 extraite d'un reportage vidéo illustre la fresque la mentionnant.

[29] Voir à ce propos notamment le reportage disponible sur Place Gre'Net qui met en lumière la fresque installée en rive droite à cette période ci.
https://www.placegrenet.fr/2018/01/11/passerelle-saint-laurent-paree-travaux-de-desamiantage/170965
Article annonçant la réouverture de la passerelle à la fin de l'année 2018 :
https://www.placegrenet.fr/2018/12/21/passerelle-saint-laurent-rouverte/222442

Figure 49 : Extrait de la fresque informative du Pont Saint-Laurent lors des travaux de rénovation entre 2017 et 2018 (source : vidéo Gre'net)

La même question a été étudiée pour les musées qui jalonnent le territoire d'étude (le couloir de Livet et Bourg d'Oisans). Les expositions n'ont pas été visitées, mais grâce à des témoignages il a été possible de lister la présence assurée de l'histoire de la débâcle au moins au musée de Bourg d'Oisans (qui a inauguré une exposition dédiée à l'eau en 2019 pour honorer les 800 ans de la catastrophe) ainsi qu'au Musée de la Romanche. Il s'avère que, malgré le peu d'informations, le gradient d'éloignement spatial est lisible quant aux précisions et à l'histoire culturelle locale. Le tableau 8 qui suit résume les informations relatives aux différents espaces culturels isérois mentionnés jusqu'ici.

Tableau 9 : Tableau récapitulatif des Musées de la zone et de la présence de la débâcle de l'Oisans dans la scénographie.

région	**Musée**	**Localité**	**Mention de la catastrophe**
Oisans	Musée des Minéraux et de la Faune des Alpes	Bourg D'Oisans	oui
Oisans	Musée d'Huez & de l'Oisans	Alpes d'Huez	sans information
Oisans	Musée EDF Hydrélec	Vaujany	sans information
Oisans	Musée de la Romanche	Livet-et-Gavet	oui
Oisans	Espace Patrimoine	Vaujany	sans information
Oisans	Maison de la montagne - Espace d'exposition	Les Deux Alpes	sans information
Grenoble	Musée Dauphinois	Grenoble	non
Grenoble	Musée de l'Ancien Evêché	Grenoble	non
Grenoble	Musée de Grenoble	Grenoble	non
Grenoble	Domaine de Vizille Musée de la Révolution Française	Vizille	sans information
Grenoble	Musée Archéologique Saint Laurent	Grenoble	non
Grenoble	Musée Géo-Charles	Echirolles	sans information
Grenoble	Le Couvent Saint Cécile	Grenoble	non
Grenoble	La Casemate	Grenoble	non
Grenoble	Muséum de Grenoble	Grenoble	oui
Belledonne	Maison Bergès - Musée de la Houille Blanche	Villard-Bonnot	sans information
Belledonne	Musée d'Allevard	Allevard-les-Bains	sans information
Grenoble	La Maison de la Montagne	Grenoble	sans information

IV.3.1.2. - …mais qui continue à intriguer et intéresser lorsqu'elle est mise en avant

Malgré le peu d'engagement de visualisation de la catastrophe dans le tableau culturel isérois, d'autres constats témoignent d'une émulation et d'un intérêt pour cette catastrophe. En effet, entre 2019 et 2020, différentes expositions et communications à son propos ont eu lieu et ont rencontré un franc succès.

• Les lacs de l'Oisans, exposition présentée par Marie-Christine Bailly-Maitre

Cette exposition avait pour but de rappeler le rôle de l'eau dans le passé historique de Bourg d'Oisans. L'archéologue Marie-Christine Bailly-Maitre a ainsi créé et présenté une exposition autour des phases lacustres de la plaine de Bourg-d'Oisans. Ce travail, fondé sur les conclusions de Véronique Mathoulin et l'expertise archéologique de Marie-Christine Bailly-Maitre, a été présenté et exposé au Musée de Bourg d'Oisans puis dans le hall des Archives Départementales de Grenoble, avant leur transfert à Saint Martin d'Hères en février 2020.

• Balades contées de l'ENS de Vieille Morte et débâcle de l'Oisans

Parallèlement, une expérience a été réalisée par la mairie de Bourg d'Oisans et la gestion de l'Espace Naturel Sensible de Vieille Morte, dans la plaine de Bourg d'Oisans. L'objectif était de redonner vie à cet espace méconnu des uisans, qui historiquement a traversé les fluctuations du lac. Cette expérience s'est vue menée en deux étapes, avec la population uisane. Tout d'abord, un atelier d'écriture a eu lieu, pour recueillir et galvaniser les connaissances et les contes autour de la vallée de Bourg d'Oisans. Ces ateliers d'écritures animés par un auteur et comédien (Pascal Servet) ont permis de récolter les idées reçues, les histoires et les contes de cette contrée auprès de ses habitants. Un profond travail de ré-écriture et de consolidation du récit par Pascal Servet a permis de mettre en place la seconde partie de l'expérience : trois demi-journées de balade contée autour du marais de Vieille Morte, dans l'Espace Naturel Sensible. Le thème du conte fantastique co-écrit par les habitants et Pascal Servet n'était autre qu'une vidange mystérieuse d'un lac présent dans la plaine de Bourg d'Oisans… il y a très longtemps. Ces balades contées ont rencontré un franc succès et ont permis, encore une fois, de mettre en lumière la richesse du territoire.

• Communications orales autour de la débâcle de l'Oisans : l'engouement grenoblois entre octobre et novembre 2019

A Grenoble cette fois, le 800ème anniversaire de l'événement a été mis en avant par deux événements, l'un en octobre 2019 et l'autre en novembre de la même année. Le premier, une conférence présentant la ré-analyse de la catastrophe pour le compte de l'Association des Amis du Muséum, a permis de présenter les premiers éléments du présent travail à une centaine de personnes. Le second, une table ronde aux Archives Départementales, a regroupé quatre historiens/archéologues pour une discussion autour de l'impact historique de la débâcle. De même, cet événement a regroupé une centaine de personnes, pour des débats animés.

• Publications autour de la catastrophe de 1219

Enfin, au début de l'année 2020, un numéro spécial de la revue La Pierre et L'écrit a été envoyé à l'impression. Ce dernier contient un dossier complet sur la catastrophe de 1219. Cette publication fait suite aux réunions de travail entre géographes et historiens, comme précisé quelques chapitres

plus haut. Avant ce numéro spécial de La Pierre et l'Ecrit, une autre revue a également remis la catastrophe en lumière : la revue du pays de Vizille, accordant à la débâcle 10 pages.

Comme mentionné précédemment, l'intérêt humain pour les faits qui le dépassent reste encore marqué. A l'inverse du classement au rang de géosite qui s'articule lui autour de l'exemplarité scientifique complète (géologique et géomorphologique) de la basse vallée de la Romanche, la mise en avant pour le public elle est facilitée par l'usage de l'événement unique qu'est la catastrophe de 1219. La débâcle de l'Oisans est alors utilisée comme porte d'entrée à l'intérêt géologique complet du secteur de Livet. Les manifestations et leurs succès sont une première façon de mettre en avant l'espace géographique et ce qu'il a à révéler.

IV.3.2. - Propositions de poursuites

L'espace du Pont-de-la-Véna est un espace très récent dans la classification des géosites. Sa mise en valeur n'a pour le moment pas été discutée. Le développement du géosite coïncide cependant avec la naissance d'un intérêt pour l'histoire industrielle et hydroélectrique que raconte le couloir de Livet. Un classement au titre des Monuments Historiques de certains bâtiments anciens a été envisagé à ce titre. Un travail patrimonial multiforme pourrait être envisagé. Pour ce qui est de la valorisation de la qualité géopatrimoniale de la vallée de la Romanche, il est possible de compter sur l'appui scientifique de la présente étude de cas, en proposant une valorisation à différentes échelles. Différentes pistes sont envisageables, sur le plan local et sur le plan international, suivant les volontés, les ambitions du territoire et les caractéristiques du géosite mises en avant.

IV.3.2.1. - Mise en perspective de la ressource locale

L'émergence d'une nouvelle ressource patrimoniale permet d'ouvrir la potentialité d'une valorisation de cette dernière directement sur place, notamment en apportant des appuis scientifiques adaptés. Après un tour d'horizon des dispositifs de valorisation des géosites existants, il peut être envisagé de mettre en place une valorisation pour le grand public sur site. Un cheminement ou quelques panneaux explicatifs peuvent s'avérer utiles à la visualisation[30]. La présence des blocs hétérométriques facilite ce travail en donnant des repères concrets de la force des processus, tout en permettant de relier la nécessité de leur protection avec leur rôle dans la compréhension de l'histoire du couloir de Livet et sa géomorphologie. Le lien avec les dispositifs de médiation locaux est à encourager et à nourrir avec tous les documents scientifiques disponibles. Ce travail, comme d'autres, seront transmis aux musées de la zone concernée.

Concernant les environs du couloir de Livet, il peut être largement envisagé un dispositif de découverte à plusieurs thématiques[31] : un biotope spécifique est associé à la plaine lacustre de Bourg d'Oisans (l'ENS du marais de Vieille Morte), un vestige archéologique à Rochetaillée pose la question des déplacements au temps où l'eau était bien plus présente tandis que les infrastructures hydroélectriques historiques racontent la course à l'énergie dépendante de l'encaissement de la Romanche (Cayol-Gérin, 2019). Il est alors possible de coupler ces différentes facettes de la basse

[30] Comme dans le géopark des Bauges, au Nant des Granges, pour le glissement des Garins (glissement du Châtelard) : un sentier explicatif est mis en place pour découvrir les différentes facettes du glissement et les enjeux des aménagements humains qui découlent du risque naturel.
[31] Cette vision de la richesse de cette vallée a été également soutenue par le Bureau d'Etude ALLIMANT courant 2019.

Romanche pour la faire découvrir au fil de l'eau, qui reste le lien privilégié et identifiable pour tous les publics (Cayol-Gérin, 2019).

IV.3.2.2. - Réseau transalpin et international

En jouant sur les échelles spatiales, il est possible de faire émerger différents réseaux comprenant la zone du Pont-de-la-Véna. D'abord, à l'échelle du cours de la Romanche en gardant à l'idée le lien du cours d'eau depuis sa source au Plan de l'Alpe de Villar d'Arêne jusqu'à sa confluence avec le Drac. En suivant cet axe, les découvertes sont multiples : les glaciers et les formes nettes qu'ils laissent dans le paysage de haute-montagne, les prouesses techniques que représente le barrage du Chambon ainsi que les enjeux qu'il cristallise, la plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet pour toutes les raisons déjà évoquées, le glissement de Séchilienne et les contraintes qu'il impose et enfin la confluence avec le Drac avec tous les aménagements qui s'y adossent.

A une autre échelle, il peut être envisageable de développer un réseau alpin des sites à grandes catastrophes. Les exemples français ne manquent pas, comme le Claps de Luc en Diois, le Granier, l'écroulement de la Madeleine à Bessans, le glissement des Garins ou encore le glissement d'Avignonet. Au-delà des frontières nationales, puisque la géologie s'en affranchie, il est également possible d'ajouter le lac Léman et ses tsunamis, le glissement de Randa ou encore le lac de Gietro en Italie. La création de ces connexions passe par différentes étapes, qui peuvent fonctionner comme des jalons pour la progression de l'intégration d'une mémoire géologique alpine des grandes catastrophes. Ce réseau pourrait représenter une base de données centralisant les informations sur chaque espace, pointant du doigts leurs spécificités et les besoins d'études de chacun. Il est envisageable de créer une passerelle entre la volonté de mieux connaitre les grandes catastrophes et les besoins de caractériser chaque territoire en s'appuyant sur son unicité. Un pont entre les disciplines d'étude du territoire et les possibilités de valorisation des connaissances acquises permettrait la mise en avant de niches économiques possiblement valorisables. Le début de ce réseau pourrait s'exprimer par une recherche bibliographique et sur le terrain des différents sites de catastrophes alpines, par un cycle de conférences et un colloque multi-disciplinaire. Suivant la pertinence des travaux et du lien territorial induit pour chaque territoire, la création d'un label pourrait être envisagée dans l'optique de promouvoir le réseau.

CONCLUSION GENERALE

La morphologie de nos paysages apporte de nombreuses informations. Les ressources anciennes et les archives également. Réussir à faire fonctionner de concert plusieurs sources d'information représente un défi de taille, mais parfois, cela permet de réaliser quelques découvertes, ou du moins d'ouvrir et d'alimenter de nouveaux débats. La débâcle de l'Oisans est de ceux-ci. Aujourd'hui, la morphologie de l'écroulement de Versaire est réhabilitée, au moins pour son emprise importante dans le paysage, et jusque dans son rôle dans la formation et la longévité du barrage du lac de l'Oisans. Ses chenaux perchés à 734m témoignent d'une hauteur d'eau pour l'ancien lac Saint Laurent qui noyait alors presque toute la plaine de Bourg d'Oisans. Les datations effectuées dans le cône de la Vaudaine attestent des fluctuations au site du Pont-de-la-Véna depuis plus de 4000 ans, prenant part à la formation de la plaine alluvio-lacustre de Bourg-d'Oisans. La Vaudaine toujours illustre également le passage d'une violente débâcle par un rebord d'érosion encore franc aujourd'hui. L'Infernet porte également ce rebord d'érosion, végétalisé mais visible grâce au MNT. Les terrasses du couloir de Livet sont garnies de blocs imposants et surplombent la Romanche de parfois plus de 30m. Ces formations corroborent l'occurrence d'une vague de débâcle ayant profondément modifié les morphologies du couloir amphibolitique de Livet. Il n'est plus aujourd'hui possible de simplifier le scénario de la catastrophe de 1219 à une jonction de deux cônes de déjections.

Beaucoup de questions restent sans réponse, mais l'intérêt n'en est que plus fort. Chaque morphologie et chaque processus développent suivant les espaces des exemples et des cas particuliers. Le passage de la théorie à la pratique et au cas d'étude est une activité qui ouvrira toujours plus de questions qu'elle n'en fermera.

Le Pont de la Véna reste un lieu de controverse, un lieu d'histoire et un lieu de recherche. Ce statut, couplé aux formes décrites précédemment lui ouvre, outre l'intérêt des géographes et autres universitaires, un nouveau futur. Quelle place dans la grande famille du patrimoine cette vallée peut-elle briguer, au regard de la démonstration de sa spécificité géologique et géomorphologique ?

Il est ici question de l'étude d'un événement alpin ancien, dont l'exemplarité réside dans sa force, son pouvoir morphogène et son lien aux populations. Il existe aujourd'hui également d'autres espaces présentant des morphologies témoins d'événements de grande ampleur. Certains, comme le Granier, ont été étudiés sous tous les angles, tandis que d'autres espaces sont encore le lieu de simples supputations au détour d'une balade géologique. Aujourd'hui, à la croisée de la prise de conscience des enseignements du passé et des risques croissants d'un futur climatiquement dégradé, il est possible d'aller chercher des cas d'école dans les Alpes, dans les Pyrénées, dans les Andes. Si ce n'est pour apprendre et se protéger, au moins peut-être, pour se rassurer de ne pas être resté inactif.

Bibliographie et Sitographie

Allix, A. (1929). Chapitre IV - Les Eaux. In *Un pays de haute montagne—L'Oisans étude géographique* (Lafitte Reprints, p. 190-202). Marseille.

Bailly-Maître, M.-C., Monjuvent, G., & Mathoulin, V. (1997). Les quatre anciens lacs de l'Oisans (Alpes françaises du Nord). *Revue de Géographie Alpine*, *85*(1), 127.

Bardin, W. (2009). *Reconstitution de la débâcle historique de 1219, due à la vidange du lac Saint Laurent en Oisans suite à la rupture de son barrage naturel*. Institut de Géographie Alpine, Grenoble.

Berlioz, J. (1998). *Catastrophes naturelles et calamités au Moyen Age*. Florence: Edizioni del Galluzzo.

Bessat, H., Bouvier, A., Baucheron, F., Coeur, D., Helly, B., & Vautier, F. (1997). *Avant-projet sommaire d'itinéraire N85—N91- analyse archéologique des projets d'aménagement des secteurs de Séchilienne, de Gavet, de Rioupéroux, de Livet, de Pont-de-la-Véna, de Rochetaillé, de Bourg-d'Oisans et de La Paute* [Rapport archéologique]. Consulté à l'adresse Département de l'Isère - Conservation du patrimoine culturel.

Bessat, H., & Germi, C. (2019). *Les noms du paysage alpin : Atlas toponymique : Savoie, Vallée d'Aoste, Dauphiné, Provence*. Grenoble: UGA Editions.

Bétard, F., Hobléa, F., & Portal, C. (2017). Les géopatrimoines, de nouvelles ressources territoriales au service du développement local. *Les annales de géographies*, (717).

Blanchard, R. (1913/1914). Le lac de l'Oisans. *Revue des Alpes Dauphinoises*, 23.

Blanchard, R. (1924). La catastrophe de Gléno (Italie) et le barrage du Chambon (Oisans). *Revue de Géographie Alpine*, *12*(4), 669-673.

Blanchard, R. (1925). Le verrou glaciaire de Livet (Oisans). *Revue de Géographie Alpine*, *13*(1), 173-176.

Blanchard, R. (1943). Chapitre V : L'Oisans. In *Les Alpes Occidentales*: *Vol. Tome Troisième : Les Grandes Alpes françaises du Nord (Massifs Centraux, Zone Intra-Alpine)*. Grenoble: B. Arthaud.

Bois, M., & Ratz, D. (2002). L'effondrement du Claps de Luc-en-Diois dans la vallée de la Drôme vers 1442. *Actes des VIè Rencontres - Archéosismicité & Vulnérabilité, Environnement, bâti ancien et société*. Présenté à Archéosismicité & Vulnérabilité, Environnement, bâti ancien et société.

Bouhet, A. (2007). Les risques naturels dans la vallée de la Romanche : La gestion des inondations dans la plaine de Vizille au XIXème siècle. *Gestion sociale des risques naturels / Gestione sociale dei rischi naturali*.

Boutaric, J.-J. (2000). Le grand déluge de Grenoble en 1219. *Médecine de Catastrophe - Urgences Collectives*, (3), 233-241.

Breton, P. (1867). *Mémoire sur les barages de retenue des graviers dans les gorges des torrents*. Paris: Dunod. BU Science Grenoble.

Cadier, E., Zevallos, O., & Basabe, P. (1996). Le glissement de terrain et les inondations catastrophiques de la Josefina en Equateur. *Bulletin de l'Institut Français d'Etudes Andines*, *25*(3), 421-441.

Carcano, E. (1997). Séchilienne : Quand la montagne s'écroulera. *Alpes Magazine*, (44).

Chardon, M. (1988). Itinéraire Grenoble—Briançon : La vallée de la Romanche, l'Oisans et le Briançonnais. Vallées intra-alpines et milieux de haute montagne. *Revue de Géographie Alpine*, *76*(2), 147-193.

Chardon, M. (2003). Les récents écroulements de parois en Oisans : Observations et réflexions. *Dynamiques et vulnérabilités des milieux montagnards méditerranéens et alpins. Mélanges offerts au professeur René Lhenaff*, (1), 183-190.

Coeur, D. (2004). *Cas du Lac d'Oisans (Vallée de la Romanche)—Eléments historiques* (p. 31). Grenoble: Laboratoire TEO UMR 5038 CNRS.

Coeur, D. (2008). *La plaine de Grenoble face aux inondations—Genèse d'une politique publique du XVIIe au XXe siècle*. Versailles: Editions Quae.

Cojan, I., & Renard, M. (2013). *Sédimentologie* (3ème). Paris: Dunod.

Dauphiné, A., & Provitolo, D. (2013). Chapitre 9 : La complexité des risques et des catastrophes. In *Risques et catastrophes : Observer, Spatialiser, Comprendre, Gérer* (2ème). Paris: Armand Colin.

de Launay, L. (1924). *L'histoire de la Terre*. Paris: Ernest Flammarion.

Delunel, R., Hantz, D., Braucher, R., Bourlès, D. L., Schoeneich, P., & Deparis, J. (2010). Surface exposure dating and geophysical prospecting of the Holocene Lauvitel rock slide (French Alps). *Landslides*, 393-400.

De Wever P., Egoroff G., Cornéé A. & Lalanne A. (eds.) (2014). - Géopatrimoine en France. - Mém. H.S. Soc. géol. Fr., 14, 180p

Dionne, J.-C., & Poitras, S. (1996). Observations géomorphologiques sur la batture à méga-blocs, à Petite-Rivière, Charlevoix, Québec. *Géographie physique et Quaternaire*, *50*(2), 222-232.

Donze, P., & Pachoud, A. (1999). Les conditions géologiques de l'écroulement du Mont Granier en 1248. *L'éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*, *Deuxième série-Tome I*, 21-33. Chambéry: Cellard.

Durville, J.-L., Garnier, P., & Piquand, J.-L. (2010). *Ruines de Séchilienne : Mesures à prendre face aux risques* (N° 006686-01; p. 53). Conseil Général de l'Environnement et du développement durable.

Dury, G. H. (1980). Neocatastrophism ? A further look. *Progress in Physical Geography*, (4), 391-413.

Evin, J. (2002). Le radiocarbone. In *Géologie de la Préhistoire : Méthodes, techniques, applications* (p. 1181-1197). Presses Universitaires de Perpignan.

Feougier, C. (1994). *A propos de la fondation de Grenoble : Reconstitution du paléoenvironnement fluvial sur un site d'archéologie urbaine* (Mémoire de Maîtrise Géographie). Grenoble, Grenoble.

Ferrand, H. (1909). Le Lac Saint Laurent. Son histoire. Les erreurs commises sur sa durée. *Bulletin de géographie historique et descriptive*, 205-222.

Frei, P.-Y., & Marongiu, S. (2019). *Un tsunami sur le Léman—Tauredunum 563*. Presses Polytechniques et Universitaires romandes.

Genuite, K., Delannoy, J.-J., & Jaillet, S. (2016). Reconstitution des paléogéographies karstiques par l'approche cartographique 3D : Application au Pont d'Arc et à la Combe d'Arc (Ardèche, France). *Karstologia*, (67), 1-10.

Granet-Abisset, A.-M., & Brugnot, G. (2002). *Avalanche et risques Regards croisés d'ingénieurs et d'historiens*. Grenoble: Publication de la MSH-Alpes.

Groleau, A. (2004). *Géomorphologie et dynamique torrentielle à l'entrée du couloir de Livet et dans le bassin de la Petite Vaudaine* (Géomorphologie). Université Joseph Fourrier, Grenoble.

Groupe Interdisciplinaire de Recherche sur les Risques Naturels. (1998). *Des disciplines à la rencontre de l'événement risque naturel* [Séminaire]. Grenoble.

Huggett, R. J. (1994). Fluvialism or diluvialism ? Changing view on superfloods and landscape change. *Progress in Physical Geography*, *18*(3), 335-342.

IGN (Éd.). (2017). *RGE ALTI Version 2.0 Descriptif de livraison*. IGN.

IGN (Éd.). (2018). *RGE ALTI Version 2.0 Descriptif de contenu*. IGN.

Kremer, K., Marillier, F., Hilbe, M., Simpson, G., Dupuy, D., Yrro, B. J. F., … Girardclos, S. (2014). Lake dwellers occupation gap in Lake Geneva (France–Switzerland) possibly explained by an earthquake–mass movement–tsunami event during Early Bronze Age. *Earth and Planetary Science Letters*, (385), 28-39.

Kremer, K., Simpson, G., & Girardclos, S. (2012). Giant Lake Geneva tsunami in AD 563. *Nature Geoscience*, *5*(11), 756-757. doi: 10.1038/ngeo1618

L'Hutereau, C., & Schoeneich, P. (2019). 800 ans de la débâcle du lac d'Oisans : Précisions géographiques pour une catastrophe historique. *La Pierre et l'Ecrit*, (30).

Le Blanc, A. (2010). La conservation des ruines traumatiques, un marqueur ambigu de l'histoire urbaine. *L'Espace Géographique*, (39), 253-266.

Martin, P. (2006). *Ces risques que l'on dit naturels*. Paris: Eyrolles.

Mathoulin, V. (1989). *La plaine de l'Oisans et le couloir de Livet. Géologie, paléogéographie, chronologie, hydrogéologie. Recherche des données géologiques sur l'existence du lac de l'Oisans Alpes-France.* (Géologie). Université Joseph Fourrier, Grenoble.

Metzger, A., Gruet, B., Miyagou, G. L., & Valette, P. (2019). Les risques sont-ils des patrimoines ? Réflexions huristiques, géohistoriques et opérationnelles. *Physio-Géo*, *14*.

Monjuvent, G. (1974). Considérations sur le relief glaciaire à propos des Alpes du Dauphiné. *Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique (2)*, *XVI*(Fasc. 5), 465-502.

Moscariello, A. (1996). *Quaternary geology of the Geneva bay (lake Geneva, Switzerland) : Sedimentary record, palaeoenvironmental and palaeoclimatic reconstruction since the last glacial cycle*. Université de Genève, Genève.

Moscariello, A., Pugin, A., Wildi, W., Beck, C., Chapron, E., De Batist, M., … Van Clauwenberghe, T. (1998). Déglaciation Würmienne dans des conditions lacustres à la terminaison occidentale du bassin lémanique (Suisse occidentale et France). *Eclogae Geologicae Helvetiae, 91*, 185-201.

Munro-Stasiuk, M. J., Shaw, J., Sjogren, D. B., Brennand, T. A., Fisher, T. G., Sharpe, D. R., … Rains, B. B. (2009). The morphology and sedimentology of landforms created by subglacial megafloods. In *Megafloodinf on Earth and Mars*. Cambridge University.

Musée et Patrimoine, & Musée Dauphinois / Conservation du Patrimoine de l'Isère (Éds.). (2001). *Patrimoine en Isère—Oisans*.

Nicoud, G., Dzikowski, M., Paillet, A., Ghoreychi, R., Emeric, F., & Chignoli, M. (1999). Données nouvelles sur la nature et l'extension du glissement historique du Granier. *L'éboulement du Granier et le sanctuaire de Myans*, *Deuxième série-Tome I*, 35-54. Chambéry: Cellard.

Pachoud, A. (1991). Une catastrophe naturelle majeure : L'écroulement du Mont Granier dans le massif de la Chartreuse au XIIIe siècle. *La houille blanche*, (5), 327-332.

Paget, A. (2008). *Apport de la caractéristaion du relief pour des applications risque* (p. 189). Paris.

Reynard, E., Clivaz, M., Corboz, P., Decorzant, Y., Delarzes, B., Fellay, J.-C., … Payot, C. (2019). Croiser les sources environnementales, historiques et sciologiques pour reconstituer les catstrophes naturelles. Le cas de la débâcle de Gietro du 16 juin 1818. *Physio-Géo*, *14*, 307-326.

Reynard, E., Hobléa, F., Cayla, N., & Gauchon, C. (2011). Les hauts lieux géologiques et géomorphologiques alpins. *Revue de Géographie Alpine*, *2*(99).

Robitaille, A., & Dubois, J.-M. M. (1995). Elements d'identification des modelés fluvioglaciaires issus des débâcles glaciaires. *Géographie physique et Quaternaire*, *49*(3), 435-457.

Saint-Laurent, D. (2006). Inondations et paléo-inondations : De la géographie à la pluridisciplinarité. *Cahiers de géographie du Québec*, *50*(141), 319-325.

Schoeneich, P. (1993). Comparaison des systèmes de légendes français, allemand et suisse—Principes de la légende IGUL. *Institut de Géographie de Lausanne, Travaux et recherches*, (9), 15-24.

Schoeneich, P. (2007). Géotopes, biotopes et paysages : Vers un concept intégrateur du paysage. *« Documents » de l'Association pour le Patrimoine naturel et culturel du Canton de Vaud*, (9).

Schoeneich, P., & Busset-Henchoz, M.-C. (1998). La dissonance cognitive : Facteur explicatif de l'accoutumance au risque. *Revue de Géographie Alpine*, *Tome 86*(2).

Schoeneich, P., Weidmann, M., & Blomjous, C. (2015). L'énigme du Tauredunum enfin résolue? *Les Cahiers de Vallesia*, *29*, 153-174.

Sites internet :
Collectif du Chambon : http://www.collectif-du-chambon.org/
Géol-Alp : www.geol-alp.com
Glacier climat : http://glaciers-climat.fr/Catastrophes/Catastrophes.html
Gre'net : www.placegrenette.fr
Les Freynetiques : http://freneydoisans.com/freneytique/

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation de l'espace d'étude et de ses zones clefs. 20
Figure 2 : Géologie de la zone de Bourg-d'Oisans, Rochetaillée et du Pont-de-la-Véna. (source : www.geol-alp.com) 21
Figure 3 : Carte extraite de Bailly-Maitre *et al.*, 1997 : « Schéma paléogéographique du lac Saint-Laurent d'après la carte de l'Oisans aux environs de la Guerre de Cent Ans, in Allix, L'Oisans au Moyen-Age, 1929 » 26
Figure 4 : Chronologie détaillée du passé lacustre de la plaine de Bourg-d'Oisans lors du dernier millénaire d'après D. Cœur, 2004. 27
Figure 5 : Questionnements théoriques autour de l'événement de 1219 31
Tableau 1 : Etat des lieux de la conservation des différents types de données mobilisées pour l'étude du territoire de la débâcle de l'Oisans depuis le XXème siècle. 35
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des forages carottés recensés dans la littérature et nombre de forages utilisables pour la ré-analyse. 36
Figure 6 : Vue générale du front de taille de la carrière de la Vaudaine au Pont-de-la-Véna 40
Tableau 3 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude des logs du Pont-de-la-Véna 43
Tableau 4 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude de la coupe de la Vaudaine 44
Tableau 5 : Datations récentes 45
Tableau 6 : Re-calibration des datations anciennes (données d'après Bailly-Maître *et al.*, 1997) 46
Tableau 7 : Récapitulatif des données utilisées classées par domaine disciplinaire pour chaque question structurant le raisonnement général. 47
Figure 7 : Complexe des cônes de la Vaudaine et de l'Infernet au lieu dit du « Pont-de-la-Véna » 50
Figure 8 : Cône de déjection de la Vaudaine vu depuis Versaire (Romanche amont) par R. Blanchard, in *Les Alpes Occidentales*, 1943. 50
Figure 9 : Croquis du système torrentiel de la Vaudaine d'après A. Groleau, 2004 51
Figure 10 : Carte de la morphologie du cône de déjection de la Vaudaine 52
Figure 11 : Profil sédimentaire du cône incisé par la Vaudaine active et actuelle 54
Figure 12 : Plan de l'organisation de la carrière de l'Infernet 55
Figure 13 : Documentation photographique de la partie haute de la coupe 57
Page précédente, figure 14 : Coupe complète du front de taille de la carrière de la Vaudaine 57
Figure 15 : Poche de dépôts fins et organiques, zone d'échantillonnage 58
Figure 16 : Comparaison diachronique du rebord d'incision du cône de la Vaudaine (sources orthophotographies Géoportail « *Remonter le temps* ») 59
Figure 17 : Rebord d'érosion du barrage glaciaire du Tronador provoqué par la force de la vidange du lac à l'amont, Equateur, 2009 (source : http://glaciers-climat.fr/Catastrophes/Catastrophes.html) 59
Figure 18 : Carte de la morphologie du cône de l'Infernet **Erreur ! Signet non défini.**
Figure 19 : Localisation des profils en travers réalisés pour le complexe Vaudaine / Infernet 62
Figure 20 : Profils en travers du système complexe Vaudaine / Infernet et hypothèses de jonctions des géométries. 63
Figure 21 : Cartographie générale de l'écroulement de Versaire 64
Figure 22 : Croquis théorique d'une butte carénée d'après J. Munro-Stasiuk *et al.*, 2009 65
Figure 23 : Butte carénée bordée d'un chenal ancien (photographie habillée) 66

Figure 24 : Bloc plurimétrique et chenaux d'écoulement (photographie habillée) _____ 66
Figure 25 : Cartographie des paléo-chenaux de l'écroulement de Versaire_____ 67
Figure 26 : Bloc plurimétriques pris dans les sédiments en rive gauche au bord de la route. (Photographie par P. Schoeneich, 2019)_____ 68
Figure 27 : Cartographie des terrasses perchées du dépôt d'écroulement de Versaire en rive gauche _____ 68
Figure 28 : Photographies habillées du chenal d'écoulement haut _____ 69
Figure 29 : Carte des deux lieux de mise en évidence du pavage de blocs en sous-sol _____ 69
Figure 30 : Localisation des sondages et des profils en long associés _____ 71
Figure 31 : Profil en long de l'espace du Pont-de-la-Véna d'après trois lignes de sondages carottés 72
Tableau 8 : Tableau des estimations des altitudes maximales atteintes par le lac suivant les sources du XXème siècle_____ 74
Figure 32 : Proposition d'extension du lac Saint Laurent par V. Mathoulin pour la revue Patrimoine de l'Isère, 2001_____ 74
Figure 33 : Cartographie du Lac Saint Laurent : modélisation suivant les altitudes maximales atteintes par l'eau_____ 75
Figure 34 : Coupe en travers du couloir de Livet, au niveau de l'écroulement de Versaire. _____ 76
Figure 35 : Cartographie complète des terrasses du couloir de Livet_____ 78
Figure 36 : Profil en long des terrasses hautes du couloir de Livet_____ 79
Figure 37 : Blocs enterrés au cours du couloir de Livet _____ 80
Figure 38 : Carte de localisation des blocs dans le couloir de Livet _____ 81
Figure 39 : Comparaison volume / secteur de dépôt des blocs référencés _____ 82
Figure 40 : Blocs saillants en rebord d'érosion entre Livet et Gavet. _____ 83
Figure 41 : Frise chronologique des grandes crues de la Romanche, période 1700-1900 (tiré de Cœur, 2004) _____ 84
Figure 42 : Chronologie des fluctuations du lac post-débâcle, période 1200-1600 (tiré de Cœur, 2004) _____ 85
Figure 43 : Chronologie de la débâcle et des fluctuations du lac associé (tiré de Cœur, 2004)_____ 86
Figure 44 : Coupe en long de la Plaine de Bourg-d'Oisans d'après la coupe longitudinale chronostratigraphique et paléogéographique des anciens lacs de l'Oisans de Bailly-Maître *et al.*, 1997 ; modifiée et augmentée des datations actuelles._____ 87
Figure 46 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 1 _____ 88
Figure 47 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 2 _____ 88
Figure 48 : Scénario augmenté de la débâcle de l'Oisans, phase 3 _____ 89
Figure 45 : Chaine de processus de la débâcle de l'Oisans, inspirée du cas du Tauredunum par Schoeneich *et al.*, 2015 _____ 90
Figure 49 : Extrait de la fresque informative du Pont Saint-Laurent lors des travaux de rénovation entre 2017 et 2018 _____ 98
Figure : Répartition des données LiDAR et des données RADAR pour le MNT de la Romanche (source IGN) _____ 117

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Etat des lieux de la conservation des différents types de données mobilisées pour l'étude du territoire de la débâcle de l'Oisans depuis le XXème siècle. _____ 35
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des forages carottés recensés dans la littérature et nombre de forages utilisables pour la ré-analyse._____ 36
Tableau 3 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude des logs du Pont-de-la-Véna_____ 43
Tableau 4 : Classification des lithofaciès adaptée de Miall (1978) pour l'étude de la coupe de la Vaudaine _____ 44
Tableau 5 : Datations récentes _____ 45
Tableau 6 : Re-calibration des datations anciennes (données d'après Bailly-Maître *et al.*, 1997)___ 46
Tableau 7 : Récapitulatif des données utilisées classées par domaine disciplinaire pour chaque question structurant le raisonnement général. _____ 47
Tableau 8 : Tableau des estimations des altitudes maximales atteintes par le lac suivant les sources du XXème siècle_____ 74
Tableau 9 : Tableau récapitulatif des Musées de la zone et de la présence de la débâcle de l'Oisans dans la scénographie. _____ 98

TABLE DES ENCARTS

Encart 1 : Toponymie des alentours de Bourg-d'Oisans – p.19

Encart 2 : Résolution, précision et blocs – p.40

Encart 3 : Pré-requis aux datations C14 – p.44

Encart 4 : Toponymie de la plaine de Bourg d'Oisans à l'écoute du lac – p.73

TABLE DES MATIERES

Notice Bibliographique 7
Remerciements 9
Sommaire 13
Liste des sigles et abréviations 14
Avant Propos 15
Introduction Générale 17
Chapitre I - Introduction à la Débâcle de l'Oisans 19
I.1. – Contexte géographique 19
I.1.1. – Géographie physique 19
I.1.2. – Géographie humaine 22
I.2. – La débâcle de l'Oisans 23
I.2.1. – L'événement 23
I.2.1.1. – Contexte historico-géographique 23
I.2.1.2. – Déroulement 24
I.2.1.3. – Les sources et informations directes de cet événement 25
I.2.2. – Les hypothèses et le consensus : état de l'art 25
I.2.3. – Les limites du consensus 27
I.3. – La ré-analyse scientifique 28
I.3.1. - Pourquoi ré-analyser une catastrophe ? 29
I.3.1.1. – L'intérêt d'étudier une catastrophe ancienne : le risque futur mieux cerné 29
I.3.2. - Ré-analyser la débâcle du lac d'Oisans : apporter des précisions utilisables pour les acteurs du territoire 30
I.3.3. – Ré-analyse de la débâcle de l'Oisans : quelles questions pour dépasser le consensus ? 31
Chapitre II – Méthodologie : mobilisation d'un corpus pluriel au service d'une ré-analyse géomorphologique 32
II.1. – Récupération des données et ré-analyse 32
II.1.1. – La création d'un corpus de données : une démarche lente et opportuniste 32
II.1.2. – Le traitement des données : de l'interdisciplinarité à la mobilisation d'une équipe de recherche 33
II.1.2.1. – Les catastrophes naturelles : un sujet intrinsèquement interdisciplinaire… 33
II.1.2.2. - …amenant une méthodologie de travail imbriquant les chercheurs 34
II.2. – Le corpus de données de la Débâcle 34
II.2.1. – La documentation disponible 34
II.2.1.1. – Corpus technique disponible : géologie de la zone 35
II.2.2. – La documentation nouvelle : données et choix méthodologiques 37
II.2.2.1. – Cartographie géomorphologique 37
II.2.2.1.1. - Exploitation des données numériques 37
II.2.2.1.2. - Relevés de terrain 38
II.2.2.1.3. - Légende géomorphologique adaptée 38
II.2.2.2. – Le recensement des blocs 38
II.2.2.2.1. – Objectifs de la démarche 39
II.2.2.2.2. - Méthodologie 39
II.2.2.2.3. - Le recensement en pratique 39
II.2.2.2.4. - Traitement des données : volumes d'ellipsoïdes 40
II.2.2.3. – La sédimentologie 40
II.2.2.3.1. – Objectifs du recours à la sédimentologie 41
II.2.2.3.2. - Rappels de sédimentologie 41
II.2.2.3.3. - Détermination des faciès sédimentologiques des sondages du Pont-de-la-Véna 42

II.2.2.3.4. - Détermination des facies sédimentologiques de la coupe de la Vaudaine 43
II.2.2.4. – Les datations C14 44
II. 2.2.4.1. - Echantillons proposés : stratégie d'échantillonnage et description 45
II.2.2.4.2. - Calibrage des nouveaux échantillons et recalibrage des datations anciennes 45
Chapitre III – Résultats 49
III.1. – Géomorphologie du Pont-de-la-Véna : le barrage complexifié 49
III.1.1. - Les cônes de la Vaudaine et de l'Infernet 50
III.1.1.1. - La Vaudaine 50
III.1.1.1.1. - Morphologie du cône de déjection 51
III.1.1.1.2. - Sédimentologie de la Vaudaine 53
III.1.1.1.3. - Incision amont 58
III.1.1.2. - L'Infernet 60
III.1.1.2.1. - Morphologie du cône de déjection 61
III.1.1.3. - La jonction des cônes 62
III.1.2. - L'écroulement de Versaire 64
III.1.2.1. - Rive droite de la Romanche 65
III.1.2.1.1. - La colline de Versaire 65
III.1.2.1.2. - Les chenaux internes 65
III.1.2.1.3. - L'écroulement de 1995 67
III.1.2.2. - Rive gauche de la Romanche 67
III. 1.2.2.1. - Les blocs massifs 67
III.1.2.2.2. - Les terrasses perchées et les paléo-écoulements 68
III.1.2.3. - Profondeur et estimation 69
III.1.2.3.1. – Le pavage de blocs du sous-sol découvert par Raoul Blanchard et EDF 69
III.1.2.3.2. - Estimation du volume 70
III.1.3. - Les dynamiques sédimentaires du lieu-dit Pont-de-la-Véna 70
III.2. – Géographie lacustre du Lac Saint Laurent : préciser l'extension spatiale 73
III.2.1. – Des hypothèses textuelles au travail MNT 73
III.2.1.1. - Les hypothèses textuelles 73
III.2.1.2. - La modélisation de l'extension spatiale à partir du MNT 74
III.2.2. – La hauteur d'eau au barrage 76
III.3. – Géomorphologie du couloir de Livet : des « *hydraulic cataforms* » à l'aval 77
III.3.1. - Les terrasses du couloir de Livet 77
III.3.2. - Les blocs du couloir de Livet 80
III.4. – Proposer un scénario complet 84
III.4.1. – Chronologie : imbrications temporelles des phénomènes morphogènes 84
III.4.1.1. - Les grandes crues de la Romanche 84
III.4.1.2. - Le lac post-débâcle 85
III.4.1.3. - Le lac de la débâcle 86
III.4.1.4. - Les phases lacustres antérieures à 1219 86
III.4.2. – Catastrophe en chaîne 87
III.4.2.1. - Proposition d'un scénario augmenté pour la débâcle de l'Oisans 87
III.4.2.2. - Les composantes d'une catastrophe en chaine 90
Chapitre IV – La débâcle de l'Oisans, perspectives géopatrimoniales 92
IV.1. - Patrimonialiser : du risque à la notion de géosite 92
IV.1.1. - La complexité du « risque » comme valeur patrimoniale 92
IV.1.2. - La pertinence du géopatrimoine pour la basse vallée de la Romanche 94
IV.2. - L'émergence d'un géosite en pratique 95

IV.2.1. - La fiche de classement 95
IV.2.2. - Les enjeux du classement 96
IV.2.2.1. - Protection des blocs… 96
IV.2.2.2. - … et enjeux des changements de statut des zones classées 96
IV.3. - Ouverture culturelle : quelles stratégies de visualisation historique ? 96
IV.3.1. - Etat des lieux de l'activation d'une ressource culturelle locale 97
IV.3.1.1. - Une histoire locale peu présente 97
IV.3.1.2. - …mais qui continue à intriguer et intéresser lorsqu'elle est mise en avant 99
IV.3.2. - Propositions de poursuites 100
IV.3.2.1. - Mise en perspective de la ressource locale 100
IV.3.2.2. - Réseau transalpin et international 101
Conclusion générale 102
Bibliographie et Sitographie 103
Table des figures 107
Table des tableaux 109
Table des encarts 109
Table des matières 110
Table des annexes - Annexes 113
Résumé 144

TABLE DES ANNEXES - ANNEXES

Annexe 1 : Lexique des grandes catastrophes citées - p.114

Annexe 2 : A propos des sources écrites de l'événement – p.116

Annexe 3 : Détails de la couche MNT LiDAR IGN Pro – p.116

Annexe 4 : Métadonnées des fichiers shapefiles – p.118

Annexe 5 : Représentation 3D de la débâcle de l'Oisans – p.121

Annexe 6 : Photographies – p.122

Annexe 7 : Blocs – p.123

Annexe 8 : Description des échantillons – p.127

Annexe 9 : Courbes de calibration des datations anciennes – p.130

Annexe 10 : Carte géomorphologique de V. Mathoulin (1989) – p.133

Annexe 11 :Fiche de classement géosite du Pont-de-la-Véna – p.134

Annexe 1 - Lexique des grandes catastrophes citées

CLAPS de Luc-en-Diois (le) : Autour de 1442, un écroulement barre en deux endroits proches le cours de la Drôme. Il en résulte la création de deux lacs, un intermédiaire entre les deux barrages et un à l'amont du système. L'événement est catastrophique par la montée des eaux de la Drôme créant les lacs puisque le phénomène englouti deux villages. L'unique texte mentionnant la catastrophe est une exonération de taxe, qui survient 8 ans seulement après l'événement mais concerne presque l'ensemble du bassin versant de la haute Drôme (prouvant l'affaiblissement économique qui en résulte). La cause de l'écroulement n'est jamais mentionnée, mais il est susceptible d'être due à un tremblement de terre. Ce dernier n'avait semble-t-il pas besoin d'être important, car le rocher présentait des faiblesses. (sources : Bois & Ratz, 2002)

CRETACE-TERTIAIRE (la crise du) : crise de la biodiversité ente 65 et 66 Millions d'années avant notre ère. Le passage du secondaire au tertiaire est marqué par une période d'extinction massive d'espèces, tels que les dinosaures. Cette crise est imputée à un impact de météorite ayant entrainé un bouleversement conséquent du climat terrestre et des modifications sismologiques majeurs détruisant les biotopes stables. Cette phase de grandes modifications géologiques, climatiques et biologiques marque le passage de l'ère secondaire à l'ère tertiaire, soit de l'ère des dinosaures à l'ère des mammifères.

GIETRO (La débâcle de) : suite à la progression du glacier de Gietro au Petit Âge Glaciaire (1810/1815 notamment), le cours de la Dranse est barré par un barrage glaciaire. Ce dernier forme un lac de barrage, qui atteindra un volume de 35 millions de m3. La vidange accidentelle, malgré des travaux de tentative de régulation, a lieu le 16 juin 1818, à 16h30. 20M de m3 d'eau se déverse dans la vallée jusqu'à Martigny. Le flux atteint la ville 1h30 après la rupture du barrage. (source : Reynard *et al.*, 2019)

GRANIER (l'écroulement du) : en 1248, une portion du Granier, en Chartreuse, s'écroule. La paroi dominant la combe de Savoie est déstabilisée par un mouvement de terrain en pied de versant. Le processus en chaine de l'effondrement du calcaire sur les marnes provoque un glissement de terrain détruisant plusieurs villages. (source : Pachoud, 1991 ; Berlioz, 1997 ; Donze & Pachoud, 1999 ; Nicoud *et al.*, 1999)

JOSEFINA (La) : en 1994 en Equateur, un glissement de terrain de 19M de m3 obstrue une haute vallée où s'écoulent deux rios. En un mois, le lac atteint 200M de m3 et 9km de long. La présence d'un tel barrage naturel à cette altitude représente un grave danger pour le barrage hydroélectrique de l'Amaluza situé 60km à l'aval (3/4 de l'électricité du pays) ainsi que toutes les populations qui en dépendent. Après une étude physique minutieuse de la situation, un chenal est creusé dans le barrage pour permettre la vidange du lac. Les calculs hydrauliques permettent de dimensionner le chenal et de prévoir les débits théoriques. Au moment de la mise en eau du chenal, la force de la vidange et de l'érosion régressive dépasse les estimations et le processus s'emballe, débordant les chiffrages initiaux. L'événement a été documenté par de nombreux chercheurs et filmé par différentes chaines d'information ce qui permet d'obtenir des images de l'érosion régressive et des sapements de berges en action. (source : Cadier *et al.*, 1996)

LAUVITEL (le barrage du) : la formation du lac du Lauvitel est due en partie à un événement gravitaire ancien daté à +/- 4000 ans. Cet événement de l'Holocène fait partie des exemples majeurs d'écroulement des Alpes françaises. (source : Delunel *et al.*, 2010)

MISSOULA FLOOD (Le) : cet événement est l'un des plus connus et des plus importants en termes de superficie et de conséquences morphogènes aux Etats-Unis. Il s'agit de cycles de violentes débâcles glaciaires lors de la dernière glaciation entre le nord des Etats-Unis et le Canada. Les brutales vidanges lacustres ont impacté les paysages, formant de larges formes dans les paysages. (source : notamment *Megaflooding on Earth and Mars*, 2009)

PERMIEN-TRIAS (la crise du) : cette crise délimitant le passage de l'ère primaire à l'ère secondaire et également la plus grande crise de la biodiversité connue. A la suite de plusieurs milliers d'années de modifications climatiques et géologique, la planète subit une perte de presque toute sa biodiversité. Ainsi, les océans perdent 75% de leur diversité quand les populations terrestres se voient réduite à 5% de diversité restante. Cette crise est en partie liée à des modifications de disposition des continents et l'activation et/ou la réactivation de failles tectoniques. Des trapps s'ouvrent en Sibérie, créant des étendues de lave ; tandis que d'autres volcans explosent en répendant des cendres dans les basses couches de l'atmosphère.

SECHILIENNE (Les Ruines de) : en 1982 des observations répétées du versant de Belledonne en rive droite de la Romanche à Séchilienne témoignent d'une déstabilisation du versant. Ce dernier va rapidement être expertisé et devient une menace pour toute la région : si le glissement s'active, il pourrait barrer le cours de la Romanche par l'étroitesse du couloir à cet endroit et créer un lac qui en se vidangeant atteindrait Grenoble. (source : Carcano, 1997 ; Durville *et al.*, 2010)

SEVESO (L'usine) : en juillet 1976 un produit toxique s'échappe d'une usine chimique en Italie du Nord, et aucun plan d'alerte n'est en place pour protéger les populations et l'environnement. La pollution du site et des alentours produit un scandale médiatisé, et l'exemple de Seveso devient rapidement le point de départ de la mise en pratique de protocoles d'alertes en cas de disfonctionnement des usines chimiques.

TAUREDUNUM (Le) : Marius d'Avenches décrit une catastrophe sur les rives du Léman autour de l'an 563. Longtemps considérée comme une légende, en 2010 des mesures au fond du lac révèlent l'existence d'une catastrophe de taille. Un tsunami a eu lieu sur le lac au VIème siècle. Les recherches autour de ce dernier tendent à prouver une relation en chaine ave un mouvement gravitaire d'ampleur (glissement de la Suche, à l'amont immédiat du delta du Rhône à l'entrée du Léman) qui déstabilise une portion de la sédimentation du delta et qui engendre une vague déplaçant la nappe d'eau et créant un tsunami qui traverse le lac jusqu'à l'emplacement actuel de Genève. (sources : notamment Kremer *et al.*, 2012 ; Kremer *et al.*, 2014 ; Schoeneich *et al.*, 2015 et Frei & Marongiu, 2019)

TRONADOR (La débâcle glaciaire du) : la rupture du barrage glaciaire lacustre du Tronador a lieu dans la nuit du 21 mai 2009. Le Tronador est un volcan et un massif frontalier entre l'Argentine et le Chili. Il supporte plusieurs glaciers. L'un d'eux comportait un lac glaciaire qui s'appuyait sur une moraine du Petit Age Glaciaire. Suite à une dynamique de réchauffement déstabilisant la moraine et d'augmentation du niveau du lac, la rupture est survenue, érodant la moraine et déposant des blocs de glace jusqu'à 24km à l'aval de la zone de départ. (source : http://glaciers-climat.fr/Catastrophes/Catastrophes.html)

Annexe 2 - A propos des sources écrites de l'événement

Les quatre sources de la débâcle de l'Oisans sont les suivantes :

• Source d'archive : le mandement épiscopal de Jean de Sassenage

Cette source est la plus proche de l'événement, puisqu'elle est rédigée seulement quelques jours après les faits, par l'évêque de Grenoble en personne. Il a assisté à l'inondation, et exhorte le peuple à ne pas se départir de son courage. Il faut rebâtir la cité et surtout le pont Saint Laurent emporté par les eaux. Le texte est le plus long et précis des quatre sources.

• Source historiographique : le Miroir historial de Vincent de Beauvais

Quelques lignes figurent dans cette encyclopédie écrite par un dominicain. Elle est datée aux alentours de 1244.

• Source historiographique : la continuation de Robert d'Auxerre

La continuation est en fait une reprise du Miroir Historial par une seconde personne, qui reprend et augmente le texte à propos de la débâcle. Il en ressort des approximations et l'illustration des rapides biais qui viennent s'ajouter au regard lors des reprises des événements à posteriori.

• Source homilétique : *l'exempla* d'Etienne de Bourbon

Les religieux du Moyen-âge usent des événements catastrophiques pour en tirer des leçons. Ils permettent d'illustrer les châtiments divins réservés aux pécheurs. La catastrophe grenobloise n'échappe donc pas à cet usage, tout comme le Granier. Etienne de Bourbon fustige à Grenoble le matérialisme de la population qui, en revenant trop rapidement à la ville, s'est faite emporter par le reflux de l'Isère. Il y voit une velléité de piller la cité. Le recueil des sentences d'Etienne de Bourbon est daté entre 1250 et 1261.

Annexe 3 - Détails de la couche MNT LiDAR IGN Pro

Le tableau suivant récapitule les informations disponibles concernant les dalles du MNT 5m utilisées pour ce mémoire (source IGN Pro, données téléchargées par J. BERTHET en 2019).

Emprise des dalles	Département de l'Isère
Date d'acquisition	Entre 2007 et 2013
Techniques d'acquisition des points du MNT	corrélations de photos, lidar topographique et radar
Capteurs utilisés pour chaque technique d'acquisition	Star 3i (IFSTAR) et Optech sen 215 D55 Bloom (et d'autres mais non cités)
Nombre de dalles	386
Résolution de chaque dalle	25km² soit 5m par 5m (ré-échantillonné depuis les dalles 1m)
Type de grille utilisée	Grille RASTER (régulière)
Points par dalle	1 000 000

La carte qui suit représente la portion du MNT composée des points LiDAR.

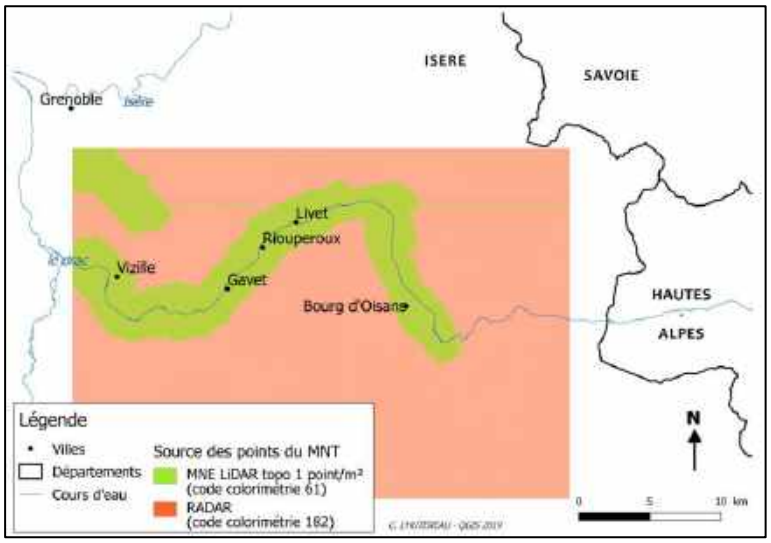


Figure : Répartition des données LiDAR et des données RADAR pour le MNT de la Romanche (source IGN)

Certaines limites de la donnée peuvent être pointées du doigt, notamment :

• **Des dalles 5m ré-échantillonnées :** Les dalles du MNT 5m sont issues d'un agrégat de plusieurs dalles 1m. Ces dernières ont été relevées avec des appareils différents, avec une résolution de 1 000 000 points par km². Dans un souci d'efficacité et de taille de fichier, l'IGN a compressé les dalles de 5m en ré-échantillonnant les nuages de points. Ces derniers contiennent toujours 1 000 000 points, mais cette fois ci pour une surface beaucoup plus vaste : 25km². La perte de précision est notable et s'additionne à un mélange de qualités de points (acquisition radar/lidar/corrélation photo) sur une même dalle.

• **Des dalles entre 15 et 85% constituées de nœuds issus du LiDAR :** Les dalles utilisées par le projet se composent d'une couverture LiDAR variable (cf. carte X), qui ne prend pas du tout en compte les espaces accidentés. L'exactitude relative du LiDAR n'est effective que pour les espaces du cours d'eau.

• **L'axe de prise de vue n'est pas mentionné :** J. Vallet mentionne la nécessité de spécifier l'axe de prise de vue des images LiDAR (Vallet, 2011). Ce dernier influence la couverture des images aériennes, notamment en montagnes et reliefs accidentés. L'angle du laser doit toujours être perpendiculaire à la surface traitée. Les données IGN concernent un cours d'eau, ce qui laisse à penser que l'orientation du capteur est nadirale, mais les documents ne le précisent pas. Dans le cas précis du couloir de Livet, cette orientation est susceptible de porter préjudice à la couverture de la morphologie en terrasse bien que le fond de vallée soit plus ou moins plat.

• **Le MNT 5m propose une couverture de 1 point/m² :** Le code couleur des données LiDAR proposé par l'IGN mentionne une mesure LiDAR à 1 point/m² (en vert sur la carte 3). Cette couverture est cinq fois plus faible que les préconisations de 5 points par m² (Vallet, 2011). Pareillement, le code couleur IGN des données radars représentées sur la carte 3 mentionne un écart moyen quadratique (EMQ) inférieur à 7m. Cette inexactitude plutôt élevée s'explique par la localisation en massif de montagne.

• **La grille utilisée pour le MNT est une grille raster :** l'utilisation d'une grille régulière (raster) marque les points de mesure à intervalles fixes. Dans les espaces accidentés, il est conseillé d'utilisé les grilles TIN dont les sommets des triangles épousent plus exactement le relief.

Annexe 4 - Métadonnées des fichiers shapefiles

Les 57 fichiers shapefiles listés ci-après ont tous été digitalisés par C. L'Hutereau entre 2019 et 2020 grâce au MNT 5m, aux relevés de terrains et à la banque d'images Géoportail. Seules les couches de blocs sont issues de relevés GPS mentionnés dans le corps du texte.

	type de couche	nom de la couche	lignes	colonnes
Localisation générale				
Structural				
Escarpements	ligne	« escarpements »	21	4
Hydrograhie				
Cours d'eau	ligne	« cours_eau »	8	3
iles	polygone	« iles_romanche »	3	3
Vallée	polygone	« polygone_fond_vallee »	1	2
Formes fluviatiles				
Paléo-chenaux	polygone	« paleo-chenaux »	6	2
Blocs (1)	point	« fusion_specifique »	21	3
Blocs (2)	point	« point_generic_93_3004_0105 »	23	11
Formes gravitaires				
Dépots d'écroulement	polygone	« depot_ecroulement »	2	2
tablier d'éboulis	polygone	« tablier_eboulis_polygone »	10	2
Formes lacustres				
plaine alluvio-lacustre	polygone	« plaine »	1	2
Formes anthropiques				
seuils	ligne	« seuils_Vaudaine »	5	1
remblais	polygone	« remblai_route »	2	1
route	ligne	« routes »	2	2
hydroélectricité	polygone	« hydroelec »	6	3
installations anthropiques	polygone	« anthropique »	10	2
Topographie				
courbes de niveaux à 5m	ligne	« courbe_5m »	14187	1

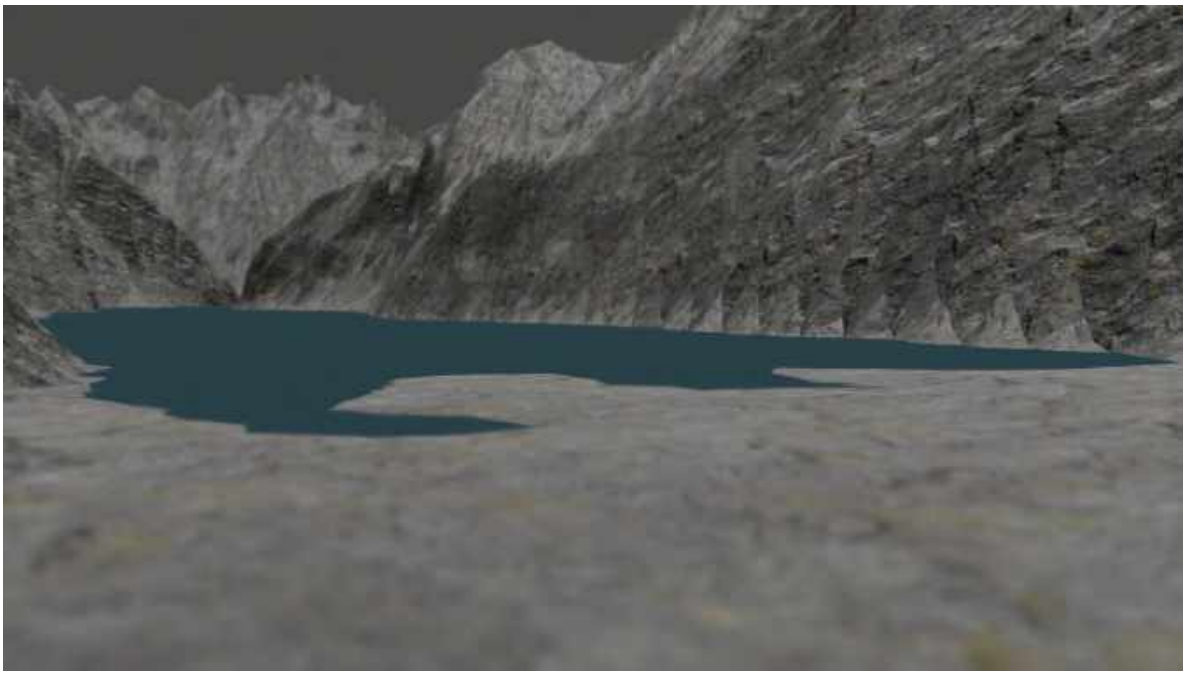
courbes de niveaux à 2m	ligne	« Contours »	36406	2
profils des terrasses	ligne	« profils_en_long »	13	3
Localisations spécifiques				
Versaire				
Formes fluviatiles				
Paléo-chenaux	ligne	« chenaux »	9	2
Rebords d'érosion	ligne	« escarpement »	8	3
Formes gravitaires				
Dépôt d'écroulement complet	polygone	« delimitation_entier »	1	2
Dépôt d'écroulement morceaux	polygone	« ecroulement_versaire »	10	1
Topographie				
profils Versaire	ligne	« coupe_haut »	2	1
Vaudaine/Infernet				
Hydrographie				
bassins de réception V/I	polygone	« bassin_recep »	2	2
Chenaux d'écoulement	ligne	« chenal_ecoulement »	2	3
Formes fluviatiles				
Rebords d'érosion	ligne	« escarpements »	12	2
Talus d'escarpement	polygone	« talu_escarpement »	3	2
Cônes de déjection	ligne	« cones_polylignes »	18	2
Cônes de déjection	polygone	« incisions_cônes »	8	4
Formes gravitaires				
Dépôts d'écroulements	ligne	« niche_arrachement »	2	2
Formes anthropiques				
Carrière Vaudaine	polygone	« polygone »	4	3
Carrière Vaudaine	ligne	« ligne »	7	3
Carrière Vaudaine	ligne	« carriere »	1	2
Livet				
Formes fluviatiles				

cone de déjection	polygone	« cones_dejec »	9	2
rebords de terrasse	ligne	« rebord_terrasse »	9	3
Terrasses	polygone	« polygone_terrasse »	10	3
Blocs (1)	point	« point_LIVET_L93_2504_1704 »	39	9
Blocs (2)	point	« bloc »	2	1
Les Roberts				
Formes fluviatiles				
rebords de terrasse	ligne	« cones »	6	3
Terrasses	polygone	« rebord_terrasse »	6	3
cone de déjection	polygone	« polygone_terrasse »	2	2
Les Ponants				
Formes fluviatiles				
cone de déjection	polygone	« cone »	1	2
Terrasses	polygone	« polygone_terrasse »	1	3
rebords de terrasse	ligne	« rebord_terrasse »	3	2
Blocs	point	« point_Lambert_93_Ponant_1605 »	6	11
Rioupéroux				
Formes fluviatiles				
Terrasses	polygone	« terrasse »	3	3
rebords de terrasse	ligne	« rebord_terrasse »	3	2
La Salinière				
Formes fluviatiles				
Terrasses	polygone	« terrasses »	6	4
rebords de terrasse	ligne	« rebords_terrasse »	4	2
cone de déjection	polygone	« cones_saliniere »	2	2
Les Clavaux				
Formes fluviatiles				
Terrasses	polygone	« terrasse »	3	3
rebords de terrasse	ligne	« rebord_terrasse »	4	2

Gavet				
Formes fluviatiles				
rebord de terrasse	ligne	« rebords_terrasses »	3	2
Terrasses	polygone	« terrasses »	8	3
cone de déjection	polygone	« cones »	7	2
Blocs (1)	point	« point_generic_L93_2606 »	10	11
Blocs (2)	point	« point_generic_L93_2706 »	17	11

Annexe 5 - Représentations 3D de la débâcle de l'Oisans

Les images qui suivent sont extraites de la vidéo de présentation du scénario consensuel de la débâcle de l'Oisans. La reconstitution 3D a été entièrement effectuée avec le logiciel Blender par Yago Delannoy en octobre 209. Il en va de même pour la vidéo. L'image illustre le lac depuis sa rive amont, à proximité de la confluence Romanche/Vénéon.



Annexe 6 - Photographies

ORTHOPHOTOGRAPHIE - Tableau 1 : Références des photographies aériennes Géoportail/IGN utilisées

Références des dalles photos IGN 2012	
46_05508	51_09160
48_05208	52_09323
49_05062	54_09634
50_04883	54_09637
Référence des dalles photos IGN 1937	
3335_0476	3335_0479
3335_0478	
Références des dalles photos IGN 1948 à 2009	
1948_F3335_0033	
1956_F3332-3335_0336	
1966_FR1196_0032	
1970_FR1959_4625	
1979_FR7029_0160	
1981_IFN38_0029	
1993_FD38_4118	
1998_FD38_0641	
2003_fd0038_250_c_0924	
02340 (2009)	

IMAGES OBLIQUES - Tableau 2 : récapitulatif des photographies prises lors des campagnes de terrains

date	nombre	auteur
3-déc.-19	4	CLH
30-mai-19	189	CLH / CH
26-juin-19	179	CLH / CH
25-avr.-19	74	CLH / CH
19-juin-19	128	CLH
17-avr.-19	118	CLH
17-avr.-19	88	PS
16-mai-19	42	CLH / CH
15-avr.-19	34	CLH
15-avr.-19	92	PS
20-juin-19	27	CLH
total	975	

Annexe 7 - Blocs

Le tableau qui suit est le tableau récapitulatif de tous les blocs mesurés en 2019. Les mesures a, b et c font référence à la formule de calcul de volume d'un ellipsoïde mentionnée dans le texte.

ref. bloc	rive	haut	1/2 haut (a)	long	1/2 long (b)	large	1/2 large (c)	abc	volume	commentaire	date	horaire
1	D	4	2	9,1	4,55	6,4	3,2	29,12	121,978		17-avr	matin
2	D	2,5	1,25	4,5	2,25	3,9	1,95	5,484375	22,973	tres cubique	17-avr	matin
3	D	4	2	5,9	2,95	6,7	3,35	19,765	82,791	candidat datation	17-avr	matin
4	D	1	0,5	2,6	1,3	3,1	1,55	1,0075	4,220	petit	17-avr	matin
5	D	3,3	1,65	6	3	5,5	2,75	13,6125	57,020	groupe de 3, dans le sens du courant	17-avr	matin
7	D	6,5	3,25	11	5,5	8,4	4,2	75,075	314,473	enorme bord R.	17-avr	matin
8	D	3,2	1,6	10,9	5,45	10,5	5,25	45,78	191,763		17-avr	matin
9	D	4	2	8,1	4,05	10,6	5,3	42,93	179,825		17-avr	matin
10	D	7,5	3,75	8	4	11,7	5,85	87,75	367,566		17-avr	matin
11	D	8	4	7,5	3,75	10	5	75	314,159		17-avr	matin
12	D	3,5	1,75	7,5	3,75	5,6	2,8	18,375	76,969		17-avr	matin
13	D	4,6	2,3	7,3	3,65	7,3	3,65	30,64175	128,352		17-avr	matin
14	D	5	2,5	4,7	2,35	8,2	4,1	24,0875	100,897	chute GPS	17-avr	matin
20	G	2,5	1,25	6	3	7	3,5	13,125	54,978	mal noté, entouré de 2 gros blocs	17-avr	aprem
21	G	1,8	0,9	3	1,5	4,4	2,2	2,97	12,441	2 blocs moyens avec ++ autres autour	17-avr	aprem
22	G	9	4,5	9	4,5	10	5	101,25	424,115	enorme, pris dans sedi et cassé sur place	17-avr	aprem
23	G	2,7	1,35	6,4	3,2	6	3	12,96	54,287		17-avr	aprem
24	G	1,9	0,95	4	2	5,5	2,75	5,225	21,886		17-avr	aprem
25	G	1,8	0,9	5,1	2,55	4,7	2,35	5,39325	22,591		17-avr	aprem
30	D	1,5	0,75	1,9	0,95	1,7	0,85	0,605625	2,537		25-avr	matin
31	D	4,5	2,25	8	4	10,9	5,45	49,05	205,460	vegetalise + utile endiguement	25-avr	matin
32	D	1,4	0,7	1,9	0,95	2	1	0,665	2,786	bord route pris dans matrice peut être fait partie du remblais ?	25-avr	matin
33	D	2,3	1,15	5,2	2,6	6,75	3,375	10,09125	42,270	entouré par autres blocs	25-avr	matin
34	D	2,3	1,15	7	3,5	2	1	4,025	16,860	proxi 33	25-avr	matin
35	D	3,7	1,85	4,4	2,2	4	2	8,14	34,097	tres haut juste aval 33/34	25-avr	matin
36	D	3	1,5	2,75	1,375	3,35	1,675	3,4546875	14,471	bord R. aval 33/34/35	25-avr	matin
37	D	4,5	2,25	5,7	2,85	8,45	4,225	27,0928125	113,486	3 blocs GPS au milieu et mesures sur celui le + amont	25-avr	matin
38	D	2,5	1,25	3,5	1,75	5,15	2,575	5,6328125	23,595	non amphi	25-avr	matin
40	G	7	3,5	10,2	5,1	7,7	3,85	68,7225	287,864	bord chemin forestier + blocs autours	25-avr	aprem

41	G	5	2,5	8,25	4,125	7,5	3,75	38,671875	161,988	amont 40 rond non amphi	25-avr	aprem
42	G	2,5	1,25	3,3	1,65	3,7	1,85	3,815625	15,983	face 41 cassé sur place pas couleur amphi	25-avr	aprem
43	G	7	3,5	9,2	4,6	7,4	3,7	59,57	249,526	bord chemin forestier coté versant	25-avr	aprem
44	G	4,7	2,35	6,4	3,2	11,4	5,7	42,864	179,548	Enorme, emousse	25-avr	aprem
45	G	3,5	1,75	3,5	1,75	4	2	6,125	25,656	non amphi aval creux des blocs	25-avr	aprem
46	G	4	2	5	2,5	6	3	15	62,832	non amphi NO GPS creux des blocs	25-avr	aprem
47	G	2,5	1,25	5,4	2,7	3,8	1,9	6,4125	26,861	non amphi creux des blocs	25-avr	aprem
48	G	2,7	1,35	3,75	1,875	5,2	2,6	6,58125	27,567	NO GPS creux des blocs	25-avr	aprem
49	G	2,8	1,4	4,8	2,4	4,2	2,1	7,056	29,556	amphi ? Creux des bocs	25-avr	aprem
50	G	3,5	1,75	4,7	2,35	4,7	2,35	9,664375	40,482	non amphi creux || a celui des 45 a 49	25-avr	aprem
51	G	3,1	1,55	4,65	2,325	6,3	3,15	11,3518125	47,550	amphi claire, pris dans les sediments et dans le paleo-chenal	30-avr	aprem
52	G	3,4	1,7	5	2,5	4,6	2,3	9,775	40,945	amphi claire bordure RD du paleo-chenal	30-avr	aprem
53	G	8,5	4,25	14,2	7,1	14,5	7,25	218,76875	916,376	enorme hauteur sous estimee, bordure terrasse D paleochenal	30-avr	aprem
54	G	3,75	1,875	3,45	1,725	5,55	2,775	8,975390625	37,596	entouré de 2 autres à l'aval	30-avr	aprem
55	G	1,5	0,75	2	1	3	1,5	1,125	4,712		30-avr	aprem
55bis	G	1,7	0,85	2,55	1,275	3	1,5	1,625625	6,809	paleochenal côte rive terrasse + mm point GPS que 55	30-avr	aprem
57	G	6,1	3,05	8,45	4,225	10,3	5,15	66,3641875	277,986	possible date lichen ? Amont creux blocs 26	30-avr	aprem
59	G	1,6	0,8	3,6	1,8	6,1	3,05	4,392	18,397	enfonce bord Romanche face bloc 37 en RD	30-avr	aprem
60	G	9	4,5	10,1	5,05	11,85	5,925	134,645625	564,002	bord chemin forestier amont creux des 45/49	30-avr	aprem
61	G	4	2	7,4	3,7	7,35	3,675	27,195	113,914		30-avr	aprem
62	G	2,3	1,15	5,75	2,875	4,9	2,45	8,1003125	33,931	entoure de plus petits	30-avr	aprem
70	D	3	1,5	5,2	2,6	5,9	2,95	11,505	48,192	enterré, côté rive du chemin	01-mai	matin
72	D	6,65	3,325	14,5	7,25	15	7,5	180,796875	757,320	bord chem. cote versant, voie de bloc, anguleux chaos de bloc autour	01-mai	matin
73	D	4,2	2,1	11,5	5,75	9,4	4,7	56,7525	237,724	bord chemin face 72	01-mai	matin

74	G	3,5	1,75	3,7	1,85	6,6	3,3	10,68375	44,752	cote R. du chemin face bloc 43 pris dans terrasse	01-mai	aprem
75	D	3,5	1,75	4,15	2,075	4,9	2,45	8,8965625	37,266	bord du chemin, marque une dépression, couronne de blocs autour	16-mai	matin
76	D	2,1	1,05	2,6	1,3	5,5	2,75	3,75375	15,724	bordure aval depression 75, brisé sur place, angles émoussés	16-mai	matin
77	D	8,2	4,1	14,2	7,1	9,7	4,85	141,1835	591,388		16-mai	matin
78	D	7	3,5	12,4	6,2	8,8	4,4	95,48	399,946		16-mai	matin
83	G	2,85	1,425	3	1,5	2,9	1,45	3,099375	12,983	depuis l'aire de pique nique aval Gavet	26-juin	aprem
84	G	3	1,5	6	3	3,5	1,75	7,875	32,987	enfoncé et arrondi	26-juin	aprem
87	G	2,4	1,2	6,5	3,25	5,5	2,75	10,725	44,925		26-juin	aprem
87bis		1,8	0,9	3,8	1,9	3,8	1,9	3,249	13,609	a côté de 87, pas de point GPS	26-juin	aprem
89	G	1,6	0,8	3,5	1,75	3,6	1,8	2,52	10,556		26-juin	aprem
90	G	2	1	3,3	1,65	4	2	3,3	13,823	proxi 89 et bordure de clairière très dégagée	26-juin	aprem
91	G	1,2	0,6	3,3	1,65	1,7	0,85	0,8415	3,525		26-juin	aprem
92	G	2,1	1,05	6,7	3,35	4,4	2,2	7,7385	32,415	le plus aval d'un groupe de deux blocs	26-juin	aprem
93	G	1,7	0,85	1,8	0,9	2,9	1,45	1,10925	4,646	GPS aval ouest de 93, entre 93 et 93bis	27-juin	matin
93bis		1,1	0,55	2,2	1,1	3,4	1,7	1,0285	4,308	NO GPS, présence d'autres enterrés		
94	G	1,7	0,85	6,1	3,05	3,1	1,55	4,018375	16,832	au moins autant de volume enterré	27-juin	matin
95	G	1,8	0,9	3,1	1,55	4,1	2,05	2,85975	11,979	très enterré	27-juin	matin
96	G	1,6	0,8	3,1	1,55	3,8	1,9	2,356	9,869	lisiere foret / champs	27-juin	matin
97	G	1,1	0,55	2,1	1,05	1,9	0,95	0,548625	2,298	proxi 96, mais plus aval	27-juin	matin
98	G	1,8	0,9	4,1	2,05	4,9	2,45	4,52025	18,934	très enterré	27-juin	matin
99	G	1	0,5	4,2	2,1	5,5	2,75	2,8875	12,095		27-juin	matin
100	G	1,2	0,6	6,8	3,4	6,6	3,3	6,732	28,199	peu visible mais partie enorme complètement enterré	27-juin	matin
101	G	0,9	0,45	2,1	1,05	1,9	0,95	0,448875	1,880		27-juin	matin
102	G	0,75	0,375	2,4	1,2	2,2	1,1	0,495	2,073	proxi 101	27-juin	matin
103	G	1,9	0,95	2,5	1,25	2,9	1,45	1,721875	7,213	posé, amphi a ruban, anguleux	27-juin	matin
104	G	1,4	0,7	2,8	1,4	4,5	2,25	2,205	9,236		27-juin	matin
106	G	1,7	0,85	2	1	2	1	0,85	3,560	anguleux arrondi, posé	27-juin	matin
107	G	2	1	2,1	1,05	3,7	1,85	1,9425	8,137	posé	27-juin	matin

108	G	1,7	0,85	1,8	0,9	2,1	1,05	0,80325	3,365	pierres issues du depierrement des champs posées autour	27-juin	matin
109	G	1,4	0,7	2,9	1,45	3	1,5	1,5225	6,377	enterré	27-juin	matin

moyenne	104
médiane	32
Q1	12
Q3	114
ecart-type	172
maximum	916

Annexe 8 - Descriptions des échantillons organiques actuels

Le tableau qui suit récapitule les informations récoltées à propos de chaque échantillon traité entre 2019 et 2020. Parmi les échantillons listés, seuls les échantillons **CA2012-1-1, EI19-5-1 et EI19-3-2** ont été datés.

Nom	Référence	Description
CA2012-1-1	Forage CA2012-1 échantillon n°1 première moitié (envoyée aux datations)	Morceau de bois récupéré dans une carotte de sondage carotté (2012) Code sondage : CA2012-1 Profondeur : 16.55m Poids : 0,3g Coordonnées géographiques : 45.117010 °N / 5.962051 °E
CA2012-1-2	Forage CA2012-1 échantillon n°2	Lambeaux végétaux (bois) récupérés dans une carotte de sondage carotté (2012) Code sondage : CA2012-1 Profondeur : 16.70m Poids : 0.1976g Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019 Coordonnées géographiques : 45.117010 °N / 5.962051 °E
EI19-3-1	Echantillon carrière de l'Infernet (Vaudaine) 2019 Prélèvement n°3 et tube n°1	Morceaux de charbons de bois récupérés dans une lentille de dépôts palustres dans la gravière du Pont de la Véna. Prélèvement n°1 (2019) Code prélèvement : EI19 - 3 Altitude : 738m (estimation au mètre près) Poids : 0,4g Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019 Coordonnées géographiques : 45.116355 °N / 6.957154 °E
EI19-3-2	Echantillon carrière de l'Infernet (Vaudaine) 2019 Prélèvement n°3 et tube n°2	Morceaux de charbons de bois récupérés dans une lentille de dépôts palustres dans la gravière du Pont de la Véna. Prélèvement n°2 (2019) Code prélèvement : EI19 - 3 Altitude : 738m (estimation au mètre près) Poids : 1,2g Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019 Coordonnées géographiques : 45.116355 °N / 6.957154 °E
EI19-4-1	Echantillon carrière de l'Infernet (Vaudaine) 2019 Prélèvement n°4 et tube n°1	Morceaux de charbons de bois récupérés dans une lentille de dépôts palustres dans la gravière du Pont de la Véna. Prélèvement n°1. (2019) Code prélèvement : EI19 - 4 Altitude : 737m (estimation au mètre près) Poids : 1,3g Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019 Coordonnées géographiques : 45.116355 °N / 6.957154 °E
EI19-5-1	Echantillon carrière de l'Infernet (Vaudaine) 2019 Prélèvement n°5 et morceau n°1	Morceaux de bois d'une souche extraite dans la coupe de la gravière du Pont de la Véna. Prélèvement n°1. (2019) Code prélèvement : EI19 - 5

		Altitude : 738m (estimation au décamètre près) Poids : 11.1g Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019 Coordonnées géographiques : 45.116280 °N / 5.957202 °E
CA2012-1-1-1	Forage CA2012-1 échantillon n°1 seconde moitié (conservée)	Morceau de bois récupéré dans une carotte de sondage carotté (2012) Code sondage : CA2012-1 Profondeur : 16.55m Poids : 0,1g Coordonnées géographiques : 45.117010 °N / 5.962051 °E

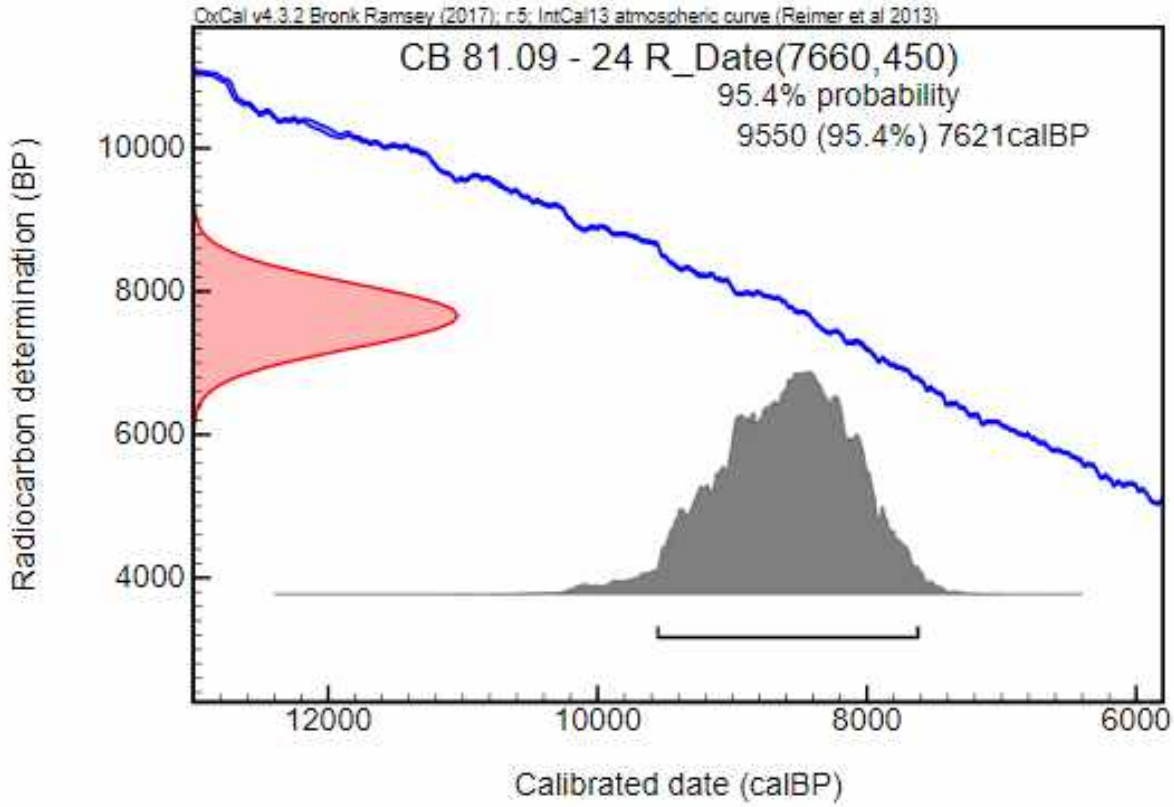
Les photographies qui suivent sont les trois échantillons organiques datés par BetaAnalitics en 2020.

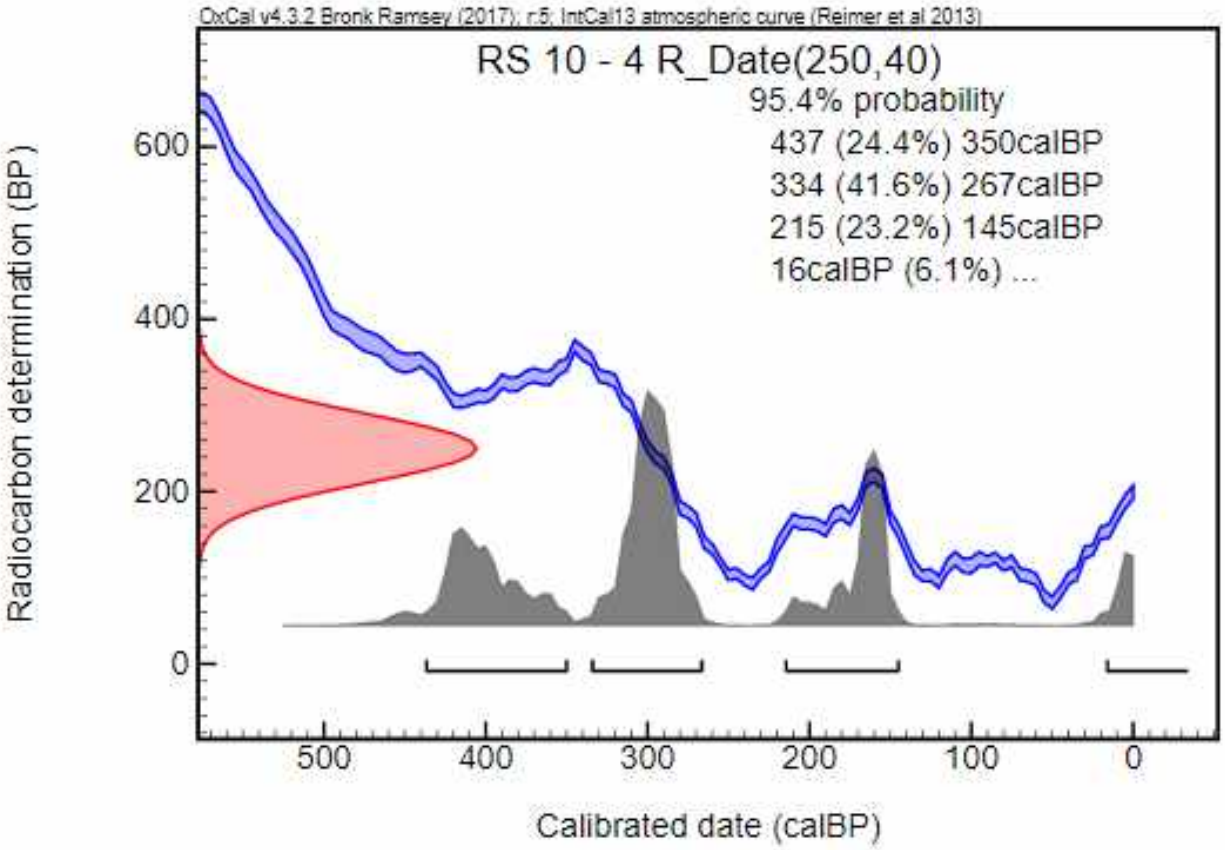
Echantillon EI19-5-1
Datation C14
Description : Morceaux de bois d'une souche extraite dans la coupe de la gravière du Pont de la Véna. Prélèvement n°1. (2019)
Code prélèvement : EI19 - 5
Altitude : 738m (estimation au décamètre près)
Poids : 11.1g
Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019
Localisation :
- coordonnées géographiques : 45.116280 °N / 5.957202 °E

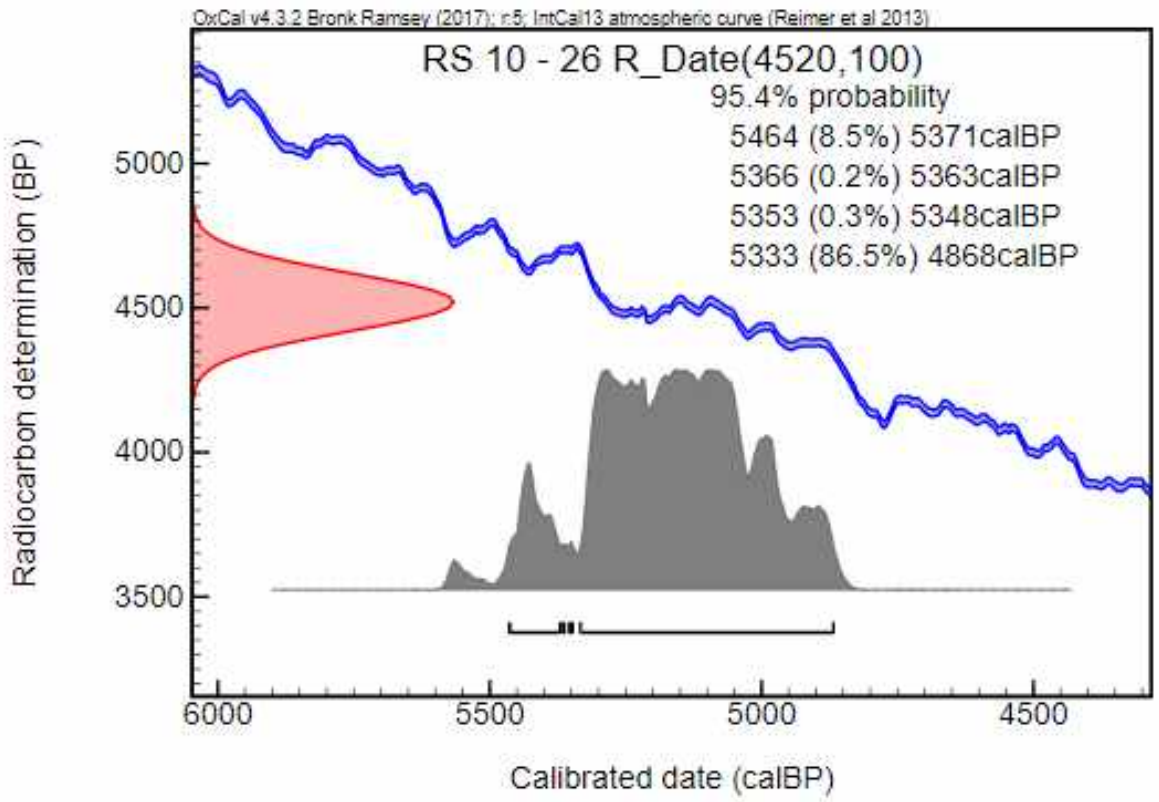
Echantillon EI19-3-2
Datation C14
Description : Morceaux de charbons de bois récupérés dans une lentille de dépôts palustres dans la gravière du Pont de la Véna. n°2 (2019)
Code prélèvement : EI19 - 3
Altitude : 738m (estimation au mètre près)
Poids : 1,2g
Date de préparation de l'échantillon : décembre 2019
Localisation :
- coordonnées géographiques : 45.116355 °N / 6.957154 °E

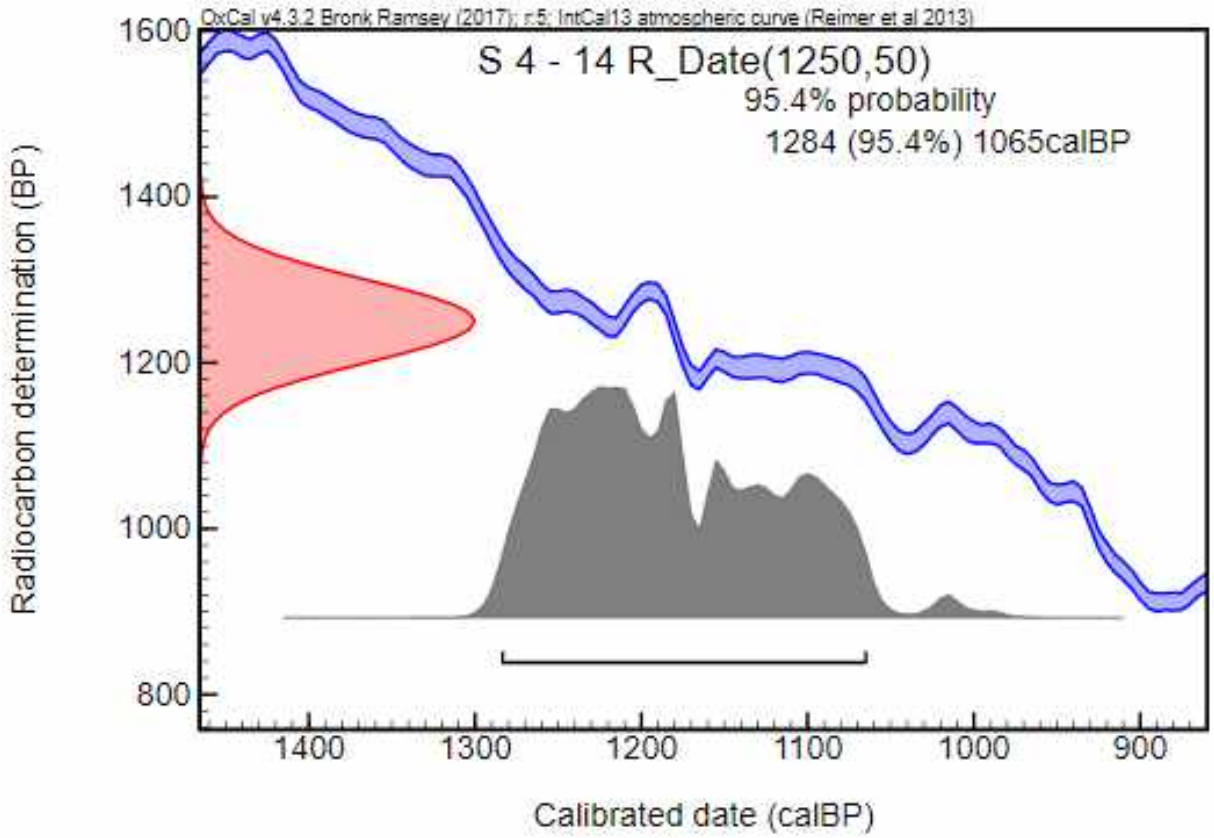
Annexe 9 - Courbes de calibration des datations anciennes

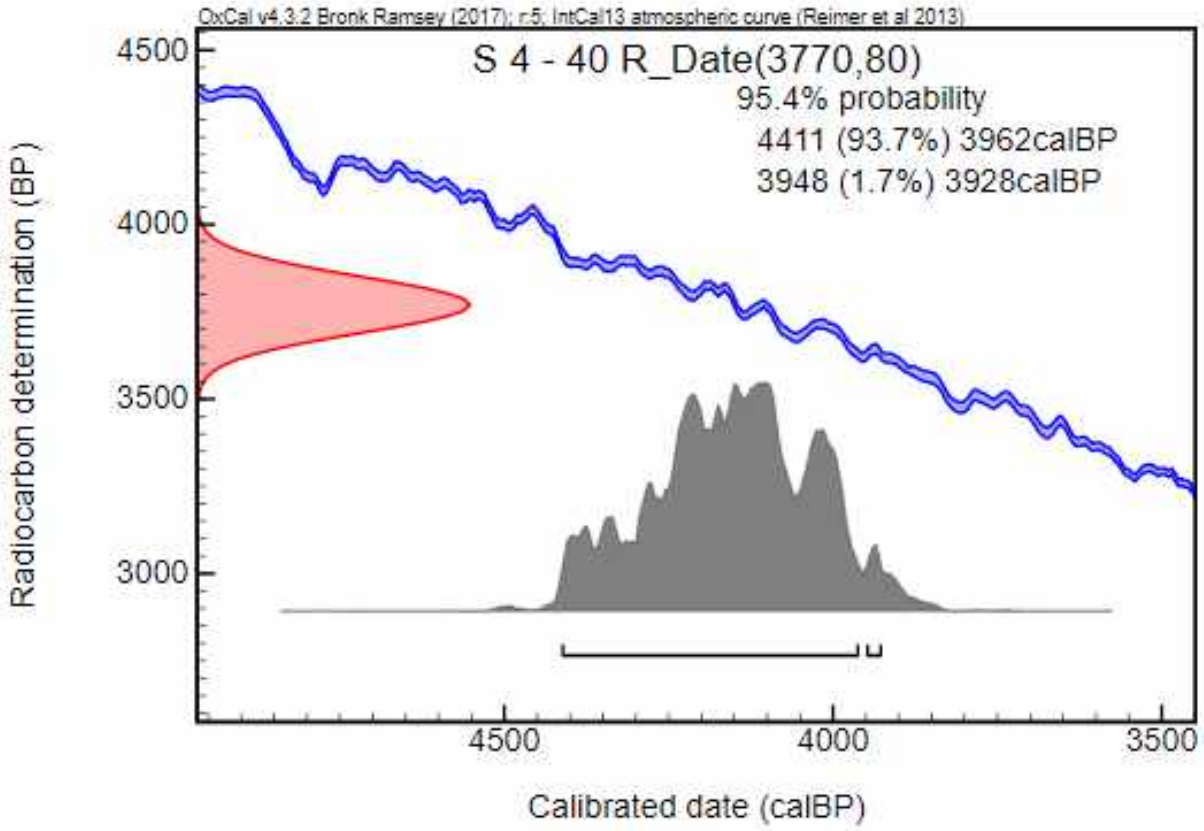
Courbes de calibrations des datations anciennes (sous Oxcal)

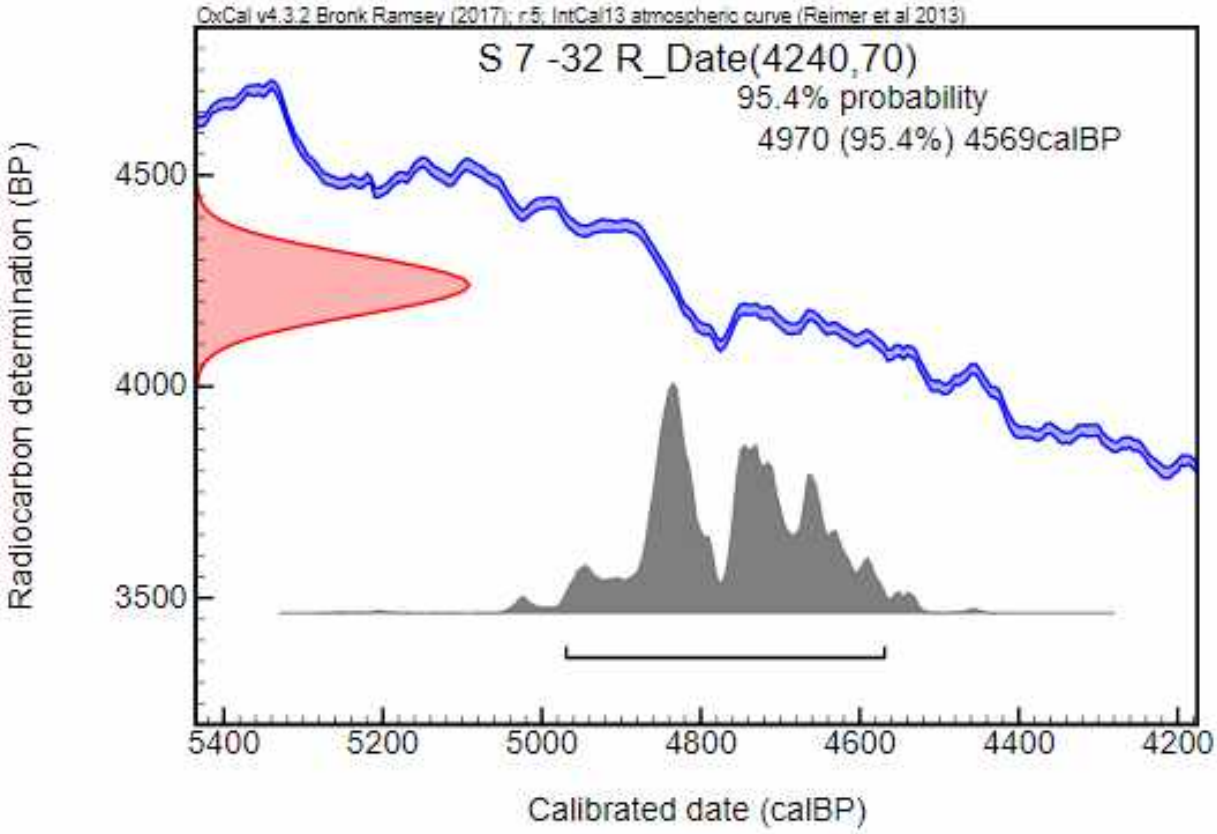




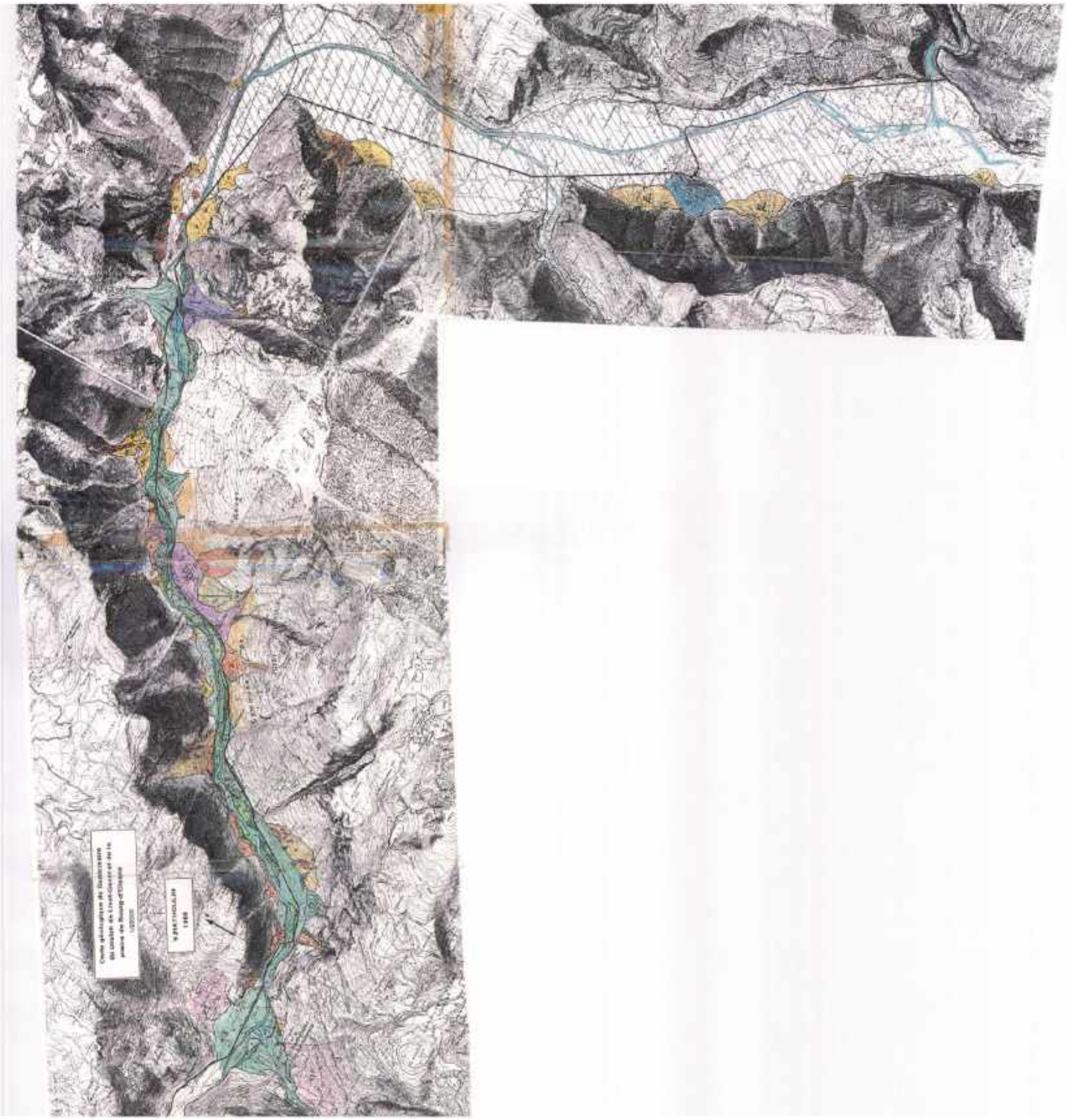

OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5; IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)
RS 10 - 26 R_Date(4520,100)
95.4% probability
5464 (8.5%) 5371calBP
5366 (0.2%) 5363calBP
5353 (0.3%) 5348calBP
5333 (86.5%) 4868calBP
Radiocarbon determination (BP)
5000
4500
4000
3500
6000
5500
5000
4500
Calibrated date (calBP)


OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5; IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)
S 4 - 14 R_Date(1250,50)
95.4% probability
1284 (95.4%) 1065calBP
Radiocarbon determination (BP)
1600
1400
1200
1000
800
1400
1300
1200
1100
1000
900
Calibrated date (calBP)


OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5; IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)
S 4 - 40 R_Date(3770,80)
95.4% probability
4411 (93.7%) 3962calBP
3948 (1.7%) 3928calBP
Radiocarbon determination (BP)
4500
4000
3500
3000
4500
4000
3500
Calibrated date (calBP)


OxCal v4.3.2 Bronk Ramsey (2017); r:5; IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)
S 7 -32 R_Date(4240,70)
95.4% probability
4970 (95.4%) 4569calBP
Radiocarbon determination (BP)
4500
4000
3500
5400
5200
5000
4800
4600
4400
4200
Calibrated date (calBP)

Annexe 10 - Carte Géomorphologique de V. Mathoulin (1989)



Annexe 11 - Fiche de classement géosite du Pont-de-la-Véna

ID : RHA0133

Nom : Ancien barrage naturel composite du Pont de la Véna, origine de la débâcle de la Romanche de 1219

Région : Rhône-Alpes

Confidentialité : Public

Nombre d'étoiles : ***

Typologie : Site naturel de surface Point de vue

Résolution : 305,061 m/pixel

Entités administratives et cartographiques

Département(s)

N°	Département
(38)	Isère

Commune(s)

N°INSEE	Commune
38212	LIVET-ET-GAVET

Carte(s) topographique(s) au 1 / 25 000

N°	Carte
3335ET	LE BOURG D'OISANS.L'ALPE D'HUEZ.GRANDES ROUSSES.SEPT LAUX
3335OT	GRENOBLE.CHAMROUSSE.BELLEDONNE

Carte(s) géologique(s) au 1 / 50 000

N°	Carte
0797	VIZILLE

Carte(s) marine(s)

(non renseigné)

Lieu(x)-dit(s) : Infernet

Contact pour le site

Description physique

Description physique : Les alentours du lieu-dit du Pont-de-la-Véna (alt. 700 m) sur la Romanche entre Livet et Bourg d'Oisans permettent de comprendre l'origine de la catastrophe historique de 1219 liée à la vidange du lac Saint Laurent suite à la rupture du barrage naturel formé au niveau de l'actuel Pont de la Véna. Celui-ci marque le changement radical de pente du lit de la Romanche entre l'entité de la plaine de Bourg d'Oisans et le couloir de Livet. On passe en ce point d'une pente amont à 1.5 m par km à 75 m par km à l'aval (Blanchard, 1914), ce point d'inflexion étant lié à la présence d'un barrage naturel composite impliquant deux cônes de déjection et un dépôt décroulement. A l'amont du Pont de la Véna, la Romanche traverse une zone plane vers 710 m d'altitude, marquée par une topographie chaotique à buttes carénées garnies de blocs rocheux en rive droite (lieu-dit "Versaire", 751 m d'alt.) et de terrasses à mégablocs en rive gauche. Cette zone chaotique se situe au niveau d'un étroit rocheux entre le Pic de la Fare (2138 m) et la cime de Cornillon (2475 m), refermant la longue plaine de Bourg d'Oisans (longue de 15 km et large de 1 à 1,5 km). après un coude de cette dernière en direction de l'Ouest. Au niveau du Pont de la Véna, la Romanche passe entre les cônes de déjection de 2 torrents arrivant face à face perpendiculairement de part et d'autre de la rivière : les torrents de la Vaudaine en rive droite (nord) et de l'Infernet en rive gauche (sud). Les deux cônes viennent prendre appui sur l''extrémité aval de la zone à blocs. Une carrière exploite les matériaux en front du cône de la Vaudaine. A l'aval des deux cônes, lae lit de la Romanche, plus fortement penté, s'écoule entre des terrasses parfois perchées à plus de 30 m au-dessus du lit actuel et renfermant des méga blocs rocheux. Le continuum amont-aval de part et d'autre du Pont de la Vena est un site stratégique pour observer les vestiges morphologiques et expliquer le mécanisme de la débâcle lacustre catastrophique de 1219 qui ravagea la vallée de Romanche en aval jusqu'à Grenoble. Ce site présente ainsi des intérêts pédagogiques en matière de risques naturels et de géomorphologie, observables depuis plusieurs points de vue : le point de vue 1 permet d'observer les deux cônes de déjection se faisant front (site 1). Le point de vue 2 est une vue dominante sur la plaine et plus loin sur les cônes. Il permet aussi de voir le site 2. La plaine peut également être observée depuis le point de vue 3. Voir également le géosite RHA0101 sur la nappe captive de la plaine d'Oisans.
Superficie : 63,06 hectares **Etat actuel :** Bon / Bon état général

Usage(s)

(non renseigné)

Collection(s)

(non renseigné)

Accessibilité au site

Accessibilité : Facile Libre **Autorisation préalable :** Non **Site payant :** Non
Itinéraire d'accès : Le point de vue 1 est situé en bord de route. Le stationnement, pouvant accueillir un bus, se fait près du monument aux morts, de l'autre côté du pont de la Véna. Le point de vue 2 est aussi accessible car situé en bord de route. Le point de vue 3 est un belvédère accessible après 150 mètres de marche depuis Villard-Reculas (un parking est présent). Pour accéder à la zone de dépôt d'écroulement de Versaire, en arrivant de l'amont, passer le pont de la Véna, tourner directement à droite comme pour rejoindre la carrière mais continuer à remonter la Romanche en rive droite. S'arrêter après l'installation EDF et aller constater la « butte de Versaire » qui soutient un poteau électrique. Autour de cette butte et derrière elle (entre le versant et la butte), d'autres formes se détachent, avec des mégablocs et des paléo-chenaux bien visibles.

Description géologique

Description géologique : La "plaine" actuelle de Bourg d'Oisans correspond au comblement de l'ancien Lac Saint-Laurent, contrôlé par le barrage composite formé en aval par les cônes de déjection de l'Infernet et de la Vaudaine situés face à face, de part et d'autre de la vallée, utilisant un couloir de faille en roches cristallines recoupant perpendiculairement l'axe de la vallée de la Romanche. Ces cônes semblent venir s'adosser à la structure plus massive du dépôt d'écroulement de Versaire, apparemment issu de la niche d'écroulement actuellement visible sur le flanc sud du Pic de la Fare. Ce lac s'e serait vidangé et reconstitué à plusieurs reprises dans l'histoire au gré des ruptures et reconstitutions du barrage liées notamment à la fréquence et à la puissance des coulées de laves torrentielles affectant les deux bassins versants. La reconstitution du barrage la plus récente reconnue historiquement date de 1191. Elle est à l'origine de la dernière vidange majeure, celle correspondant à la débâcle de 1219 qui inonda la ville de Grenoble où elle fit de nombreuses victimes. A l'échelle de l'ensemble du site concerné par l'événement de 1219, on observe actuellement d'amont vers l'aval : la plaine de Bourg-d'Oisans correspondant au comblement alluvial de l'ancien lac de Saint-Laurent, positionné dans un ancien ombilic glaciaire ; le chaos de l'écroulement de Versaire en partie comblé et remanié par les crues de la Romanche, ainsi que les terrasses de débâcles associées (observables jusqu'à plusieurs km à l'aval, au-delà de Rioupéroux (terrasse de Salignière)) ; les cônes de déjection des torrents de la Vaudaine et de l'Infernet, fortement incisés et remaniés.

Code GILGES : Géomorphologique, Grotte, Volcans, Cascades, Paysage, Forme d'érosion, Fijords, Karst

Coupe géologique : Non **Phénomène géologique :** Coulée sédimentaire

Âge du phénomène	Age millions d'années	Niveau stratigraphique du terrain	Age millions d'années
Récent : Historique	0.008	**Récent :** Actuel	0
Ancien : Holocène	0.01	**Ancien :** Holocène	0.01

Commentaire sur la description géologique : Le site fait l'objet de nouvelles études géomorphologiques menées par l'Université de Grenoble-Alpes (C. L'Hutereau et Ph. Schoeneich) depuis 2019 sur la base de données MNT Lidar à haute résolution et de datations radiométriques selon la méthode des isotopes cosmogéniques, dont les premiers résultats ont alimenté la mise à jour de cette fiche.

Intérêts

Intérêt géologique principal : Géomorphologie
Observation et étude des vestiges morpho-sédimentaires d'un phénomène de débâcle lacustre catastrophique historique, lié à la rupture d'un ancien barrage naturel formé par obstructions gravitaires et torrentielles. Observation des dépôts et paysages corrélatifs en amont (remplissage de l'ancien lac Saint Laurent correspondant à la plaine de Bourg d'Oisans) et en aval (terrasses de débâcles et méga-blocs charriés dans le couloir de Livet).

Intérêt(s) géologique(s) secondaire(s)

Tectonique / Les deux talwegs suivent une faille en décrochement probablement encore active. Le cône de la Vaudaine est alimenté par la purge d'un dièdre (site 2) limité par deux failles E-W relayant en transtension le décrochement N-S précédent. Signalons que l'ensemble de la plaine de Bourg d'Oisans, à partir du pont de la Véna, montre un affaissement actuel atteignant les 2 mm/an.

Ressources naturelles / Le cône de la Vaudaine a fait l'objet d'aménagements de prévention contre les coulées torrentielles : plage de dépôt et digue. Les alluvions ainsi collectées sont exploitées (granulats).

Rareté du site : Nationale

Intérêt(s) pédagogique(s)

Pour les étudiants / Le site est bien accessible et les éléments morphologiques en place sont encore suffisamment visibles pour en permettre la lecture, mais ils sont dégradés : végétation abondante sur les cônes de déjection, aménagement d'une plage de dépôts sur le cône de la Vaudaine (qui montre par ailleurs toute la dangerosité du torrent). Ce site est un support intéressant, notamment au niveau universitaire, pour la pédagogie des risques naturels. Ce site est à coupler avec les Ruines de Séchilienne situées plus en aval, puisqu'il est le principal "modèle" utilisé lors de la découverte de l'instabilité de la paroi des Ruines en 1982.

Intérêt(s) annexes(s)

Histoire / La vidange brutale du lac Saint Laurent, qui s'est produite dans la nuit du 14 au 15 septembre 1219, est l'une des plus grosses catastrophes naturelles documentée dans les Alpes. Fait rare pour un évènement aussi ancien, pas moins de 4 archives historiques décrivent l'ampleur de cette catastrophe.

Evaluation de l'intérêt patrimonial du site

	Note	Pondérée	Coeff.
Géologique principal	2	8	4
Géologique secondaire	2	6	3
Pédagogique	2	6	3
Histoire des sciences	1	2	2
Rareté du site	2	4	2
Etat de conservation	3	6	2
Total		32	

Nombre d'étoiles attribuées à l'intérêt patrimonial du site.
***

Intérêts pour l'histoire de la géologie : Le site a été étudié dès fin19e (Breton) et début 20e s. (R. Blanchard, A. Allix) et a servi de modèle conceptuel et explicatif pour les risques et phénomènes catastrophiques de débâcle par vidange brutale de lac de barrage naturel d"origine gravitaire.

Intérêts touristiques et économiques : Dans un contexte d'ancienne vallée industrielle en reconversion, intérêt des collectivités locales pour la valorisation touristique et patrimoniale des sites permettant d'évoquer les risques naturels locaux à travers les âges.

Vulnérabilité / Besoins de protection

Vulnérabilité du site

Menace anthropique actuelle

En 2019-20, une partie du pied du cône de la Vaudaine (partie distale aval) est creusée pour les travaux de réfection du pont de la Véna.

Menace anthropique prévisible

Pas de menace prévisible supplémentaire (travaux d'exploitation et de correction sur la Vaudaine) pour les cônes de déjection, mais le véritable problème ce sont les blocs déposés dans tout le couloir de Livet qui disparaissent petit à petit suivant l'occupation anthropique.

Vulnérabilité naturelle

Aucune

Evaluation du besoin de protection du site

	Note	
Intérêt patrimonial	3	**Commentaire sur la protection** : L'enjeu principal de protection réside dans la conservation des blocs témoins de la débâcle de 1219 à l'amont et surtout à l'aval du Pont de la Véna (couloir de Livet-Gavet)
Vulnérabilité naturelle	0	
Menaces anthropiques	1	
Protection effective	3	
Total	7	

Suivi de protection / conservation

(non renseigné)

Statuts

Statut propriétaire :
Statut gestionnaire :
Commentaire : Privé et public (pour le cours d'eau).

Protection effective du site

Statuts de protection

(non renseigné)

Inventaire

(non renseigné)

Sources

Auteur(s)

CRPG Auvergne-Rhône-Alpes
HOBLEA Fabien / Edytem-USMB
J.CHEVALIER

Contributeur(s)

AMELOT François
MENARD Gilles
L'HUTEREAU Camille / UGA - M2 Géosphères

Historique des modifications de la fiche

Le 06/09/2016 par saisierha@brgm.fr (Création)
Le 01/06/2017 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/06/2017 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 16/06/2017 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 05/12/2017 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 22/12/2017 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 18/01/2018 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 16/02/2018 par csrpn_vr_rha@brgm.fr (Validé régional)
Le 30/05/2018 par saisierha@brgm.fr (Modification, Non contrôlé régional)
Le 17/01/2019 par csrpn_vr_rha@brgm.fr (Validé régional)
Le 26/07/2019 par saisierha@brgm.fr (Modification, Non contrôlé régional)
Le 01/08/2019 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 16/10/2019 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 21/02/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)
Le 01/03/2020 par saisierha@brgm.fr (Modification)

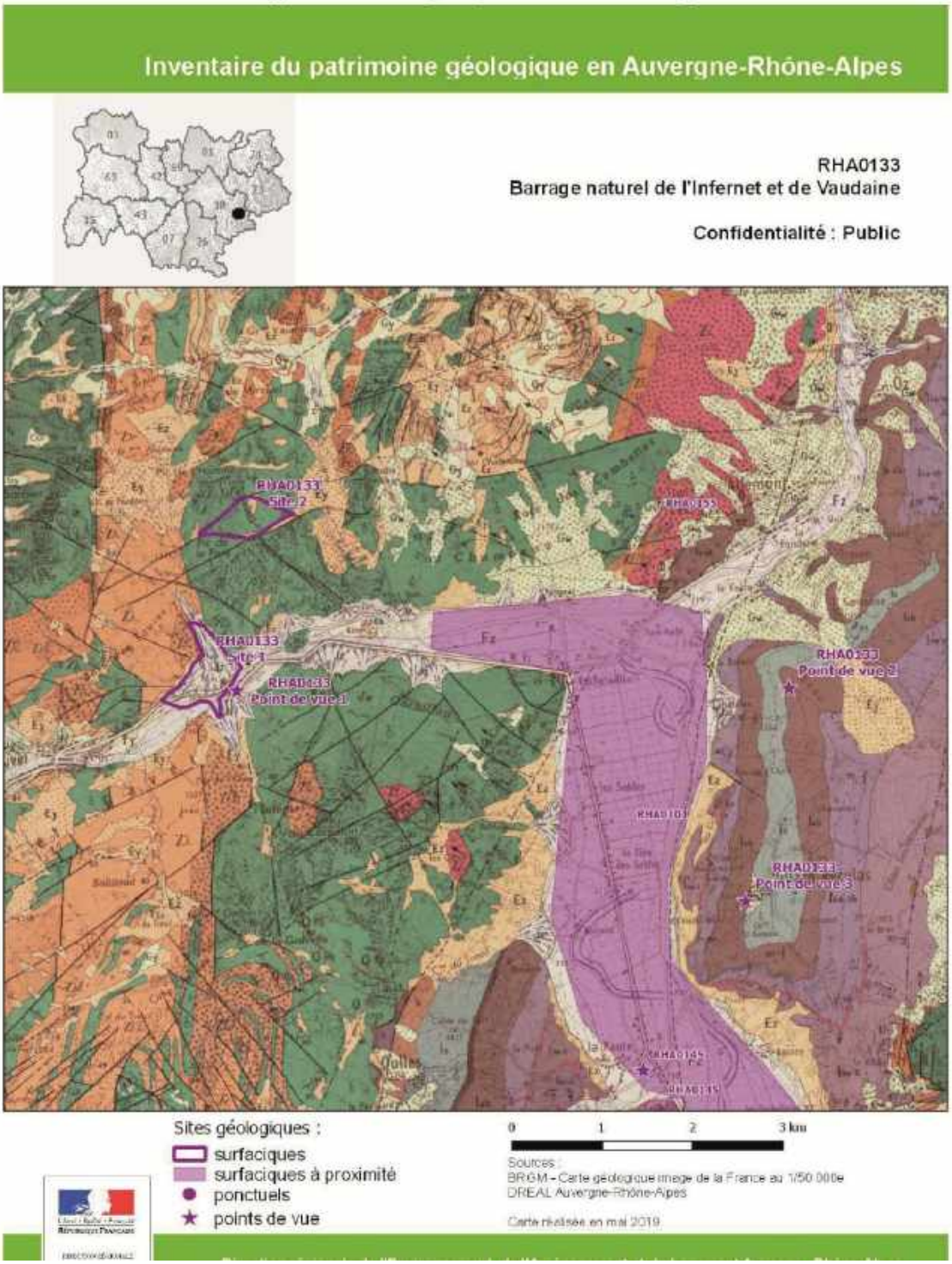
Bibliographie

Auteur(s)	Titre	Référence	Année publication
Breton, P.	Mémoire sur les barages de retenue des graviers dans les gorges des torrents.	Paris: Dunod. BU Science Grenoble.	1867
Bailly-Maître M.C., Monjuvent G., Mathoulin V.	Les quatre anciens lacs de l'Oisans, (Alpes françaises du Nord), Revue de géographie alpine, n°1		1997

Auteur(s)	Titre	Référence	Année publication
	http://sinderal.com/ beaucroissant.htm		
Berlioz, J.	Catastrophes naturelles et calamités au Moyen Age.	Florence: Edizioni del Galluzzo.	1998
BLANCHARD R.	Le lac de l'Oisans, Revue des Alpes Dauphinoises, p. 2 - 23.		1913
Bardin, W.	Reconstitution de la débâcle historique de 1219, due à la vidange du lac Saint Laurent en Oisans suite à la rupture de son barrage naturel.	Institut de Géographie Alpine, Grenoble.	2009
Groleau, A.	Géomorphologie et dynamique torrentielle à l'entrée du couloir de Livet et dans le bassin de la Petite Vaudaine (Géomorphologie).	Université Joseph Fourrier, Grenoble.	2004
Chardon, M.	Itinéraire Grenoble—Briançon : La vallée de la Romanche, l'Oisans et le Briançonnais. Vallées intra-alpines et milieux de haute montagne.	Revue de Géographie Alpine, 76 (2), pp.147-193.	1988
Boutaric, J.-J.	Le grand déluge de Grenoble en 1219.	Médecine de Catastrophe - Urgences Collectives, (3), pp. 233-241.	2000
Allix, A.	Un pays de haute montagne - L'oisans étude géographique. Chapitre IV - Les Eaux.	Lafitte Reprints, Marseille, pp. 190-202	1929
Coeur, D.	Cas du Lac d'Oisans (Vallée de la Romanche) —Eléments historiques.	Grenoble: Laboratoire TEO UMR 5038 CNRS (p. 31)	2004
MATHOULIN V.	La plaine de l'Oisans et le couloir de Livet, Géologie, Paléogéographie, Chronologie, Hydrogéologie. Recherche des données géologiques sur l'existence du lac de l'Oisans		1989
	http://www.revues.org/ calenda/nouvelle612.html		

Documents

Carte_scan_geol_RHA0133.jpg
Carte géologique
/applications/www/igeotope-data/RHA0133/file_2



Carte_scan100_RHA0133.jpeg

Localisation du site

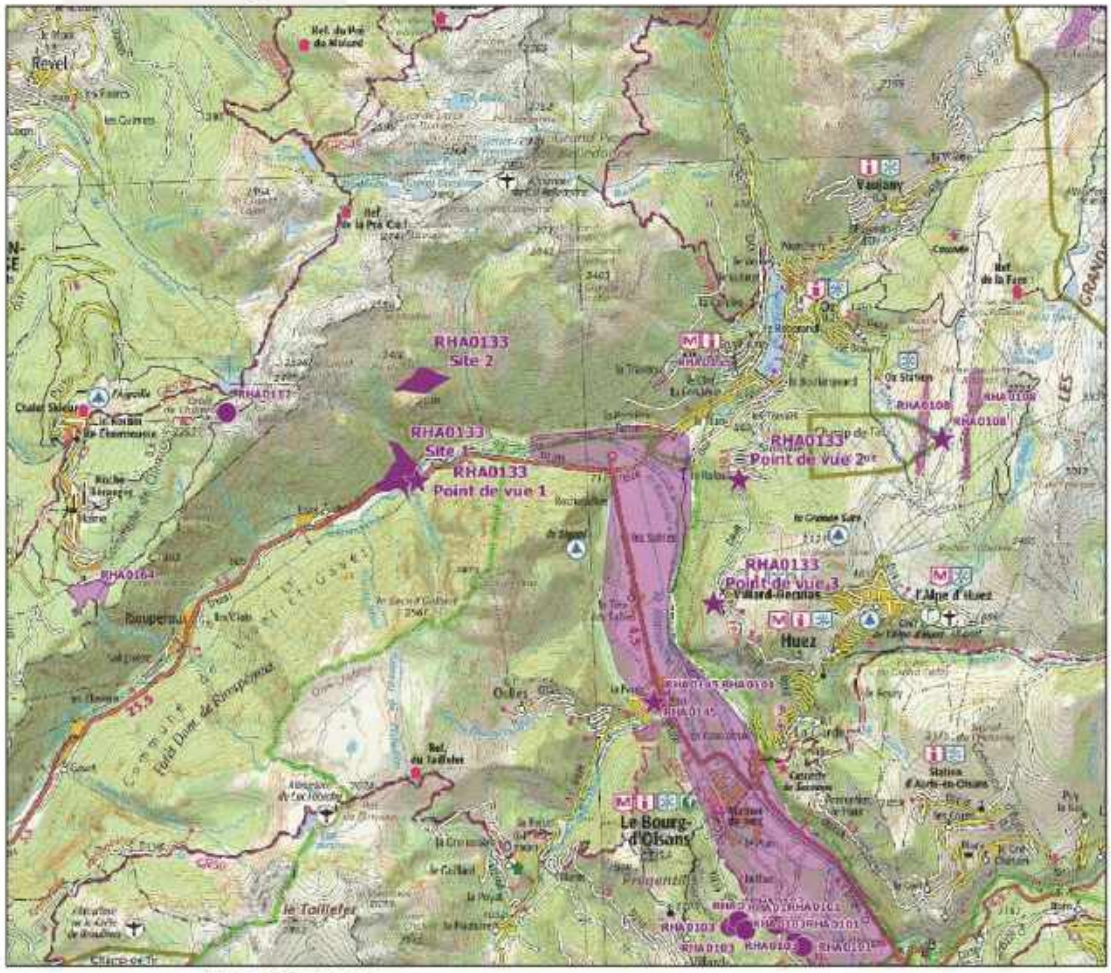
/applications/www/igeotope-data/RHA0133/file_3

Inventaire du patrimoine géologique en Auvergne-Rhône-Alpes

RHA0133

Barrage naturel de l'Infernet et de Vaudaine

Confidentialité : Public



Sites géologiques :

- surfaciques
- ponctuels
- points de vue

0 1 2 3 km

Format A4 - échelle 1/100 000è

Carte réalisée en juillet 2019

Sources :
IGN Protocole IGN/MEDDTL SCAN 100
DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (2019)

RESUME

La débâcle de l'Oisans est la cause de l'inondation de Grenoble en 1219. Cet événement historique a été raconté par quatre auteurs anciens, et ré-étudié par les historiens, les géologues, les géographes et les géomorphologues des XXème et XXIème siècles. Pourtant, alors que la catastrophe fêtait ses 800 ans en septembre 2019, les nombreuses études à son sujet ne présentent que des constats extrêmement textuels. Ils ne donnent que très peu de précisions sur les dimensions et les éléments physiques du phénomène. La catastrophe a pourtant laissé des traces dans le paysage qu'elle a traversé. Depuis la plaine de Bourg d'Oisans jusqu'au couloir de Livet en passant par le lieu dit du Pont de la Véna, la ré-analyse a tenté de retrouver assez d'indices géomorphologiques pour apporter de nouveaux éclairages à des questions jusqu'ici en suspens. Bien que mettant l'accent sur la compréhension d'une catastrophe particulière, c'est une volonté de questionner la place des catastrophes dans la géomorphologie et les études sur les risques. Depuis l'acceptation de certains aspects du catastrophisme jusqu'à la notion émergente de géopatrimoine en passant par les nouvelles méthodes du géomorphologue et les caractérisations par l'exemple de phénomènes morphogènes, ce mémoire fait valoir la plus-value théorique que peut apporter une ré-analyse, tout en affermissant concrètement le scénario de la catastrophe. Il est mis en évidence l'enchainement de processus gravitaires mixte (torrentiel et écroulement) menant à la débâcle de l'Oisans ainsi que l'impact morphogène d'un tel flux sur le Couloir de Livet.

MOTS CLEFS

Débâcle, Catastrophe ancienne, Géomorphologie, Terrasses de débâcle, Géopatrimonialisation, Datations C14, Ré-analyse, Réaction en chaîne, Oisans, Grenoble, Inondation

ABSTRACT

The Oisans lake collapse caused Grenoble 1219 Flood. This historic event was first described by four former authors of the 13th century, then re-studied by historians, geologists, geographers and geomorphologists of the 20th and 21st centuries. However, as the disaster celebrated its 800th anniversary in September 2019, all the studies about it deal only with extremely textual observations. There are no dimensions or physical elements about the phenomenon. Nevertheless, the disaster marked the landscape it crossed. The re-analysis tries to find enough geomorphologic clues to provide new explanation**s** about the event progress. Through the re-analysis the aim of the study is also to question the place of disasters in geomorphology and risks studies. Reflections about acceptation of some aspect of catastrophism, geoheritage concept, new geomorphologic methods of investigation and example of a morphogenetic hazard are included in this work, to show how much a re-analysis could be interesting and useful. The new point of view highlights the complexity of the event, the cascading effects which lead to the flood in Grenoble and the hydraulic cataforms modeled by the water on the Livet passage.

KEY-WORDS

Lake collapse, Natural disaster, Geomorphology, Hydraulic cataforms, Geoheritages, Radiocarbon dating, Re-analysis, Cascading effects, Oisans, Grenoble, Flood