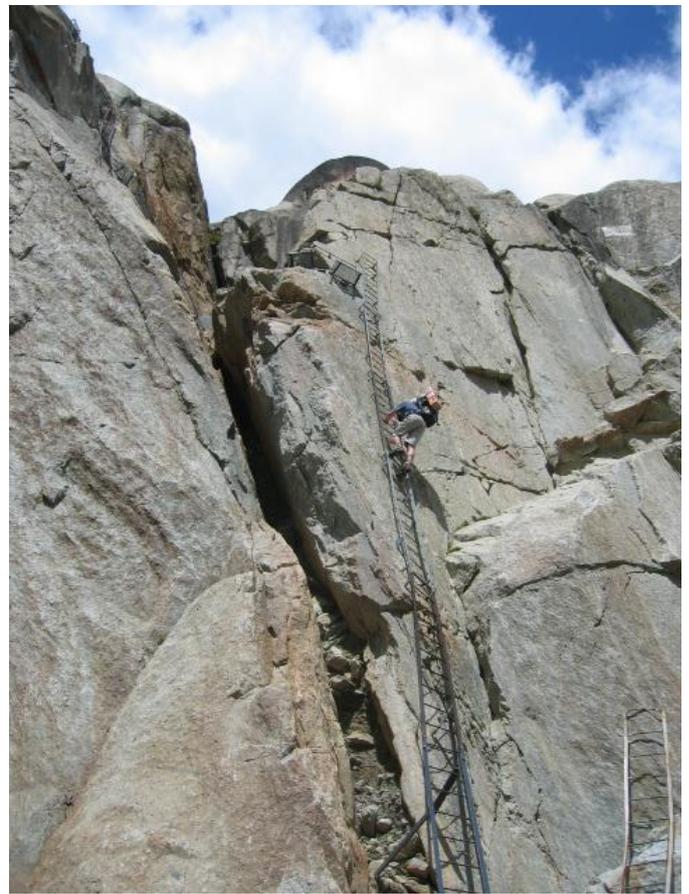
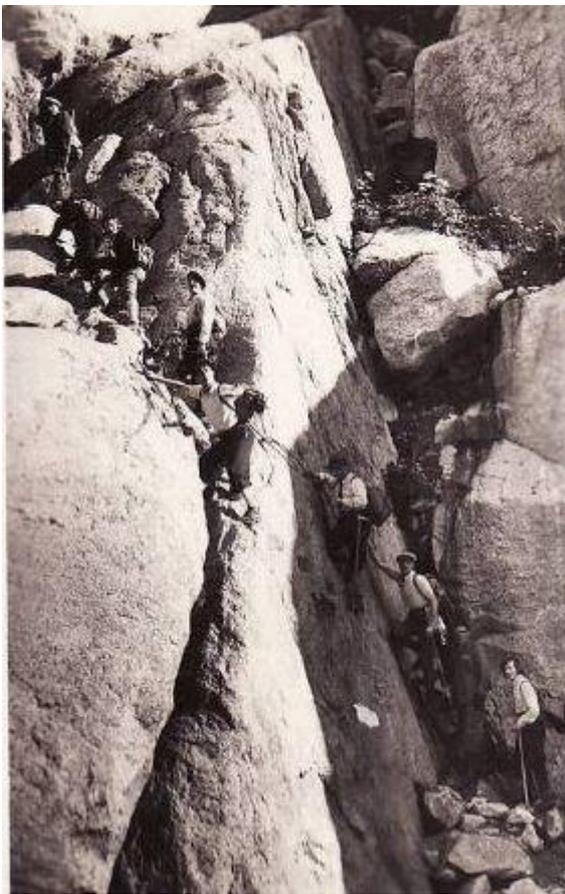
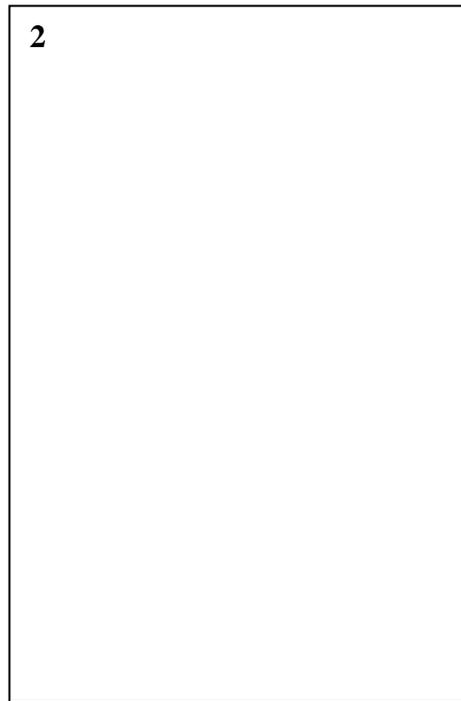
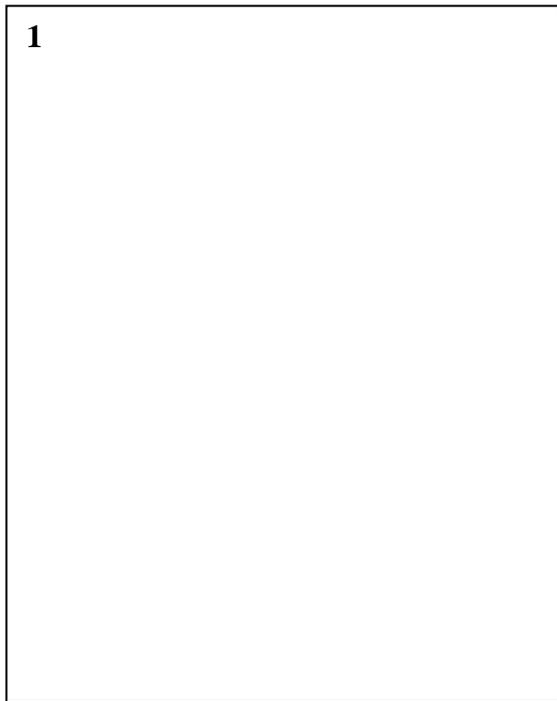


Evolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace (massif du Mont Blanc) depuis le début du XXe siècle



Jacques Mourey
Master 1 STADE



1 : Le passage des Egralets au début du XXe siècle (www.Delcampe.fr).

2 : Le passage des échelles des Egralets en 2008 (Service des Pistes et Sentiers de la Communauté de Commune de la Vallée de Chamonix)

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier Ludovic Ravanel, mon directeur de mémoire, pour sa disponibilité, son humeur toujours motivante, ses remarques et conseils avisés ainsi que sa confiance accordée dans le cadre de ce travail.

Merci également à Philip Deline et Christophe Gauchon, évaluateurs de ce mémoire et membres du jury.

L'essentiel du travail effectué reposant sur des documents historiques, je remercie Sandrine Becel des Archives Municipales et de la Maison de la Mémoire et du Patrimoine de Chamonix, Laure Decomble du Musée Alpin de Chamonix, l'Association des Amis du Vieux Chamonix, François Viroulet de la bibliothèque de l'ENSA et Nicole Ramel-Azzolin de la cartothèque du Bourget du Lac pour leur grande disponibilité et leur aide précieuse.

Je tiens aussi à remercier toutes les personnes suivantes pour m'avoir prêté des cartes et des ouvrages ou pour avoir acceptées de partager des données avec moi : P. Belmont, J. Berthet, P. Blaire, A. Bessot, M. Gardent, N. Perrel et G. Ravanel.

Merci également aux guides, gardiens de refuges et agents du service des pistes et sentiers de Chamonix qui ont pris de leur temps pour me rencontrer et répondre à mes nombreuses questions.

Merci à la famille Duvillard et tout particulièrement à Denise pour m'avoir toujours accueilli à bras ouverts lors de mes séjours à Chamonix, pour ce travail ou, pour toutes mes « dérives » aux Grands-Montets et au Brévent !

Merci à Marion, Mathilde, Marie P., Marie B. et Lolita d'avoir accepté de corriger l'orthographe de ce mémoire...

Une pensée particulière va aux fidèles et indispensables Marie, P.A. et Quentin, souvent loin mais toujours présents !!

Pour terminer, mes plus profonds remerciements vont à mes parents pour avoir été des relecteurs avisés mais surtout pour leur présence et leur soutien que je sais résistants à toutes les épreuves.

Une pensée toute particulière à Louis et Jean-Louis Loutan pour m'avoir prêté des ouvrages mais surtout pour m'avoir donné la passion de la montagne, qui s'aiguise de plus en plus.

Résumé

En même temps qu'évolue la haute montagne face au réchauffement climatique, les itinéraires d'accès aux refuges sont susceptibles de connaître d'importantes modifications. Ce mémoire de Master 1 retrace l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges de l'emblématique bassin de la Mer de Glace depuis plus d'un siècle, pour mieux comprendre les modalités et les raisons de leurs évolutions successives.

La composition d'un corpus documentaires et son analyse ainsi que la réalisation d'une série d'entretiens semi-directifs et le traitement de modèles 3D à haute résolution constituent les principales méthodes mises en œuvre dans ce travail.

Les modifications de localisation et de qualité des itinéraires ont ainsi été retracées depuis le début du XXe siècle. Elles s'expliquent en grande partie par l'évolution des milieux de haute montagne face au réchauffement climatique et par des choix politiques d'aménagement de la montagne.

Mots clés : Haute montagne, refuges, changements d'itinéraires, dynamiques glaciaires et paraglaciaires, Mer de Glace

Abstract

While high mountain environments are evolving due to global warming, huts access may know important modifications. The aim of this Master thesis is to retrace the evolution of the itineraries that leads to the high mountain huts of the well-known Mer de Glace area over the last 150 years. The objective is also to understand the modalities and the reasons that explain those evolutions.

The composition of a documentary corpus and its analysis, interviews and the processing of 3D high resolution models are the main methods that have been used for this work.

The modifications of localization and quality of the itineraries have been retraced since the beginning of the XXth century. They are mostly due to the evolution of high mountain environments because of the global warming and political choices also must be taken into account.

Key words : High mountain, huts, itineraries change, glacial and paraglacial dynamics, Mer de Glace

Sommaire

Remerciements.....	1
Résumé/ <i>Abstract</i>	2
Sommaire.....	3
Sigles et abréviations.....	4
Introduction.....	5
Partie I : Cadre de recherche et terrain d'étude.....	7
I.1. Changements climatiques et évolution de la haute montagne.....	7
I.2. La Mer de Glace, un haut lieu de l'alpinisme.....	9
I.3. Les refuges et leurs itinéraires d'accès dans le massif du Mont-Blanc.....	14
Conclusion partie I.....	18
Partie II : Méthodologies et outils pour l'analyse de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.....	19
II.1. Recherche de documents historiques et constitution d'un corpus documentaire.....	19
II.2. Application et croisement de méthodes d'analyse.....	21
II.3. Entretiens semi-directifs, méthode et limites.....	27
II.4. Le balayage laser terrestre longue portée : un outil de mesure à haute résolution.....	28
Conclusion partie II.....	31
Partie III : Résultats.....	33
III.1. Descente sur la Mer de Glace depuis le Montenvers (1913 m).....	34
III.2. Refuge de la Charpoua (2841 m).....	40
III.3. Refuge du Couvercle (2687 m) par les Egralats.....	47
III.4. La liaison refuge du Couvercle – refuge de Leschaux (2431 m) par le glacier de Talèfre.....	50
III.5. Refuge de Leschaux.....	57
III.6. Refuge du Requin (2523 m).....	61
III.7. La liaison refuge du Requin – refuge de l'Envers des Aiguilles (2523 m) par le glacier du Tacul.....	66
III.8. Le refuge de l'Envers des Aiguilles par les échelles de Trèlaporte.....	69
Conclusion Partie III.....	73
Partie IV : Des évolutions conditionnées par le retrait glaciaire ?.....	75
IV.1. Bilan des processus géomorphologiques impliqués dans l'évolution des itinéraires.....	75
IV.2. Une séquence paraglaciale comme cadre géomorphologique ?.....	77
IV.3. Quels constats et hypothèses sur l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace ?.....	79
Conclusion générale et perspectives de travail.....	83
Table des matières.....	85
Table des figures.....	87
Références bibliographiques.....	90
Références sitographiques.....	92
Références cartographiques.....	93
Annexe.....	94

Sigles et abréviations

CC : Communauté de Commune

EDYTEM : Environnement, Dynamiques et Territoires de la Montagne

GPS : *Global Positioning System* (système de positionnement par satellites)

IGN : Institut Géographique National

LiDAR : *Light Detection and Ranging* (technologie de télédétection ou de mesure optique basée sur l'analyse des propriétés d'une lumière laser renvoyée vers son émetteur)

MAAT : *Mean Annual Air Temperature* (température moyenne annuelle de l'air)

MNT : Modèle Numérique de Terrain

PAG : Petit Âge Glaciaire

SIG : Système d'Information Géographique

Introduction

Dans le contexte actuel de réchauffement climatique, la haute montagne alpine est l'objet de nombreuses et profondes modifications. La plus visible dans le paysage est sans nul doute la fonte des glaciers, par leur perte d'épaisseur et le retrait de leur front. Mais d'autres phénomènes d'importance se produisent également, telle la dégradation du permafrost, c'est-à-dire le réchauffement des terrains gelés en permanence.

Il résulte de ces évolutions des déséquilibres géomorphologiques des versants qui se traduisent par de nombreux processus gravitaires ; eux-mêmes expressions de la transformation dynamique des milieux et des paysages de haute montagne.

Pour les sociétés humaines, ces processus et la transformation des milieux de haute montagne qui en découle obligent à une adaptation. Les itinéraires d'accès aux refuges de haute montagne et les voies d'alpinisme sont tout particulièrement touchés par ces transformations et doivent donc être gérés.

Bien que de plus en plus forte, la prise de conscience autour de cette problématique n'est qu'assez récente, ce qui explique la faible quantité d'études consacrées. Parmi les premières dispositions, la Région Autonome Vallée d'Aoste a piloté le projet EU Alcotra « Eco-innovation en altitude » centré sur la gestion des refuges et cabanes de haute montagne ainsi que de leurs voies d'accès dans le contexte du changement climatique. Ainsi, entre 2013 et 2014, Savoie, Haute-Savoie, Vallée d'Aoste et Valais ont mis en place une démarche de gestion environnementale exemplaire, durable et efficace des structures d'accueil en altitude.

Dans le même temps, un travail de Master a été mené par J. Strecker à l'Université de Lausanne (Strecker, 2015), sur l'évolution récente de la haute montagne alpine et ses effets sur la pratique de l'alpinisme dans la région d'Arolla (VS). Un champ d'étude et de recherche est né !

Afin d'avancer dans la compréhension de la relation entre l'évolution des milieux naturels de haute montagne et les pratiques qui s'y développent, ce travail de recherche a pour objectif de retracer l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace (Chamonix, massif du Mont Blanc) depuis le début du XXe siècle. Leur vulnérabilité en sera d'autant mieux comprise et des stratégies de gestions adaptées pourront être mises en place. Ce travail a aussi une portée patrimoniale dans le sens où tout un pan de l'histoire des pratiques dans le bassin de la Mer de Glace a été reconstruit et écrit.

L'étude porte spécifiquement sur le bassin de la Mer de Glace car il présente de nombreux avantages : i) les glaciers du bassin sont particulièrement bien étudiés - et ce depuis la fin du XIXe siècle - et beaucoup de données sont disponibles ; ii) il s'agit d'un haut lieu de l'alpinisme, fréquenté depuis plus de deux siècles ; iii) il dispose de 5 refuges, construits depuis le début du XXe siècle, qui bénéficient d'une accessibilité privilégiée grâce au train du Montenvers ; iv) il y est assez aisé d'y conduire un travail de recherche historique car de nombreux documents d'archives sont disponibles localement.

Ce mémoire s'organise en quatre parties. La première présente le cadre de recherche et le terrain d'étude. La seconde décrit les méthodes mises en œuvre. Ensuite, la troisième partie présente l'évolution de chacun des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace. Au total, 8 secteurs ont été étudiés. Enfin, la quatrième partie fait le bilan des phénomènes géomorphologiques concernés dans l'évolution des itinéraires et un cadre conceptuel en est tiré.

Partie I : Cadre de recherche et terrain d'étude

I.1. Changements climatiques et évolution de la haute montagne

I.1.1. Évolution du climat dans les Alpes depuis la fin du PAG

Selon les données de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), l'année 2014 a été l'année la plus chaude à l'échelle du globe depuis le début des relevés en 1880. Ce constat avait déjà été fait pour les années 1998, 2002, 2003, 2005 et 2010. Ces années de plus en plus chaudes sont le résultat d'une augmentation de la température moyenne mondiale de 0,85°C entre 1880 et 2012 (IPCC, 2014). Si la hausse des températures est étudiée sur la période 1855 – 2005, elle est de 0,045°C par décennies. Mais, si on se concentre sur la période 1981 – 2005, cette hausse est de 0,177°C par décennies (Fig. I.1.) ; le réchauffement se fait donc de plus en plus rapidement.

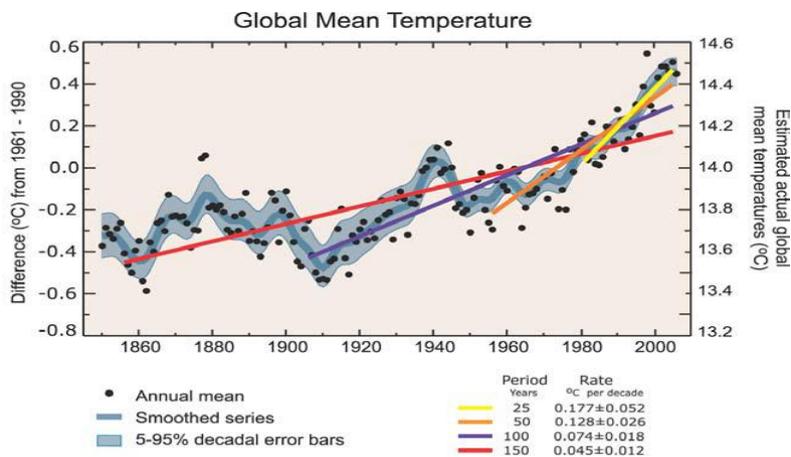


Figure I.1. – Température annuelle moyenne mondiale observée (points noirs) et lissée (courbe bleue). Les tendances linéaires pour les 25, 50, 100 et 150 dernières années sont indiquées et correspondent aux périodes 1981-2005, 1956-2005, 1906-2005 et 1855-2005. Source : IPCC, 2007.

Cette hausse des températures est observée partout dans le monde, avec des écarts plus ou moins importants autour de cette moyenne. Les zones de hautes latitudes et de hautes altitudes de l'hémisphère Nord sont plus sensibles à ce réchauffement climatique (Beniston, 2005). Dans les Alpes, la température moyenne annuelle de l'air a augmenté de plus de 1,5°C entre 1906 et 2005 (Beniston, 2005), malgré deux périodes de refroidissement à la fin des années 1930 et pendant les années 1960 et 70 (Beniston *et al.*, 1994). Pour les Alpes françaises, la température moyenne a augmenté de 0,9°C entre 1901 et 2000 (ClimChAlp, 2008) (Fig. I.2.).

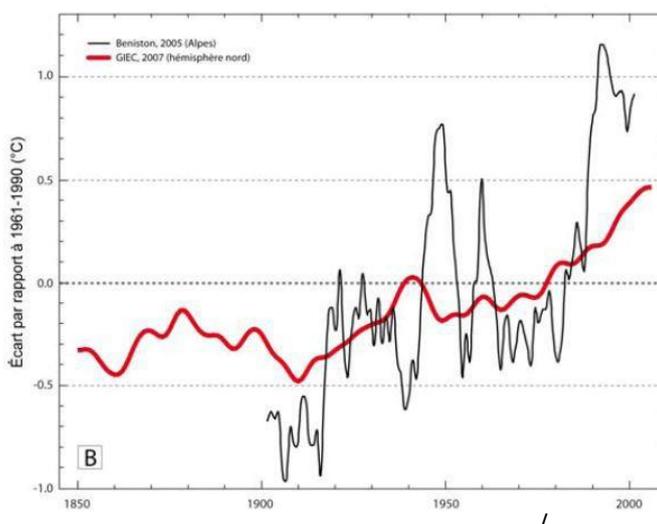


Figure I.2. – Évolution de l'écart des MAAT (Mean Annual Air Temperature) par rapport à la moyenne de la période 1961 – 1990 dans l'hémisphère Nord et dans les Alpes pour la période récente. Source : Ravel, 2010

Les Alpes sont donc une région particulièrement touchée par le réchauffement climatique. Il en résulte un ensemble de réponses de la part des milieux de haute-montagne.

I.1.2. Impact du changement climatique sur la haute montagne

I.1.2.1. Retrait généralisé des glaciers dans les Alpes depuis la fin du PAG

Depuis la fin du PAG, la quasi-totalité des glaciers dans le monde sont en décrue (Gardent, 2014). Dans les Alpes, ce retrait glaciaire est généralisé depuis le milieu du XIX^e siècle en dépit de 3 courtes périodes d'avancée : les années 1880, 1920, et 1970-1980 (Gardent, 2014). Dans les Alpes françaises, depuis la fin du XIX^e siècle, les glaciers ont perdu la moitié de leurs superficie en passant de 534 km² à la fin du PAG, à 348 km² en 1967-1971 pour terminer à 263,5 km² en 2006-2009 (Gardent, 2014).

Cette décrue glaciaire s'illustre aussi par une importante perte de longueur. La Figure I.3. illustre cette tendance à travers l'exemple de 5 glaciers alpins dont 4 en France. Le retrait de leur front entre 1880 et 2000, est compris entre 700 et 2200 m.

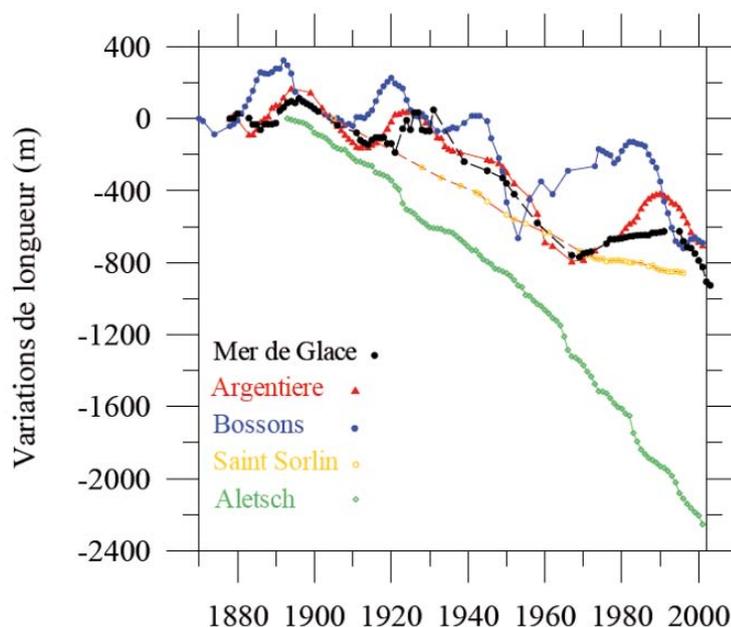


Figure I.3. – Variation de longueur des glaciers d'Aletsch (Suisse), des Bossons, d'Argentière, de la Mer de Glace et de Saint Sorlin (France). Source : Vincent, 2010.

Concernant la masse des glaciers, les mesures de bilans de masse qui font le rapport entre accumulation et ablation indiquent une perte au cours du XX^e siècle qui s'accélère depuis les années 1980. D'après les bilans de masse de 10 glaciers alpins (Gardent, 2014), le bilan de masse spécifique annuel moyen entre 1980 et 2009 est de -825 mm équivalent en eau mais cette perte apparaît près de 3 fois plus importante au cours de la décennie 2000 qu'au cours des années 1980.

La perte d'épaisseur de certains glaciers a aussi été significative. D'après les données du programme GLACIOCLIM, le glacier d'Argentière a par exemple perdu 80 m d'épaisseur entre 1994 et 2013 à 1900 m d'altitude. A même altitude, la Mer de Glace a perdu 145 m d'épaisseur entre 1890 et 2013.

Cette fonte générale des glaciers alpins depuis la fin du PAG se fait de plus en plus rapide et intense depuis les années 1990. Pour les massifs du Mont-Blanc, de la Vanoise et des Écrins, le retrait glaciaire est 2,4 fois plus rapide entre 1967-1971 et 2006-2009 qu'entre la fin du PAG et 1967-1971 (Gardent, 2014).

I.1.2.2. Dégradation du permafrost alpin

Le permafrost alpin - soit un état thermique du sol caractérisé par une température négative pendant au moins deux années consécutives - est généralement présent dans les Alpes de façon continue à partir de 3300m d'altitude (altitude moyenne de l'isotherme -8.5°C) (Ravanel, 2010). Sa répartition (continu, discontinu, sporadique) et ses caractéristiques (épaisseur de la couche active notamment), sont contrôlées par deux principaux flux thermiques : le flux géothermique de la Terre (faible mais constant) et la température atmosphérique (éventuellement forte mais saisonnièrement). La température de l'air augmentant dans les Alpes, le permafrost alpin a tendance à se dégrader, selon trois modalités (Bodin, 2007) : i) le réchauffement des parties superficielles du permafrost et l'approfondissement de la couche active ; ii) le réchauffement du corps du permafrost ; iii) le réchauffement de la base du permafrost et donc remontée de la limite inférieure du permafrost.

Les modalités de dégradation du permafrost alpin sont très complexes car conditionnées par un ensemble de facteurs : la couverture neigeuse, la topographie, la nature du terrain, etc.

D'après le rapport technique de l'ONERC (2008), en réaction au réchauffement climatique depuis les années 1980, le taux annuel de fonte de la glace contenue dans le permafrost alpin semble avoir plus que doublé depuis les années 1970.

I.2. La Mer de Glace, un haut lieu de l'alpinisme

I.2.1. Le plus grand glacier français et son évolution récente

I.2.1.1. Présentation

Le bassin de la Mer de Glace (massif du Mont-Blanc, Haute-Savoie, France) se développe sur 75 km². Au sens strict, la Mer de Glace se forme par la confluence du glacier du Tacul et du glacier de Leschaux vers 2100 m d'altitude. Il s'étend ensuite sur 4,5 km de longueur, son front se situant, en 2011, à 1520 m d'altitude, en aval du Montanvers (Le Roy, 2012). Lorsque le glacier descendait jusque dans la vallée de Chamonix, on parlait du glacier des Bois.

Au sens large, la Mer de Glace correspond à un appareil glaciaire beaucoup plus vaste qui intègre en plus des glaciers du Tacul et de Leschaux, le glacier des Périades, le glacier de la Noire, le glacier du Géant, la Vallée Blanche, le glacier d'Envers du Plan et le glacier du Mont Mallet (Fig. I.4.). Cet ensemble, d'une superficie de 30,4 km² (en 2008) et d'une longueur de 12 km, fait de la Mer de Glace au sens large le plus grand glacier français. A l'échelle de l'arc Alpin, il est le troisième plus grand derrière le glacier d'Aletsch et celui du Gorner (Suisse).

Un second ensemble de glaciers ne confluant plus avec la Mer de Glace est aussi à prendre en compte. Le plus vaste est le glacier de Talèfre qui confluaient avec le glacier de Leschaux jusqu'à la fin des années 1940 (Perrel, 2013), suivi du glacier d'Envers de Blaitière déconnecté du glacier du Tacul depuis 2010. 9 autres glaciers isolés sont aussi présents dans le bassin. En rive droite de la Mer de Glace, d'aval en amont : le glacier des Grands Montets (une partie), du Nant-Blanc, des Drus, de la Charpoua, du Moine et de Pierre Joseph. Sur le contrefort nord de l'Aiguille du Tacul : le glacier des Capucins et, en rive gauche, d'aval en amont, le glacier de la Thendia et le glacier de Trélaporte.

I.2.1.2. Évolution de la Mer de Glace depuis 150 ans

L'année 1852 marque la fin de la dernière crue du glacier des Bois. Son front descendait alors jusque vers 1100 m d'altitude.

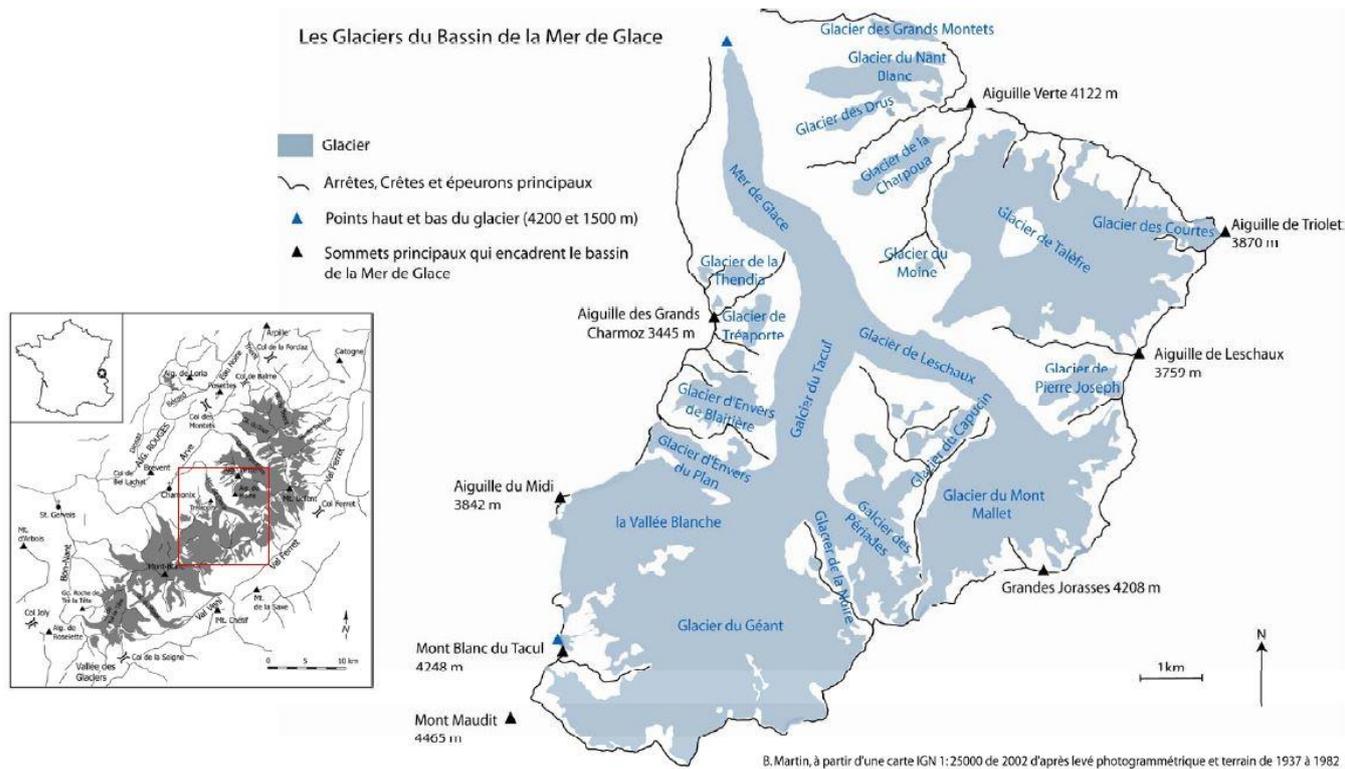


Figure I.4. – Carte de localisation du bassin de la Mer de Glace, de ses principaux glaciers et sommets.

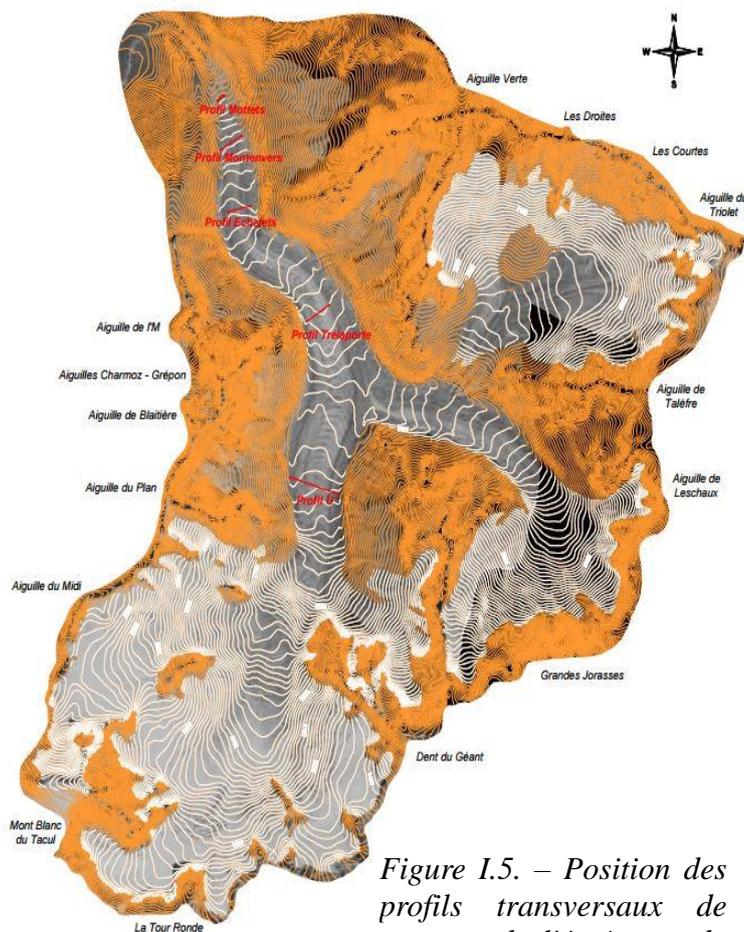


Figure I.5. – Position des profils transversaux de mesures de l'épaisseur du glacier. Source : GLACIOCLIM, 2015.

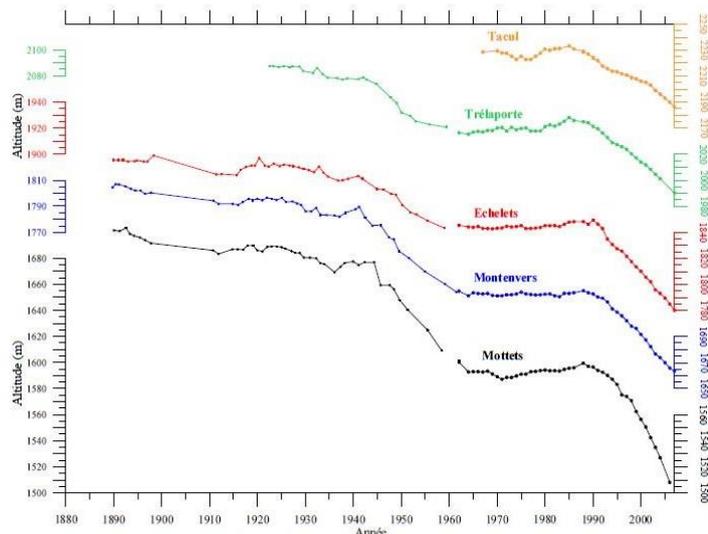


Figure I.6. – Variations d'épaisseur de la langue de la Mer de Glace. Source : Vincent, 2010.

Distances et coordonnées exprimées en mètres ; équidistance altimétrique de 20 m
 Modèle numérique de terrain IGN 1979 ; pas de 50 m
 Planimétrie dans le système IGN Lambert II - Altimétrie dans le système NGF - IGN 1969
 Photographies aériennes (2009/03 : 1:20000) argentiques numérisées et orthorectifiées
 Les parties manquantes sont dues à l'absence de couverture photographique.

Depuis, la Mer de Glace enregistre une dynamique de retrait très marquée. Son front s'est retiré sur 2,7 km (Fig. I.7.). Deux petites crues ont interrompu ce retrait entre 1925 et 1935 et entre 1970 et 1993. Depuis 1993, le retrait s'accélère nettement. Le front du glacier a reculé de 366 m entre 1994 et 2007 (Vincent, 2010) avec une période de recul particulièrement rapide entre 1998 et 2005 : environ 40 m/an. Cette évolution a été en partie contrôlée par le vêlage de glace dans le lac proglaciaire qui s'était formé en 1998 (Vincent, 2010).

Le bilan de masse annuel moyen du glacier du Tacul est d'environ -4,5 m (+/- 0,5) équivalent en eau au cours des 3 dernières décennies et celui de l'ensemble de la langue est de -6 m (Vincent, 2010).

En parallèle du retrait de son front, la Mer de Glace a ainsi perdu en épaisseur de glace sur l'ensemble de sa zone d'ablation. Aussi, entre 1890 et 2008 (date de désenglacement) au niveau du profil des Mottets, le glacier a perdu 212 m d'épaisseur (Fig. I.5. – I.6.). 166 m entre 1890 et 2013 au niveau du profil du Montenvers et 145 m au profil des Echelets. Au niveau du profil de Trèlaporte, la perte est de 122 m entre 1925 et 2013 tandis qu'au niveau du profil du Tacul, la perte est de 65 m entre 1970 et 2013 (Vincent, 2010). Comme pour le retrait du front du glacier, la perte d'épaisseur est de plus en plus rapide depuis les années 1980.

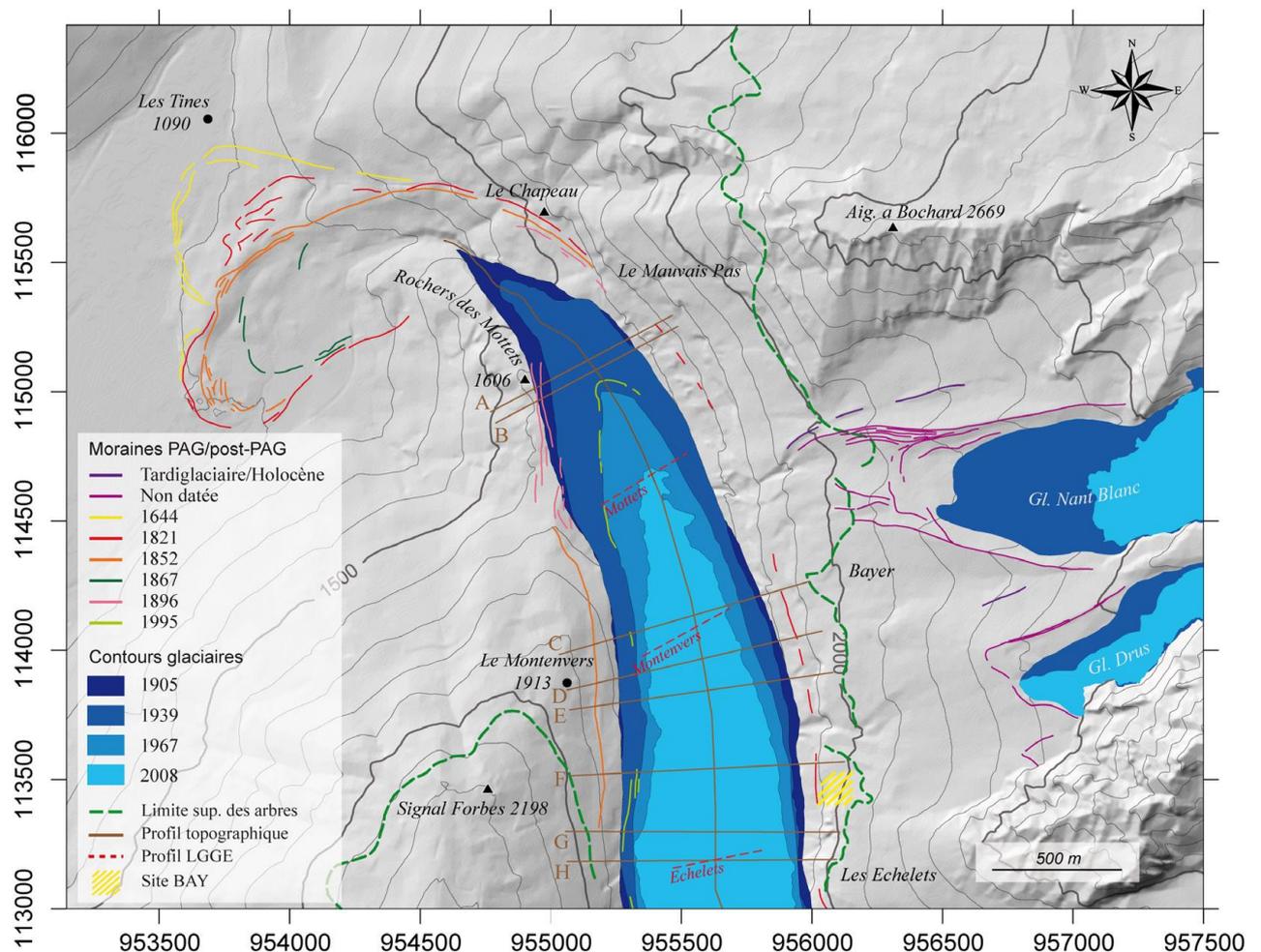


Figure I.7. – Evolution du front de la Mer de Glace (Le Roy, 2012). La position des cordons morainiques est tirée de Wetter (1987) et Nussbaumer et al. (2007). La localisation des profils LGGE de mesure de l'altitude de la langue (rouge) ainsi que les profils utilisés dans ce travail (marron) sont reportés. Fond topographique : MNT RGD 4 m. Les amorces correspondent au quadrillage Lambert Zone 2.

Le bassin de la Mer de Glace est connu pour l'ensemble de ses sommets et parois dont bon nombre font partie intégrante de l'histoire de l'alpinisme. Aujourd'hui encore, des grimpeurs et alpinistes du monde entier viennent les gravir.

La plus célèbre est sans nul doute la face Nord des Grandes Jorasses (4208 m) (Fig. I.9.). Paroi verticale de près de 1200 m de commandement, gravie pour la première fois en 1935 par M. Meier et R. Peters, elle reste une des faces les plus difficiles des Alpes avec les faces Nord de l'Eiger (3970 m) et du Cervin (4478 m). Ce sont les « Trois Grandes faces nord des Alpes ». On y accède depuis le petit refuge de Leschaux (*cf.* : 3.2), parfois sur-fréquenté quand les conditions d'ascension sont particulièrement bonnes, comme en septembre 2014. La plus connue est la voie « Gousseault-Desmaison », théâtre de l'un des drames les plus médiatisés de l'histoire de l'alpinisme et relaté dans « 342 heures dans les Grandes Jorasses » (Desmaison, 1973).

L'Aiguille Verte (4122 m) (Fig. I.9.) est un autre des sommets emblématiques du bassin de la Mer de Glace. La voie classique d'ascension par le couloir Whymper, ouvert en 1865 par E. Whymper, C. Almer et F. Biner, démarre du refuge du Couvercle. C'est un sommet qui est encore très fréquenté et notoire pour sa forme pyramidale qui en fait un sommet très reconnaissable et historique. « Avant la Verte on est alpiniste, à la Verte on devient montagnard » pour G. Rebuffat.

Sur l'arête est de l'Aiguille Verte, la face ouest des Drus (3754 m) - emblème de la Compagnie des Guides de Chamonix - est une paroi rocheuse de 1000 m gravie pour la première fois en 1952 par G. Magnone, L. Bérardini, A. Dagory et M. Lainé. Elle reste encore aujourd'hui l'une des faces rocheuses les plus mythiques des Alpes malgré les écroulements successifs qui l'ont affecté (Ravel et Deline, 2008). C'est l'un des sommets les plus connus du massif, visible depuis Chamonix. Sa voie normale, en face sud, part du refuge de la Charpoua. Un certain nombre d'ascensions médiatisées s'y sont déroulées dont, en 1991, l'ascension en 11 jours en solo de C. Destivelle.

De l'autre côté de la Mer de Glace, le chaînon des Aiguilles de Chamonix est accessible depuis les refuges de l'Envers des Aiguilles et du Requin. Elles sont fréquentées en été grâce à un nombre très important de voies d'escalade sportive de tous niveaux équipées notamment par M. Piola dans les années 1980. En dehors de l'Aiguille du Midi (3842 m) située plus à l'Ouest, le Grépon (3482 m) et l'Aiguille de la République (3305 m) (Fig. I.9.) en sont sûrement les deux sommets les plus célèbres et représentatifs.

Le bassin de la Mer de Glace peut être considéré comme l'un des hauts lieux de l'alpinisme, de par l'importance et le nombre des sommets mythiques qui s'y trouvent. D'ailleurs, si 1865 est l'année retenue pour marquer l'Age d'Or de l'Alpinisme avec 65 « premières » réalisées dans les Alpes, 7 d'entre elles se situent dans le massif du Mont Blanc, dont l'Aiguille Verte et les Grandes Jorasses.

Aujourd'hui, des débutants comme les plus grands alpinistes y viennent pour les innombrables ascensions possibles dans le secteur. Un certain nombre de refuges et de sentiers d'accès ont progressivement été construits depuis le début du XX^e siècle pour en faciliter l'accès.

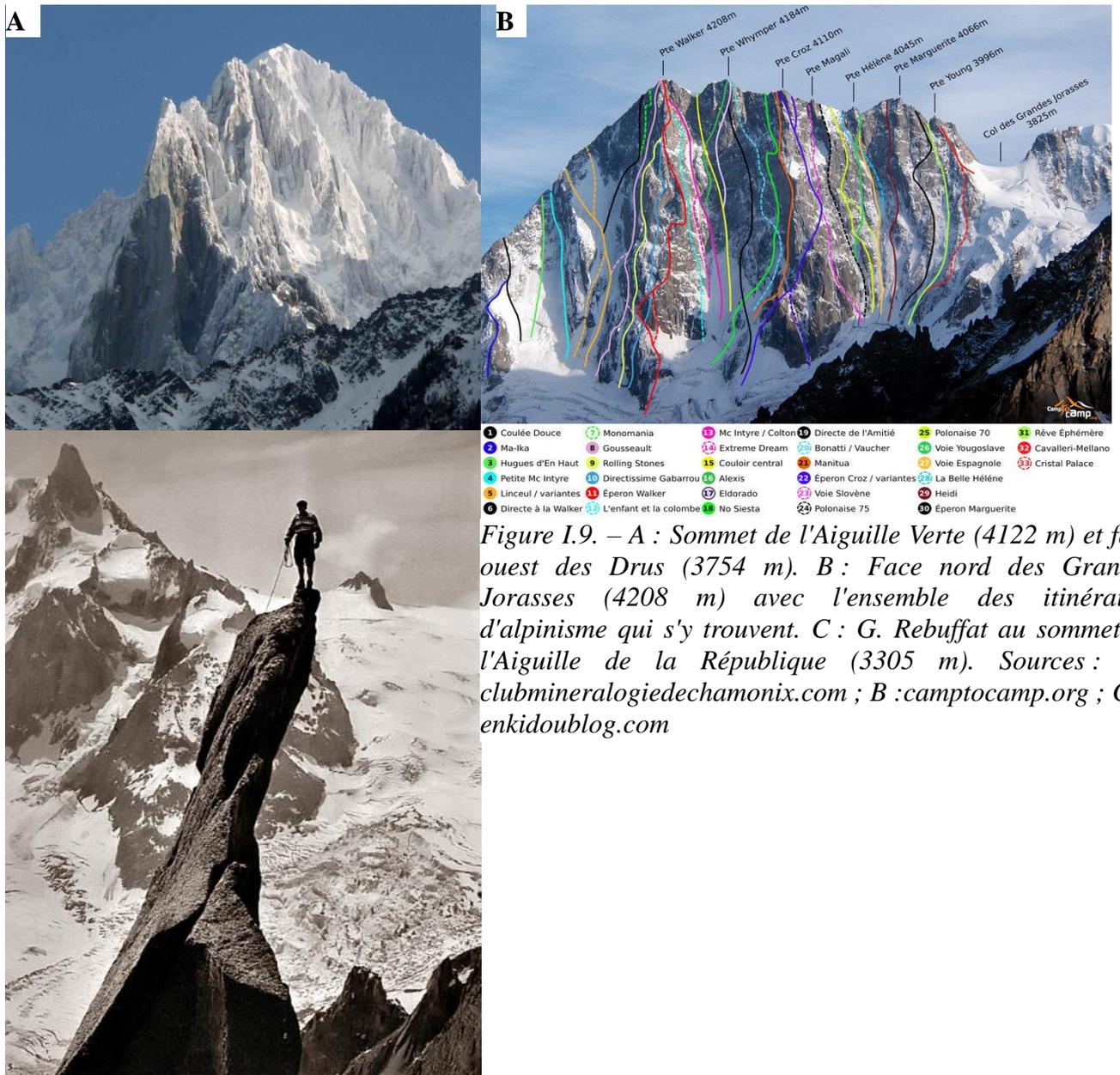


Figure I.9. – A : Sommet de l'Aiguille Verte (4122 m) et face ouest des Drus (3754 m). B : Face nord des Grandes Jorasses (4208 m) avec l'ensemble des itinéraires d'alpinisme qui s'y trouvent. C : G. Rebuffat au sommet de l'Aiguille de la République (3305 m). Sources : A : clubmineralogiedechamonix.com ; B : camptocamp.org ; C : enkidoublog.com

I.3. Les refuges et leurs itinéraires d'accès dans le massif du Mont-Blanc

I.3.1. Refuges et alpinisme dans le massif du Mont-Blanc

Les premiers refuges ont été construits lors des premières ascensions à la fin du XVIII^e siècle. T. Bourrit fit par exemple construire une cabane de pierres au pied de l'Aiguille du Goûter (3863 m) en 1785. C'est de là qu'à l'automne de la même année, T. Bourrit et H.B. De Saussure tentèrent l'ascension du Mont-Blanc (4810 m) avec 14 autres guides et porteurs. G. Paccard et J. Balmat réussirent la première ascension du Mont-Blanc en 1786 en partant du sommet de la montagne de la Côte où une cabane en pierres - le Gîte à Balmat (2530 m) - avait aussi été construite.

Ces « cabanes » n'avaient rien des refuges actuels. Leur objectif était de protéger du vent et des intempéries (Fig. I.10.). Un certain nombre de cabanes de ce type a été construit dans le massif du Mont-Blanc tout au long du XIX^e siècle.



Figure I.10. – Le gîte à Balmat, au sommet de la montagne de la Côte (2530 m).

Ce n'est qu'au début du XX^e siècle, avec le développement progressif du tourisme et de l'alpinisme, que de véritables bâtiments seront construits pour servir de refuge. Dans le bassin de la Mer de Glace, les deux premiers refuges de ce type sont le refuge de la Charpoua (ou refuge Charlet) et le refuge du Couvercle, en 1904. Ils avaient la forme de petits chalets en bois (Fig. I.11.). C'est ensuite surtout pendant l'entre-deux-guerres que des refuges en pierres ont été construits, avec des capacités d'accueil plus importantes, tel le refuge du Couvercle en 1932 avec 120 places. Pour le massif du Mont Blanc, ces refuges de haute montagne étaient en général construits par l'État ou le Club Alpin Français (CAF), section Paris-Chamonix. Aujourd'hui, c'est dans la majorité des cas le CAF ou la Compagnie des Guides de Chamonix qui en ont la gestion.

Les refuges du massif du Mont Blanc sont un élément important du patrimoine de la vallée et plus largement de l'alpinisme. Ils en illustrent l'évolution et l'importance depuis plus d'un siècle. Ils ont aussi un intérêt économique pour la vallée avec plusieurs dizaines de milliers de visiteurs par an.



Figure I.11. - Le refuge du Couvercle peu de temps après sa construction, au début du XX^e siècle. Archives municipale de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, fonds Gay-Couttet, B48-04.

I.3.2. Les refuges du bassin de la Mer de Glace

En dehors d'abris (bivouac des Périades par exemple) et des refuges des Cosmiques (3613 m) et Torino (3371 m) situés dans la partie amont du bassin et non inclus dans ce travail, 5 refuges de haute-montagne bordent la Mer de Glace : la Charpoua, le Couvercle, Leschaux, le Requin et de l'Envers des Aiguilles (Fig.I.8.).

Refuge de le Charpoua (2841m)

Construit en 1904, on l'appelle le refuge Charlet il dispose de 12 places. Il se situe au sommet du Rognon de la Charpoua, au pied des Drus et de l'Aiguille Verte, en rive gauche du glacier de la Charpoua.

Il est d'abord la propriété du Club des Sport de Chamonix mais est ensuite concédé au CAF (section Chamonix-Paris). Aujourd'hui, il est géré par la Compagnie des Guides de Chamonix.

Ouvert de début juin à début septembre, le refuge est presque exclusivement fréquenté par des alpinistes chevronnés, notamment en raison de la difficulté et de l'engagement des ascensions qui y démarrent (les Drus, l'Aiguille Verte, le Cardinal, le Moine) et de sa localisation un peu excentrée qui le rend peu couru des randonneurs effectuant les Balcons de la Mer de Glace, c'est-à-dire un tour du glacier en dormant dans un ou plusieurs des refuges du parcours. Il en résulte une occupation relativement faible : 300 à 500 nuitées par saison estivale.

Refuge du Couvercle (2687 m)

Le refuge historique du Couvercle, d'une capacité d'accueil de 12 places, avait été construit en 1904 sous une grande pierre inclinée (le « Couvercle »), qui avait aussi servi d'abri à M. Croz, E. Whymper et à leurs compagnons de cordée pour leurs ascensions dans le secteur au XIX^e siècle (Fig. I.11.).

Le refuge historique est agrandi en 1911 grâce notamment au train du Montenvers nouvellement ouvert et à un groupe de porteurs ; 3500 kg de matériels a ainsi été acheminé depuis le Montenvers. En 1932, un nouveau refuge en pierres est construit (un groupe de tailleur de pierres italiens campera sur place) pour être ensuite restauré et agrandi en 1952. C'est encore le refuge qui est utilisé aujourd'hui, avec une capacité de 120 places, propriété du CAF. Le refuge historique est utilisé comme refuge d'hiver avec 30 places.

C'est un des refuges les plus fréquenté du massif avec environ 3000 nuitées par saison estivale, pour une période d'ouverture allant de mai à mi-septembre.

De nombreux sommets et grandes courses classiques sont accessibles depuis le refuge, comme la Verte, les Droites, les Courtes, la Pointe Isabelle, l'Evêque et le Moine. Le refuge est aussi très apprécié des randonneurs dans leur parcours des Balcons de la Mer de Glace.

Refuge de Leschaux (2431 m)

En rive droite du glacier de Leschaux, le refuge est situé au pied de l'Aiguille Pierre Joseph, à environ 1 km en amont de la confluence entre le glacier de Leschaux et le glacier de Talèfre.

Un premier refuge est construit en 1929 grâce à un don fait au CAF par le Docteur E. May. Les 10 tonnes de matériaux de construction du refuge, d'une capacité d'accueil de 30 places, seront montées à dos d'homme depuis le Montenvers.

En 1954, ce premier refuge est emporté par une avalanche. Seul un abri sommaire est reconstruit. Ce n'est que en 1967, grâce à un don de la famille Solvay qu'un nouveau refuge préfabriqué de 12 places est installé par hélicoptère. Il sera agrandi en 2005 pour doubler sa

capacité d'accueil.

C'est un refuge historique au pied des Grandes Jorasses, connu pour la difficulté et l'ampleur des courses d'alpinisme qui en partent (*cf.* : II.3.1). Il est donc en majorité fréquenté par des alpinistes confirmés. Quelques randonneurs y dorment ou y mangent en milieu de journée.

Refuge du Requin (2523 m)

Il se situe en rive gauche du glacier du Géant, au pied du versant sud-est de la Dent du Requin (3422 m). Il est le premier refuge du massif construit en pierre, en 1927, avec une capacité de 50 places. Il est ensuite agrandi en 1936 pour atteindre sa taille actuelle (60 couchages). Il est rénové partiellement en 1993 et en 2008. La commune de Chamonix est propriétaire du refuge mais, depuis 1993, la gestion est assurée en partenariat par le CAF et la Compagnie des Guides de Chamonix.

La particularité du refuge du Requin est son ouverture hivernale de fin Janvier à fin Avril, selon les conditions, pour profiter de la fréquentation de l'itinéraire de la Vallée Blanche par les skieurs depuis l'aiguille du Midi. Ainsi, si le refuge n'enregistre que 1000 nuitées par saison estivale, plus de 8000 personnes viennent y manger à midi pendant l'hiver. Pendant l'été, le refuge du Requin est notamment le point de départ vers la Dent du Requin (3422 m) et l'Aiguille du Tacul (3444 m) et une étape dans la descente de la traversée Aiguille du Midi (3842 m) – Aiguille du Plan (3673 m).

Refuge de l'Envers des Aiguille (2523 m)

Il se situe sur le versant est des Aiguilles de Chamonix, en rive gauche du glacier du Tacul. Il a été inauguré en 1957. Suite à des débuts difficiles liés à un manque de fréquentation, le refuge est redynamisé dans les années 1980 grâce à l'équipement de nombreuses voies rocheuses en escalade sportive par M. Piolat. Le refuge et ses abords sont même agrandis dans les années 1990 et propose ainsi aujourd'hui 68 places. Il est fréquenté en majorité par des alpinistes et des grimpeurs. Depuis le début des années 2000, la commune de Chamonix est propriétaire du refuge et c'est le CAF qui en a la gestion.

I.3.3. La gestion des sentiers d'accès aux refuges, acteurs et politiques

Selon la loi, le gardien n'est ni responsable ni en charge de l'entretien du sentier d'accès à son refuge. Il n'a donc théoriquement pas le droit d'y effectuer des aménagements ou d'y installer de l'équipement. En cas d'accident, sa responsabilité pourrait être engagée. Aujourd'hui, ce sont les communes qui sont chargées d'entretenir et de maintenir en sécurité l'ensemble des sentiers de leur territoire communal. Elles peuvent en déléguer la responsabilité notamment aux communautés de communes par une délégation de service public.

Dans le cas de la commune de Chamonix, avant 1975, c'était la mairie (Commission municipale des travaux en montagne) qui gérait les sentiers, en collaboration avec l'ONF, le CAF et la Compagnie des Guides. La répartition des tâches n'était pas toujours très claire, surtout pour les sentiers d'altitude. Le CAF se chargeait en général des travaux d'entretien courant et du balisage et participait pour moitié aux travaux spéciaux (ajout d'échelles, passerelles, etc.). Ce procédé n'était pas systématique. L'analyse des archives de la commission municipale des travaux en montagne montre que la répartition des tâches était très variable d'une année à l'autre et pouvait porter à contentieux.

Aussi, en 1975, la mairie de Chamonix décide de déléguer l'entretien des sentiers d'altitude au Club des Sports en lui octroyant des financements et des agents communaux (permanents et

saisonniers). La mairie, en collaboration avec l'ONF, garde la gestion des pistes de ski de fond et des sentiers de vallée.

Au cours des années 1990, le Club des Sports, qui voit son activité croître avec l'organisation de compétitions, ne peut plus assurer cette gestion. Aussi, en 2000, le service municipal des Pistes et Sentiers de Chamonix est créé. Il a en charge l'entretien des sentiers à toutes les altitudes, des pistes de ski de fond et des tremplins de saut à ski.

Ce service sera ensuite intégré à la communauté de communes de la Vallée de Chamonix-Mont-Blanc (Servoz, les Houches, Chamonix, Vallorcine).

Pour les sentiers d'altitude, la politique actuelle est de maintenir les sentiers en état pour des alpinistes, dans des conditions de sécurité acceptables et sans recourir à des aménagements trop importants (passerelles, filets, etc.). L'éventualité de ne plus entretenir les sentiers d'altitude si les conditions de maintien de la sécurité deviennent trop contraignantes a déjà été évoquée par le Service Aménagement et montagne de la Mairie de Chamonix.

Conclusion partie I

Le bassin de la Mer de Glace est un espace de haute-montagne fortement affecté par le réchauffement climatique. C'est le glacier le plus étudié en France, depuis le XIX^e siècle. C'est aussi un haut lieu de l'alpinisme, fréquenté depuis plus de 2 siècles et aujourd'hui doté de 5 refuges.

Ainsi, le bassin de la Mer de Glace est un terrain de travail privilégié pour l'étude de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges et des processus géomorphologiques associés à l'évolution du climat. La partie II présentera l'ensemble des méthodes et des outils d'analyse qui ont été utilisés dans ce travail de recherche.

Partie II : Méthodologies et outils pour l'analyse de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace

Pour retracer l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace, le travail de recherche s'est fait en 4 étapes de travail et a sollicité plusieurs méthodes et outils d'analyse.

La première phase de ce travail a été la recherche de documents renseignant sur les itinéraires d'accès aux refuges depuis leur ouverture. Ainsi, cartes, photos, topos, gravures, magazines et récits de montagne en tous genres ont été collectés pour la période 1850 – 2014. L'application et le croisement d'un ensemble de méthodes d'analyse a ensuite permis la construction de documents graphiques provisoires.

Beaucoup de connaissances ont été acquises lors de cette première étape et ont permis de décrire les évolutions successives des itinéraires et de présenter les raisons expliquant ces changements. Cependant, des lacunes d'information, des imprécisions et des biais ont aussi été mis en évidence.

La seconde phase a consisté en une série d'entretiens semi-directifs. En se basant sur les résultats de la première étape, ils avaient pour but de compléter les informations parfois fragmentaires (notamment concernant les dates), d'en confirmer d'autres et d'avoir un retour « de terrain » sur des données que les documents historiques ne renseignent pas (phénomènes impliqués, raisons de tel ou tel changement, impacts sur la pratique, explication des choix faits pour tel ou tel aménagement, etc.). La recherche et l'acquisition de documents historiques s'est aussi poursuivie mais d'une manière plus précise et ciblée.

La troisième phase de travail a été le traitement de modèles numériques de terrain à haute résolution, réalisés sur plusieurs secteurs par L. Ravanel en octobre 2014. Leur analyse a permis de chiffrer les longueurs d'échelle qui ont été ajoutées au cours des années.

La quantité et la qualité des éléments acquis au cours de ces étapes a ensuite permis la rédaction d'un historique de l'évolution des itinéraires d'accès pour chacun des refuges. Le parallèle a toujours été établi entre les dynamiques géomorphologiques à l'origine de ces changements et les impacts de ces évolutions sur la pratique et la fréquentation des secteurs concernés.

II.1. Recherche de documents historiques et constitution d'un corpus documentaire

Le première période de travail a été l'occasion de rassembler un grand nombre de documents (cartes, topo-guides, articles et photographies) pouvant renseigner sur les itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace, depuis leur ouverture. De nombreuses entités susceptibles de posséder de tels documents ont été sollicitées :

- Les Archives Municipales de la mairie de Chamonix-Mont-Blanc où sont conservés les documents administratifs liés aux activités municipales (urbanisme, comptes rendus des conseils municipaux, etc.). Certains compte-rendus des réunions de la Commission municipale des travaux en montagne de 1939 à 1978 y ont été trouvés.
- Le service des Pistes et Sentiers de la communauté de commune de la Vallée de Chamonix. Étant en charge de l'entretien et de l'équipement des sentiers sur le territoire intercommunal, il possède un ensemble important de photos des itinéraires et des aménagements réalisés d'année en année. Le service a aussi effectué 3 inventaires

des équipements en place en 2001, 2011 et 2014.

- La Maison de la Mémoire et du Patrimoine qui a pour rôle la collecte, la conservation et la valorisation de documents sonores et photographiques. L'ensemble de sa base de données étant accessible, de très nombreuses photographies, diapositives et stéréoscopies y ont été trouvées et numérisées. Entre autres, les fonds des familles Plessier, Gay-Couttet et Farini ont été consultés.
- Le Musée Alpin qui retrace, dans son exposition permanente, le développement et l'histoire de Chamonix depuis la venue des premiers « touristes » et qui conserve également un grand nombre d'archives de différents types (gravures, objets, affiches, livres, etc.). Des photos, des cartes et un topo-guide y ont été trouvés.
- L'association des Amis du Vieux Chamonix. Reconnue d'utilité publique en 1991, elle a pour but la sauvegarde du patrimoine de la vallée de Chamonix et a créé, dans cette optique, une bibliothèque regroupant plus de 3 800 ouvrages dont des topos-guides et des cartes de la fin du XIX^e / début du XX^e siècle.
- L'Ecole Nationale de Ski et d'Alpinisme (ENSA) qui possède une importante bibliothèque et cartothèque spécialisée sur la montagne et l'alpinisme. De nombreux topos et magazines couvrant l'ensemble du XX^e siècle y sont référencés ainsi qu'un certain nombre de cartes anciennes.
- L'Office de Haute Montagne qui possède de nombreux topos des années 1990 à aujourd'hui, ainsi qu'un ensemble de magazines de montagne. Un gros travail de référencement de tous les articles de ces magazines ayant été fait, il a été facile et surtout rapide de consulter les publications traitant du massif du Mont Blanc.
- Pour finir, des particuliers susceptibles de posséder des documents ont aussi été sollicités : Philippe Belmont, Gilles Ravanel, Bernard Cottard pour des cartes et Peter Blair, auteur de « Chamonix-Mont-Blanc en 3D, Un voyage à travers le stéréoscope de 1850 à nos jours » (2014) qui possède une très importante collection de stéréoscopies.

Ainsi, un premier corpus documentaire a été construit (liste détaillée des documents trouvés par entités en Annexe 1). Un important travail de classement et de datation a ensuite été nécessaire à partir des fichiers d'archivage de manière à rendre les documents facilement accessibles et exploitables.

D'autres documents ont aussi été trouvés tels que les comptes rendus des réunions de la Commission municipale des travaux en montagne de 1934, 1939, 1959, 1960, 1962, 1966 à 1978. De nombreuses dates y figurent et ont permis de caler certaines grandes phases d'évolution. En outre, des projets de modification d'itinéraires non réalisés y sont mentionnés. Des récits d'alpinistes ont aussi été recueillis mais ils se sont rapidement montrés peu utiles pour retracer l'évolution des itinéraires, cette partie de l'excursion n'était que rarement décrite ou de manière très sommaire. Seules quelques observations sur les glaciers se sont avérées utiles, la prépondérance étant surtout donnée à la voie rocheuse ou glaciaire qui suivait. D'autre part, les auteurs, mêmes pratiquants de la haute montagne, avaient rarement une vue « scientifique » ; leurs observations sont donc à nuancer.

De nombreuses ortho-photos, photographies aériennes et images satellites ont aussi été exploitées. Une copie des ortho-photos de 1939 – 1952 – 1970 – 1988 et 1993, ortho-

rectifiées par B. Martin (2011) a été fournie par M. Gardent et, les ortho-photos de 1998, 2001, 2004 et 2008 ont été téléchargées à partir de la base de données SIG du laboratoire EDYTEM. De nombreuses images ont par ailleurs été extraites des sites *Géoportail*, *GoogleEarth*, *Bing* et *Earthexplorer*. Aucune ortho-photo ou image satellite de qualité suffisante plus récente que 2008 n'a été trouvée. Les images satellites SPOT 6 de 2014 disponibles sur *Géoportail* ne sont pas d'une résolution suffisante. Pour finir, le site www.Delcampe.fr a été consulté pour ses cartes postales historiques.

A partir de l'ensemble de ces documents, une première phase d'analyse et de construction de documents iconographiques a été possible à l'aide de différents outils et méthodes de traitement de données.

II.2. Application et croisement de méthodes d'analyse

L'ensemble des documents trouvés a fait l'objet d'un premier travail d'analyse. Les cartes et les topos-guides offrant une information déjà interprétée ont été étudiés en premier. Les photos, offrant une information objective à un instant « t » ont été examinées dans un second temps. Finalement, l'ensemble des données et connaissances acquises a été croisé.

II.2.1. Comparaison diachronique de cartes

II.2.1.1. L'étude diachronique

L'analyse diachronique a ici consisté en une comparaison de l'ensemble des cartes disponibles, secteur par secteur. Cette méthode a permis de retrouver et sommairement dater les grandes évolutions des itinéraires depuis la seconde moitié du XIX^e siècle. Pour plus de précision, le choix a été fait de focaliser les comparaisons sur 4 secteurs de transition, entre le glacier et le versant, là où l'itinéraire a été susceptible de subir les plus importantes modifications. Un exemple est donné ci-dessous avec le cas de la descente sur la Mer de Glace depuis le Montenvers en direction des refuges de haute-montagne (Fig. II.1.).

II.2.1.2. Limites de la ressource cartographique

Le premier problème se situe dans la qualité de la ressource elle-même. Certaines cartes manquent par exemple de précision, notamment au niveau topographique. En outre, les évolutions du paysage telles que le retrait glaciaire, ne sont pas toujours représentées. Aussi, n'est-il pas possible, à travers la seule étude des cartes, de connaître les raisons ou les phénomènes à l'origine de la modification de tel ou tel itinéraire.

Au niveau de ces itinéraires, les cartes IGN les plus récentes de la collection TOP 25 (1/25 000) sont souvent assez peu précises, présentent mêmes des erreurs importantes et souffrent d'absence de mise à jour. Par exemple, la descente de la moraine par la Pierre à Bérenger pour rejoindre le glacier de Leschaux depuis le refuge du Couvercle est fermée depuis 2002 ; pourtant, l'itinéraire est toujours représenté et, à l'inverse, la traversée jusqu'au refuge de Leschaux depuis le refuge du Couvercle, ouverte en 2003, n'est pas représentée. De plus, les cartes sont difficilement utilisables pour identifier des évolutions dans des secteurs sub-verticaux.

Un second problème concerne la comparaison des cartes entre elles puisqu'elles ne sont pas toutes à la même échelle et qu'elles disposent de niveaux de précision très hétérogènes.

De plus, la comparaison des itinéraires d'une carte à l'autre n'est pas toujours aisée et précise. Depuis le Montenvers, la descente sur la Mer de Glace pour rejoindre les refuges de haute

montagne se faisait par exemple originellement par l'Angle (Fig. II.1.), les cartes de 1949, 1950, 1960, 1975 et 1977 indiquent une descente se faisant par le Les Ponts. Pourtant, les cartes de 1956 et 1960 indiquent de nouveau une descente sur la Mer de Glace par l'Angle. Est-ce liés à une erreur de cartographie ou, est ce que pendant les années 1950, l'itinéraire de l'Angle a de nouveau été utilisé ?

Pour finir, il a aussi été difficile de trouver des cartes pour l'ensemble de la période considérée. Les cartes anciennes (XIX^e et première moitié du XX^e siècle) sont paradoxalement plus faciles à obtenir que les documents pour la seconde moitié du XX^e siècle.

L'explication des archivistes de l'ENSA tient au fait que les documents datant de la seconde moitié du XX^e siècle ne sont pas suffisamment anciens pour qu'on leur octroie une valeur patrimoniale qui justifierait leur conservation ou leur archivage. De plus, ils sont généralement plus fragiles, d'où une dégradation accélérée.



Figure II.1. – Cartes du secteur du Montanvers avec l'itinéraire de descente sur la Mer de Glace en direction des refuges de haute-montagne.

II.2.2. Spatialisation des descriptions d'itinéraire des topo-guides

Les Guides Vallot et les topos Louis Kurtz ont l'avantage de décrire avec beaucoup de précision les itinéraires d'accès aux refuges depuis leur ouverture. En effet, ces descriptions sont rédigées comme des carnets de course, en se basant sur des éléments concrets du paysage facilement repérables. Aussi, en utilisant les cartes correspondantes à la date d'édition de chacun des topos, l'ensemble des itinéraires décrits a été localisé et représenté sur les cartes. Ainsi, les itinéraires décrits dans les topos et les itinéraires présentés sur les cartes ont pu être comparés.

Trouver des cartes précises correspondant à l'année d'édition de chacun des topos s'est avéré souvent impossible. Aussi, d'anciennes aéro-photographies orthorectifiées ont aussi été utilisées pour apporter plus de précision dans la transcription des itinéraires sur les cartes.

Cette méthode a mis en évidence des inadéquations temporelles et spatiales entre les cartes et les topos. L'impossible prise en compte de la saisonnalité des itinéraires par les cartes explique en partie ces différences.

En revanche, il est difficile de savoir si ces inadéquations sont des erreurs - manque de mise à jour des cartes par exemple - ou si elles illustrent des pratiques différentes tant dans le temps que dans l'espace. Aussi, en cas de concordance, cette comparaison des itinéraires permet seulement de confirmer la localisation et l'utilisation de certains itinéraires. En cas de différence, cela questionne la pratique de cet itinéraire surtout dans le temps - Quand cet itinéraire a-t-il été fréquenté ? Était-ce un itinéraire saisonnier que le topo devrait dès lors présenter ? - en supposant que si un itinéraire est présenté sur une carte ou décrit dans un topo, c'est qu'il a au minimum été utilisé à un moment donné, suivant une fréquentation variable.

II.2.3. La photo-comparaison

II.2.3.1. Présentation et intérêt

Photographies, stéréoscopies, diapositives et gravures ont été utilisées dans un dernier temps pour construire une première description de l'évolution des itinéraires – suite à un travail long et fastidieux d'archivage et de datation. Ces documents ont l'avantage de donner une information fiable et objective à un instant « t ». Ils permettent en outre une bonne visualisation du paysage d'époque et des dynamiques géomorphologiques à l'œuvre.

Sur le même modèle que les cartes, les 1573 sources photographiques trouvées ont été classées par itinéraire, par point de vue et par ordre chronologique. Un ensemble de documents a alors pu être construit pour illustrer l'évolution d'un même itinéraire/secteur au cours du temps.

Cette méthode a été particulièrement utile pour les secteurs d'échelles, surtout depuis le début des années 2000 comme présenté ci-dessous (Fig. II.2.) avec le passage des Egralets pour accéder au refuge du Couvercle. Chaque image montrant le niveau bas des échelles sur la paroi pour une année donnée, une chronologie de l'équipement a pu être retracée, en plus de montrer en partie l'évolution géomorphologique du secteur.

Les images ont également pu être utilisées pour confirmer les résultats des étapes précédentes. Sur les « ortho-photos anciennes », les sentiers sont généralement bien visibles et une reconnaissance de changements dans la position du sentier (et dans certains cas de sa qualité) a pu être effectuée.

II.2.3.2. Limites des documents photographiques

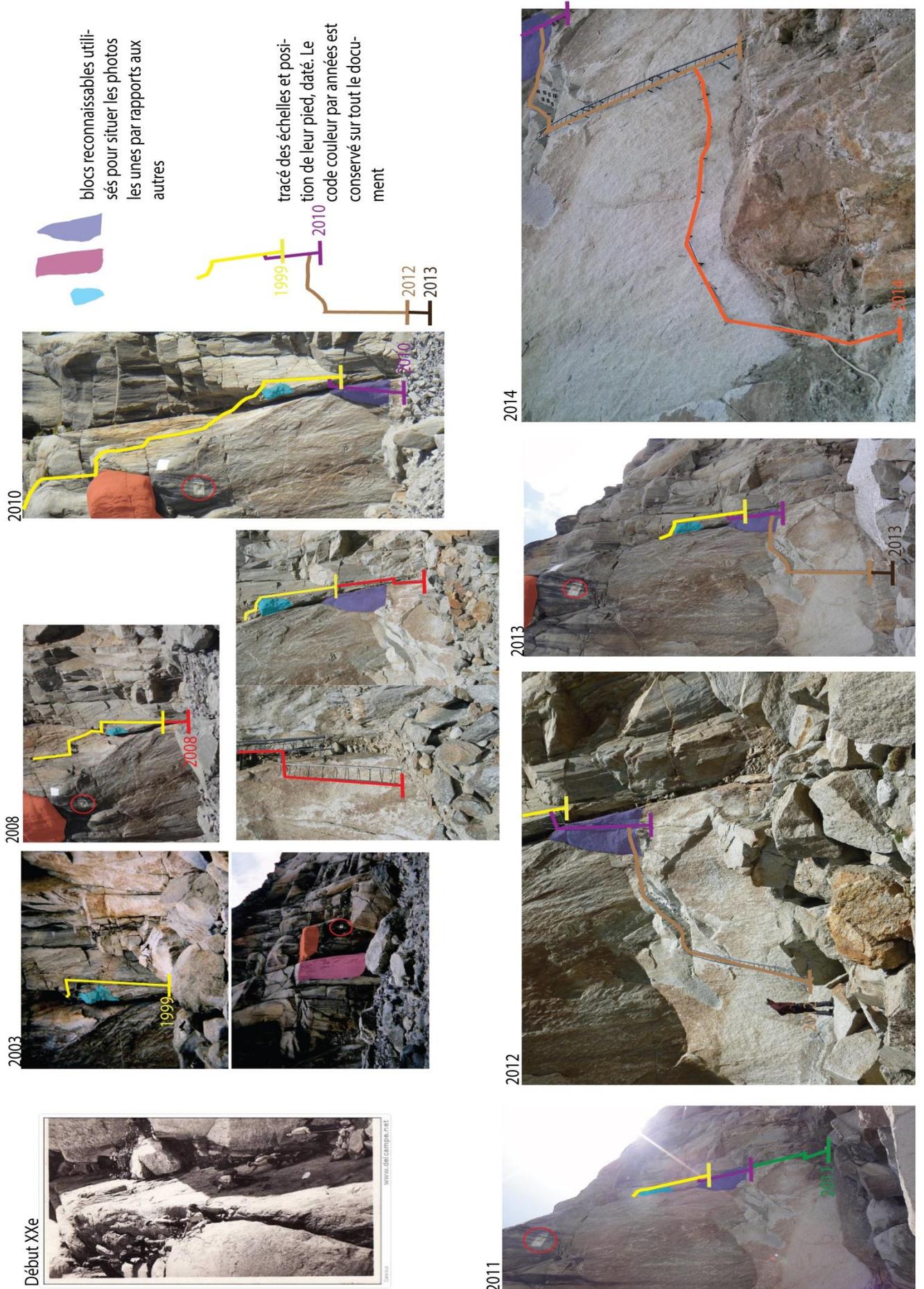
Le principal inconvénient des sources photographiques est la datation. De nombreux documents n'ont pas pu être datés ; l'analyse et la comparaison des sources entre elles pour les dater n'est que rarement possible. Un certain nombre de documents n'ont donc pas pu être exploités.

Un second problème est la question de la qualité des photos. Elles englobent souvent un large panorama ou ne visent pas exactement un itinéraire tandis que leur qualité ne permet pas un niveau de détail élevé propre à permettre d'observer sentiers et échelles. L'angle de vue et la luminosité sont aussi importants et malheureusement sont très variables d'une image à une autre (*cf.* : Ravel et Deline, 2008). Ainsi, certaines images ne peuvent pas être comparées.

D'autre part, les photos ne peuvent se suffire à elles-mêmes car donnant des informations souvent trop parcellaires.

Pour finir, la recherche de sources photographiques s'est avérée très difficile. L'abondance des sources est très hétérogène en fonction des périodes. Curieusement, très peu de sources sont par exemple disponibles pour la seconde moitié du XX^e siècle. Au début du XX^e siècle, les débuts du tourisme et le développement de la photographie expliquent que de très nombreuses photos de paysages aient été prises. En revanche, à partir des années 1950, la préférence était semble-t-il donnée aux photos de famille et d'alpinistes ; les paysages étaient plus rarement photographiés. Ce n'est qu'à partir des années 2000 que les photos de paysages sont de nouveau davantage disponibles, certainement en raison du caractère impressionnant des secteurs d'échelles et de la prise en compte sociale grandissante du changement climatique et de ses effets.

Figure II.2. – Echantillon parmi les 30 photos utilisées pour localiser le pied des échelles des Egralets, par années. (ph. : Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix).



II.2.4. Analyse préliminaire et construction de documents provisoires

La première partie de ce travail a consisté en une recherche documentaire large, principalement des cartes, des topos et des photographies. L'ensemble a permis un premier niveau d'analyse historique des itinéraires à travers notamment des études diachroniques et des photo-comparaisons. Un certain nombre de biais, d'imprécisions, de manques de données pour certaines périodes et d'incohérences a été noté.

Aussi, la seconde phase de ce travail de recherche a été la mise en œuvre d'un ensemble d'entretiens semi-directifs avec des acteurs ayant une connaissance historique et approfondie des itinéraires étudiés.

II.3. Entretiens semi-directifs, méthode et limites

Les objectifs des entretiens étaient les suivants : i) acquérir davantage de précisions sur l'évolution des itinéraires (dates notamment), ii) confirmer/infirmier certaines informations, iii) disposer d'un retour de terrain sur des données que les documents historiques ne fournissent pas (phénomènes impliqués, raisons de tel ou tel changement, impacts sur la pratique, explication des choix faits pour un aménagement, etc.).

Un ensemble de documents produits lors de la première phase d'analyse est venu appuyer les entretiens. Ils étaient surtout construits à partir de photos et de cartes de manière à les rendre très visuels et facile à appréhender pour les personnes interrogées. Ils se sont avérés suffisamment clairs pour lancer la discussion après une rapide présentation du sujet d'étude.

En parallèle, pour chaque itinéraire, des questions ouvertes étaient posées autour de 4 grands axes : i) dates et raisons des modifications successives des sentiers/aménagements ; ii) phénomènes géomorphologiques affectant chaque itinéraire ; iii) conséquences des modifications d'itinéraires sur la pratique de l'alpinisme ; iv) informations complémentaires (localisation d'un secteur, période d'ouverture des refuges, fréquentation des itinéraires et des refuges). Les entretiens ont duré entre 1h et 3h30.

La sélection des personnes interrogées s'est faite en fonction de leurs activités professionnelles et du regard rétrospectif qu'elles pouvaient avoir sur l'évolution des itinéraires. Certaines avaient des souvenirs des itinéraires depuis les années 1950. Ainsi, ont été interrogés des guides de haute montagne relativement âgés et souvent considérés comme des « mémoires de la vallée », d'anciens gardiens de refuges et des employés du service concerné de la communauté de commune de la Vallée de Chamonix.

Liste des personnes interrogées :

- Armand Comte (guide de haute montagne)
- Christian Mollier (guide de haute montagne)
- Gilbert Pareau (guide de haute montagne, gardien du refuge du Requin de 1999 à 2010)
- Gilles Ravanel (guide de haute montagne)
- Michel Taverniers (gardien du refuge du Couvercle de 1986 à 2014)
- Roland Ravanel (guide de haute montagne)

- Jean-Marc Bonino (Service Aménagement et Montagne de la Mairie de Chamonix)
- Jean Marc Aviolat (Service Pistes et Sentiers, CC de la Vallée de Chamonix)
- Emmanuelle Henry-Amar (Service Pistes et Sentiers, CC de la Vallée de Chamonix)

Malgré leurs apports très importants - indispensables -en informations, les entretiens présentent des limites tant dans leur réalisation que dans les résultats.

D'un point de vue pratique, il n'est pas toujours évident de prendre contact et de rencontrer toutes les personnes-ressources voulu, pour des raisons d'emploi du temps et de disponibilité individuelle.

Sur le fond, les informations obtenues lors des entretiens peuvent manquer de précision et surtout ne sont pas aisées à situer dans le temps. A cet égard, les notes qu'A. Comte a pris quotidiennement pendant une partie de sa vie ont été extrêmement précieuses. Par ailleurs, les souvenirs peuvent se mélanger et, entre confusions et incertitudes, il arrive que deux entretiens apportent des informations contradictoires qui devront être vérifiées avec une autre source.

Le traitement des informations récoltées a mis en évidence des informations encore imprécises et des éléments manquants. De plus, pour exploiter au mieux certaines informations obtenues lors des entretiens, de nouveaux documents étaient nécessaires. Aussi, une dernière phase de recherche documentaire ciblée et de traitement de modèles numériques de terrain à haute résolution a été nécessaire.

II.4. Le balayage laser terrestre longue portée : un outil de mesure à haute résolution

Le balayage laser terrestre ou TLS (pour *Terrestrial Laser Scanning*), est une méthode LiDAR (*Light Detection And Ranging*) permettant la saisie rapide et automatique de données spatiales tridimensionnelles, sans nécessiter de contact direct avec l'objet d'étude. C'est une technique d'acquisition de données utilisant la lumière laser pour mesurer directement, selon une trame régulière, les coordonnées 3D (X,Y,Z) des points sur des surfaces depuis une position terrestre. L'émission du laser est effectuée à des fréquences élevées ce qui permet l'acquisition de plusieurs milliers de points dans un laps de temps très court (Ravanel, 2010).

En géomorphologie, cette méthode est utilisée pour générer des modèles numériques de terrain en 3D, sous forme de nuages de points, qui permettent d'analyser la topographie d'une scène, et son évolution, avec une très grande précision.

II.4.1. Le scanner laser *Optech Iris 3D* et la méthode LiDAR

L'appareil utilisé pour ces travaux est l'ILRIS 3D (*Intelligent Laser Ranging and Imaging System 3D*) de la société canadienne *Optech* (Duvillard, 2015).

Dans une fenêtre de $40 \times 40^\circ$, il peut enregistrer 2000 points par seconde, ce qui permet d'acquérir rapidement des données de très haute résolution : une scène de 1,2 – 1,8 millions de points est ainsi acquise en 10 - 15 minutes. Sa portée maximale utile théorique est de 800 m mais en pratique, face à la faible réflectivité des faces rocheuses, elle se réduit à 300 - 350 m (Ravanel, 2010).

L'ILRIS 3D est d'une précision millimétrique. D'après le constructeur, pour un point situé à 100 m, la marge d'erreur est de 7 mm pour la distance et de 8 mm pour la position. De plus, le scanner dispose d'un appareil photo qui permet de faire correspondre une image RVB (640×480 pixels) à chaque scène sur laquelle l'opérateur peut sélectionner des zones à analyser. Chacune des scènes est ensuite exploitable sous la forme d'un nuage de points (Duvillard, 2015).

Bien que le scanner ILRIS 3D soit assez bien adapté au travail de terrain en haute montagne malgré son poids, son utilisation nécessite des conditions météorologiques clémentes et des faces rocheuses non enneigées. Pluie, neige et brouillard peuvent affecter la qualité de

l'acquisition des points (Ravanel, 2010).



Figure II.3. – Le scanner laser ILRIS 3D en action au pied des échelles de l'Envers des Aiguilles (L. Ravanel, 2014).

II.4.2. Construction et géo-référencement des modèles 3D

Une campagne de terrain a été menée en octobre 2014 par L. Ravanel sur 3 jours. Les secteurs des échelles du Montenvers, des Echelets, des Egralats, du Requin et de l'Envers des Aiguilles ont alors été scannés, ainsi que la paroi où devraient être installées les échelles du nouvel itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua. Dans certains cas, plusieurs scènes ont dû être réalisées pour un même secteur, avec un recouvrement de 30% de manière à faciliter l'assemblage des différents modèles 3D en résultant (Ravanel, 2010).

L'assemblage des différentes scènes n'est pas automatique, les nuages de points doivent être ouverts dans le module *IMAlign* de la suite logicielle *Innovmetric Polyworks*. Leur alignement s'effectue en deux étapes : (i) un pré-assemblage de deux scènes à partir de la reconnaissance de « n paires de points homologues » (3 au minimum) facilement identifiables sur les deux scènes puis (ii) une amélioration du recalage avec l'outil de recalage « *best-fit* » basé sur un algorithme qui tente d'optimiser l'alignement des nuages de points selon le principe d'une minimalisation des distances entre deux images 3D qui se chevauchent (Duvillard, 2015).

Une fois l'assemblage des différentes scènes réalisé, le modèle 3D complet en résultant doit être géo-référencé. C'est une étape indispensable à la réalisation des mesures décrites dans le point II.4.3..

Lorsqu'on importe un modèle 3D dans la suite logicielle *Polyworks*, son référentiel est celui du scanner (Rabatel et al, 2008). Aussi, l'orientation des axes X, Y, Z du nuage se base sur l'orientation du scanner sur le terrain au moment de l'acquisition des données. Il importe donc de replacer le modèle dans un référentiel classique pour ne pas fausser les mesures d'angle par rapport à un plan horizontal par exemple (Fig. II.4.).

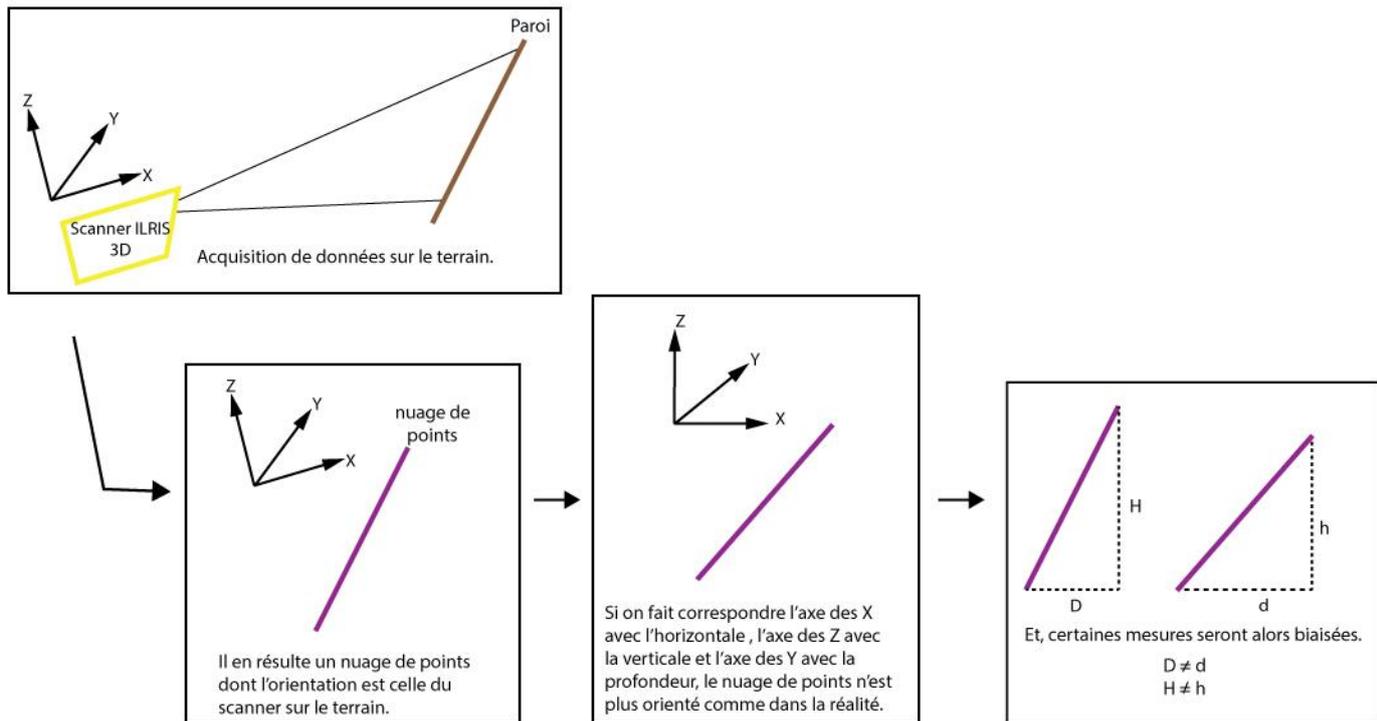


Figure II.4. – Justification du besoin de géo-référencement des nuages de points pour éviter certaines erreurs de mesure d'angles.

Le géo-référencement est réalisé dans le module *IMInspect* de Polyworks selon la méthode suivante : l'opérateur crée 3 points sur le modèle à géo-référencer ; les coordonnées de ces points dans le référentiel voulu (Lambert II étendu) sont notées à partir de *Géoportail* ; des points dits « primitifs » correspondant à ces nouvelles coordonnées sont alors importés ; enfin, les trois points initialement créés au niveau du modèle sont mis en correspondance avec les 3 points primitifs. Un tutoriel retraçant chacune de ces étapes a été réalisé.

II.4.3. Mesures des aménagements successifs

Une fois que les modèles 3D sont géo-référencés, une série de mesures peut être réalisée. Les nuages de points offrant une vue très précise des secteurs d'échelles, les ajouts successifs d'équipements et plus particulièrement d'échelles ont pu être mesurés.

L'analyse diachronique d'un ensemble de photos de chaque passage d'échelles ayant été faite précédemment (*cf.* : II.2.3.), le niveau aval des échelles pour différentes dates était connu et la différence de dénivelé a alors pu être mesurée directement sur le modèle 3D (figure 2.5).

Le choix a été fait de mesurer les échelles en dénivelé et non en longueur. Les pertes d'épaisseur des glaciers correspondant à des pertes d'altitude, procéder ainsi était logique.

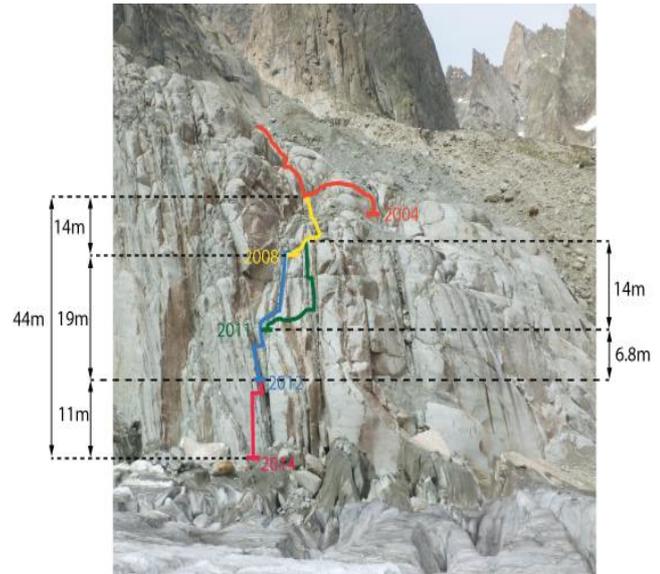
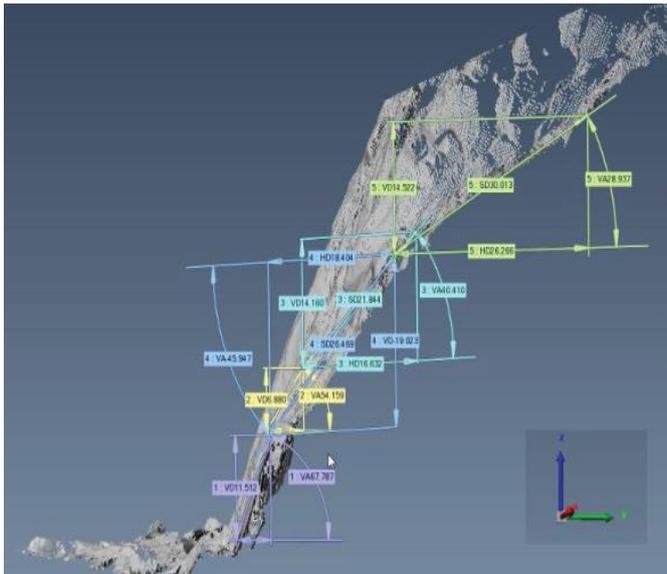


Figure II.5. – Méthode de mesure des échelles à partir du modèle 3D et d'une photo. Exemple présenté : échelles d'accès au refuge du Requin. Selon la méthode de photo comparaison, les équipements d'échelles et leurs pieds ont été tracés et datés (code couleurs et dates correspondantes) ; la différence de dénivelé entre chacun des niveaux ensuite mesuré sur le nuage de points (ph. : Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014).

Conclusion Partie II

Cette étude a nécessité l'utilisation d'un ensemble d'outils et de méthodes car chacune prise indépendamment des autres pouvait présenter trop de biais ou d'incertitudes pour fournir une base de travail pertinente. D'ailleurs, certaines questions restent encore posées. La recherche d'archives complémentaires et de nouveaux travaux de terrain devraient permettre de réduire les incertitudes.

Malgré tout, l'ensemble des méthodes utilisées a permis de retracer l'évolution de chacun des itinéraires d'accès aux refuges de la Mer de Glace avec une précision généralement bonne, et d'identifier les processus géomorphologiques impliqués. En revanche, la question de l'évolution de la fréquentation face aux changements successifs d'itinéraires est un des points que cette méthodologie n'a pas été en mesure de traiter avec exactitude. Seules des grandes tendances et des hypothèses ont pu être formulées.

Partie III : Résultats

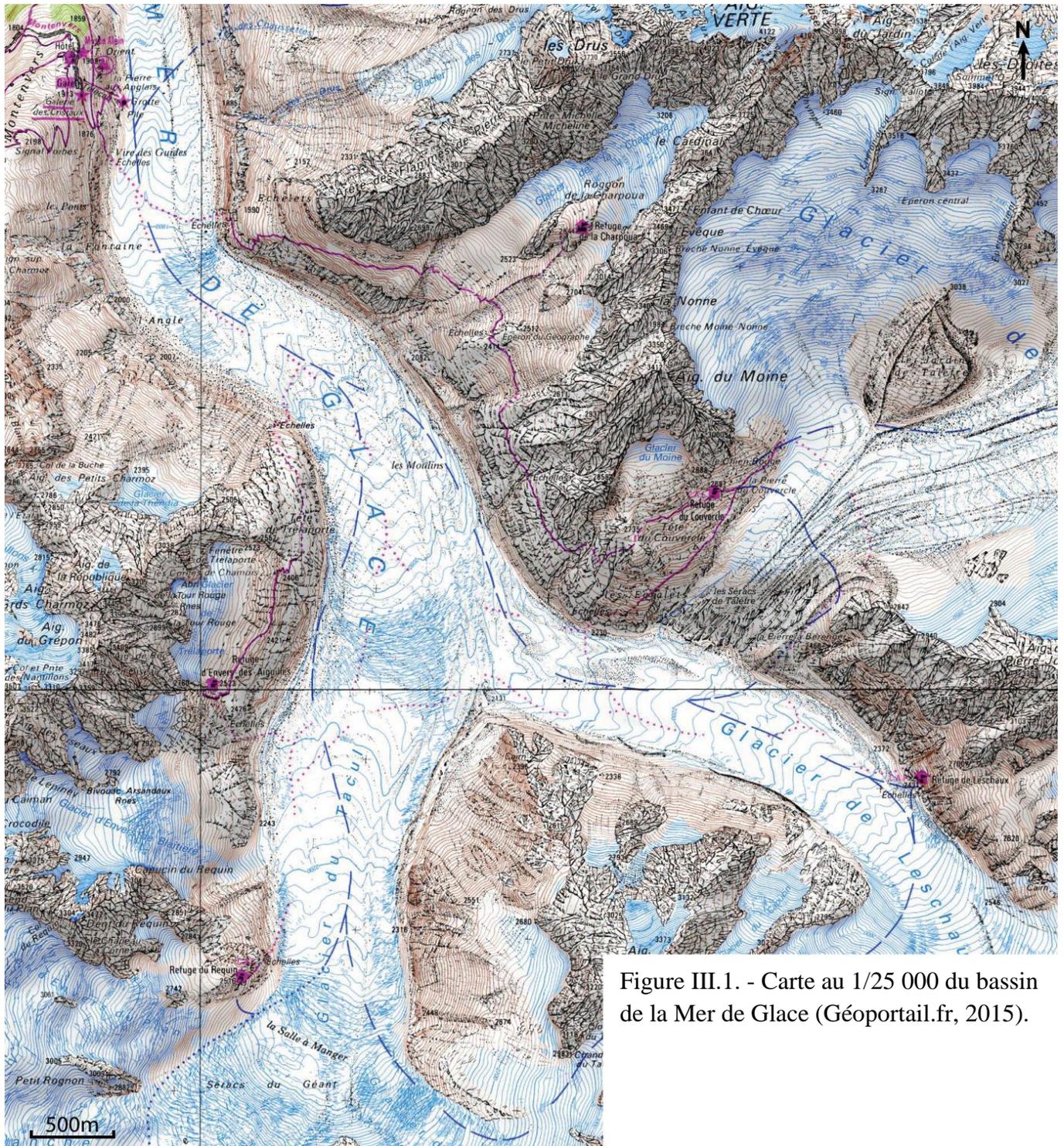


Figure III.1. - Carte au 1/25 000 du bassin de la Mer de Glace (Géoportail.fr, 2015).

III.1. Descente sur la Mer de Glace depuis le Montenvers (1913 m)

L'itinéraire de descente sur la Mer de Glace en direction des refuges de haute montagne est un de ceux qui ont le plus évolués depuis le début du XX^e siècle, non seulement par sa position générale, d'abord dans le secteur de l'Angle, puis par les Ponts et enfin par la Vire des Guides, mais également par la quantité et la qualité des aménagements en place.

Depuis la première moitié du XIX^e siècle, la descente sur la Mer de Glace en direction de l'« intérieur » du massif (à distinguer de la traversée de la Mer de Glace en direction du chalet du Chapeau, au nord du Montenvers et en rive droite de la vallée, qui était fréquentée jusque dans les années 1970) se faisait par le lieu-dit l'Angle, 1.5 km au sud du Montenvers, en rive gauche. Cet itinéraire a d'ailleurs été rénové en 1934 pour en faire un sentier de bonne qualité, de 3/4 de mètre de large (Fig. III.2.).

Voici un extrait d'un guide Vallot (1925) décrivant cet accès à la Mer de Glace:

« Du Montenvers, suivre le chemin descendant à partir de la gare vers la Mer de Glace ; laisser ce chemin à gauche pour prendre un sentier légèrement remontant, puis presque horizontal qui aborde les dalles rocheuses aménagées, appelées : les Ponts. Le sentier se bifurque alors. On peut, ou bien descendre directement et suivre ensuite horizontalement le pied de la moraine, sur des névés qui disparaissent en grande partie à la fin de l'été, pour arriver à l'Angle ; ou bien continuer le sentier qui monte pour atteindre le réservoir de l'Hôtel du Montenvers, puis redescend pour arriver à l'Angle. Ce point est marqué par de gros blocs de rochers et c'est là qu'on aborde le glacier ».

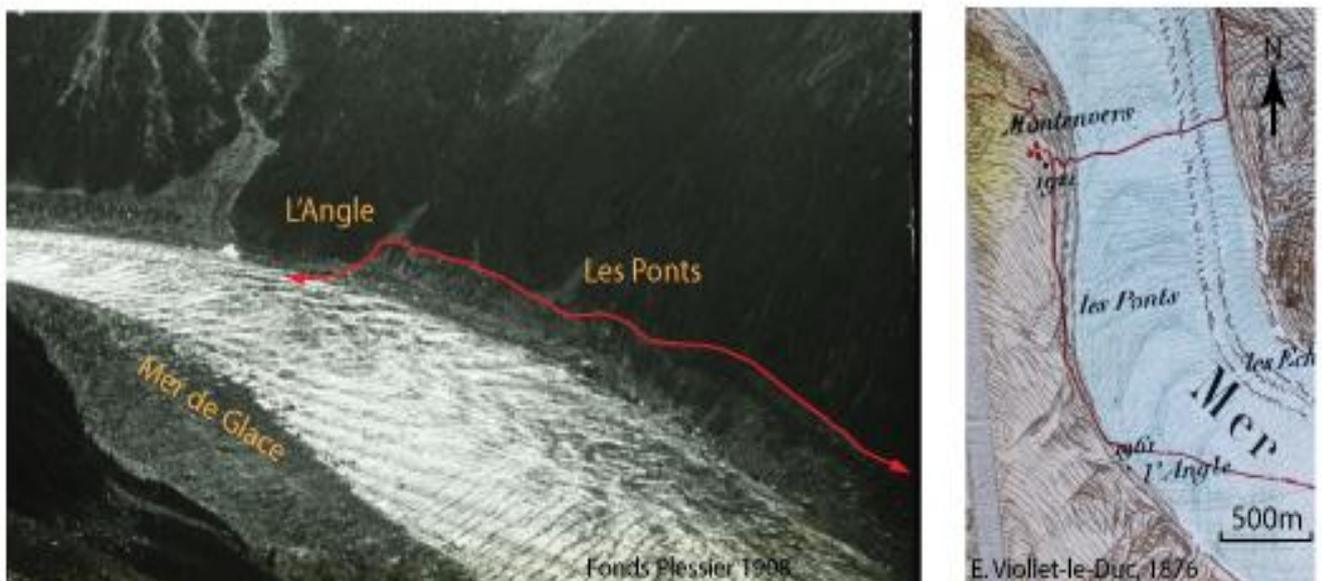


Figure III.2. - A gauche, photo du secteur des Ponts et de l'Angle en 1908. Le sentier de l'époque, est tracé en rouge. A droite, détail d'une carte de E. Viollet-le-Duc, dressée en 1876 au 1/40 000 et présentant ce même itinéraire des Ponts et de l'Angle. Source : Photo : Archives municipale de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, fonds Plessier, plessier_num_1221908. Carte : cartothèque de l'ENSA ; E. Viollet-le-Duc (1876).

Il y a une bonne concordance entre les cartes, les topos et le témoignage des guides qui placent l'abandon progressif de l'itinéraire de l'Angle dans les années 1940, expliqué par la dégradation de la moraine latérale gauche de la Mer de Glace en réponse au retrait glaciaire. Au profil des Echelets, le glacier a perdu 15 m d'épaisseur entre 1890 et 1940 (données GLACIOCLIM). Aucune dates précises d'événements ou d'équipements progressifs n'ont pu être données. Les archives de cette période n'ont pas été retrouvées et aucune des personnes

interrogées n'était suffisamment âgée à cette époque pour disposer de souvenirs.

En remplacement de l'itinéraire de l'Angle, l'accès au glacier par les Ponts est équipé en 1945, bénéficiant d'une moraine moins raide et des dalles rocheuses descendant plus bas dans le versant. Le début de l'itinéraire est le même, tandis que la descente sur le glacier se fait beaucoup plus tôt (Fig. III.3.).

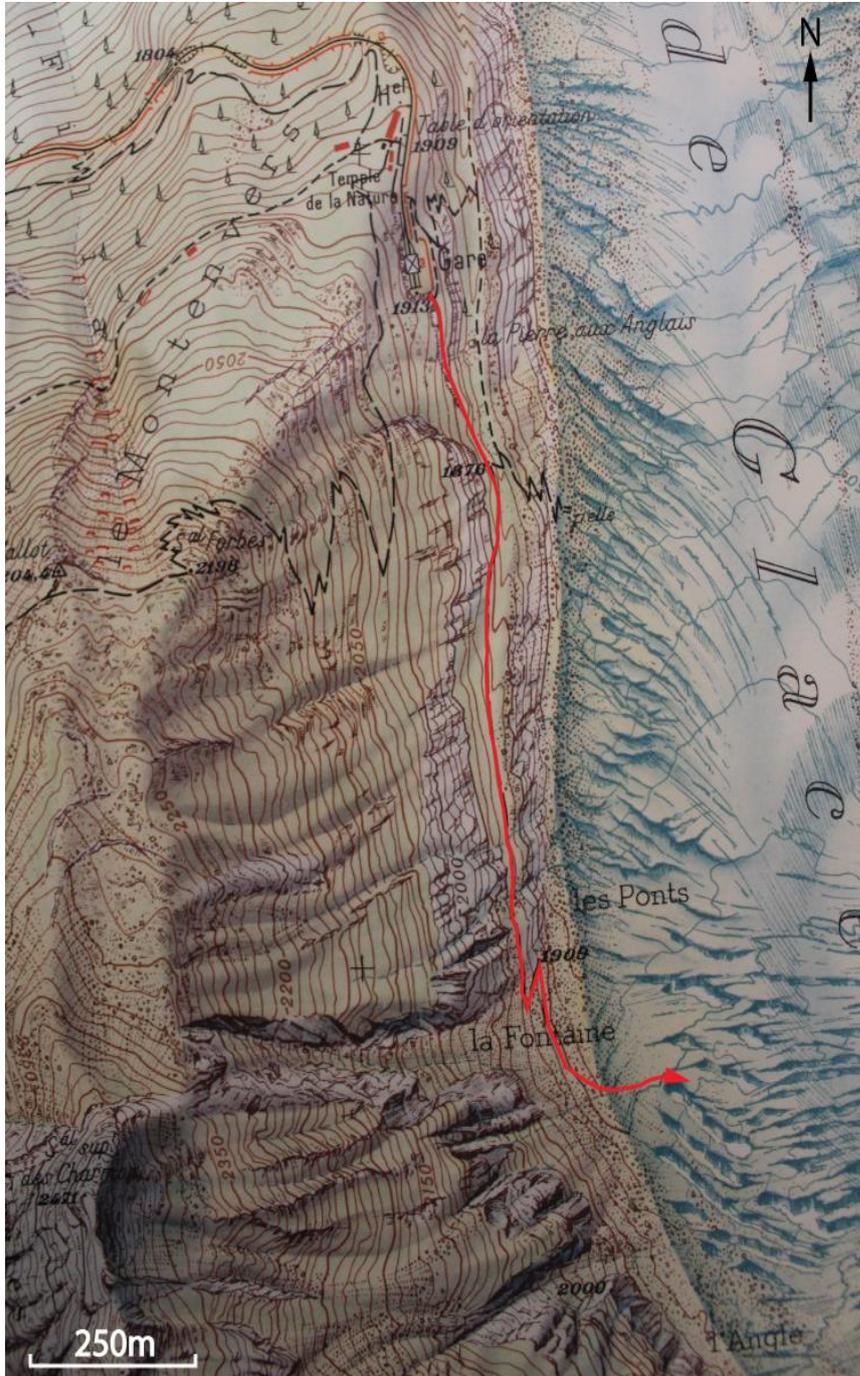


Figure III.3. – Le passage par les Ponts. Source : Cartothèque de l'ENSA, Carte IGN, 1/10 000, 1950.

Ce passage des Ponts nécessite des travaux d'entretien réguliers, notamment en 1960 (ajout d'une échelle de 3.5 m et réfection du sentier de la moraine), en 1971 (pose d'une échelle), et en 1972 (réfection du sentier de la moraine, minage de blocs instables et équipement de 39 m de rampes, de 25 pitons et de marches taillées).



Figure III.4. - Passage des dalles des Ponts, avant la descente sur le glacier en 1926. Source : Archives municipales de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, Fonds Plessier, plessier_num_312, 1926.

Le passage des Ponts est lui-même progressivement abandonné à partir de la fin des années 1970 au profit de l'accès par la Vire des Guides qui est toujours utilisée actuellement. Plusieurs phénomènes sont à l'origine de ce nouveau changement d'itinéraire. Tout d'abord, un ensemble de talwegs se sont creusés dans la traversée horizontale par érosion des placages morainiques. Certains passages sont alors devenus de plus en plus aériens et des dalles rocheuses y sont progressivement apparues rendant la fin de la traversée de plus en plus délicate. Ensuite, la descente selon l'axe de plus grande pente vers le glacier s'est allongée au fur et à mesure que celui-ci perdait en épaisseur et que la moraine se dégradait. Des ajouts d'échelles ont régulièrement été nécessaires, notamment en 1960, 1971 et 1972.

Au profil des Echelets, le glacier a perdu 32 m d'épaisseur entre 1940 et 1988 (donnée GLACIOCLIM). L'évolution des hauteurs d'échelles sur cette période est difficile à estimer, mais replacée dans le contexte de l'époque où les refuges étaient ravitaillés par porteurs, même une faible hauteur d'échelle rendait le passage rapidement problématique.

De plus, la descente de la moraine depuis le bas des échelles jusqu'au glacier est elle aussi devenue de plus en plus compliquée, voire dangereuse. La perte d'épaisseur du glacier conjuguée à l'érosion de la moraine ont rendu celle-ci de plus en plus haute et raide. Le sentier devait être partiellement réaménagé chaque année. En 1972, une rénovation complète couplée au minage de blocs a été nécessaire. Bien qu'aucune source n'ait mentionné le phénomène, par analogie avec des situations actuelles, il est probable que la descente de la moraine était exposée aux chutes de blocs et au ravinement, rendant le passage plus dangereux au fil du temps.

L'itinéraire sera définitivement abandonné suite à l'effondrement de la moraine de la Fontaine en 1988 (Fig. III.3.). Aucune information complémentaire n'a été retrouvée pour mieux qualifier cet événement.

L'abandon du passage des Ponts s'est fait progressivement. Certains guides interrogés lors des entretiens n'ont jamais utilisé ce passage alors qu'ils fréquentent le secteur depuis les années 1950. Déjà à cette époque ils utilisaient une sente qui descendait par la Vire des Guides. Les cartes témoignent aussi de cette pratique à partir des années 1970.

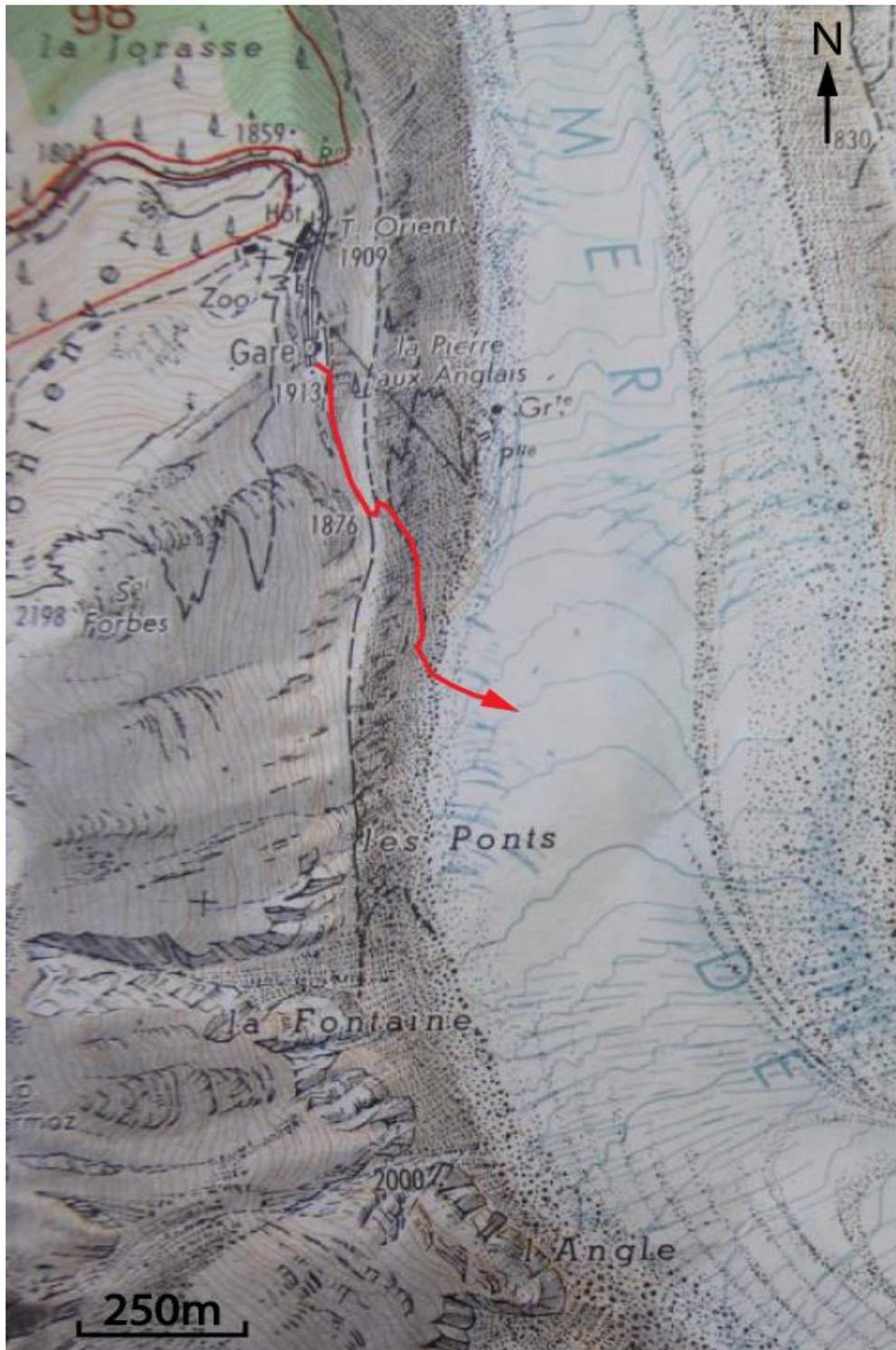


Figure III.5. – Le sentier d'accès à la Mer de Glace par la Vire des Guides (en rouge). Source : Cartothèque de l'ENSA, Carte IGN 1/20 000, 1975.

A partir de 1988, l'accès au glacier se fait officiellement par le passage de la Vire des Guides (Fig. III.5.). A cette époque, il n'y avait qu'une échelle, donnant accès à une sente descendant jusqu'au glacier par une vire herbeuse et la moraine latérale gauche (itinéraire en rouge sur la figure III.6.). Mais, avec la perte d'épaisseur du glacier, les chutes de pierres depuis la moraine vont s'intensifier et vont même causer la mort d'une jeune femme en 2001. Suite à cet accident, l'itinéraire est déplacé vers un secteur où les dalles de rocher sont peu raides et

descendent plus bas dans le versant, de manière à éviter les placages morainiques suspendus (itinéraire jaune, sur la figure III.6.). Il offre à cette époque un passage peu exposé aux chutes de pierres sans avoir recours à une hauteur d'échelles trop importante.

Mais progressivement, le retrait du glacier et la dégradation de la moraine qui en résulte vont amener à la multiplication des échelles et, à partir de 2006, le bas du versant se fait de plus en plus raide.

L'itinéraire est alors de nouveau déplacé. A partir de la Vire des Guides, il chemine sur 150 m vers le sud pour atteindre un secteur où relativement peu d'échelles sont nécessaires pour atteindre la moraine. De plus, la pente de moraine n'y est pas trop forte et permet de rejoindre assez facilement la surface du glacier (itinéraire en vert sur la figure III.6.).

Cet itinéraire est encore utilisé aujourd'hui, mais, si la hauteur d'échelles était de 23,8 m en 2008, elle est de 40 m en 2014. Des ajouts réguliers ont été nécessaires pour rejoindre le sommet de la moraine dont le niveau baisse au fur et à mesure de la perte en épaisseur du glacier. Au profil des Echelets, le glacier a perdu 98 mètres d'épaisseur entre 1988 et 2013 (donnée GLACIOCLIM).

Ainsi, contre une seule échelle en 1988, d'après un inventaire des équipements en place réalisé par le service des pistes et sentier, il y a en 2014, 87 mètres linéaire d'échelles, 257,5 m de mains courantes et 5 cordes fixes, doublement des échelles compris.

Aujourd'hui cette descente des échelles du Montenvers jusqu'à la Mer de Glace est un passage qui reste globalement assez aisé malgré une moraine qui tend à se raidir. La seule difficulté qui se pose est la longueur des échelles. Bien que les échelles aient été doublées, le temps de parcours s'allonge et il y a aussi régulièrement des « bouchons » lors des périodes de forte affluence l'été.

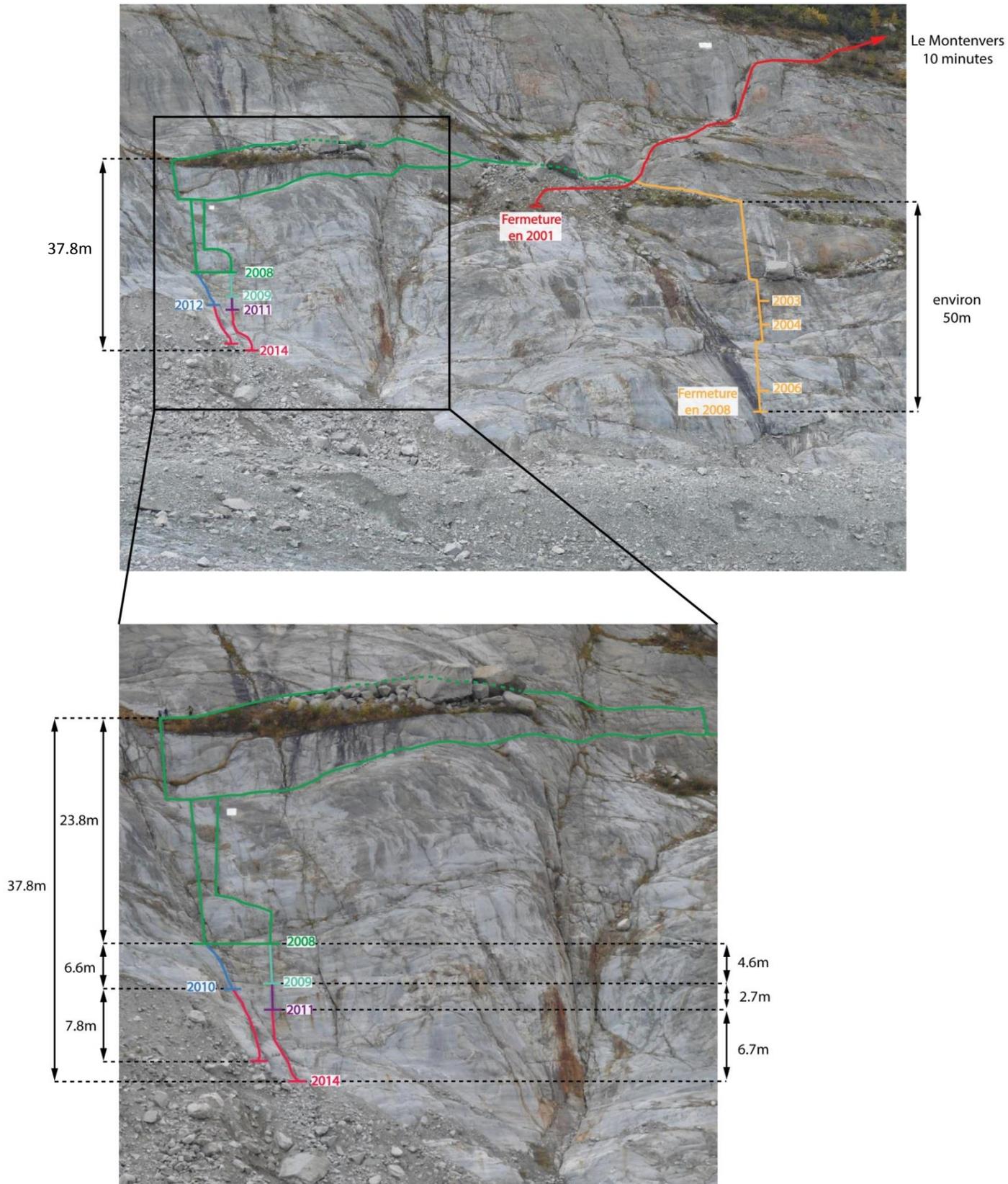


Figure III.6. – Évolution de la localisation et de la longueur des échelles pour l'accès au glacier par le passage de la Vire des Guides entre 1988 et 2014 (ph. oct. 2014). Les hauteurs ont été mesurées sur le modèle 3D.

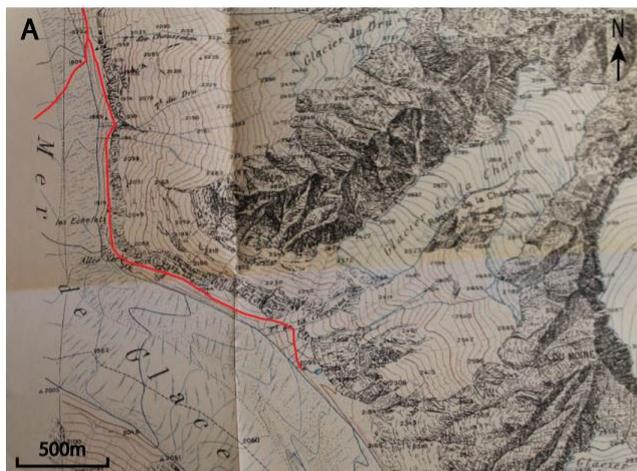
III.2. Refuge de la Charpoua (2841 m)

Un certain nombre d'incertitudes existe quant à l'itinéraire original d'accès au refuge de la Charpoua.

D'après les topos Vallot et Kurz du début du XX^e siècle, depuis le Montanvers, il fallait prendre pied sur la Mer de Glace par l'Angle et la remonter jusqu'au torrent qui descend du glacier de la Charpoua. Quelques dizaines de mètres en amont de celui-ci, un sentier remontait la moraine latérale droite de la Mer de Glace, dans le lit d'une ravine, jusqu'à des pelouses pour ensuite gagner le fil de la moraine latérale gauche du glacier de la Charpoua. Le sentier le remonte jusqu'au pied du Rognon de la Charpoua qu'il faut remonter d'abord en suivant le même axe que la moraine avant de suivre un couloir d'herbe et de rochers qui oblique légèrement vers l'est pour atteindre le refuge qui se situe au sommet du rognon à 2841 m (Fig. III.7., carte B).

Cet itinéraire n'est présent sur les cartes qu'à partir des années 1940. Les cartes de la fin du XIX^e siècle et de la première moitié du XX^e siècle suggèrent un autre itinéraire, par la rive droite de la Mer de Glace (Fig. III.7., carte A). Au départ du Chapeau ou du Montanvers, il fallait rejoindre l'Allée Verte (bande de végétation peu raide au pied de l'arête des Flammes de Pierre) et la suivre jusqu'au torrent qui descend du glacier de la Charpoua. Sur les cartes, l'itinéraire s'arrête là.

La première carte trouvée sur laquelle le sentier aboutit au refuge date de 1949 (IGN, 1/10 000) et seule la carte de Vallot de 1956 indique les deux tracés décrits précédemment (Fig. III.7., carte C).

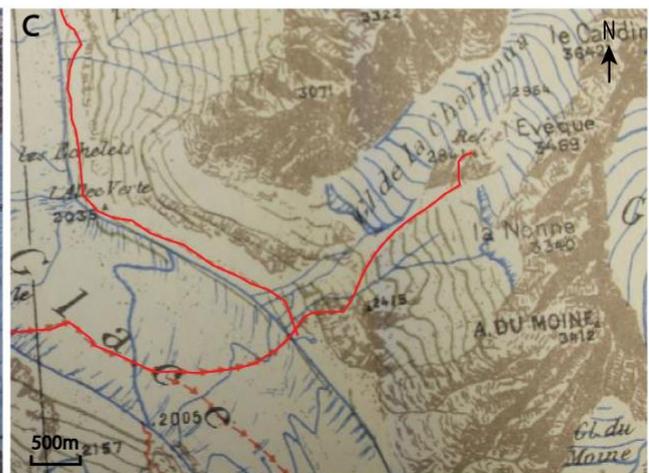


Vallot 1925, 1/20 000

Figure III.7. – Accès au refuge de la Charpoua. A : extrait de la carte Vallot de 1925. Le sentier se situe en rive droite du glacier et n'est dessiné que jusqu'au lac de la Charpoua. B : extrait de la carte IGN de 1949. Elle est la première carte à représenter le sentier qui remonte la moraine latérale droite de la Mer de Glace et qui monte ensuite jusqu'au refuge. C : extrait de la carte Vallot de 1956, unique carte à représenter les deux itinéraires. Source : École Nationale de Ski et d'Alpinisme.



IGN 1949, 1/10 000



Vallot 1956, 1/50 000

Ce manque d'adéquation entre les cartes et les topos ne permet donc pas de retracer avec précision l'évolution de l'accès à la Charpoua pour la première moitié du XX^e siècle. Plusieurs raisons pourraient être avancées. Par exemple, l'itinéraire par la rive droite était peut-être utilisé en majorité par des randonneurs en excursion à la journée jusqu'au lac de la Charpoua et les alpinistes auraient plutôt utilisé l'accès par l'Angle, plus technique mais plus rapide et direct. Noter qu'au début du siècle dernier, la surface de la Mer de Glace était beaucoup plus crevassée qu'aujourd'hui.

A partir des années 1950, seul l'itinéraire remontant la moraine latérale droite de la Mer de Glace par le lit de la ravine existe encore et est utilisé comme accès classique au refuge (Fig. III.7., carte B). Les guides interrogés fréquentant le secteur depuis les années 1950 utilisaient cet itinéraire.

La seule évolution marquante que cet itinéraire ait connu pendant la seconde moitié du XX^e siècle est justement l'allongement progressif de la remontée de la moraine latérale droite de la Mer de Glace, au fur et à mesure de la fonte du glacier (Fig. III.8.). Des câbles et des cordes fixes y étaient régulièrement ajoutés. Par lecture de la courbe des variations d'épaisseur de la Mer de Glace (Vincent, 2010) au profil de Trè-la-Porte situé 500 m en amont du torrent de la Charpoua, la Mer de Glace a perdu 42 m d'épaisseur entre 1940 et 1960.

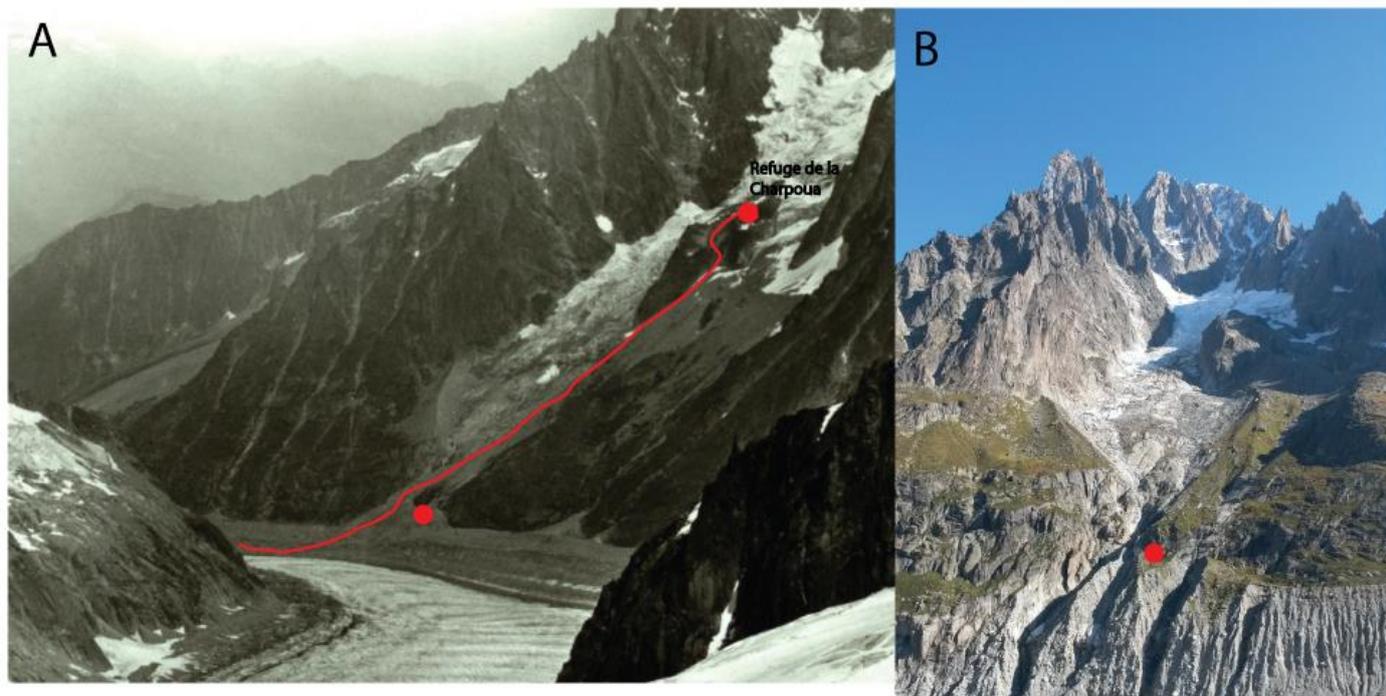


Figure III.8. – La moraine latérale droite de la Mer de Glace en 1868 ou passait l'itinéraire historique d'accès au refuge de la Charpoua (en rouge) (A) et en 2014 (B). La position du cercle rouge est identique sur les deux photos. Source : A : Archives municipales de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, Fonds Plessier, plessier num 065.

La remontée de la moraine latérale droite devenant de plus en plus difficile et exposée, un premier projet d'itinéraire pour accéder à la Charpoua en l'évitant est proposé en 1967 par la Commission des sentiers de montagne. Il consistait à quitter la Mer de Glace plus en aval, sous le point côté 2035 m (Fig. III.9.) pour remonter jusqu'au sommet de l'Allée Verte et traverser sous le glacier de la Charpoua à l'altitude de 2250 m environ. La dernière montée



Figure III.10. – Extrait de la carte IGN Top 25 de 1995, première carte à représenter le sentier qui relie les Echelets au refuge du Couvercle et offrant en même temps un nouvel itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua.

Ce nouvel itinéraire permet donc d'éviter d'avoir à remonter la moraine latérale droite de la Mer de Glace en aval du glacier de la Charpoua qui était de plus en plus dangereuse et impraticable (Fig. III.7., carte B et Fig III.8.). En revanche, il est lui aussi exposé à un certain nombre de processus dangereux et de difficultés.

Deux écroulements ont par exemple traversé l'itinéraire. Le premier en septembre 2005 au niveau des Echelets. Il a d'ailleurs emporté le chemin sur plusieurs mètres, ce qui a nécessité des travaux de rénovation (Ravanel, 2006) (Fig. III.11.). Le second s'est produit le 29 juin 2012, dans la face nord-ouest de l'Aiguille du Moine et a traversé le sentier qui se dirige vers le refuge du Couvercle sur environ 30 m après l'Éperon du Géographe (Fig. III.11.).



Figure III.11. – Un sentier exposé. A : écroulement de 2005 ayant emporté le sentier dans le secteur des Echelets. B : Dépôt de l'avalanche de neige et de roche engendré par l'écroulement de l'Aiguille du Moine de 2012. Source : A : in Ravanel 2006, B : Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamoni, 2012.

Par ailleurs, au niveau des Echelets, la perte d'épaisseur du glacier (80 m entre 1994 et 2013, donnée GLACIOCLIM) entraîne la dégradation progressive de la moraine. Le substratum rocheux apparaît progressivement sous forme de hautes dalles lisses sub-verticales qui doivent être franchies à l'aide d'échelles depuis le début des années 2000 (Fig. III.12.) tandis qu'on accédait directement à la partie végétalisée de la moraine auparavant. Le tronçon inférieur d'échelles auquel on accède en quittant la moraine était équipé de 6 m d'échelles en 2003 contre 19 m en 2014. Un autre tronçon se situe plus en amont mais sa hauteur n'a pas été chiffrée.

La remontée du talus morainique, de plus en plus raide et exposée à des chutes de pierres et à des glissements de la moraine, est récemment devenue un passage délicat.

L'itinéraire actuel, qui traverse sous le glacier de la Charpoua, est d'autre part régulièrement coupé par des chutes du front du glacier - une tous les deux ans environ (Fig. III.13.). Mais, au cours de l'été 2014, 7 à 8 chutes ont traversé le sentier et l'une d'elle a fait 2 victimes au mois de Juillet (La Chamoniarde, 2014). Aussi, face au danger que représentait la traversée sous le glacier de la Charpoua, l'itinéraire a été fermé par le service des pistes et sentiers suite à un arrêté municipal.

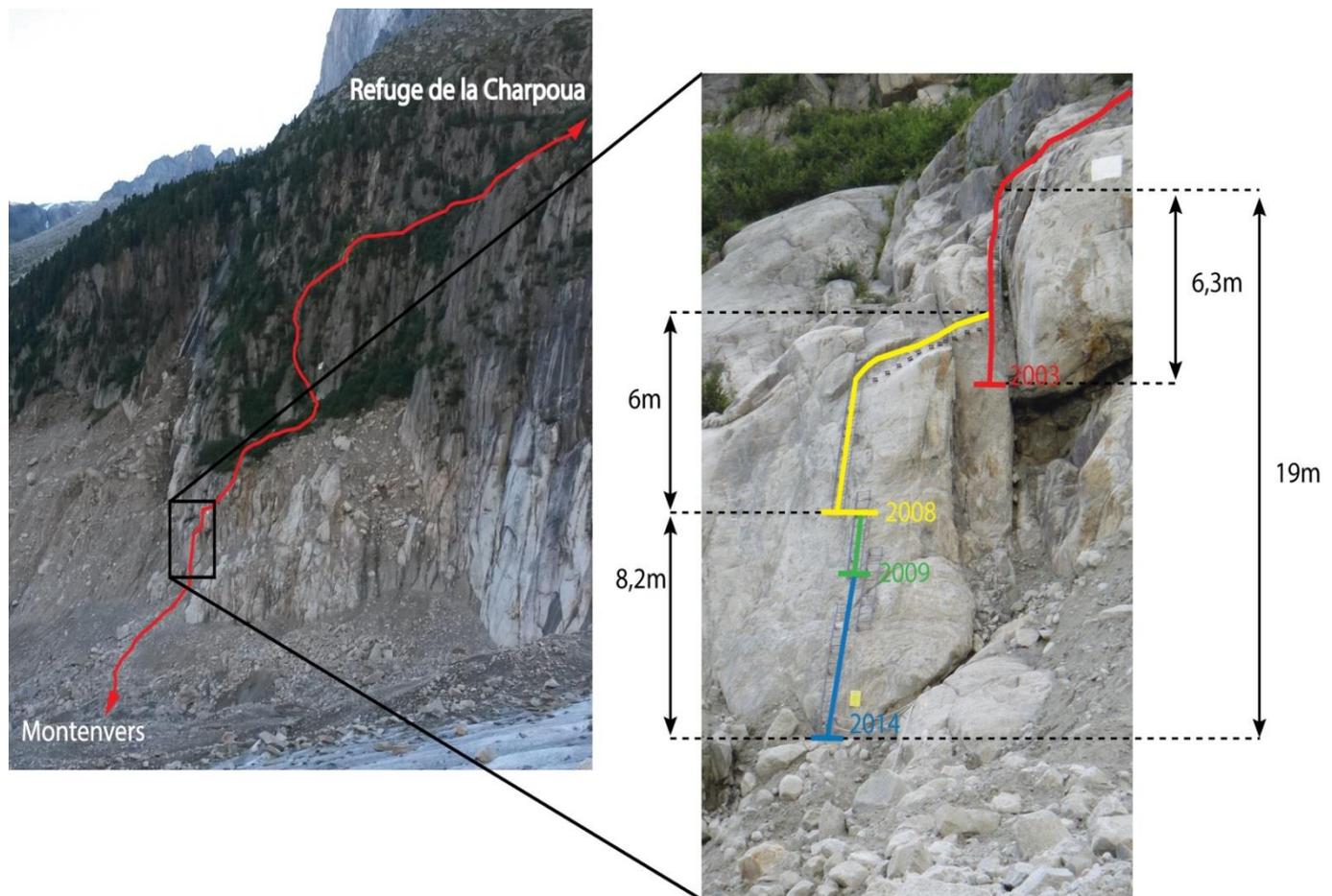


Figure III.12. – Ajout progressif d'échelles au passage des Echelets. Source : Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014.

Un nouveau tracé a été proposé et retenu (Ravanel, 2014). Il faudra remonter la Mer de Glace jusqu'au secteur des Moulins où des dalles de rochers descendent très bas dans le versant en raison de la disparition de la moraine par écroulement et glissement le long des dalles. Aussi, après avoir remonté un court talus morainique peu raide, une série d'échelles permettra d'accéder à des pelouses et dalles inclinées ou un sentier rejoindra le tracé de 1992. L'accès à la Charpoua se fera en suivant ce sentier vers le Nord jusqu'à la moraine du glacier de la Charpoua où le sentier classique sera rejoint. Ce nouvel aménagement devrait voir le jour au printemps 2016 pour un investissement de 150 000 euros (Fig. III.14.).

A court et moyen terme, ce tracé ne devrait pas être exposé à des aléas particuliers, au moins durant la période estivale (avalanches possible l'hiver et le printemps) : la transition glacier-versant se fera *via* un talus de moraine, la moraine n'étant plus en place dans ce secteur. L'ouverture de ce nouvel itinéraire aura sans nul doute un impact sur la fréquentation de l'ensemble de la rive droite de la Mer de Glace. Il offrira un accès plus rapide et sûrement moins aérien que les Egralets pour l'accès au refuge du Couvercle. On peut supposer qu'il en deviendra rapidement l'itinéraire privilégié. De plus, ce nouveau tracé modifie largement les balcons de la Mer de Glace. 2,5 km de sentiers en balcon ne seront plus accessibles (sauf, en théorie pour les alpinistes souhaitant accéder aux Flammes de Pierre) et sont remplacés par une remontée partielle de la Mer de Glace (randonnée glaciaire). Se pose dès lors la question de l'impact de ce nouveau tracé sur la fréquentation du secteur par les randonneurs ? Pouvant accéder plus rapidement et plus facilement au refuge du Couvercle, vont-ils en profiter pour effectuer plus classiquement la liaison jusqu'au refuge de Leschaux ? Ce nouveau tracé rallongeant l'accès au refuge de la Charpoua, ne va-t-il pas y voir un impact négatif sur sa fréquentation ?



Figure III.13. – Chute du front du glacier de la Charpoua ayant coupé l'itinéraire en août 2014.
Source : La Chamoniarde, 2014.

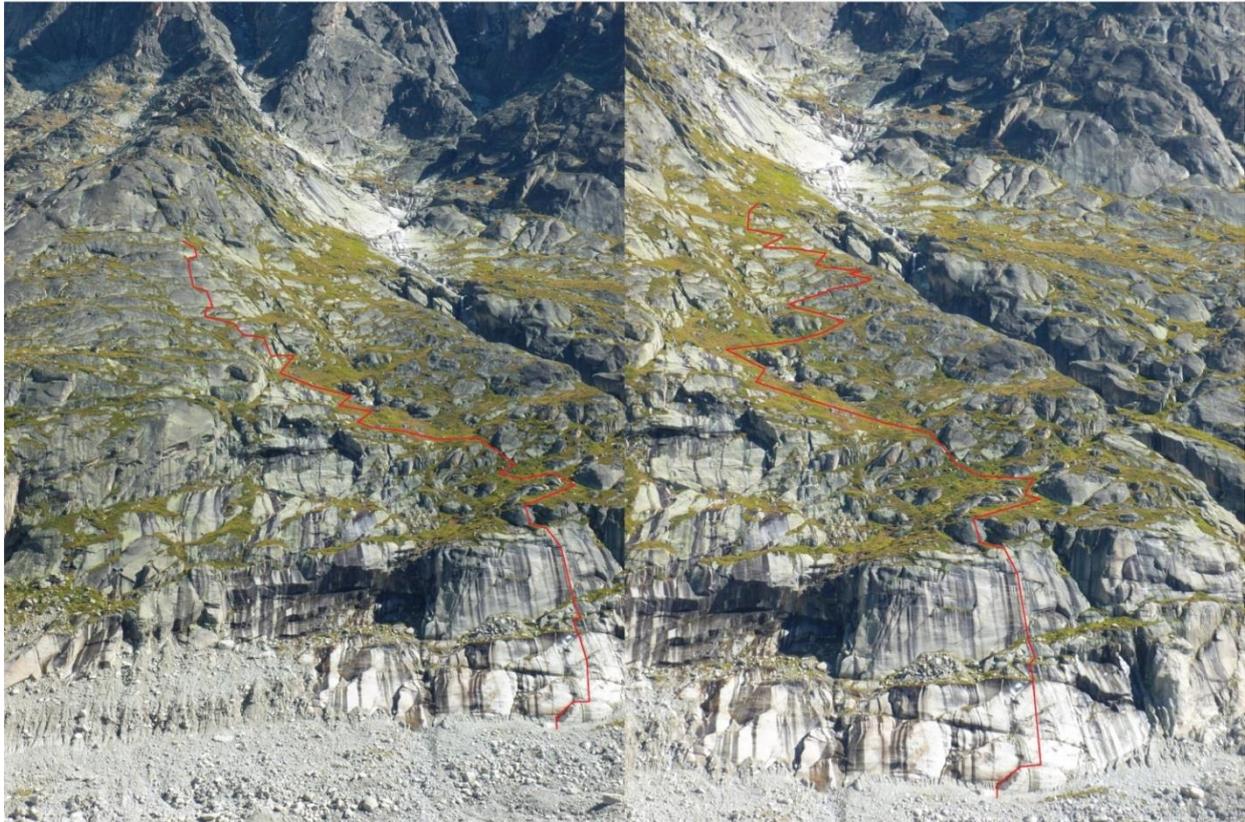


Figure III.14. – Deux propositions de tracé du nouvel itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua. Source : Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014.

III.3. Le refuge du Couvercle (2687 m) par les Egralets

L'accès classique au refuge du Couvercle depuis le Montenvers se fait en remontant successivement la Mer de Glace s.s. (généralement au centre) et une partie du glacier de Leschaux (plutôt en rive droite). On quitte ensuite le glacier de Leschaux pour le versant au lieu-dit les Egralets, environ 400 m en aval de l'ancienne confluence du glacier de Leschaux avec celui de Talèfre. Après un secteur d'échelles qui s'allongent avec le temps, on traverse pour finir en direction du NE sous l'Aiguille du Moine jusqu'au refuge.

En dehors du fait que la surface des glaciers s'est fortement couverte de débris rocheux ces dernières décennies rendant la marche parfois plus pénible, cet itinéraire classique n'a pas connu de modification majeure sauf au passage des Egralets.

Au début du XX^e siècle, seuls quelques pas taillés et une main courante permettaient de passer les Egralets (Fig. III.15.). Le glacier ayant fortement perdu en épaisseur, un haut passage d'échelles est aujourd'hui nécessaire pour atteindre le sommet de l'auge glaciaire.

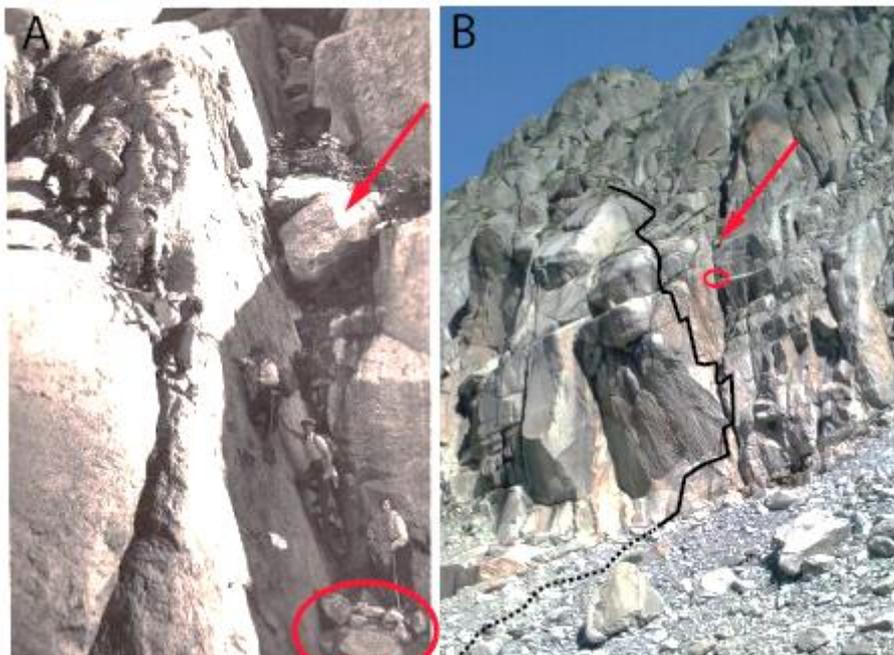


Figure III.15. - Comparaison entre le passage des Egralets au début du XX^e siècle (A) et en 2014 (B). Les flèches rouges indiquent le même bloc. Le cercle rouge sur la carte postale A souligne des dépôts morainiques. En 2014, ce même secteur se situe très haut sur le versant illustrant la perte d'épaisseur du glacier. Source: A: Delcampe.net, B: ph. Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014.

Cette transition glacier – versant s'est toujours faite au même endroit depuis le XIX^e siècle. Le passage a été équipé et sécurisé, au fur et à mesure de la fonte du glacier de Leschaux.

D'après les comptes rendus de la Commission des sentiers de montagne, des premiers minages de blocs instables ont été nécessaires dans les années 1950 et ce sont poursuivis au cours de la décennie suivante.

A partir de 1967, le tracé des échelles faisait une traversée vers l'est grâce à une passerelle pour une dénivellation totale de 24 m en 1970. Cette traversée était exposée à des chutes de pierres fréquentes et aux avalanches. Cela s'explique par le fait que le passage des Egralets exploite une faille d'où proviennent les chutes de pierres et qui canalise les phénomènes gravitaires. Les ancrages des équipements étaient régulièrement endommagés et la passerelle

devait être démontée tous les automnes pour un coût de 500 Fr.

Aussi, en 1967, face à la dangerosité du passage et face à des frais d'entretien trop importants, un nouvel itinéraire est mis à l'étude. Deux possibilités sont alors proposées : soit passer plus haut, en aval du front du glacier de Talèfre, soit plus en bas, au-dessus du secteur des Moulins. Mais, pour des raisons qui restent inconnues, l'itinéraire ne sera finalement jamais déplacé avec pour conséquence des rénovations du passage des Egralets et des ajouts d'échelles presque chaque année dans les années 1970 :

- 1968 - 1971 : remise en état et ajouts d'échelles ;
- 1972 : entretien et pose de 6 m d'échelles ;
- 1973: 1000 Fr de frais d'entretiens ;
- 1973 : 2000 Fr de frais d'entretiens ;
- 1975 : rénovation complète du passage des Egralets et pose de passerelles neuves grâce aux hélicoptères du PGHM et de la Protection Civile ;
- 1976 - 1977 - 1978 : 2000 Fr de frais d'entretiens et de sécurisation chaque année.

La passerelle sera démontée au milieu des années 1980. Le tracé se fait alors plus vertical, dans la faille. Les raisons exactes qui ont menées à ce nouveau tronçon ne sont pas claires. Pourquoi faire passer les équipements dans un couloir qui posait d'importants problèmes dans les années 1970-80 ? Des purges et des minages successifs ont-ils permis de sécuriser le couloir ? Les phénomènes gravitaires se sont-ils faits naturellement plus rares ? Entre 1970 et 1999, le passage a été allongé de 16 m pour atteindre un dénivelé total de 40 m.

Ensuite, entre 1999 et 2008, l'itinéraire a été rallongé de 9,5 m dans le même axe vertical. En 2009, il est décalé de quelques mètres sur la gauche, sur une roche plus saine et propice à la mise en place d'échelles. Entre 2010 et 2011, il a fallu en ajouter 8,5 m (Fig. III.16.). D'ailleurs, la section verticale d'échelles devenant de plus en plus importante, le tracé est une nouvelle fois modifié en 2012 en suivant une vire descendante partant sur la gauche (figure 3.16). Cela a permis de limiter le nombre d'échelles et de rendre le passage moins engagé. A l'automne 2012, le passage des échelles représente tout de même 58 m de dénivelée. Et, en 2014, d'après l'inventaire du service des pistes et sentiers, il y avait 78 m d'échelles, 7 caillebotis, 5 cordes fixes et 57 pédales... contre quelques pas taillés et une main courante au début du XX^e siècle.

D'après M. Tavernier, gardien du refuge du Couvercle de 1986 à 2014, les ajouts d'échelles se sont faits de plus en plus importants à partir des années 2000 où des échelles de plusieurs mètres sont ajoutées presque annuellement contrairement à la décennie précédente lors de laquelle il pouvait se passer une saison sans que des échelles soient ajoutées.

Dans le cas des Egralets, le principal problème est la hauteur et le caractère vertical du passage. Celui-ci est particulièrement impressionnant et tout le monde n'est pas capable de le franchir. En revanche, cette verticalité du substratum permet au versant d'être exempt de moraines. Le passage n'est ainsi pas particulièrement exposé aux chutes de pierres ou à des glissements comme c'est classiquement le cas sur les autres passages d'échelles du bassin.

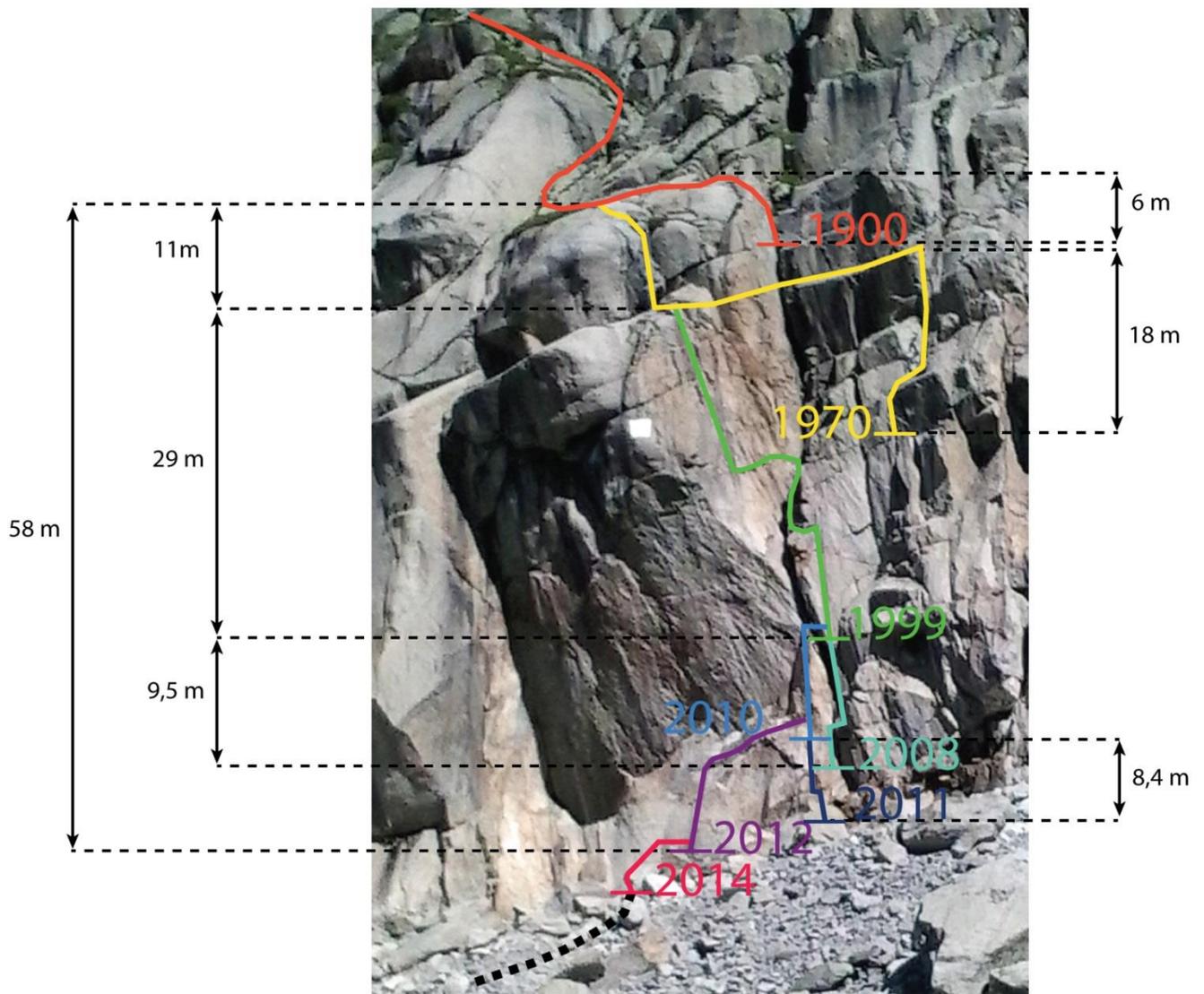


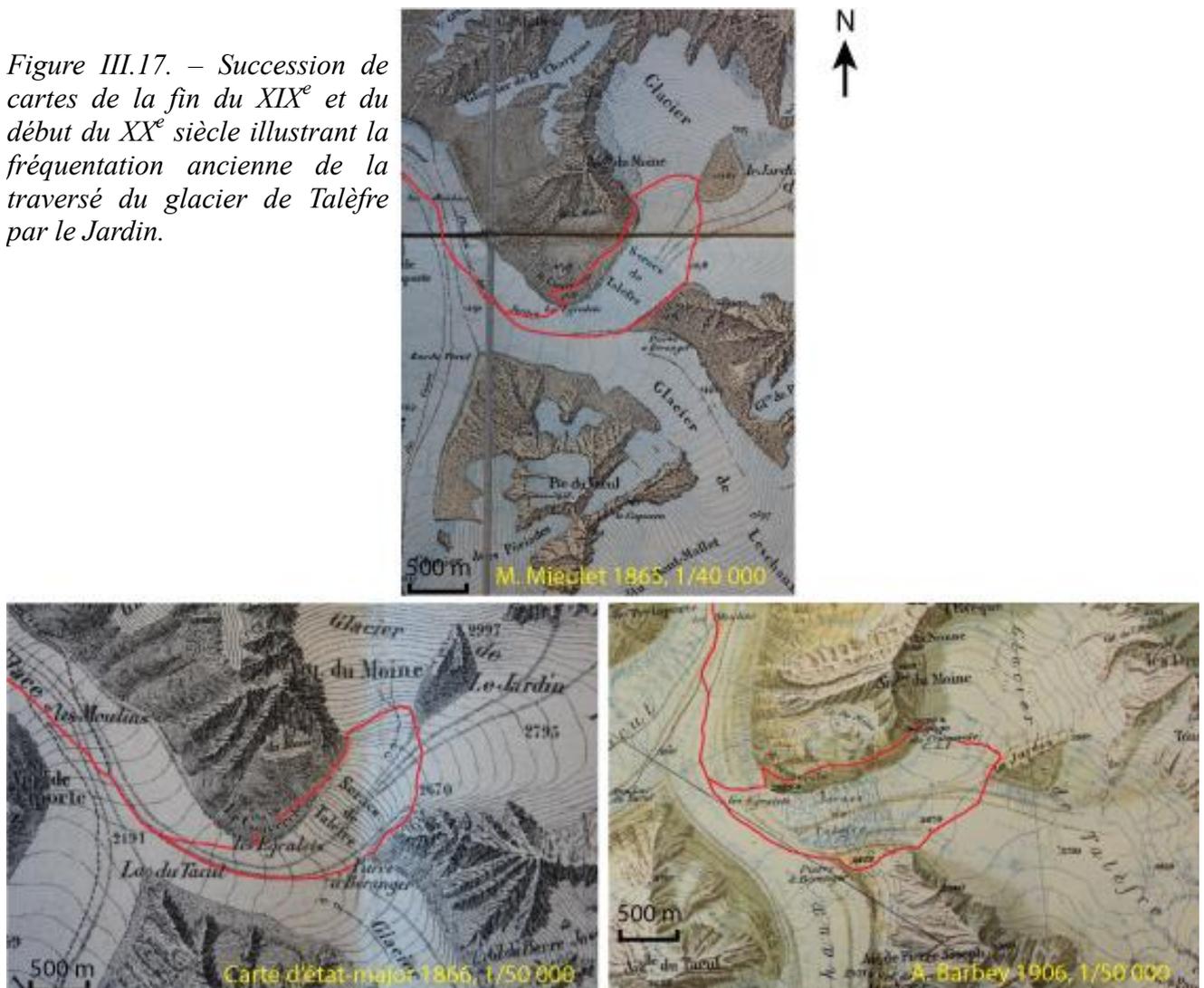
Figure III.16. - Aménagement successifs du passage des Egralets pour l'accès au refuge du Couvercle (ph. Services des pistes et sentiers, 2014).

III.4. La liaison refuge de Couvercle - refuge de Leschaux (2431 m) par le glacier de Talèfre

La traversée du glacier de Talèfre entre la Pierre du Couvercle (2687 m) et la Pierre à Bérenger (2466 m) est faite depuis le XIX^e siècle. Il serait même probable que E. Whymper et ses compagnons de cordée aient dormi sous la Pierre à Bérenger avant certaines de leurs ascensions dans le bassin de Talèfre, entre 1860 et 1870. Une cabane y est d'ailleurs construite en 1867 ; pour ensuite être démontée en 1904, le bois ayant été utilisé pour la construction du premier refuge du Couvercle. Cette traversée était aussi fréquentée pour des randonnées à la journée et par des cristalliers qui se rendaient dans le secteur du Jardin de Talèfre. Le retour au Montanvers se faisait en descendant jusqu'au glacier de Leschaux par la Pierre à Bérenger (Fig. III.17.).

Cet itinéraire est déjà présent sur certaines cartes du XIX^e siècle comme en témoigne plusieurs cartes (Fig. III.17.).

Figure III.17. – Succession de cartes de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle illustrant la fréquentation ancienne de la traversée du glacier de Talèfre par le Jardin.

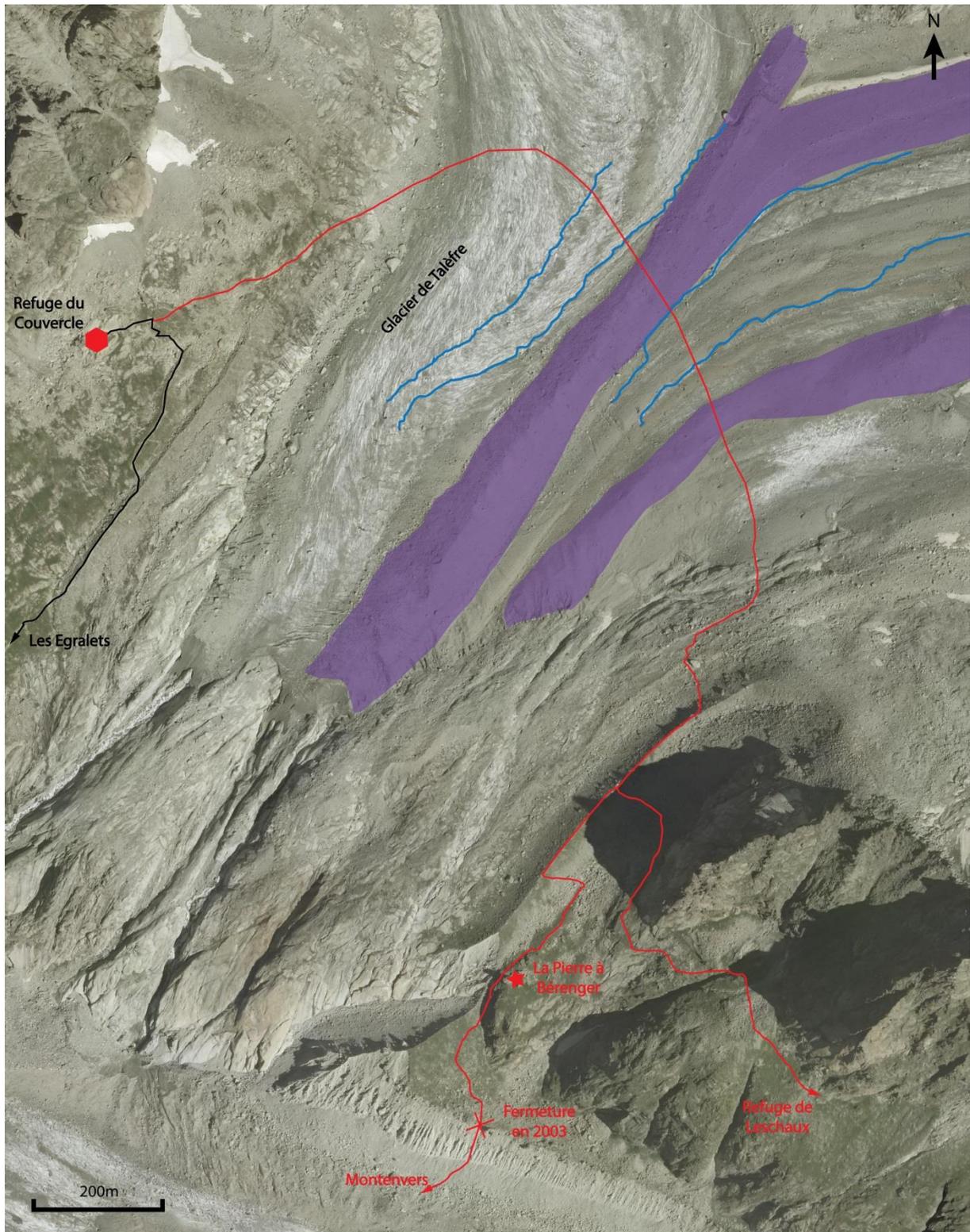


Tout au long du XX^e siècle, cette traversée du glacier de Talèfre est surtout perçue comme un itinéraire secondaire de descente vers le Montanvers. D'après A. Comte, cet itinéraire de descente par la Pierre à Bérenger était principalement utilisé par les personnes trouvant les échelles des Egralets trop impressionnantes. C'était aussi un parcours un peu plus long et plus

varié comme le confirme le topo de la Chaîne du Mont-Blanc de L. Kurz de 1935 : « *le retour au Montenvers, par le sentier de la Pierre à Bérenger, sur la rive gauche du glacier de Talèfre, est un peu plus long, mais il offre plus d'intérêt au point de vue pittoresque (3h30)* ». La traversée est aussi partiellement effectuée par des alpinistes montant en direction des Courtes (3856 m) et de la Pointe Isabelle (3761 m).

Un sentier reliant le refuge du Couvercle au refuge de Leschaux est créé en 2002 et inauguré en 2003. Il s'intègre au projet du sentier des Balcons de la Mer de Glace dont l'une des vocations est d'ouvrir le secteur aux « randonneurs ». Ainsi, après la traversée du glacier de Talèfre, un sentier à flanc de versant permet de faire la liaison jusqu'au refuge de Leschaux.

Historiquement, au départ de la Pierre du Couvercle, l'itinéraire restait à niveau en partant en direction du NE, pour rejoindre la rive droite du Glacier de Talèfre à l'altitude 2630 m. La traversée du glacier s'effectuait ensuite en passant sous le Jardin de Talèfre pour rejoindre la moraine latérale gauche du glacier par le NE. Ensuite, soit on descendait jusqu'au glacier de Leschaux par la Pierre à Bérenger en descendant sa moraine latérale droite juste en amont de sa jonction avec la moraine latérale gauche du glacier de Talèfre ; soit on traversait par le sentier à flanc jusqu'au refuge de Leschaux (Fig. III.18.).



- itinéraire historique de traversé du glacier de Talèfre permettant soit de descendre sur le glacier de Leschaux par la Pierre à Bérenger soit de rejoindre le refuge homonyme par le sentier à flanc de versant
- Bédières
- moraine médiane

Figure III.18. – Itinéraire historique de traversée du glacier de Talèfre donnant accès soit à la descente sur le glacier de Leschaux par la Pierre à Bérenger soit à la traversée à flanc de versant vers le refuge de Leschaux (ph. : Bing, Nokia, 2015).

Les secteurs qui ont progressivement été desenglacés suite au retrait du glacier de Talèfre en amont du refuge du Couvercle ont laissé apparaître de grandes dalles lisses avec beaucoup de blocs instables et des moraines latérales raides. A plusieurs reprises, la transition versant-glacier a été déplacée et équipée de cordes fixes (Fig. III.19.). Le site Camptocamp la décrit ainsi : « *terrains instables à l'extrême, pierres ne demandant qu'à partir sur ceux qui attendent en dessous* » (Fig. III.19.).



Figure III.19. – Descente de la moraine latérale droite du glacier de Talèfre. La photo n'est pas datée mais illustre bien la difficulté et les dangers du passage.

La traversée sur le glacier lui-même est aussi de plus en plus délicate et longue avec une importante couverture détritique supra-glaciaire et des bédrières à franchir (Fig. III.18.).

D'autre part, face à la perte d'épaisseur du glacier de Leschaux, la descente de la Pierre à Bérenger a été officiellement fermée en 2003, la descente de la moraine latérale droite du glacier de Leschaux devenant trop raide et trop exposée. En 2002, une corde fixe de plus de 100 m aidait au passage mais faisait tomber des blocs sur les personnes en train de descendre. Face à l'ensemble des difficultés que représentait l'itinéraire historique de traversée du glacier de Talèfre, le choix de le modifier a été fait en 2010. L'objectif principal était de trouver un passage permettant de prendre pied facilement sur le glacier soit pour le traverser en direction du refuge de Leschaux soit pour monter vers les sommets du fond du cirque de Talèfre.

A partir du refuge du Couvercle, il faut désormais redescendre en direction des Egralets sur environ 100 m de dénivelé. Peu après avoir pris pied sur la moraine latérale droite du glacier de Talèfre, une sente descend vers le sud et atteint le glacier par une petite vire à 2550 m

d'altitude (Fig. III.20. – III.22.). Une fois sur le glacier, l'itinéraire remonte vers le N-E en direction du jardin de Talèfre pour rejoindre l'itinéraire historique et continuer jusqu'à la moraine latérale gauche du glacier de Talèfre.

Avec ce nouveau tracé, la transition versant-glacier se fait en sécurité et ne présente aucune difficulté particulière (Fig. III.20.). En revanche, la remontée du glacier de Talèfre vers le N-E est longue et donne lieu à un détour important. Aussi, en 2012 ou 2013, cette remontée du glacier est supprimée et un nouveau tracé est balisé. La transition versant-glacier se fait toujours par la vire à 2550 m mais la traversée du glacier jusqu'à sa moraine latérale gauche s'effectue ensuite en restant globalement à la même altitude. Ce nouvel itinéraire de traversée du glacier, encore utilisé aujourd'hui, a l'avantage d'être direct et de ne pas présenter de difficultés particulières (Fig. III.22.).

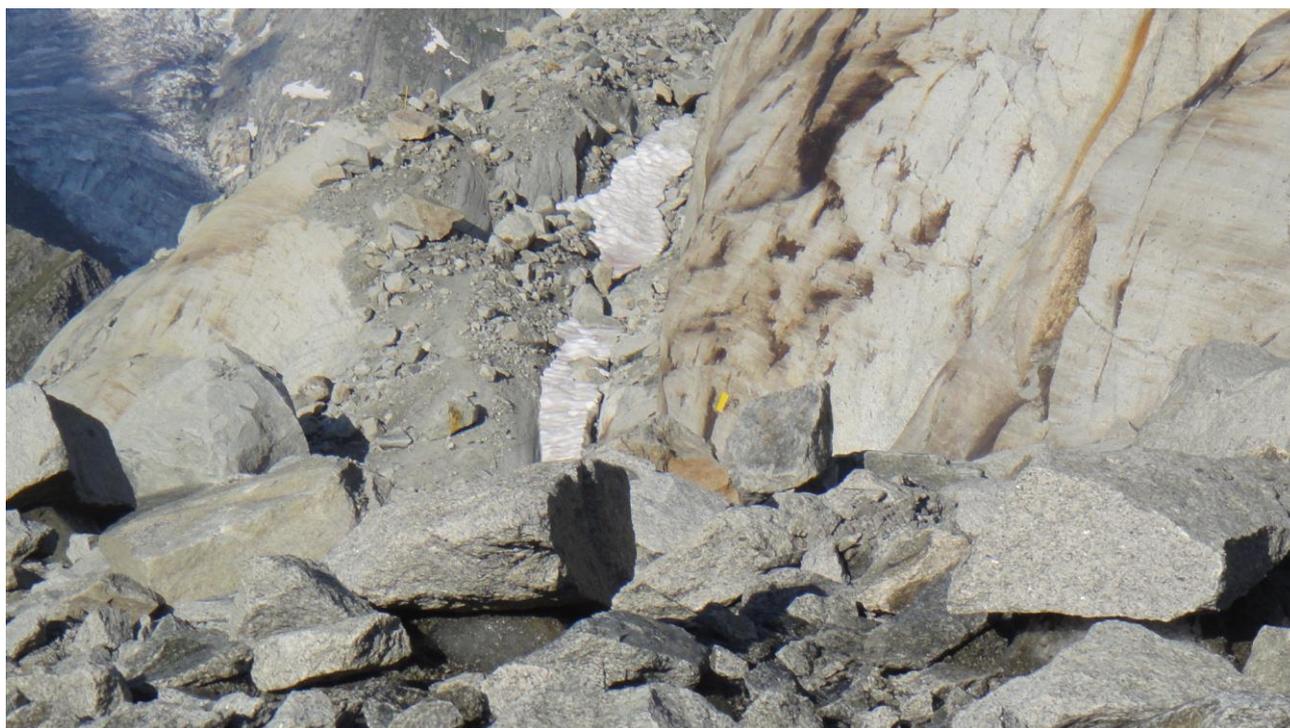


Figure III.20. – Transition versant-glacier par la vire à 2550 m d'altitude, en rive droite du glacier de Talèfre, sous le refuge du Couvercle (ph. : Service des Pistes et Sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2011).

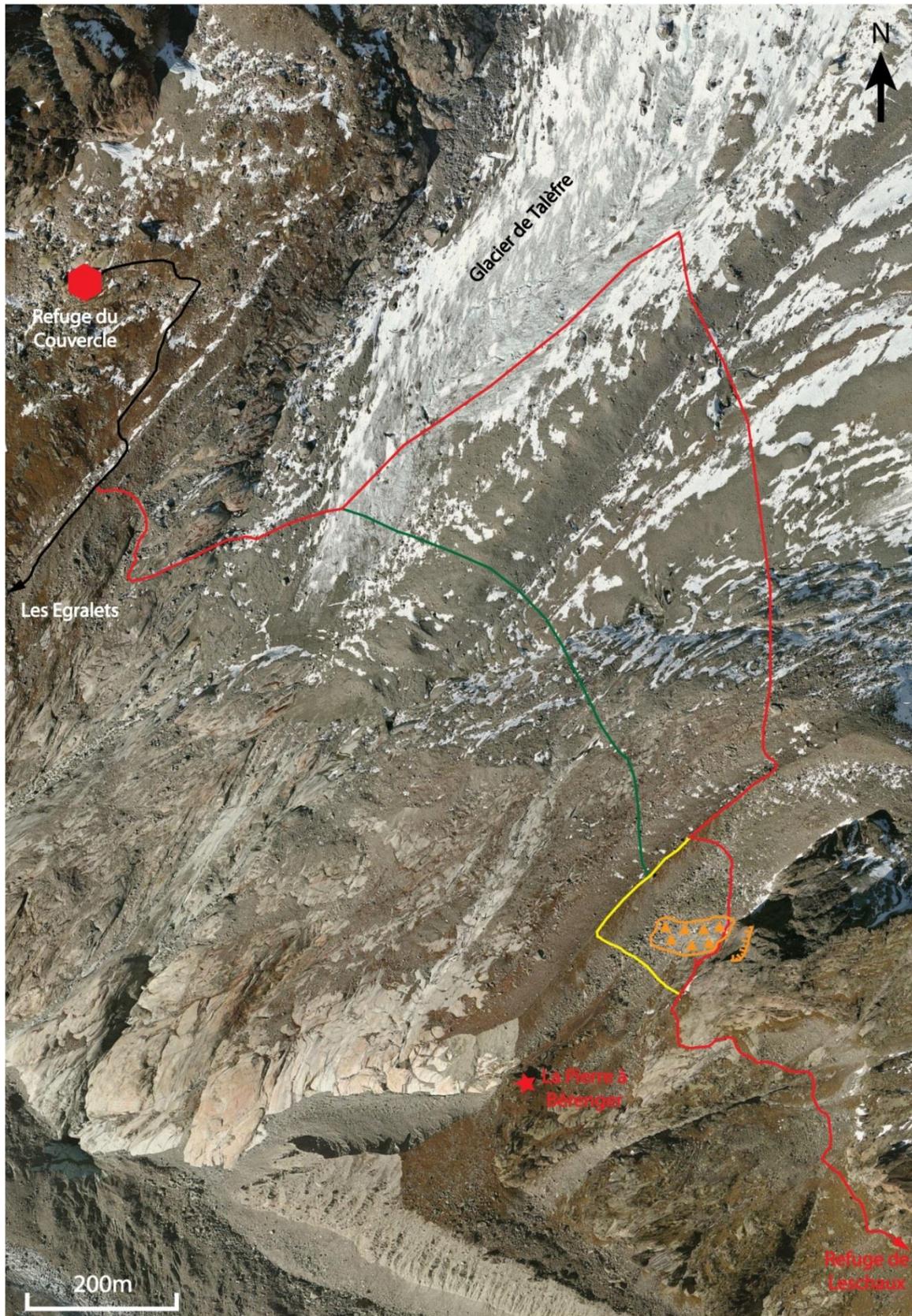
Un écoulement ($\sim 200 \text{ m}^3$; comm. écrite L. Ravanel) sur les contreforts Ouest de l'Aiguille de Pierre Joseph (3472 m) a coupé l'itinéraire en juin 2011 (Fig. III.21.). Ce dernier a été décalé vers l'aval pour limiter son exposition (Fig. III.22.).

Aujourd'hui, bien que l'itinéraire de traversée du glacier de Talèfre soit principalement destiné aux randonneurs allant jusqu'au refuge de Leschaux, il est de plus en plus utilisé par les alpinistes se rendant vers les Courtes et la Pointe Isabelle. La descente de la moraine latérale droite de l'itinéraire historique est de plus en plus dangereuse malgré le fait qu'elle soit toujours équipée d'une main courante. De plus, le matin, une file d'attente se forme souvent pour descendre la corde fixe ; il n'en devient pas plus long d'utiliser le nouvel itinéraire.

Le circuit des balcons de la Mer de Glace le plus classiquement réalisé étant la liaison entre les Echelets, le refuge du Couvercle et le refuge de Leschaux, la traversée du glacier de Talèfre est un passage-clé. Si elle devient trop difficile ou trop dangereuse pour des randonneurs, cela pourrait avoir un impact important sur la fréquentation de ces deux refuges.



Figure III.21. – Niche d'arrachement et dépôts de l'éroulement sur le contrefort Ouest de l'Aiguille Pierre Joseph de juillet 2011, recoupant l'itinéraire historique (en rouge).



- sentier ouvert en 2010
 - sentier construit suite à l'éroulement sur le contrefort ouest de l'Aiguille Pierre Joseph en 2011
 - sentier balisé en 2012 ou 2013
- niche d'arrachement
 - dépôt de l'éroulement

Figure III.22. – Évolution du tracé Couvercle-Leschaux de 2010 suite à l'éroulement de juin 2011, puis pour rendre la traversée plus logique et directe (ph. : Bing, Nokia, 2015).

III.5. Refuge de Leschaux

L'accès au refuge de Leschaux depuis le Montenvers s'effectue en remontant successivement la Mer de Glace et le glacier de Leschaux. Le refuge se situe en rive droite de celui-ci, au pied de l'Aiguille Pierre Joseph.

L'itinéraire d'accès classique n'a globalement pas connu de modifications majeures dans son tracé. Le cheminement sur les glaciers s'est toujours fait de la même manière en gagnant le centre de la Mer de Glace que l'on remonte ensuite jusqu'au secteur des Moulins. On traverse ensuite la moraine supraglaciaire pour atteindre le glacier de Leschaux en son centre et rejoindre la rive droite du glacier à 2300 m d'altitude pour finalement remonter le versant sud de l'Aiguille Pierre-Joseph jusqu'au refuge.

En revanche, une nouvelle fois, la transition glacier de Leschaux - versant sud de l'Aiguille Pierre Joseph, bien que toujours située dans le même secteur, a fortement évolué.

Lors de sa construction en 1929, le refuge se situait quelques mètres seulement au-dessus du glacier. Aucune échelle n'était alors nécessaire pour remonter le versant jusqu'au refuge. En 2014, le glacier de Leschaux ayant fortement perdu de son épaisseur, un haut passage d'échelles est maintenant nécessaire (Fig. III.23.).



Figure III.23. – A : Le refuge de Leschaux dans les années 1930 – 40 avec vue vers le nord et la confluence entre les glaciers de Leschaux et de Talèfre. B : Le refuge (cercle rouge) dans les mêmes années; C : refuge en 2014. La comparaison entre ces trois photos permet d'illustrer la perte d'épaisseur du glacier de Leschaux. Est surligné en violet un même affleurement reconnaissable. Sources : A, B : Archives municipales de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, Fonds Gay-Couttets, B40-01, B40-03. C : service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014.

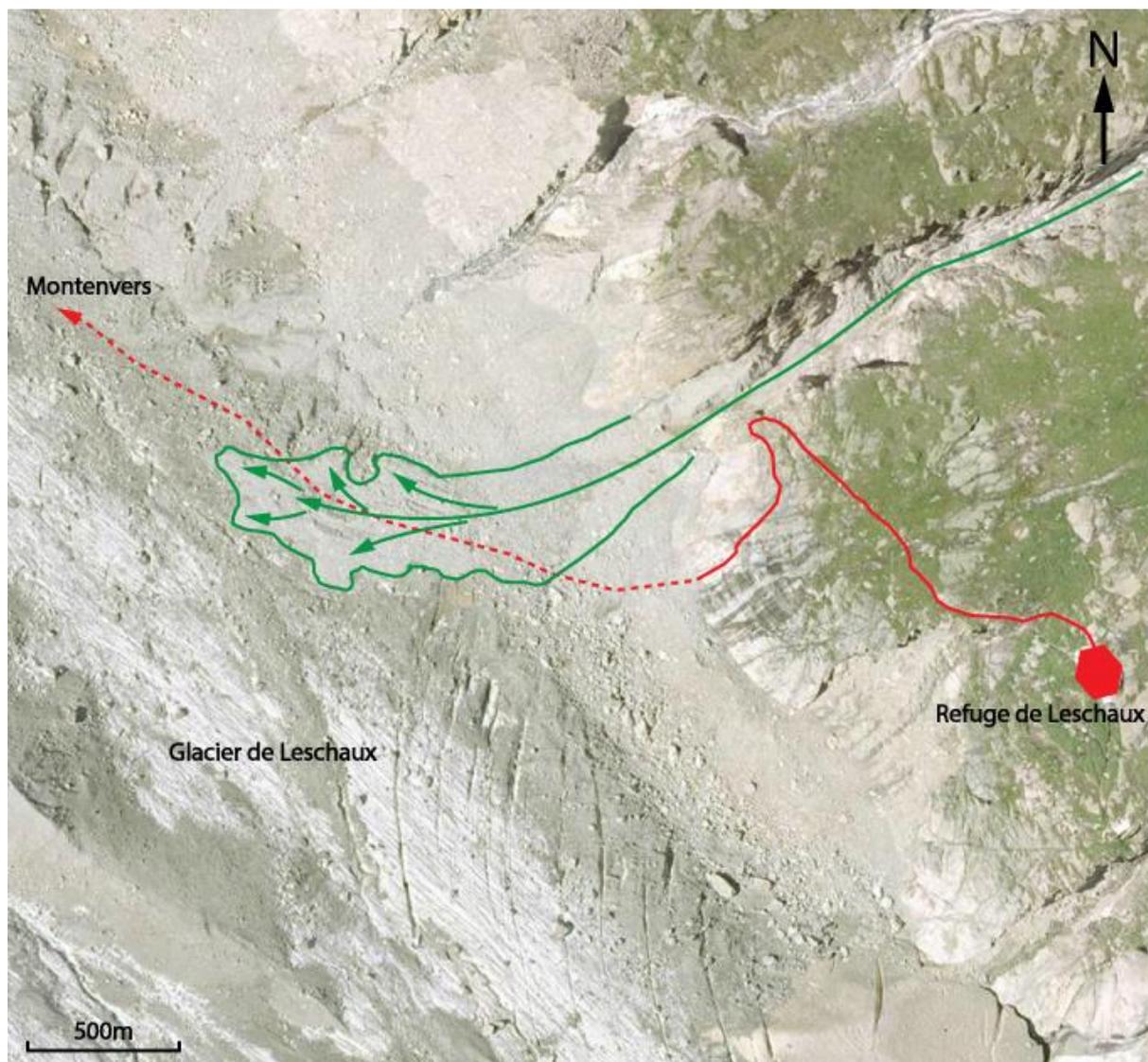


Figure III.24. – Dépôt d'une lave torrentielle issue du couloir sud de l'Aiguille Pierre-Joseph coupant le passage classiquement utilisé pour rejoindre le pied des échelles, sur le glacier de Leschaux (géoportail.fr, 2014).

D'après les guides de haute-montagne interrogés, dans les années 1950, une échelle et un câble étaient nécessaires pour remonter le versant et il n'y avait pas de moraine ou de talus morainiques à remonter. Peu de données ont été trouvées pour la seconde moitié du XX^e siècle. Des échelles ont progressivement été ajoutées selon un axe vertical, au fur et à mesure de la perte d'épaisseur du glacier et de la dégradation de la moraine.

En revanche, entre 2004 et 2010, l'itinéraire est modifié de manière significative. Une traversée vers le sud est équipée. Elle permet d'éviter un secteur de moraine devenu trop raide et de faire l'ascension du talus morainique et de la moraine en évitant de traverser trop haut le cône de déjection du couloir descendant de la face sud de l'Aiguille Pierre-Joseph qui canalise avalanches et laves torrentielles (Fig. III.24.).

Ensuite, le passage est progressivement rallongé en réponse à la perte d'épaisseur du glacier et à la dégradation de la moraine ou pour des raisons de sécurité et de difficultés techniques. Par exemple, en 2011, suite à un affaissement de la moraine d'environ 1.5 m, une partie des

pédales uniquement doublées d'une corde fixe se retrouve à une hauteur relativement importante et dans un passage très raide. Une échelle est alors installée pour faciliter son franchissement.

En 2013, l'itinéraire fait à nouveau l'objet de travaux importants. A partir du carré blanc signalant les échelles (Fig. III.25.), on ne monte plus par l'échelle ajoutée en 2011 : un nouvel ensemble d'échelles monte maintenant à la verticale dans la continuité des échelles situées plus haut. Ce nouvel aménagement rend le passage plus raide et la suite d'échelles en devient particulièrement longue afin de prendre pied sur la moraine là où elle est la moins raide et d'avoir des équipements plus rectilignes et donc moins exposés à la reptation du manteau neigeux et aux avalanches printanières.

En 2014, enfin, une dizaine de pédales ont dû être ajoutées ainsi qu'une corde fixe qui se poursuit sur la moraine qui à cet endroit est très raide. Sur la figure III.25., le trait de l'itinéraire de 2014 englobe l'ensemble de cette corde. L'ascension du talus morainique est également toujours exposée aux différents phénomènes canalisés par le couloir sud de l'Aiguille Pierre-Joseph.

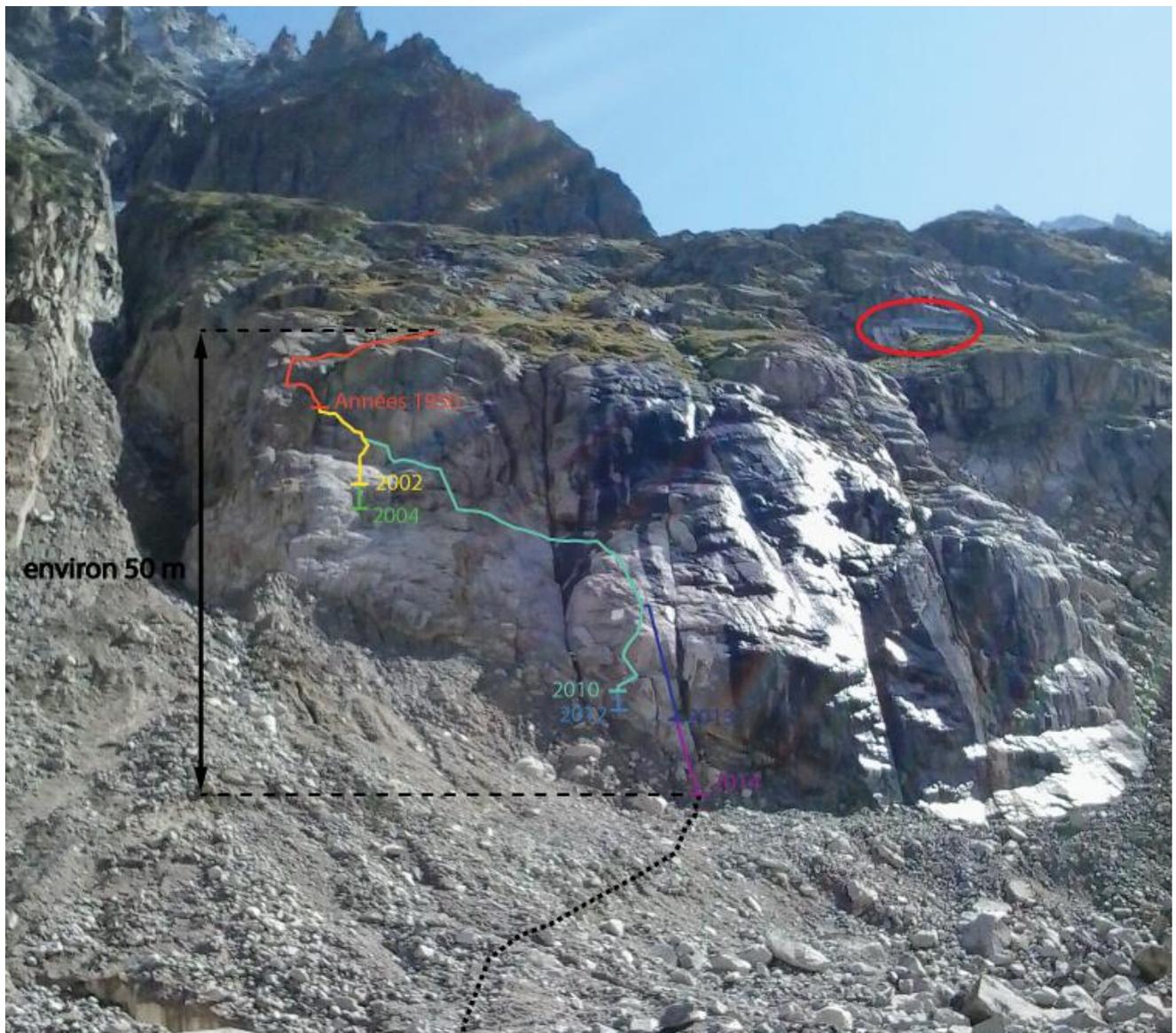


Figure III.25. - Equipements successifs pour l'accès au refuge de Leschaux (ph. : Service des pistes et sentiers, 2014).

Le secteur n'ayant pas fait l'objet d'une campagne de levé LiDAR, il n'a pas été possible de chiffrer précisément les longueurs des ajouts de matériel. Le passage des échelles représente aujourd'hui environ 50 m de dénivelé.

L'allongement progressif des échelles semble avoir un impact sur la fréquentation du refuge par les groupes à la journée. Il devient difficile de monter jusqu'au refuge et d'être de retour au Montenvers à temps pour le dernier train. Il arrive donc que les groupes fassent demi-tour au pied des échelles.

III.6. Refuge du Requin (2523 m)

A l'ouverture du refuge, en 1927, on quittait la Mer de Glace au niveau de la Tête de Trè-la-Porte pour prendre pied sur le sommet de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul. Sa surface relativement plane permettait de remonter aisément jusqu'au glacier d'Envers de Blaitière. Une fois le glacier traversé il fallait remonter la moraine latérale gauche du glacier du Tacul jusque dans une combe en aval du glacier du Requin pour accéder au refuge par le nord grâce à quelques pas taillés et mains courantes (Fig. III.26.).

Une variante de fin de saison consistait à suivre la moraine latérale droite du glacier du Tacul à partir de sa confluence avec le glacier de Leschaux. Arrivé à l'altitude 2200 m, il fallait traverser le glacier pour rejoindre l'itinéraire classique juste après le glacier d'Envers de Blaitière (Fig. III.26.).

Un troisième itinéraire était aussi utilisé et consistait en une remontée du glacier du Tacul jusqu'au pied du promontoire sur lequel se situe le refuge pour ensuite suivre une grande vire orientée nord-sud et atteindre le refuge par le sud (Fig. III.26.).

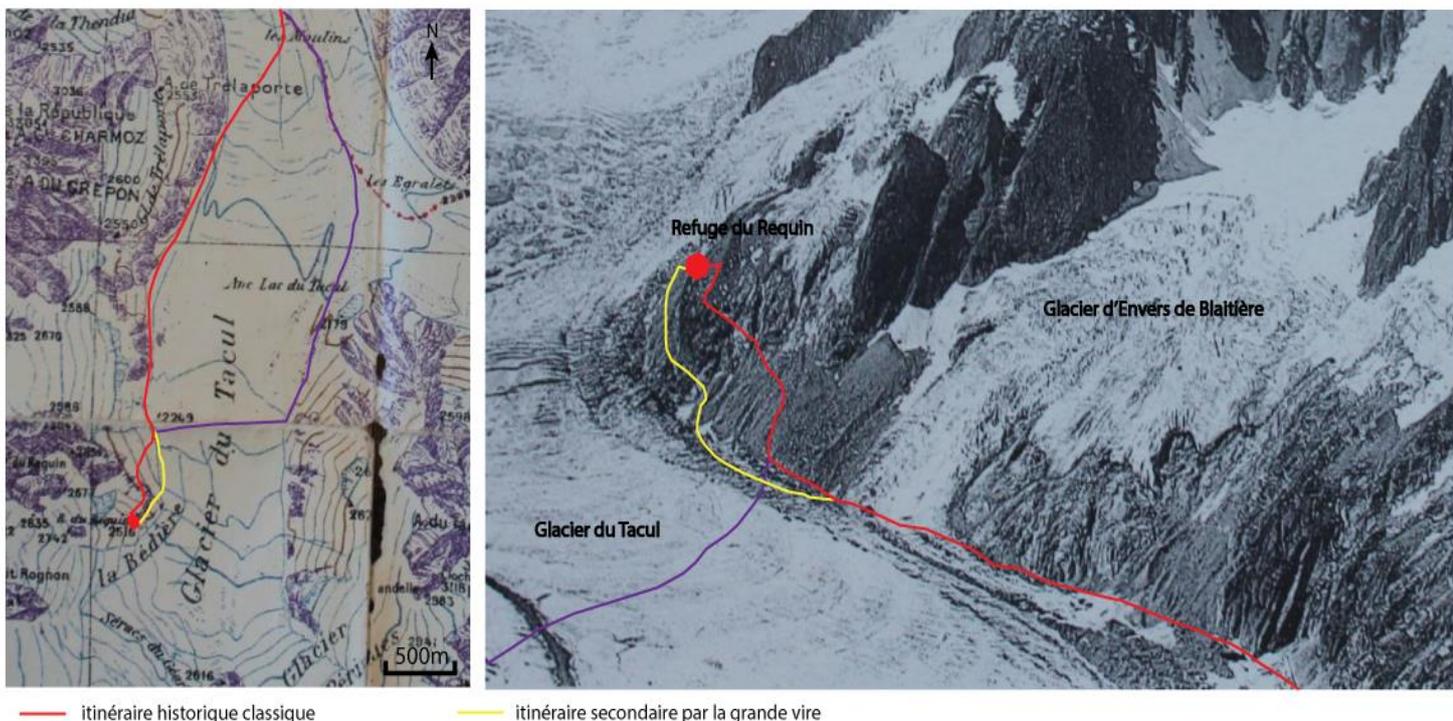


Figure III.26. – Itinéraires utilisés pour atteindre le refuge du Requin entre 1927 et les années 1950 (carte IGN, 1943, 1/50 000 ; ph. J. Vallot, 1923).

Au fur et à mesure de la perte en épaisseur du glacier du Tacul, ses moraines latérales en sont d'autant plus hautes et raides. Les remonter ou en suivre le fil devient de plus en plus difficile techniquement et exposé à divers phénomènes gravitaires à l'origine d'une première série d'évolutions.

A partir des années 1950, la remontée du glacier du Tacul depuis la tête de Trè-la-Porte ne s'effectue plus par ses moraines latérales. Devenu moins crevassé, il est désormais plus aisé de le remonter.

Puis, dans les années 1970, l'itinéraire secondaire par la grande vire est abandonné car trop exposé aux chutes de pierres / glissements de la moraine.

Concernant l'itinéraire classique, l'ascension jusqu'à la combe située en aval du glacier du Requin se fait désormais en remontant la moraine latérale droite du glacier d'Envers de Blaitière, à partir du glacier du Tacul, jusqu'à 2300 m d'altitude. La fin de l'itinéraire reste inchangée. Ce nouveau passage est moins raide et moins exposé que la remontée de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul (Fig. III.27.).

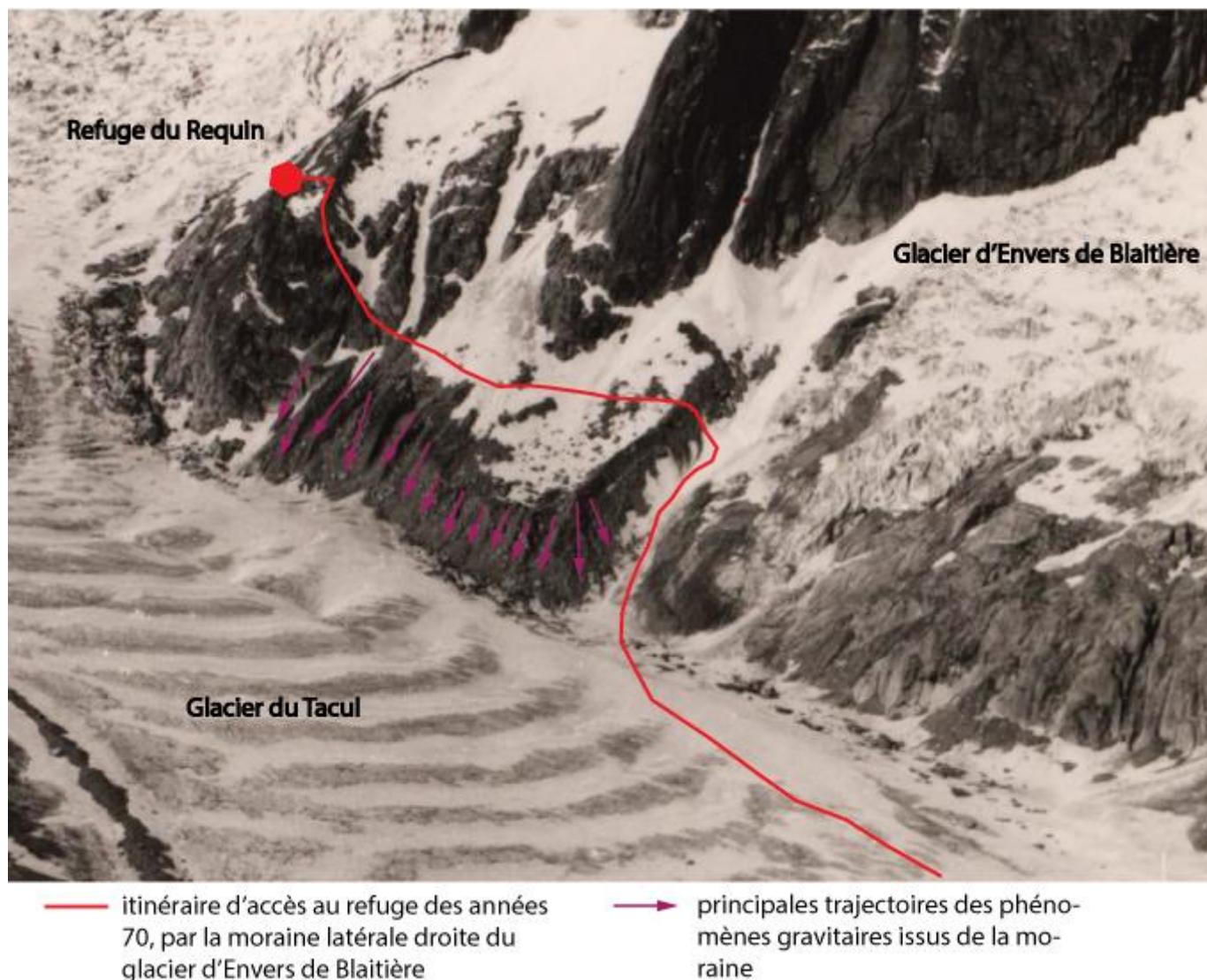


Figure III.27. – Itinéraire utilisé dans les années 1970 pour contourner la moraine latérale gauche du glacier du Tacul devenue trop exposée aux chutes de blocs, aux glissements et aux coulées de débris (ph. : Archives municipales de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, Fonds ENSA, FRACO74056_9Num_0131 Capture).

Cet accès au refuge par le nord sera lui aussi progressivement abandonné, la crue glaciaire des années 1970-80 provoquant des chutes plus fréquentes de blocs de glace depuis le front des glaciers de l'Envers du Plan et du Requin ; la traversée de la combe est devenue trop dangereuse. En parallèle, la perte d'épaisseur du glacier du Tacul et le retrait du front du glacier d'Envers de Blaitière se poursuivant, les passages dans les moraines qui donnent accès à la combe sont de plus en plus délicats. Cet itinéraire classique devenant impraticable, c'est à nouveau le passage par la grande vire qui est utilisé et progressivement équipé.

En 1999, seul un tronçon d'échelles était nécessaire pour accéder à la grande vire, ainsi qu'une corde fixe de 40 m pour passer la moraine (ou des névés suivant la saison). En 2002, une première déstabilisation de la moraine – qui fera plusieurs blessés – oblige à installer les premières échelles dans la partie basse de l'itinéraire (Fig. III.28.). D'année en année, des échelles, des marches et des cordes fixes seront ajoutées (Fig. III.28.). Pour limiter l'exposition aux mouvements de la moraine dans la partie basse des échelles, le tracé sera décalé vers le sud entre 2004 et 2008.

En 2014, d'après l'inventaire des équipements en place réalisé par le service des pistes et sentiers, il y avait 138 m de mains courantes, 101 pédales, 105 m d'échelles, 1 caillebotis et 3 cordes fixes.

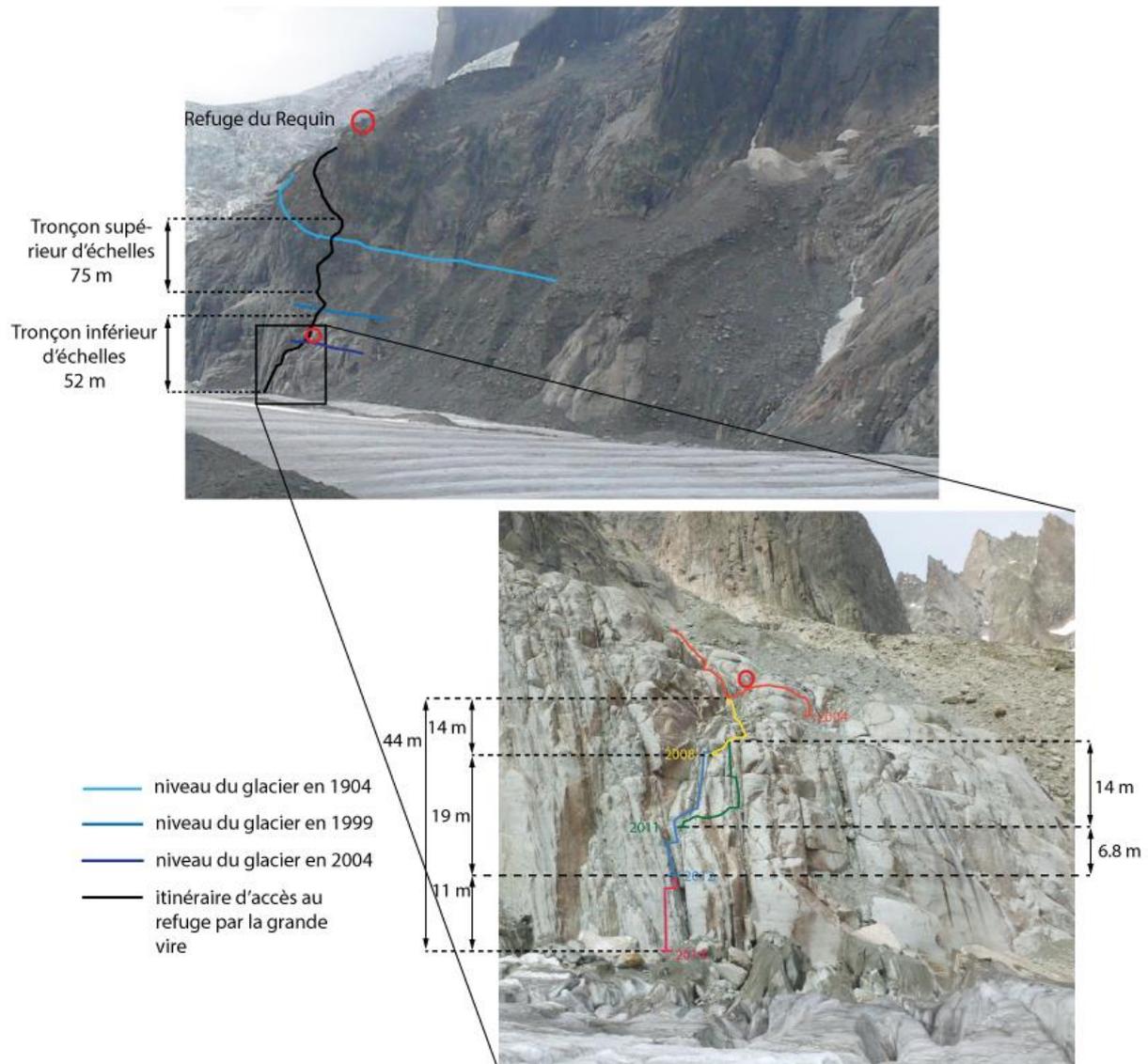


Figure III.28. – Évolution progressive du passage par la grande vire vers le refuge du Requin depuis la fin des années 1990 (ph. L. Ravel, 2014). Deux tronçons d'échelles se succèdent (75 m pour la partie haute et 52 m pour la partie basse).

A partir de 2003, le principal problème correspond au passage glacier-échelles, le glacier évoluant très rapidement.

Une importante crevasse latérale se forme régulièrement entre le glacier et le substratum

rocheux, rendant le passage infranchissable sans une passerelle tandis qu'au printemps, un névé fait office de pont. Mais, au fur et à mesure de sa fonte, l'équipement doit être adapté (Fig. III.29.).

De surcroît, le glacier est particulièrement crevassé sur les 150 m précédant les échelles. L'itinéraire à suivre est donc délicat et très variable durant la saison. A plusieurs reprises, le gardien du refuge a dû tailler des marches dans des lames de glaces et installer des cordes fixes pour rejoindre le pied des échelles.



Figure III.29. – Névé au pied des échelles qui, au début de la saison estivale, facilite la transition glacier – échelles mais qui, au fur et à mesure de sa fonte, peut aussi rendre le passage impossible ou trop dangereux (ph. Service des Pistes et Sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2010).

Aujourd'hui, le passage technique d'accès au refuge du Requin est un des plus difficiles et délicat du bassin de la Mer de Glace. Les aménagements en place peuvent s'avérer insuffisant d'un jour à l'autre et nécessiter une intervention du gardien ou du service des pistes et sentiers (Fig. III.29. – III.30.). A partir de 2006, il fut très fréquent que le gardien – guide de haute montagne – ait à descendre pour aider des gens pour effectuer le passage en raison d'équipements en place endommagés ou inefficaces ou de compétences insuffisantes. D'après G. Pareau – gardien du refuge de 1999 à 2010 – ces difficultés ont eu un impact sur la fréquentation du refuge par les randonneurs effectuant les balcons de la Mer de Glace. Ceci d'autant plus que la liaison avec le refuge de l'Envers des Aiguilles a été fermée en 2004 et que la Compagnie des Guides de Chamonix ne vend plus la randonnée des balcons de la Mer de Glace depuis 2008.



Figure III.30. – La liaison glacier du Tacul – échelles du refuge du Requin en 2008 (ph. montagne.over-blog.fr). L'auteur de la photo n'a pas pu se rendre au refuge du Requin à cause de ce passage tout particulièrement difficile et dangereux ce jour-là.

III.7. La liaison refuge du Requin – refuge d'Envers des Aiguilles (2523 m) par le glacier du Tacul

Comme en témoigne la gravure ci-dessous (Fig. III.31.), au début du siècle dernier, le passage entre le glacier du Tacul et le versant sud-est des Aiguilles de Chamonix était déjà fréquenté par les alpinistes se rendant sur les parois de ce même versant (Aiguille de Blaitière, Aiguille des Ciseaux, Dent du Crocodile, etc.). Aucun sentier n'y était tracé et les alpinistes ne passaient pas nécessairement au même endroit, en lien avec les conditions du moment et la course qu'ils prévoyaient de réaliser.

Globalement, depuis le glacier du Tacul, il fallait remonter la moraine latérale gauche directement en aval de la branche nord du glacier de l'Envers de Blaitière, aujourd'hui isolée du glacier principal. On accédait ensuite à une zone de dalles entrecoupées de terrasses végétalisées que l'on traversait dans une direction ou une autre suivant la voie ou le sommet convoité.



Figure III.31. – Itinéraire d'accès au versant sud-est des Aiguilles de Chamonix dans les années 1920.

Dans les années 1950, la construction du refuge de l'Envers des Aiguille (inauguration en 1957) amène à la création du sentier par la Tête de Trè-la-Porte qui permet un accès plus facile et surtout plus rapide à ce versant des Aiguilles de Chamonix. La montée depuis le glacier du Tacul n'est alors presque plus utilisée. Aucune mesure de perte d'épaisseur du glacier du Tacul n'était disponible avant 1967. Au niveau du profil de Trè-la-Porte, situé environ 1,5 km en aval, le glacier a perdu 45 m d'épaisseur entre 1925 et 1960. Le passage en est de moins en moins facile, la montée de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul se faisant de plus en plus raide et longue.

Ce n'est que dans les années 1990 que le passage sera de nouveau fréquenté avec l'ouverture d'un sentier. Il remonte la moraine latérale gauche du glacier du Tacul peu après le torrent qui descend de la branche nord du glacier de l'Envers de Blaitière pour rejoindre une zone de dalles entrecoupées de terrasses végétalisées qu'il traverse vers le nord pour rejoindre l'accès classique au refuge de l'Envers des Aiguilles (par la tête de Trè-la-Porte), juste en aval de celui-ci (Fig. III.32.).

Ce sentier s'insère dans les balcons de la Mer de Glace et avait pour but de permettre une liaison directe entre les refuges du Requin et de l'Envers des Aiguilles sans quoi le refuge de l'Envers des Aiguilles n'aurait pas été intégré. De plus, il permettait un accès facile aux voies d'escalade situées en aval du glacier de Tré-la-Porte au départ du refuge de l'Envers des Aiguilles.

Dans les années 1990-2000, un petit lac s'était formé au sommet de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul, au départ du sentier vers le refuge de l'Envers des Aiguille. L'endroit était très fréquenté par les campeurs.

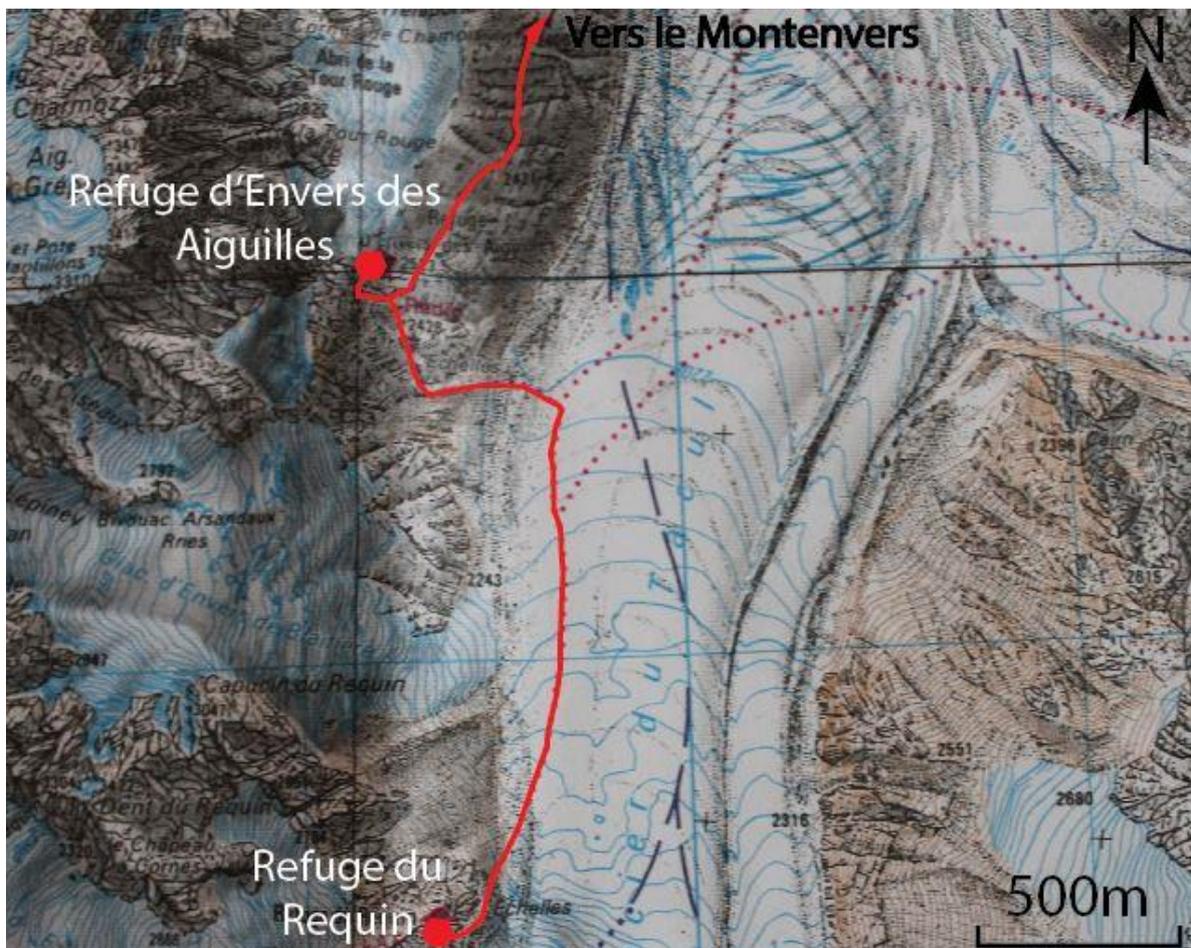


Figure III.32. – Itinéraire de liaison entre le refuge du Requin et le refuge de l'Envers des Aiguilles ouvert dans les années 90. Source : géoportail.fr, 2015.

Le glacier du Tacul ayant perdu 38 m d'épaisseur entre 1990 et 2007, soit 2,2 m/an (Vincent, 2010), l'ascension de la moraine est progressivement devenue de plus en plus longue et de plus en plus raide. Le passage a été équipé de cordes fixes, rallongées années après années, jusqu'en 2004 où le service des pistes et sentiers prend la décision de fermer l'itinéraire. Le passage de la moraine devenait trop dangereux et il aurait fallu d'importants travaux d'équipement de grandes dalles récemment découvertes en raison de la dégradation de la moraine (Fig. III.33.).

La fermeture de cet itinéraire a eu un impact non négligeable sur la fréquentation des refuges du Requin et de l'Envers des Aiguilles ; la liaison entre les deux n'étant plus possible, ils ne sont plus accessibles qu'en aller-retour. Aussi, ils seront souvent supprimés du circuit des balcons de la Mer de Glace, qui représentait un apport de clientèle important, en particulier pour le refuge du Requin.

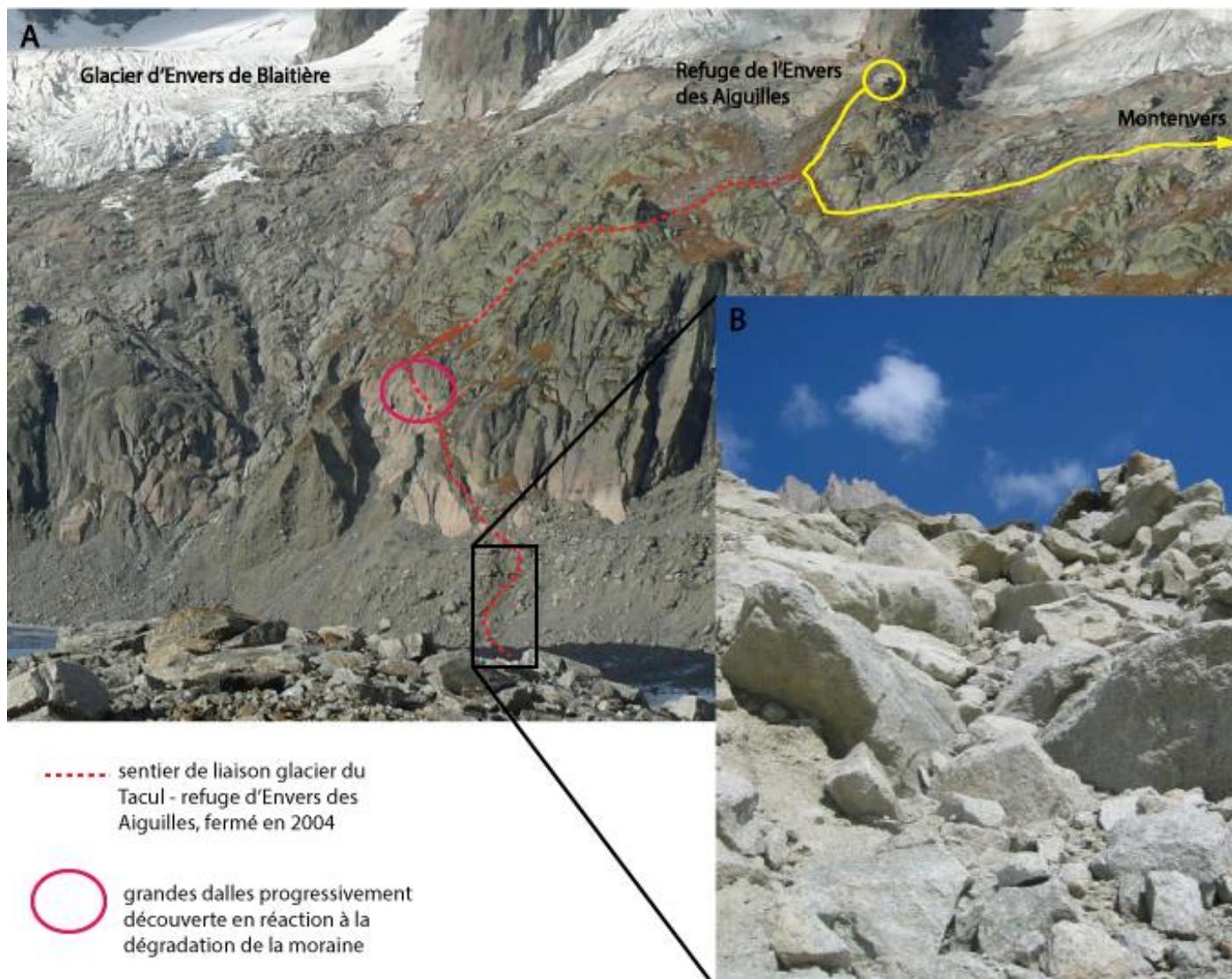


Figure III.33. – A : Tracé de l'ancien sentier de liaison entre le glacier du Tacul et le refuge de l'Envers des Aiguilles (ph. L. Ravanel). B : Etat de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul en 2008 (ph. Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2008).

III.8. Le refuge d'Envers des Aiguilles par les échelles de Trèlaporte

Depuis le Montenvers, l'accès au versant de l'Envers des Aiguilles passait par le promontoire de Trè-la-Porte. Mais, dès le début du XX^e siècle, deux itinéraires étaient possibles : l'un remontant la Mer de Glace jusqu'au contrefort nord de la Tête de Trè-la-Porte d'où il fallait remonter la moraine latérale gauche de la Mer de Glace pour suivre le sentier qui traversait sous le glacier de Trè-la-Porte, l'autre partant de l'Angle, en restant à niveau sur la moraine latérale gauche de la Mer de Glace. « *On peut aussi ne pas prendre pied sur la Mer de Glace, mais suivre cette moraine depuis l'Angle* », disait le Guide Vallot (1947). Ce dernier itinéraire n'aurait été utilisé qu'au début du XX^e siècle (Fig. III.34.). Les guides fréquentant le secteur dès la fin des années 1940 n'ont jamais connu cette traversée à flanc de versant car, à cet endroit, la moraine latérale gauche a rapidement été dégradée suite à la baisse du niveau de la Mer de Glace, au point de rendre le passage impossible. Le torrent issu du glacier de la Thendia a aussi fortement contribué à éroder la moraine en y creusant de profonds talwegs.

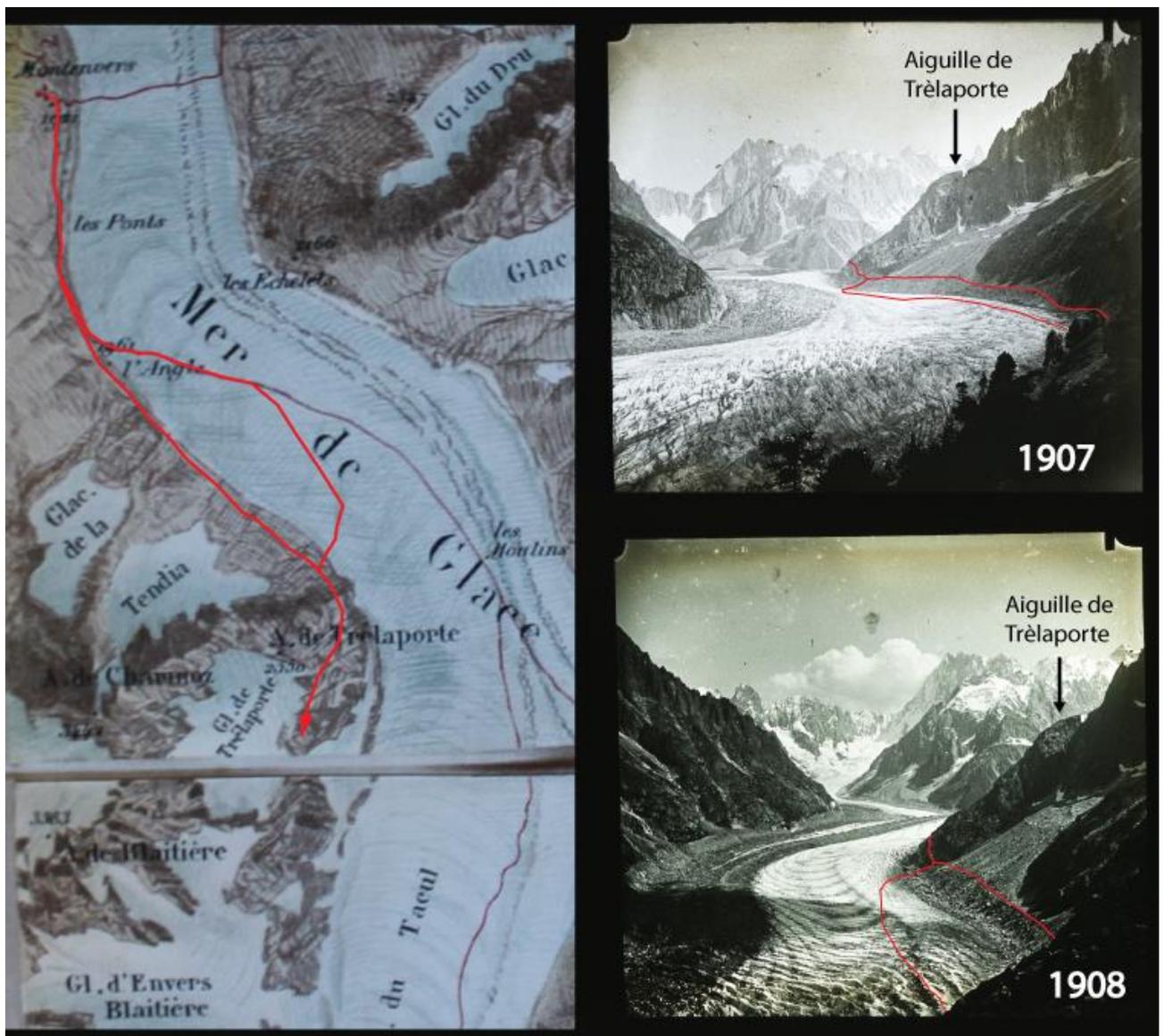


Figure III.34. – Itinéraires d'accès à l'Envers des Aiguille de Chamonix au début du XX^e siècle. Photos : Archives municipales de Chamonix Mont-Blanc, photothèque historique, Fonds Plessier; plessier_num_050 1907, plessier_num_051 1908. Cartes : Les Amis du Vieux Chamonix, Carte E. Viollet-le-Duc, 1/40 000, 1876.

Ainsi, depuis la seconde moitié du XX^e siècle, c'est toujours l'itinéraire par la Mer de Glace et l'ascension de sa moraine latérale gauche sur les contreforts nord de la Tête de Trè-la-Porte qui est effectué. Il n'a pas connu de changements notables de localisation. En revanche, il a lui aussi fortement évolué au niveau de la transition glacier-versant, en réponse à la perte d'épaisseur du glacier et à l'érosion de la moraine latérale gauche. C'est aujourd'hui un haut passage d'échelles, engagé et aérien.

Les premiers gros travaux d'installation d'échelles datent de 1957 avec l'ouverture du refuge. Depuis, des ajouts progressifs de matériels ont été nécessaires. Au profil de Trè-la-Porte, le glacier a perdu 90 m d'épaisseur entre 1950 et 2013 (donnée GLACIOCLIM). En croisant l'analyse des modèles numériques 3D du pied des échelles avec les données d'altitudes disponibles sur Géoportail, la hauteur du passage des échelles a elle aussi été estimée à 90 m (Fig. III.35.). Cela représente, en 2014, d'après l'inventaire du matériel en place réalisé par le service des pistes et sentiers, 117 m linéaires d'échelles, 168 m de mains courantes et 1 corde fixe.

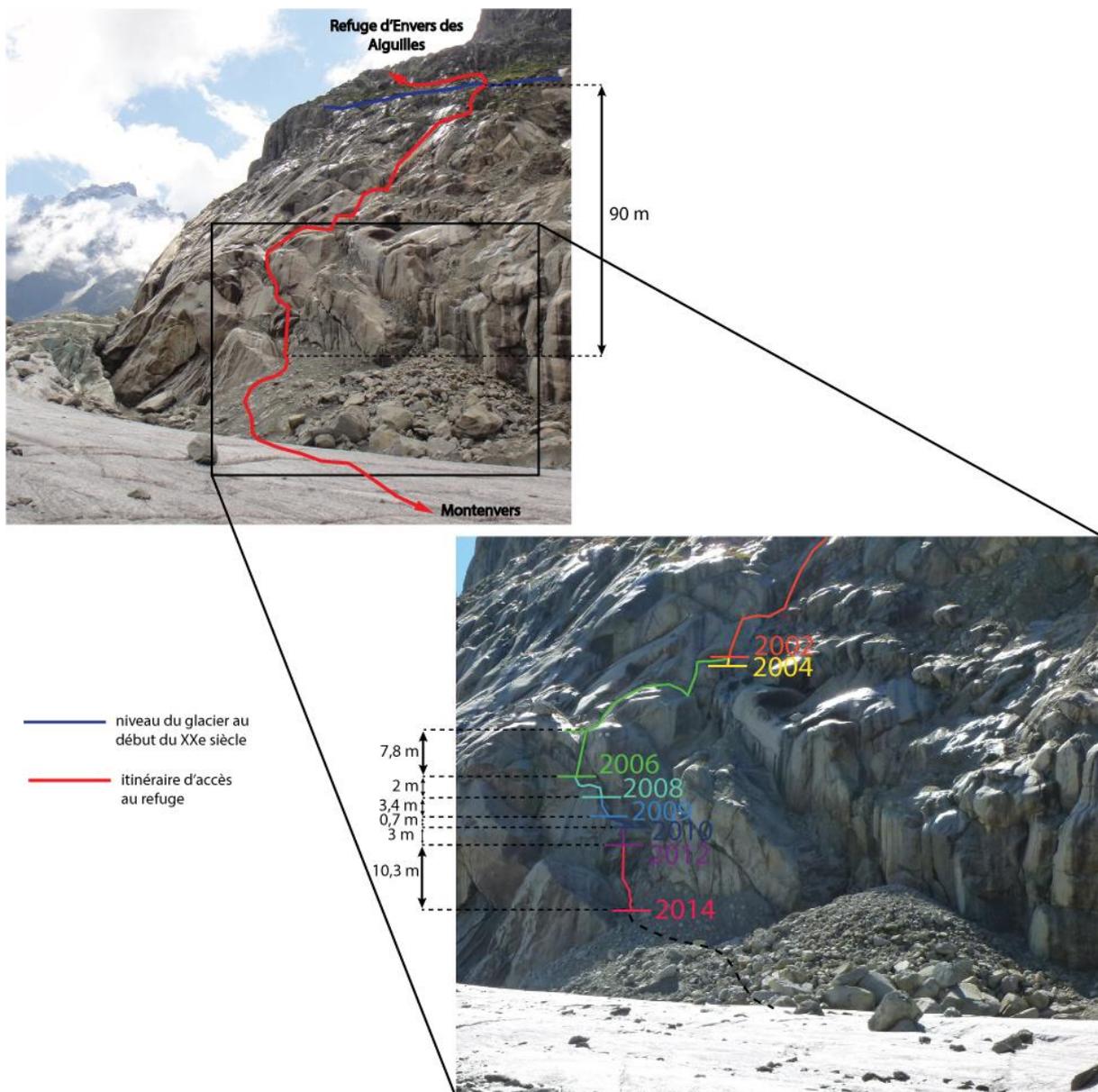


Figure III.35. - Aménagements successifs des échelles pour l'accès au refuge de l'Envers des Aiguilles.

C'est aujourd'hui un passage engagé - une échelle est même déversante - et fortement exposé aux chutes de blocs. En 2004, les échelles sont une première fois décalées vers le SE pour limiter l'exposition du passage (Fig. III.35.).

Depuis 2011, un nouveau problème se pose : le départ des échelles se situe dans un entonnoir où se trouvent, en suspens de chaque côté, des dépôts morainiques non stabilisés. Ils peuvent être facilement mobilisés, notamment en cas de fortes précipitations (Fig. III.36.). Face à cette menace importante, le service des pistes et sentiers a fait le choix d'améliorer les équipements en remplaçant une corde fixe par des échelles de manière à limiter le temps passé dans le secteur dangereux. La question de plaquer des filets pour stabiliser ces lambeaux de moraine s'était aussi posée, mais installer des filets à cet endroit pourrait créer un précédent, obligeant leur pose systématique dans ce genre de situation.

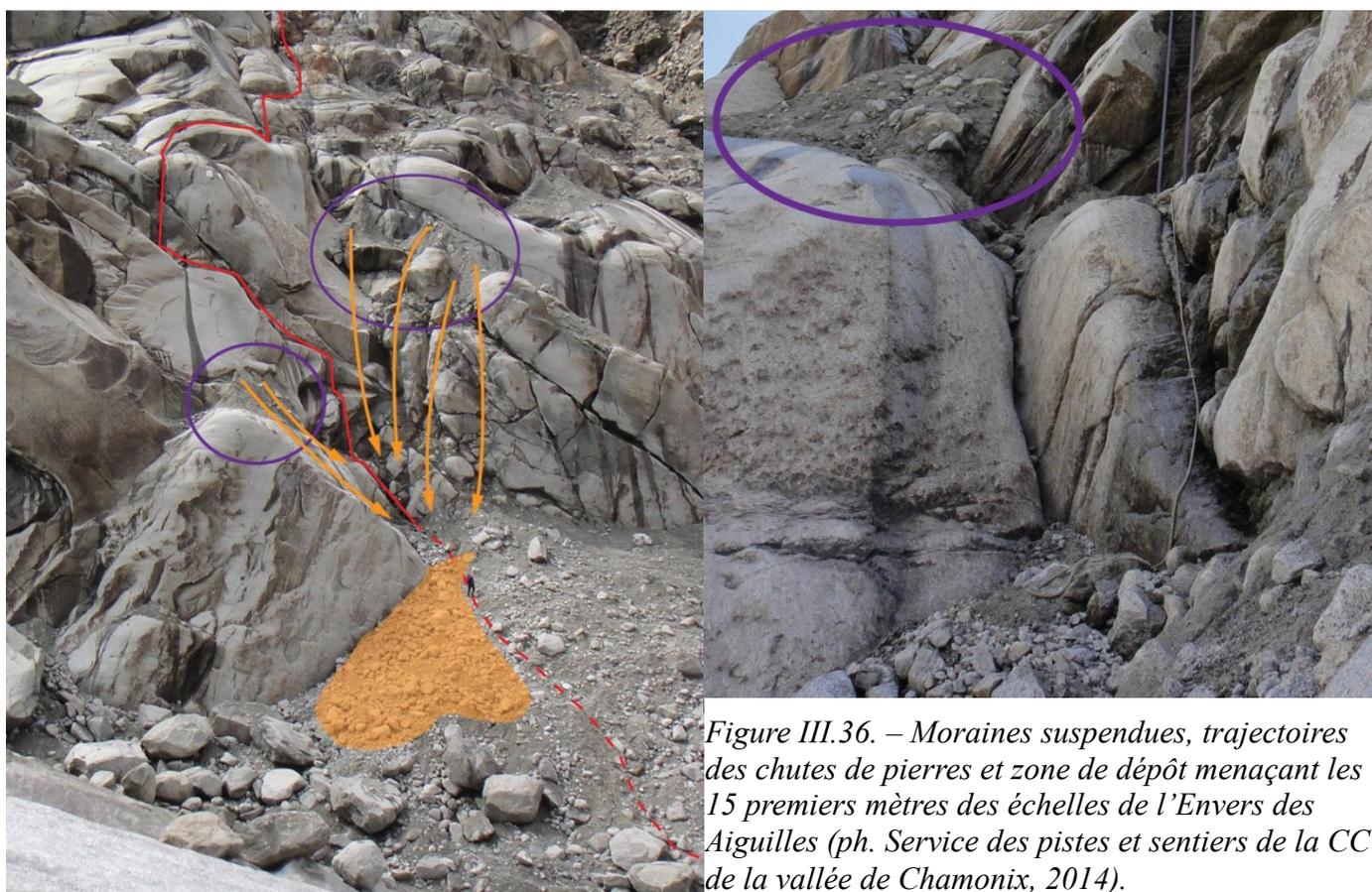


Figure III.36. – Moraines suspendues, trajectoires des chutes de pierres et zone de dépôt menaçant les 15 premiers mètres des échelles de l'Envers des Aiguilles (ph. Service des pistes et sentiers de la CC de la vallée de Chamonix, 2014).

Le passage sur le talus morainique pour atteindre le pied des échelles est lui aussi exposé à la dégradation de la moraine. Dans ce cas, ce sont des chutes de blocs et des éboulements issus de la partie supérieure de la moraine latérale qui peuvent couper l'itinéraire (Fig. III.37.).

Les échelles de Trè-la-Porte qui mènent au refuge de l'Envers des Aiguille se caractérisent principalement par leur hauteur et leur verticalité et, contrairement aux Egralets, ce passage est très exposé aux chutes de pierres. La gardienne du refuge conseille d'ailleurs aux randonneurs et alpinistes qu'elle a au téléphone i) de rester le plus longtemps possible sur la glace avant de remonter le talus morainique et ii) de monter le plus rapidement possible les 15 premiers mètres des échelles. Il est à noter que, suite à la fermeture de la liaison glacier du Tacul - refuge de l'Envers des Aiguille, ce secteur est surtout fréquenté par des alpinistes se rendant dans les Aiguilles de Chamonix.

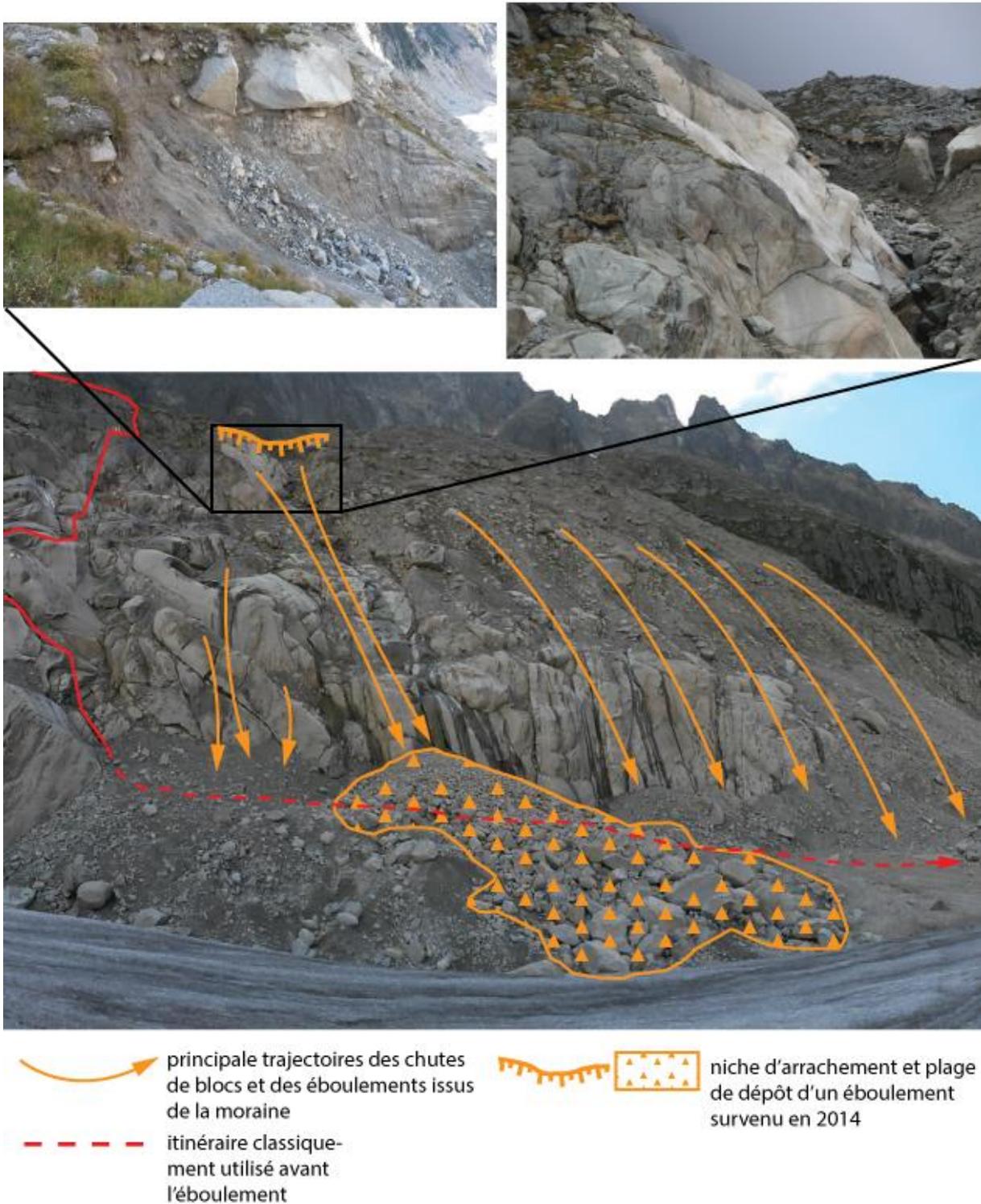


Figure III.37. – Principales trajectoires des chutes de blocs et des glissements de la moraine au départ des échelles de l'Envers des Aiguilles. Pointillés rouges : passage aujourd'hui très dangereux qui était classiquement fréquenté pour rejoindre le pied des échelles.

Conclusion Partie III

La méthodologie présentée dans la partie II a permis de retracer l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges depuis la seconde moitié du XIX^e siècle.

Les processus géomorphologiques impliqués ou à l'origine directe de ces évolutions successives ont été identifiés et classés dans un tableau de synthèse (Tab. III.38). On remarque alors que le retrait glaciaire et les processus qui en résultent sont les principaux éléments explicatifs de l'évolution des itinéraires, même si d'autres facteurs liés à la pratique et à la gestion des sentiers sont aussi à prendre en compte.

Itinéraires	Processus géomorphologiques					Pratique et gestion des itinéraires	
	Processus paraglaciaires	Perte d'épaisseur des glaciers	Perte de longueur des glaciers	Processus liés à la dégradation du permafrost	Autre processus (avalanches, etc.)	Ouverture/fermeture d'itinéraires	Accidents
Montenvers	X	X			X	X	X
Charpoua	X	X	X	X	X	X	
Couvercle		X			X		
Liaison Couvercle-Leschaux	X	X		X		X	X
Leschaux	X	X			X		
Requin	X	X					X
Liaison Requin-Envers	X	X				X	
Envers	X	X				X	

Tableau III.38. – Tableau de synthèse des facteurs impliqués dans l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.

Les impacts sur la fréquentation sont par contre encore mal cernés précisément, notamment en raison d'une méthodologie peu adaptée. Des grandes tendances ont été identifiées mais également de nouveaux questionnements.

Aussi, en partie IV, suite à un bilan des phénomènes géomorphologiques, un cadre plus conceptuel sera proposé de manière à mieux interpréter l'ensemble des résultats acquis.

Partie IV : Une évolution des itinéraires conditionnée par le retrait glaciaire ?

IV.1. Bilan des processus géomorphologiques impliqués dans l'évolution des itinéraires

De nombreux processus sont en cause dans l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges de la Mer de Glace présentée dans la Partie III. Ces processus n'ont pas toujours la même origine et n'affectent pas tous les itinéraires de la même manière. Ils sont l'expression de grandes dynamiques liées en particulier au réchauffement climatique.

IV.1.1. Le retrait glaciaire : entre perte d'épaisseur et de longueur

La fonte des glaciers s'exprime tout d'abord par une perte d'épaisseur de glace. C'est la dynamique qui affecte le plus les itinéraires.

De façon directe, elle se traduit par des ajouts d'équipements (échelles le plus souvent) pour compenser la baisse du niveau de glace. Si au XIX^e siècle aucune échelle n'était nécessaire pour accéder aux différents refuges, en 2014 il peut y avoir jusqu'à 130m de dénivelé d'échelles à franchir (échelles du Requin).

De plus, ces ajouts d'échelles sont de plus en plus fréquents et importants depuis les années 1990, en réaction à l'accélération de la perte d'épaisseur des glaciers (Vincent, 2010).

Ensuite, la fonte des glaciers se traduit également par une perte de longueur.

Cette perte de longueur n'affecte que rarement les itinéraires de façon directe. En revanche, certaines dynamiques liées au retrait du front des glaciers telles les chutes de glace depuis le front des glaciers sont un élément important à prendre en compte, en particulier pour la sécurité, comme le montre le cas du glacier de la Charpoua dont le recul du front de 765 m depuis la fin du PAG (Perrel, 2013) s'est régulièrement manifesté par des écroulements qui ont à plusieurs reprises coupé l'itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua. Cela s'est notamment produit en mai et en septembre 1997 avec des volumes atteignant 60000 m³ à l'origine d'une victime (Perrel, 2013). Cette même situation s'est reproduite au cours de la canicule de 2003, en octobre 2007 et tout au long de l'été 2014, où 7 à 8 chutes de séracs ont coupé l'itinéraire (deux victimes en juillet) (La Chamoniarde, 2014).

IV.1.2. La dégradation des moraines latérales

La perte d'épaisseur des glaciers affecte aussi très fortement les itinéraires en raison de son effet sur les moraines. Celles-ci se déstabilisent irrégulièrement mais brutalement à la faveur de différents processus gravitaires (chutes de blocs, éboulements, écroulements, glissements, coulées de débris).

L'augmentation de la technicité d'un passage et de son exposition aux aléas, la dégradation du matériel en place et même la fermeture de certains itinéraires peuvent être le résultat de la dégradation des moraines latérales suite au retrait glaciaire.

Le retrait des glaciers, et plus particulièrement leur perte d'épaisseur entraîne une perte d'effet de butée ainsi qu'une décompression (Ravanel et Lambiel, 2013) des moraines qui ne sont alors plus maintenues contre les versants mais exposées à différents facteurs d'érosion. La moraine va alors progressivement se dégrader, le matériel de la partie sommitale et du versant interne de la moraine va être érodé et redéposé à sa base (talus) jusqu'à ce que le profil de la moraine atteigne un stade de « relaxation » (Le Roy, 2012).

L'érosion des moraines latérales se fait à travers différents processus :

- Les processus gravitaires. Ce sont, comme dans les parois rocheuses (Ravanel, 2010), les chutes de pierres/blocs, les éboulements, voire les écroulements si le volume mobilisé dépasse 100 m^3 . Un volume de $\sim 25\,000 \text{ m}^3$ s'est par exemple déstabilisé en rive droite de la Mer de Glace, à l'aval des échelles de la Charpoua au cours de l'été 2014 (comm. orale L. Ravanel). Il s'agit dans tous les cas de chutes brutales de matériaux (ici des tills, sédiments d'origine glaciaire). Les moraines peuvent également être affectées par des glissements (Ravanel et Lambiel, 2013) ou des coulées de débris, souvent en présence d'importants volumes d'eau liquide.
- Le ruissellement. Il est le résultat de précipitations liquides, de la fonte glaciaire et/ou nivale, ou de la fusion de la glace morte présente dans les moraines. Il en résulte la formation de ravines sur le flanc interne des moraines et des cônes de débris à leurs pieds (talus). L'incision peut aussi être liée à des torrents latéraux. De plus, en cas de forte disponibilité en eau et avec des moraines qui constituent des stocks importants de sédiments mobilisables, des laves torrentielles peuvent se former dans ces torrents et se déposer au pied des moraines (cas d'une lave torrentielle qui s'est produite depuis le glacier des Drus en juillet 2011, à l'origine d'un large dépôt sur la Mer de Glace).
Les précipitations vont aussi augmenter les pressions interstitielles dans les tills, favorisant les processus gravitaires.
- La gélifraction. Les alternances gel/dégel de l'eau dans les tills semble favoriser le déchaussement de blocs et leur chute comme en témoignent les dépôts qui s'observent sur la neige au pied des moraines au printemps.
- La déflation éolienne. Il s'agit du transport par le vent des éléments les plus fins du tills.
- Les avalanches. Issues de plus haut dans le versant, elles contribuent à éroder les moraines latérales, en particulier au niveau de certain couloir (exemple du couloir est du Moine).

IV.1.3. La dégradation du permafrost

Face à l'augmentation des températures, le permafrost alpin se dégrade progressivement (réchauffement) et il en résulte un certain nombre de processus géomorphologiques, en fonction de la pente.

Dans le substratum rocheux, l'altération du permafrost peut créer un déséquilibre provoquant la mise en mouvement d'un volume de roche. En fonction notamment de la pente et de la fracturation, le type de processus déclenché pourra varier (Tab. IV.1.).

Pour des formations superficielles, les différents processus pouvant se déclencher sont principalement fonction de la pente et de la granulométrie (Tab. IV.1.).

Pente (°)	Substratum rocheux			Formations superficielles	
	Roches non compétentes (schistes, argiles)	Roches compétentes fracturées	Roches compétentes massives	Sédiments fins (sils, argiles, certains tills)	Sédiments grossiers (éboulis, graviers, sables)
> 75	Ecrolement	Ecrolement	Ecrolement occasionnel	-	-
30 - 74	Coulée de débris, glissement de terrain	Ecrolement, coulée de débris	-	Coulée de débris	Coulée de débris
15 - 29	Glissement de terrain, subsidence	Glissement rocheux	-	Glissement de terrain, coulée boueuse	Fluage accéléré (glaciers rocheux)
< 15	Affaissement	-	-	Subsidence, solifluxion, coulée boueuse	Fluage accéléré
0	Affaissement	-	-	Affaissement	-

Tableau IV.1. - Processus géomorphologiques entraînés par la dégradation du permafrost (Harris et al., 2001 ; modifié par Ravel, 2010)

Compte tenu de l'altitude des itinéraires d'accès aux refuges, ils ne sont pas directement présents sur des terrains à permafrost. En revanche, ils sont impactés par des écroulements, issus de plus haut dans les versants. Dans le cas de l'écroulement de l'Aiguille de Pierre Joseph en juin 2011, le tracé de l'itinéraire a été modifié pour éviter de passer au pied de la paroi et un écroulement en face est de l'Aiguille du Moine avait aussi traversé un itinéraire en 2012.

IV.2. Une séquence paraglaciale comme cadre géomorphologique ?

IV.2.1. Définition du concept de paraglaciale

Le terme « paraglaciale » a été introduit en 1952. Proposé dans un premier temps pour remplacer le terme de périglaciaire, mais sans succès, il est défini comme un concept en 1972, par M. Church et J.M.M. Ryder. Il désigne les processus non glaciaires mais conditionnés directement par la glaciation (Mercier, 2010).

Au cours des années 1980 et 90, le concept est de plus en plus utilisé dans la littérature géomorphologique internationale et la définition aujourd'hui la plus couramment retenue est celle proposée par C.K. Ballantyne en 2002 dans un article de synthèse de l'ensemble des travaux déjà réalisés. Il définit alors le concept de paraglaciale comme « *les processus non glaciaires à la surface de la terre, les accumulations sédimentaires, formes, systèmes et paysages qui sont directement conditionnés par les glaciations et les déglaciations* ».

Les deux principaux éléments que Ballantyne introduit dans le concept de paraglaciale en 2002 sont : i) une séquence paraglaciale est un concept s'appliquant à une échelle spatiale pendant laquelle des processus d'échelles temporelles différentes surviennent et ii) le processus de déglaciation conditionne l'activité paraglaciale.

Ballantyne (2002) propose aussi de cadrer les limites d'une séquence paraglaciale. Selon-lui, elle débute en réaction directe à la déglaciation et s'achève lorsque l'ensemble des sédiments glaciaires hérités sont épuisés ou stabilisés. Il développe alors des modèles de déstockage sédimentaire permettant de calculer la durée de vie d'une séquence à partir de la

quantification des volumes déposés, des taux de dénudation et de la datation du début de la séquence.

IV.2.2. Quels constats pour le bassin de la Mer de Glace ?

Sur la base de la définition de Ballantyne (2002), on peut considérer qu'en 1852, date du dernier maximum glaciaire de la Mer de Glace pour le PAG, une séquence paraglaciale a débuté.

Initiée, la déglaciation du bassin s'est ensuite poursuivie à l'exception de trois périodes de crue glaciaire dans les années 1890, 1920 et entre le milieu des années 1970 et 1993 (Le Roy, 2012). Ces périodes ont probablement désorganisé la séquence paraglaciale. Quatre séquences se seraient ainsi succédé au sein de la période de retrait glaciaire qui s'étend depuis un siècle et demi. Cependant, le fait que les processus géomorphologiques liés à la déglaciation ne se soient pas interrompus pendant les crues glaciaires justifie que l'on considère la période de 1852 à aujourd'hui comme une seule séquence paraglaciale.

Dans tous les cas, il résulte bien de la déglaciation un ensemble de processus et de formes non glaciaires mais directement liés à la déglaciation en cours, notamment liés à la dégradation des moraines.

L'essentiel des processus et dynamiques qui affectent les itinéraires peuvent être considérés comme paraglaciaux. Une piste de travail importante est la question de la temporalité et des limites des séquences paraglaciales. En l'état actuel du travail, il est difficile de se situer temporellement dans la séquence paraglaciale, les modèles de temporalités notamment décrits par Mercier (2010) n'étant pas adaptés au terrain d'étude. Par ailleurs, la déglaciation étant en cours et laissant progressivement apparaître de nouveaux stocks sédimentaires, on peut considérer que la séquence se poursuivra, en fonction des secteurs et de la vitesse de déglaciation, encore plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'années. La fin d'une séquence sera marquée par l'épuisement ou la stabilisation des sédiments glaciaires hérités.

Aussi, le service en charge de la gestion des sentiers d'accès aura encore beaucoup de travail pour prévoir et adapter les itinéraires, en fonction de l'évolution des milieux de haute montagne.

IV.3. Quels constats et hypothèses sur l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace ?

Les itinéraires décrits dans ce travail ont évolué suivant différentes modalités : modification de la localisation (cas de la descente sur la Mer de Glace depuis le Montanvers par l'Angle, puis par les Ponts et enfin par la Vire des Guides), fermeture (cas de la descente sur le glacier de Leschaux depuis la Pierre à Bérenger en 2002) ou aménagement (exemple des ajouts d'échelles aux Egralets).

Pendant la première moitié du XX^e siècle, ces évolutions se sont faites très progressivement. Plusieurs passages pouvaient même être utilisés en même temps pour une même destination. Le choix se faisait en fonction de la longueur, de la difficulté, des conditions et de la saison. L'accès au refuge du Requin par exemple, pouvait se faire par deux passages différents tandis que la descente sur la Mer de Glace par la Vire des Guides était fréquentée en même temps que le passage des Ponts.

Par la suite, surtout à partir des années 1970, ces évolutions d'itinéraires ont été beaucoup plus rapides en termes de réaction aux nécessités d'aménagement et surtout plus encadrées. C'est notamment le résultat de l'organisation de la gestion des itinéraires par un seul acteur (*cf.* : I.3.3) dont la responsabilité en cas d'accident peut être engagée. Il en a résulté un balisage officiel et la définition de sentiers d'accès officiels, entretenus et équipés.

Aussi, les modalités d'évolution des itinéraires ne sont pas uniquement le résultat de processus géomorphologiques. En général, la question de ces processus est un élément - certes central et de plus en plus prégnant - parmi d'autres dans la gestion des itinéraires. En effet, d'après ce travail de recherche, des accidents, des ouvertures de refuges ou encore le développement/retrait d'offres touristiques peuvent aussi être à l'origine de la modification d'un tracé. Par exemple, l'ouverture progressive des sentiers des balcons de la Mer de Glace est le résultat d'un choix politique. L'objectif premier n'était d'ailleurs pas d'améliorer les itinéraires d'accès aux refuges face à des évolutions et/ou aléas géomorphologiques. L'accès historique au refuge de la Charpoua et sa remontée de la moraine latérale droite de la Mer de Glace est décrite comme difficile et dangereuse dès 1967. Le projet d'un nouvel itinéraire avait été évoqué à plusieurs reprises. Pourtant il a fallu attendre 1992 avec l'ouverture du premier tronçon des balcons de la Mer de Glace pour qu'un nouvel accès évitant la moraine latérale droite soit possible.

Pour mieux visualiser dans le temps quels sont les facteurs à l'origine de l'évolution des itinéraires et leurs interactions, un essai de schématisation a été réalisé (Fig. IV.2.).

Chaque itinéraire est représenté par un trait horizontal, qui baisse d'un niveau lorsque sa localisation évolue et, chacun des évènements ayant touchés l'itinéraire sont repositionnés sur le trait (triangle et cercle de couleur) en fonction de la date. Lorsque plusieurs évènements sont à prendre en compte au même moment, ils sont représentés les uns au-dessus des autres dans un lien de causalité. Exemple en 2001 pour la liaison entre le refuge du Couvercle et le refuge de Leschaux ou la dégradation d'une moraine explique un accident qui lui-même est à l'origine de l'évolution de la localisation de l'itinéraire en question par décision des gestionnaires.

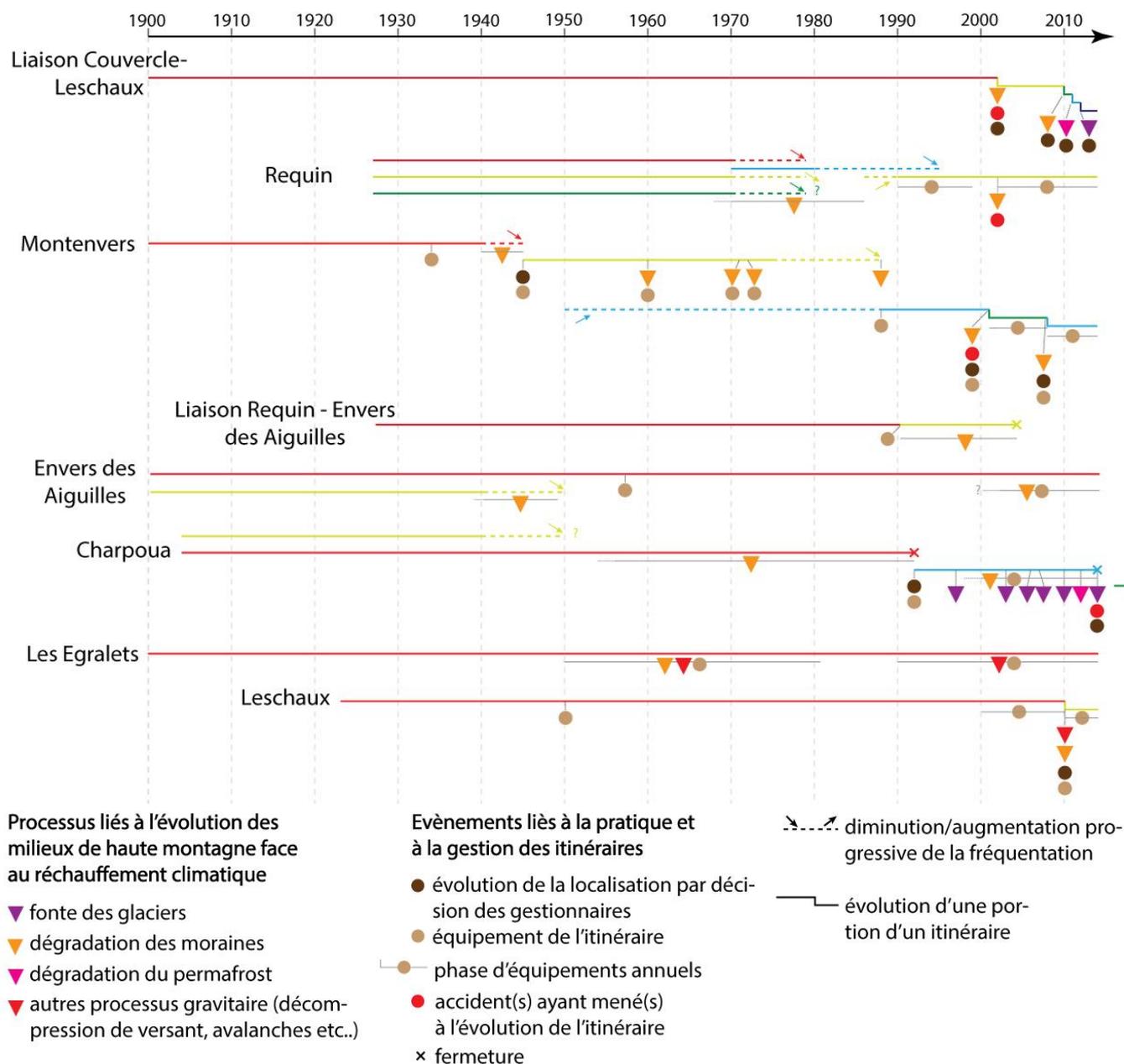


Figure IV.2. – Schématisation de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.

Ce mode de représentation de l'évolution des itinéraires permet de les repositionner sur une échelle de temps et ainsi de mieux visualiser quelles sont les raisons de leurs évolutions successives.

On remarque alors que le nombre de processus gravitaires liés à l'évolution des milieux de haute montagne face au réchauffement climatique – et plus particulièrement la dégradation des moraines - sont de plus en plus nombreux à partir des années 1990 et qu'ils impliquent des équipements de plus en plus soutenus (Fig. IV.2.). Cette augmentation en fréquence des processus gravitaires correspond d'ailleurs à la courbe de perte d'épaisseur de glace de la Mer de Glace.

Cependant, cette figure présente des biais qui soulignent des perspectives de travail. En effet, les recherches de documentations et l'ensemble des méthodes utilisées ont amenées une meilleure connaissance de la période récente, ce qui explique aussi que le nombre de processus

gravitaire recensés et que le nombre d'interventions du service de gestion y soit plus importants à partir des années 1990.

De plus, cette évolution plus rapide et plus importante des itinéraires depuis les années 1990 s'explique peut-être aussi par des changements de pratiques et de représentations de la haute montagne. Dans les années 1950, les alpinistes étaient peut-être prêts à s'exposer à des risques plus importants et la question de la responsabilité en cas d'accident n'était pas aussi prégnante qu'aujourd'hui ; ce qui expliquerait que les itinéraires évoluaient moins vite.

Dans le futur, les tronçons d'échelles vont très vraisemblablement se faire de plus en plus hauts ; la difficulté sera alors de trouver les secteurs propices à leur installation pour une bonne accessibilité et de bonnes conditions de sécurité. Les politiques de gestion et d'équipement devront prendre en compte des pentes et des hauteurs de moraines qui vont aller croissantes, entraînant alors des processus d'érosion d'autant plus vigoureux.

Concernant le cas du glacier de la Charpoua, l'ouverture d'un nouvel itinéraire en 2016 va résoudre le problème de la traversée sous le glacier. En revanche, la fréquentation dans le secteur risque d'évoluer. L'ouverture de ce nouveau sentier permettra un accès plus facile au refuge du Couvercle et au bassin de Talèfre, notamment pour les randonneurs, mais les balcons de la Mer de Glace auront perdu un tronçon important, à l'origine peut-être d'une réduction de son intérêt et donc de sa fréquentation ? De plus, l'accès au refuge de la Charpoua sera nettement plus long. Toutefois, étant fréquenté principalement par des alpinistes de haut niveau, cela n'aura peut-être pas d'incidence sur sa fréquentation d'autant que ces derniers feront peut-être le choix d'utiliser la portion fermée mais laissée en place pour l'accès aux Flammes de Pierre. L'évolution de la fréquentation de cette rive droite de la Mer de Glace sera particulièrement intéressante ces prochaines années.

Conclusion générale

L'objet de ce travail de Master 1 était de retracer l'évolution des itinéraires d'accès aux 5 refuges du bassin de la Mer de Glace (refuges de la Charpoua, du Couvercle, de Leschaux, du Requin et de l'Envers des Aiguilles) depuis la fin du XIX^e siècle et d'en identifier autant que possible les raisons - souvent physiques - qui ont poussé à leurs modifications successives.

Pour remplir cet objectif, un important travail de recherche documentaire, 9 entretiens semi-directifs et le traitement de modèles 3D à haute résolution ont été effectués. Les résultats confirment l'importance patrimoniale des refuges et de leur accès. Leur histoire n'avait jamais été écrite auparavant, alors qu'il s'agit d'un véritable pan de l'histoire de l'alpinisme et de la vallée de Chamonix.

L'ensemble des itinéraires étudiés dans ce travail présente des évolutions, souvent importantes, soit de localisation soit d'aménagement. Dans certains cas, des tronçons de sentiers ont même été fermés.

Ces modifications se sont faites de plus en plus fréquentes et importantes depuis le début du XIX^e siècle, principalement en réaction à l'évolution de la haute montagne face au réchauffement climatique.

La fonte des glaciers est à l'origine de la grande majorité des phénomènes impactant les itinéraires à travers leurs pertes en épaisseur et en longueur. Cela se traduit notamment par la multiplication des passages d'échelles et leurs allongements progressifs depuis les années 1950. Aussi, le concept de « paraglaciaire » présente un cadre théorique adapté à une meilleure compréhension des processus géomorphologiques à l'œuvre, même si d'autres phénomènes liés à l'évolution des milieux de haute montagne sont aussi à prendre en compte telle que la dégradation du permafrost.

Les modalités d'évolution des itinéraires sont aussi le résultat de facteurs liés aux activités humaines et principalement à des choix politiques d'aménagement de la haute montagne.

Depuis l'an 2000, cette politique a pour objectif le maintien des sentiers en état pour les alpinistes, dans des conditions de sécurité acceptables mais sans recourir à des aménagements importants ; ce qui explique la manière dont les itinéraires sont gérés aujourd'hui et les modalités de leurs aménagements successifs.

Perspectives de travail

Les perspectives de travail pour un Master 2 s'organisent autour de 4 axes de travail.

Tout d'abord, face à certaines limites méthodologiques présentées dans la Partie II, des recherches documentaires complémentaires et des entretiens dirigés pourront être menés pour augmenter la précision des résultats présentés. Des sources photographiques des années 1980-90 seront notamment recherchées car particulièrement réduites jusqu'à aujourd'hui.

Ensuite, en raison d'une méthodologie perfectible et d'un manque de temps de travail ciblé, les relations entre l'évolution des itinéraires et la fréquentation de ces itinéraires et des refuges devra faire l'objet d'approfondissements pour permettre notamment de mieux mesurer les enjeux économiques du sujet. L'objectif serait aussi de faire la part entre l'évolution de la fréquentation liée à des modes de celle liée aux modifications des itinéraires.

D'ailleurs, des connaissances plus approfondies sur les processus géomorphologiques - le plus souvent paraglaciaires - impactant les itinéraires seront nécessaires et en particulier sur le temps de réponse des moraines latérales à la perte d'épaisseur des glaciers. L'impact de ces processus sur les itinéraires devrait en être mieux mesuré et compris et peut-être qu'il sera possible de prévoir en partie les principales évolutions futures.

De plus, de nouveaux relevés LiDAR à l'automne 2015 permettront de faire une première étude diachronique à haute résolution des secteurs d'échelles. Les hauteurs d'échelles ajoutées pendant l'été 2015 pourront être mesurées avec précision et la comparaison des modèles 3D de 2014 et de 2015 permettra de construire des cartes de différences montrant les secteurs instables et donc les processus en cours. Les volumes concernés pourront ensuite être mesurés.

Enfin, la comparaison des résultats de ce travail avec ceux de J. Strecker (Master, Université de Lausanne) sur la région d'Arolla (Valais, Suisse), d'E. Graff (Master 1, Université de Savoie) sur les Ecrins et de A. Bessot (Master 2, Pôle universitaire de Gap – La Chamoniarde) sur le massif du Mont Blanc permettra d'ouvrir un travail à plus petite échelle avant de développer des travaux sur les itinéraires d'alpinisme.

Tables des matières

Remerciements.....	1
Résumé/ <i>Abstract</i>	2
Sommaire.....	3
Sigles et abréviations.....	4
Introduction.....	5
Partie I : Cadre de recherche et terrain d'étude.....	7
I.1. Changements climatiques et évolution de la haute montagne.....	7
I.1.1. Évolution du climat dans les Alpes depuis la fin du PAG.....	7
I.1.2. Impacts du réchauffement climatique sur la haute montagne.....	8
I.1.2.1. Retrait généralisé des glaciers dans les Alpes depuis la fin du PAG....	8
I.1.2.2. Dégradation du permafrost alpin.....	9
I.2. La Mer de Glace, un haut lieu de l'alpinisme.....	9
I.2.1. Le plus grand glacier français et son évolution récente.....	9
I.2.1.1. Présentation.....	9
I.2.1.2. Évolution de la Mer de Glace depuis 150 ans.....	9
I.2.2. Sommets, parois et alpinisme.....	12
I.3. Les refuges et leurs itinéraires d'accès dans le massif du Mont-Blanc.....	14
I.3.1. Refuges et alpinisme dans le massif du Mont-Blanc.....	14
I.3.2. Les refuges du bassin de la Mer de Glace.....	14
I.3.3. La gestion des itinéraires d'accès aux refuges, acteurs et politiques.....	17
Conclusion partie I.....	18
Partie II : Méthodologies et outils pour l'analyse de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.....	19
II.1. Recherche de documents historiques et constitution d'un corpus documentaire.....	19
II.2. Application et croisement de méthodes d'analys.....	21
II.2.1. Comparaison diachronique de cartes.....	21
II.2.1.1. L'étude diachronique.....	21
II.2.1.2. Limites de la ressource cartographique.....	21
II.2.2. Spatialisation des descriptions d'itinéraires des topo-guides.....	24
II.2.3. La photo-comparaison.....	24
II.2.3.1. Présentation et intérêt.....	24
II.2.3.2. Limites des documents photographiques.....	25
II.2.4. Analyse préliminaire et construction de documents provisoires.....	27
II.3. Entretiens semi-directifs, méthode et limites.....	27
II.4. Le balayage laser terrestre longue portée : un outil de mesures à haute résolution.....	28
II.4.1. Le scanner laser <i>Optech</i> Iris 3D et la méthode LiDAR.....	28
II.4.2. Construction et géoréférencement des modèles 3D.....	29
II.4.3. Mesure des aménagements successifs.....	30
Conclusion partie II.....	31
Partie III : Résultats.....	33
III.1. Descente sur la Mer de Glace depuis le Montenvers (1913 m).....	34
III.2. Refuge de la Charpoua (2841 m).....	40
III.3. Refuge du Couvercle (2687 m) par les Egralets.....	47

III.4. La liaison refuge du Couvercle – refuge de Leschaux (2431 m) par le glacier de Talèfre.....	50
III.5. Refuge de Leschaux.....	57
III.6. Refuge du Requin (2523 m).....	61
III.7. La liaison refuge du Requin – refuge de l’Envers des Aiguilles (2523 m) par le glacier du Tacul.....	66
III.8. Le refuge de l’Envers des Aiguilles par les échelles de Trèlaporte.....	69
Conclusion Partie III.....	73
Partie IV : Des évolutions conditionnées par le retrait glaciaire ?.....	75
IV.1. Bilan des processus géomorphologiques impliqués dans l’évolution des itinéraires.....	75
IV.1.1. Le retrait glaciaire : entre perte d’épaisseur et de longueur.....	75
IV.1.2. La déstabilisation des moraines.....	75
IV.1.3. La dégradation du permafrost.....	76
IV.2. Une séquence paraglaciale comme cadre géomorphologique ?.....	77
IV.2.1. Définition du concept de paraglaciale.....	77
IV.2.2. Qu’en est-il pour le bassin de la Mer de Glace ?.....	78
IV.3. Quels constats et hypothèses sur l’évolution des itinéraires d’accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace ?.....	79
Conclusion générale et perspectives de travail.....	83
Table des matières.....	85
Table des figures.....	87
Références bibliographiques.....	90
Références sitographiques.....	92
Références cartographiques.....	93
Annexe.....	94

Table des figures

Fig. I.1. – Température annuelle moyenne mondiale observée (points noirs) et lissée (courbe bleue).....	7
Fig. I.2. – Évolution de l'écart des MAAT (Mean Annual Air Temperature) par rapport à la moyenne de la période 1961 – 1990 dans l'hémisphère Nord et dans les Alpes pour la période récente.....	7
Fig. I.3. – Variation de longueur des glaciers d'Aletsch (Suisse), des Bossons, d'Argentière, de la Mer de Glace et de Saint Sorlin (France).....	8
Fig. I.4. – Carte de localisation du bassin de la Mer de Glace.....	10
Fig. I.5. – Position des profils transversaux de mesures de l'épaisseur du glacier.....	10
Fig. I.6. – Variations d'épaisseur de la langue de la Mer de Glace.....	10
Fig. I.7. – Evolution du front de la Mer de Glace.....	11
Fig. I.8. – Carte de localisation des 5 refuges du bassin de la Mer de Glace et de ses principaux sommets.....	12
Fig. I.9. – A : Sommet de l'Aiguille Verte (4122 m) et face ouest des Drus (3754 m). B : Face nord des Grandes Jorasses (4208 m). C : G. Rebuffat au sommet de l'Aiguille de la République (3305 m).....	14
Fig. I.10. – Le gîte à Balmat, au sommet de la montagne de la Côte (2530 m).....	15
Fig. I.11. – Le refuge du Couvercle peu de temps après sa construction, au début du XX ^e siècle.....	15
Fig. II.1. – Cartes du secteur du Montanvers avec l'itinéraire de descente sur la Mer de Glace en direction des refuges de haute-montagne.....	23
Fig. II.2. – Echantillon parmi les 30 photos utilisées pour localiser le pied des échelles des Egralets, par années.....	26
Fig. II.3. – Le scanner laser ILRIS 3D en action au pied des échelles de l'Envers des Aiguilles.....	29
Fig. II.4. – Justification du besoin de géo-référencement des nuages de points pour éviter certaines erreurs de mesure d'angles.....	30
Fig. II.5. – Méthode de mesure des échelles à partir du modèle 3D et d'une photo.....	31
Fig. III.1. – Carte au 1/25 000 du bassin de la Mer de Glace.....	33
Fig. III.2. – A gauche, photo du secteur des Ponts et de l'Angle en 1908. Le sentier de l'époque, est tracé en rouge. A droite, détail d'une carte de E. Viollet-le-Duc, dressée en 1876 au 1/40 000 et présentant ce même itinéraire des Ponts et de l'Angle.....	34
Fig. III.3. – Le passage par les Ponts.....	35
Fig. III.4. – Passage des dalles des Ponts, avant la descente sur le glacier en 1926.....	36
Fig. III.5. – Le sentier d'accès à la Mer de Glace par la Vire des Guides (en rouge).....	37
Fig. III.6. – Évolution de la localisation et de la longueur des échelles pour l'accès au glacier par le passage de la Vire des Guides entre 1988 et 2014.....	39
Fig. III.7. – Accès au refuge de la Charpoua. A : extrait de la carte Vallot de 1925. Le sentier se situe en rive droite du glacier et n'est dessiné que jusqu'au lac de la Charpoua. B : extrait de la carte IGN de 1949. Elle est la première carte à représenter le sentier qui remonte la moraine latérale droite de la Mer de Glace et qui monte ensuite jusqu'au refuge. C : extrait de la carte Vallot de 1956, unique carte à représenter les deux itinéraires.....	40
Fig. III.8. – La moraine latérale droite de la Mer de Glace en 1868 ou passait l'itinéraire historique d'accès au refuge de la Charpoua (en rouge) (A) et en 2014 (B).....	41
Fig. III.9. – Accès au refuge de la Charpoua. Le tracé en rouge est l'itinéraire classiquement	

utilisé en remontant la moraine latérale droite de la Mer de Glace ; en violet, le tracé du projet d'itinéraire passant par l'Allée Verte proposé en 1967.....	42
Fig. III.10. – Extrait de la carte IGN Top 25 de 1995, première carte à représenter le sentier qui relie les Echelets au refuge du Couvercle et offrant en même temps un nouvel itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua.....	43
Fig. III.11. – Un sentier exposé. A : écoulement de 2005 ayant emporté le sentier dans le secteur des Echelets. B : Dépôt de l'avalanche de neige et de roche engendré par l'écroulement de l'Aiguille du Moine de 2012.....	43
Fig. III.12. – Ajout progressif d'échelles au passage des Echelets.....	44
Fig. III.13. – Chute du front du glacier de la Charpoua ayant coupé l'itinéraire en août 2014.....	45
Fig. III.14. – Deux propositions de tracé du nouvel itinéraire d'accès au refuge de la Charpoua.....	46
Fig. III.15. - Comparaison entre le passage des Egralets au début du XX ^e siècle (A) et en 2014 (B). Les flèches rouges indiquent le même bloc. Le cercle rouge sur la carte postale A souligne des dépôts morainiques. En 2014, ce même secteur se situe très haut sur le versant illustrant la perte d'épaisseur du glacier.....	47
Fig. III.16. - Aménagement successifs du passage des Egralets pour l'accès au refuge du Couvercle.....	49
Fig. III.17. – Succession de cartes de la fin du XIX ^e et du début du XX ^e siècle illustrant la fréquentation ancienne de la traversée du glacier de Talèfre par le Jardin.....	50
Fig. III.18. – Itinéraire historique de traversée du glacier de Talèfre donnant accès soit à la descente sur le glacier de Leschaux par la Pierre à Bérenger soit à la traversée à flanc de versant vers le refuge de Leschaux.....	52
Fig. III.19. – Descente de la moraine latérale droite du glacier de Talèfre. La photo n'est pas datée mais illustre bien la difficulté et les dangers du passage.....	53
Fig. III.20. – Transition versant-glacier par la vire à 2550 m d'altitude, en rive droite du glacier de Talèfre, sous le refuge du Couvercle.....	54
Fig. III.21. – Niche d'arrachement et dépôts de l'écroulement sur le contrefort Ouest de l'Aiguille Pierre Joseph de juillet 2011, recoupant l'itinéraire historique (en rouge).....	55
Fig. III.22. – Évolution du tracé Couvercle-Leschaux de 2010 suite à l'écroulement de juin 2011, puis pour rendre la traversée plus logique et directe.....	56
Fig. III.23. – A : Le refuge de Leschaux dans les années 1930 – 40 avec vue vers le nord et la confluence entre les glaciers de Leschaux et de Talèfre. B : Le refuge (cercle rouge) dans les mêmes années; C : refuge en 2014. La comparaison entre ces trois photos permet d'illustrer la perte d'épaisseur du glacier de Leschaux. Est surligné en violet un même affleurement reconnaissable.....	57
Fig. III.24. – Dépôt d'une lave torrentielle issue du couloir sud de l'Aiguille Pierre-Joseph coupant le passage classiquement utilisé pour rejoindre le pied des échelles, sur le glacier de Leschaux.....	58
Fig. III.25. – Equipements successifs pour l'accès au refuge de Leschaux.....	59
Fig. III.26. – Itinéraires utilisés pour atteindre le refuge du Requin entre 1927 et les années.61	
Fig. III.27. – Itinéraire utilisé dans les années 1970 pour contourner la moraine latérale gauche du glacier du Tacul devenue trop exposée aux chutes de blocs, aux glissements et aux coulées de débris.....	62
Fig. III.28. – Évolution progressive du passage par la grande vire vers le refuge du Requin depuis la fin des années 1990.....	63
Fig. III.29. – Névé au pied des échelles qui, au début de la saison estivale, facilite la transition glacier – échelles mais qui, au fur et à mesure de sa fonte, peut aussi rendre le passage impossible ou trop dangereux.....	64

Fig. III.30. – La liaison glacier du Tacul – échelles du refuge du Requin en 2008 (ph. montagne.over-blog.fr). L'auteur de la photo n'a pas pu se rendre au refuge du Requin à cause de ce passage tout particulièrement difficile et dangereux ce jour-là.	65
Fig. III.31. – Itinéraire d'accès au versant sud-est des Aiguilles de Chamonix dans les années 1920.....	66
Fig. III.32. – Itinéraire de liaison entre le refuge du Requin et le refuge de l'Envers des Aiguilles ouvert dans les années 90.....	67
Fig. III.33. – A : Tracé de l'ancien sentier de liaison entre le glacier du Tacul et le refuge de l'Envers des Aiguilles (ph. L. Ravanel). B : Etat de la moraine latérale gauche du glacier du Tacul en 2008.....	68
Fig. III.34. – Itinéraires d'accès à l'Envers des Aiguille de Chamonix au début du XX ^e siècle.....	69
Fig. III.35. – Aménagements successifs des échelles pour l'accès au refuge de l'Envers des Aiguilles.....	70
Fig. III.36. – Moraines suspendues, trajectoires des chutes de pierres et zone de dépôt menaçant les 15 premiers mètres des échelles de l'Envers des Aiguilles.....	71
Fig. III.37. – Principales trajectoires des chutes de blocs et des glissements de la moraine au départ des échelles de l'Envers des Aiguilles.....	72
Tab. III.38. – Tableau de synthèse des facteurs impliqués dans l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.....	73
Tab. IV.1. – Processus géomorphologiques entraînés par la dégradation du permafrost.....	77
Fig. IV.2. – Schématisation de l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges du bassin de la Mer de Glace.....	80

Références bibliographiques

- Ballantyne C.K. (2002). Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews* 21 (18-19): 1935-2017. doi:10.1016/S0277-3791(02)00005-7.
- Ballantyne C.K. (2013). Paraglacial Geomorphology. In: Elias S.A. (ed) *The Encyclopedia of Quaternary Science*, vol. 3, pp. 553-565. Amsterdam: Elsevier.
- Beniston, M. (2005). Mountain Climates and Climatic Change: An Overview of Processes Focusing on the European Alps. *Pure and Applied Geophysics* 162 (8-9): 1587-1606. doi:10.1007/s00024-005-2684-9.
- Beniston M., Rebetez M., Giorgi F., Marinucci R. (1994). An analysis of regional climate change in Switzerland. *Theoretical and Applied Climatology*, 49: 135-159.
- Benn D., Evans J.A D. (2010). *Glaciers and glaciations*. London UK : Routledge, 802p.
- Blair P. (2014). *Chamonix Mont-Blanc en 3D. Un voyage à travers le stéréoscope de 1850 à nos jours*. Editions du Belvédère, 128p.
- Bodin X. (2007). *Géodynamique du pergélisol de montagne : fonctionnement, distribution et évolution récente. L'exemple du massif de Combeynot*. Thèse de Doctorat, Université Paris-Diderot. 273 p.
- CAF de Chamonix. (2007). *Refuges. Club Alpin Français de Chamonix*. Atelier ésope Chamonix, 28p.
- ClimChAlp. (2008). *Changement climatiques dans les Alpes: impacts et risques naturels*. Rapport Technique n°1 de l'ONERC.
- Coutterand S., Jouty S., 2009. *Glaciers mémoire de la planète*. Hoëbeke, Paris, 240p.
- Dartiguepeyrou J. (2007). *La Cabane du Chapeau. La Mer de Glace, versant soleil*. La fontaine de Siloé, Lieux de Mémoire, 96p.
- Deline P. (2005a). Change in surface debris cover on Mont Blanc massif glaciers after the Little Ice Age termination. *The Holocene*, 15(2): 302-309.
- Desmaison R. (1973). *342 heures dans les Grandes Jorasses*. Flammarion, 202p.
- Duvillard P-A. (2013). *Identification et caractérisation des infrastructures à risque en contexte de permafrost dans les Alpes françaises*. Mémoire de Master 1, Université de Savoie, 63 p.
- Duvillard P-A. (2015). *Analyse du risque de déstabilisation des infrastructures de haute montagne dans les Alpes Françaises*. Mémoire de Master 2, Université de Savoie, 133p.
- Gardent M. (2014). *Inventaire et retrait des glaciers dans les Alpes françaises depuis la fin du Petit Âge Glaciaire*. Thèse de doctorat en Géographie, Université de Savoie, 444 p.
- IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 p.
- IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 p.

Le Roy M. (2012). *Reconstitution des fluctuations glaciaires holocènes dans les Alpes occidentales : apports de la dendrochronologie et de la datation par isotopes cosmogéniques produits in situ*. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble. 392p.

Martin B. (2011). *Analyse diachronique de la couverture détritique supraglacière de la Mer de Glace (Massif du Mont Blanc) de 1939 à 2008*. Mémoire de Master 2, Université de Savoie, 113p.

Mercier D. (2010). *La géomorphologie paraglacière : analyse de crises érosives d'origine climatique dans les environnements englacés et sur leurs marges*. Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches mention géomorphologie, Université Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, 265 p.

Nussbaumer S. (2006). *Fluctuations of the «Mer de Glace » (Mont Blanc area, France) AD 1500–2050*. Thèse de Doctorat, Université de Berne. 143p.

Nussbaumer S., Deline P., Vincent C., Zumbül H. (2012). *Mer de Glace, art et science*. Atelier Esope, 192p.

Pachoud M. (2015). *Perceptions paysagères des mutations du site Montenvers-Mer de Glace, une adaptation du regard au retrait glaciaire*. Mémoire de Master 2, Université de Savoie, 99p.

Perrel N. (2013). *Caractérisation et impacts de la séquence paraglacière post-PAG sur le bassin de la Mer de Glace (Massif du Mont-Blanc)*. Mémoire de Master 2, Université de Savoie, 148p.

Rabatel A., Deline P., Jaillet S., Ravanel L. (2008). Rock falls in high-alpine rock walls quantified by terrestrial LiDAR measurements: a case study in the Mont-Blanc area. *Geophysical Research Letter*, 35, L10502, DOI: 10.1029/2008GL033424.

Ravanel L. (2006). *Contribution à l'étude des écroulements dans les parois à permafrost de la haute montagne alpine. L'exemple du Petit-Dru (massif du Mont-Blanc) depuis la fin du Petit Age Glaciaire*. Mémoire de Master 1, Université de Savoie, 122p.

Ravanel L. (2010). *Caractérisation, facteurs et dynamiques des écroulements rocheux dans les parois à permafrost du Massif du Mont Blanc*. Thèse de Doctorat, Université de Savoie. 326p.

Ravanel L., Deline P. (2008). La face ouest des Drus (massif du Mont-Blanc) : évolution de l'instabilité d'une paroi rocheuse dans la haute montagne alpine depuis la fin du Petit Age Glaciaire. *Géomorphologie*, 4 : 261-272.

Ravanel L., Lambiel C. (2013). Evolution récente de la moraine des Gentianes (2894 m, Valais, Suisse) un cas de réajustement paraglacière ? *Environnements Périglaciaires*, 18-19, 8 p.

Rébuffat R. (1962). *Mont Blanc Jardin féérique*, Edition Guérin Chamonix, 1998, 223p.

Strecker J. (2015). *Evolution récente de la haute montagne alpine et effets sur la pratique de l'alpinisme. L'exemple de la région d'Arolla (VS)*. Mémoire de Master 2, Université de Lausanne, 153p.

Vannucci N. (2005). *Les risques de la vallée de Chamonix – Bureau d'étude de la mairie de Chamonix*. Mémoire de Master 2, Université de Savoie, 47p.

Vincent C., Harter M., Gilbert A., Berthier E., Six D. (2014). *Future fluctuations of Mer de Glace, French Alps, assessed using a parameterized model calibrated with past thickness changes*, Annals of glaciology, Volume 55 n°66. pp.15-24

Vincent C. (2010). *L'impact des changements climatiques sur les glaciers alpins*. Thèse de Doctorat, Université de Grenoble, 212p.

Topos-guides :

Buscaini G., Devies L. 1979. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Grandes Jorasses – Géant – Rochefort – Leschaux – Talèfre*, Arthaud, Paris, 356p.

Devies L. 1947. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille de Chamonix – Grandes Jorasses*, Arthaud, Paris, 394p.

Devies L. 1951. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguilles de Chamonix – Grandes Jorasses*, Arthaud, Paris, 2nd éd., 443p.

Devies L., Menry P. 1949. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 381p.

Devies L., Menry P. 1966. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Triolet – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 3e éd., 410p.

Devies L., Menry P. 1975. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Triolet – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 4e éd., 493p.

Devies L., Menry P. 1977. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Les Aiguilles de Chamonix*, Arthaud, Paris, 3e éd., 318p.

Kurz L. 1892. *Guide de la chaîne du Mont-Blanc*, Attinger Frères, Neuchâtel, 304p.

Kurz L. 1935. *Guide de la chaîne du Mont-Blanc*, Payot et Cie, Quatrième Ed., 272p.

Lepiney J., De Gigord E., Dr Migot A. 1925. *Guide Vallot : Les Aiguilles de Chamonix*, Fischbacher, Paris, 194p.

Références sitographiques

Amis du Vieux Chamonix. (2015). <http://www.amis-vieux-chamonix.org/index.php/la-bibliotheque> , consulté en février 2015.

Bing. (2015). www.bing.com , consulté en mai 2015.

Camptocamp. (2015). <http://www.camptocamp.org/> , consulté en mai 2015.

Earthexplorer. (2015). www.earthexplorer.usgs.gov , consulté en mai 2015

Espace Mont-Blanc. (2015). <http://www.espace-mont-blanc.com/> , consulté en mai 2015.

Fondation Montagne Sûre. (2015). <http://www.fondazionemontagnasicura.org/fr/> , consulté en février 2015.

Géoportail. (2015). www.geoportail.gouv.fr , consulté en février 2015.

GoogleEarth. (2015). www.google.com/earth/ , téléchargé en février 2015.

Glacioclim. (2015). <http://www-igge.ujf-grenoble.fr/ServiceObs/> , consulté en avril 2015.

Le Dauphiné. (2015). www.ledauphine.com , consulté en mai 2015.

Météo France. (2015). <http://www.meteofrance.com/> , consulté en mai 2015.

Université de Lausanne. (2015). www.unil.ch , consulté en mai 2015.

1865 et l'Age d'Or de l'Alpinisme. (2015). www.1865.chamonix.fr , consulté en mai 1865.

Références cartographiques

Barbey A. La chaîne du Mont-Blanc, 1/50 000, Kummerly et Frey, Berne, 1906, 7e éd 1959.

Institut géographique national (France). Chamonix N° 5-6, 1/10 000. Paris : IGN, 1949.

Institut géographique national (France). Chamonix – Mont-Blanc, Chamonix N°5 Sud, 1/10 000. Paris : IGN, 1950

Institut géographique national (France). Massif du Mont-Blanc, 1/20 000. Paris : IGN, 1975.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 1989.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : Chamonix (feuille 3630 OT). Paris : IGN, 2001.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 2002.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 2007.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : Chamonix (feuille 3630 OT). Paris : IGN, 2011.

Mieulet J-J. Massif du Mont-Blanc, 1/40 000, publié par ordre de S.E. Le Maréchal Randon, Ministre de la Guerre, Paris, 1865.

Vallot H., Vallot J. Environs de Chamonix, extraits de la carte du massif du Mont-Blanc, 1/20 000, Barrere H., Editeur Géographe, Paris, 1907.

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Talèfre (feuille n°14), 1/20 000, Murvinger H. et Monier E., Paris, 1925.

Vallot CH., De Larminat E. Carte Général du Massif du Mont-Blanc, 1/50 000, Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1943.

Vallot H., Vallot J. Environs de Chamonix, extraits de la carte du massif du Mont-Blanc, 1/20 000. Barrere H., Éditeurs Géographe, Paris, 12e éd., révision de 1946.

Vallot CH., De Larminat E. Massif du Mont-Blanc, 1/50 000. Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1956.

Vallot CH., De Larminat E. Massif du Mont-Blanc, 1/50 000. Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1960.

Viollet-le-Duc E. Le massif du Mont-Blanc, 1/40 000, Baudry J., Paris, 1876.

Annexe : Liste des documents d'archive consultés.

Archives Municipales de Chamonix-Mont-Blanc :

- Comptes rendus des réunions de la commissions des sentiers de Montagnes 1939,1959, 1960, 1962, 1966, 1967, 1968, 1969, 1970, 1971, 1972, 1973, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978.
- Plans et devis du tunnel sous le torrent du glacier du Nant-Blanc 1928 – 1931.
- Plans et devis pour la rénovation du sentier de l'Angle 1934

Maison de la Mémoire et du Patrimoine :

Photographies/diapositives

- | | | | | |
|----------------------|----------|------------------|--------|--------|
| • Fond Besson : | | | | |
| 17Num50 | | | | |
| 17Num72 | | | | |
| 17Num73 | | | | |
| 17Num75 | | | | |
| 17Num76 | | | | |
| 17Num77 | | | | |
| 17Num78 | | | | |
| 17Num81 | | | | |
| | | • Fonds Farini : | | |
| | | 10Num37 | | |
| | | 10Num43 | | |
| | | 10Num45 | | |
| | | 10Num56 | | |
| | | 10Num58 | | |
| | | 10Num60 | | |
| | | 10Num66 | | |
| | | 10Num69 | | |
| • Fond Gay-Couttet : | | | | |
| 12Fi301 | 12Fi1041 | B02-07 | B18-03 | R43-01 |
| 12Fi305 | 12Fi1142 | B2-01 | B20-03 | R52-01 |
| 12Fi447 | 12Fi1188 | B3-05 | B20-07 | R52-02 |
| 12Fi476 | 12Fi1198 | B3-20 | B20-11 | R52-03 |
| 12Fi477 | 12Fi1238 | B3-22 | B23-01 | |
| 12Fi489 | 12Fi966 | B05-02 | B25-04 | |
| 12Fi546 | 12Fi978 | B07-01 | B32-01 | |
| 12Fi561 | 12Fi990 | B07-02 | | |
| 12Fi613 | 12Fi1024 | B07-03 | GCR13 | |
| 12Fi616 | Adophe05 | B07-04 | GCR38 | |
| 12Fi626 | B40-01 | B07-05 | GCR75 | |
| 12Fi634 | B40-02 | B11-01 | GCR94 | |
| 12Fi637 | B40-03 | B14-01 | | |
| 12Fi811 | B48-03 | B14-02 | J30-01 | |
| 12Fi814 | B48-04 | B16-02 | J30-07 | |
| 12Fi854 | B48-05 | B16-07 | J37-13 | |
| 12Fi864 | B48-06 | B16-08 | | |
| 12Fi875 | B48-07 | B16-09 | R05-02 | |
| 12Fi948 | B55-02 | B16-10 | R09-01 | |
| | B55-03 | B17-13 | R09-02 | |

- Fond Plessier : plessier_num_49 plessier_num_171
 plessier_num_50 plessier_num_247
 plessier_num_51 plessier_num_272
 plessier_num_55 plessier_num_273
 plessier_num_56 plessier_num_274
 plessier_num_57 plessier_num_275
 plessier_num_60 plessier_num_276
 plessier_num_61 plessier_num_277
 plessier_num_62 plessier_num_278
 plessier_num_64 plessier_num_284
 plessier_num_65 plessier_num_287
 plessier_num_111 plessier_num_312
 plessier_num_122 plessier_num_313
 plessier_num_144 plessier_num_317
 plessier_num_166 plessier_num_318
 plessier_num_169 plessier_num_319

- Photos ENSA : 7Fi_9Num_0011 7Fi_9Num_0900
 7Fi_9Num_0016 7Fi_9Num_1061
 7Fi_9Num_0043 7Fi_9Num_1068
 7Fi_9Num_0044 7Fi_9Num_1069
 7Fi_9Num_0045 7Fi_9Num_1159
 7Fi_9Num_0046 7Fi_9Num_1168
 7Fi_9Num_0047 7Fi_9Num_1182
 7Fi_9Num_0056 7Fi_9Num_1237
 7Fi_9Num_0059 7Fi_9Num_1238
 7Fi_9Num_0131 7Fi_9Num_1239
 7Fi_9Num_0142 7Fi_9Num_1732
 7Fi_9Num_0347

Amis du Vieux Chamonix :

Cartes

Perrin P. Le Mont-Blanc et la vallée de Chamonix, 1/50 000, Chambéry. (date non renseignée)

Mieulet J-J. Massif du Mont-Blanc, 1/40 000, publié par ordre de S.E. Le Maréchal Randon, Ministre de la Guerre, Paris, 1865.

Vallot H., Vallot J. Environs de Chamonix, extraits de la carte du massif du Mont-Blanc, 1/20 000, Barrere H., Editeur Géographe, Paris, 1907.

Vallot CH., De Larminat E. Carte Général du Massif du Mont-Blanc, 1/50 000, Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1943.

Viollet-le-Duc E. Le massif du Mont-Blanc, 1/40 000, Baudry J., Paris, 1876.

Topo-guides

Kurz L. 1892. *Guide de la chaîne du Mont-Blanc*, Attinger Frères, Neuchâtel, 304p.

Kurz L. 1935. *Guide de la chaîne du Mont-Blanc*, Payot et Cie, Quatrième Ed., 272p.

Lepiney J., De Gigord E., Dr Migot A. 1925. *Guide Vallot : Les Aiguilles de Chamonix*, Fischbacher, Paris, 194p.

Ouvrages

Vallot C. 1919. *Le massif du Mont-Blanc, Paysages, Caractéristiques et documentaires, Tome I : Parcours des Vallées et des Hauts Alpage*, Dufay L., Versailles, 70p.

Vallot C. 1923. *Le massif du Mont-Blanc, Paysages, Caractéristiques et documentaires, Tome II : La Haute Chaîne*, Fischbacher, Paris, 95p.

École Nationale de Ski et d'Alpinisme :

Cartes

Barbey A. La chaîne du Mont-Blanc, 1/50 000, Kummerly et Frey, Berne, 1906, 7e éd 1959.

Institut géographique national (France). Aiguille Verte, Chamonix N°6 Sud, 1/10 000. Paris : IGN, 1953.

Institut géographique national (France). Chamonix – Mont-Blanc, Chamonix N°5 Sud, 1/10 000. Paris : IGN, 1950

Institut géographique national (France). Chamonix N° 5-6, 1/20 000. Paris : IGN, 1949.

Institut géographique national (France). Chamonix, 1/50 000. Paris : IGN, 1953.

Institut géographique national (France). Massif du Mont-Blanc, 1/20 000. Paris : IGN, 1975.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 1989.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : Chamonix (feuille 3630 OT). Paris : IGN, 2001.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 2002.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : St-Gervais (feuille 3531 ET). Paris : IGN, 2007.

Institut géographique national (France). TOP 25 1/25 000 : Chamonix (feuille 3630 OT). Paris : IGN, 2011.

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Talèfre (feuille n°14), 1/20 000, Murvinger H. et Monier E., Paris, 1925.

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Chamonix – Mont-Blanc (feuille n°13), 1/20 000, Dardel, Chambéry, 1945.

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Talèfre (feuille n°14), 1/20 000 Murvinger H. et Monier E., Paris, 1934.

Vallot H., Vallot J. Environs de Chamonix, extraits de la carte du massif du Mont-Blanc, 1/20 000. Barrere H., Éditeurs Géographe, Paris, 12e éd., révision de 1946.

Vallot CH., De Larminat E. Massif du Mont-Blanc, 1/50 000. Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1956.

Vallot CH., De Larminat E. Massif du Mont-Blanc, 1/50 000. Girard et Barrere, Géographes Éditeurs, Paris, 1960.

Topo-guides

Devies L. 1947. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille de Chamonix – Grandes Jorasses*, Arthaud, Paris, 394p.

Devies L., Menry P. 1949. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 381p.

Devies L. 1951. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguilles de Chamonix – Grandes Jorasses*, Arthaud, Paris, 2nd éd., 443p.

Devies L., Menry P. 1966. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Triolet – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 3e éd., 410p.

Devies L., Menry P. 1975. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Triolet – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 4e éd., 493p.

Devies L., Menry P. 1977. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Les Aiguilles de Chamonix*, Arthaud, Paris, 3e éd., 318p.

Buscaini G., Devies L. 1979. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Grandes Jorasses – Géant – Rochefort – Leschaux – Talèfre*, Arthaud, Paris, 356p.

Musée Alpin :

Photos

4AG Cicéri E
2008.0.69 Bisson
2009.0.1128.11
2009.0.1134.7
2009.0.1134.8
2009.0.1151
2014.0.347
2015.0.27
2015.0.33
2015.0.190

Cartes

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Talèfre (feuille n°14), 1/20 000, Murvinger H. et Monier E., Paris, 1925.

Vallot H., Vallot J., Vallot C. Carte du massif du Mont-Blanc : Chamonix – Mont-Blanc (feuille n°13), 1/20 000, Dardel, Chambéry, 1931.

Topo-guides

Lepiney J., De Gigord E., Dr Migot A. 1925. *Guide Vallot : Les Aiguilles de Chamonix*, Fischbacher, Paris, 194p.

Particuliers :

- **Gilles Ravanel**

Carte

Institut géographique national (France). Massif du Mont-Blanc : Mont-Blanc – Trè la tête

(feuille 232), 1/25 000. Paris : IGN, 1977.

- **Philippe Belmont**

- Cartes**

- Institut géographique national (France). Pays du Mont-Blanc, 1/50 000. Richard D., Grenoble, 1997.

- Institut géographique national (France). Pays du Mont-Blanc, 1/50 000. Paris : IGN, 1977.

- **Louis Loutan**

- Devies L., Menry P. 1949. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 381p.

- Devies L., Menry P. 1975. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguille Verte – Triolet – Dolent – Argentière – Trient*, Arthaud, Paris, 4e éd., 493p.

- Devies L. 1951. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Aiguilles de Chamonix – Grandes Jorasses*, Arthaud, Paris, 2nd éd., 443p.

- Devies L., Menry P. 1977. *Guide Vallot : La chaîne du Mont-Blanc, Les Aiguilles de Chamonix*, Arthaud, Paris, 3e éd., 318p.

- **Peter Blaire**

- Stéréoscopies**

- 22 - Mer de Glace (wood £4)

- aiguilles de charmoz

- alpine club 42

- Andrieu - 2352 mer de Glace et Tacul

- Couttet - 153 La Mer de Glace - Chamonix (wood 167p)

- Couttet - Mt Blanc vu du Jardin de Talefre (delcampe oct 12 660p)

- Couttet = le refuge Requin

- Descent of the Glacier of Les Bois (Savoy) (Ebay \$8)

- Ferrier et Soulier - 4126 - L'Aiguille de Charmoz prise du Chapeau 1860

- glacier de talefre 2

- glacier de talefre

- glass - montenvers station

- Mer de Glace, Aiguille de Charmoz

- Schroeder - Les Bossons (560p for 2 sided, jun 13)

- stereo 2 - alpine club 39

- stereo 15 - fs 4126 charmoz

- stereo 30 - couttet - 96 mer de glace

- stereo 33 - tissue montenvers

- stereo 34 - alpine club 328

- stereo 55 - montenvers train

- stereo 56 - mer de glace and montenvers

- stereo 119 - couttet - mont blanc vu de l'aiguille du moine

- stereo 122 - FS 9127 1868

- stereo 123 - white - 15290 verte

- stereo 129 - charnaux - 137 mont blanc du jardin

stereo 155 - tairraz - chalet du glacier des bossons
stereo 196 - underwood 94 1906
Sur la Mer de Glace
Tairraz - 26 Rochers et passage du mauvais pas 1861
Tairraz - 100 mer de glace 1861
tairraz 20 mont blanc vue du jardin 1861
Vallee Blanche
view from flegere

Ouvrage

Blair P. (2014) - *Chamonix-Mont-Blanc en 3D. Un voyage à travers le stéréoscope de 1850 à nos jours*, Éditions du Belvédère, 128p.

Résumé

En même temps qu'évolue la haute montagne face au réchauffement climatique, les itinéraires d'accès aux refuges sont susceptibles de connaître d'importantes modifications. Ce mémoire de Master 1 retrace l'évolution des itinéraires d'accès aux refuges de l'emblématique bassin de la Mer de Glace depuis plus d'un siècle, pour mieux comprendre les modalités et les raisons de leurs évolutions successives.

La composition d'un corpus documentaires et son analyse ainsi que la réalisation d'une série d'entretiens semi-directifs et le traitement de modèles 3D à haute résolution constituent les principales méthodes mises en œuvre dans ce travail.

Les modifications de localisation et de qualité des itinéraires ont ainsi été retracées depuis le début du XXe siècle. Elles s'expliquent en grande partie par l'évolution des milieux de haute montagne face au réchauffement climatique et par des choix politiques d'aménagement de la montagne.

Mots clés : Haute montagne, refuges, changements d'itinéraires, dynamiques glaciaires et paraglaciaires, Mer de Glace

Abstract

While high mountain environments are evolving due to global warming, huts access may know important modifications. The aim of this Master thesis is to retrace the evolution of the itineraries that leads to the high mountain huts of the well-known Mer de Glace area over the last 150 years. The objective is also to understand the modalities and the reasons that explain those evolutions.

The composition of a documentary corpus and its analysis, interviews and the processing of 3D high resolution models are the main methods that have been used for this work.

The modifications of localization and quality of the itineraries have been retraced since the beginning of the XXth century. They are mostly due to the evolution of high mountain environments because of the global warming, and political choices also must be taken into account.

Key words : High mountain, huts, itineraries change, glacial and paraglacial dynamics, Mer de Glace