

## Titre du projet : **Impacts environnementaux du retrait glaciaire dans le Massif du Mont Blanc : quantification des processus contemporains et perspectives d'évolutions futures**

*Volet : Recherche (AO4)*

*Porteur du projet : Antoine Rabatel (LGGE)*

*Laboratoires impliqués : (LGGE, LTHE, ISTERre, LECA)*

## **Bilan du projet pour l'année/la période**

### **Bilan d'activité** (1 page max)

L'objectif de ce projet était d'obtenir un produit topographique (modèle numérique de terrain = MNT), de l'ensemble du Massif du Mont-Blanc (*i.e.* versants français, suisse et italien) couvrant une surface de près de 250 km<sup>2</sup> à partir des photographies aériennes de l'IGN de 1952 (surface englacées en 1952 + marges proglaciaires correspondant au maximum d'extension des glaciers au Petit Age Glaciaire, ~1850). Ce modèle numérique de terrain devait permettre des applications, non seulement glaciologiques (calcul de variations des surfaces et volumes glaciaires par comparaison de MNTs successifs), mais également en géomorphologie pour l'étude des phénomènes d'érosion sur les marges proglaciaires (calcul de taux d'érosion/sédimentation par comparaison de MNTs successifs) et en écologie (suivi des changements de la biodiversité sur les marges proglaciaires (par comparaison des photographies aériennes de 1952 avec celles acquises durant les années/décennies suivantes).

Compte-tenu du financement attribué qui correspond au tiers de la demande initiale (*cf.* bilan financier ci-dessous), la production du MNT a été réduite à ~100 km<sup>2</sup> (au lieu de près de 250 km<sup>2</sup>) ne permettant de couvrir que les glaciers (pas de restitution des marges proglaciaires) et uniquement pour le versant français du Massif du Mont-Blanc (*exit* les versants italien et suisse). Ainsi, les objectifs scientifiques du projet ont été réduits aux aspects glaciologiques uniquement, limitant par conséquent les interactions pluridisciplinaires avec les partenaires du projet issus des autres laboratoires de l'OSUG.

Quoi qu'il en soit, le produit topographique a été réalisé par la Société SINTEGRA. Comme annoncé dans le document de demande de projet, notre utilisation de ce produit vise principalement, concernant les aspects glaciologiques, à quantifier la perte de surface et de volume glaciaire dans le Massif du Mont-Blanc depuis 1952 pour l'ensemble des glaciers couverts par ce produit. Ce travail s'inscrit notamment dans le cadre du SNO/SOERE GLACIOCLIM et du projet ANR VIP\_Mont-Blanc (pilote par J.-L. Mugnier, ISTERre), financé en 2014 et qui a démarré fin 2014/début 2015.

On s'est intéressé dans un premier temps aux changements des surfaces, le travail sur les volumes est en cours.

Ainsi, en comparant les données de 1952 avec les inventaires plus récents de 1985, 2003 et 2012, on a pu mettre en évidence que les superficies englacées sur le versant français du Massif du Mont-

Blanc sont relativement similaires en 1952 et en 1985 (un peu plus de 115 km<sup>2</sup>), puis que le taux de retrait annuel a fortement augmenté entre les périodes 1985-2003 et 2003-2012 (Figure 1) Ce taux de retrait est en partie fonction de la taille initiale des glaciers considérés (il tend à diminuer pour les glaciers les plus grands). On notera l'augmentation du nombre de glaciers qui traduit le morcellement de certains appareils glaciaires par déconnection entre les différents tributaires.

Ces surfaces englacées de 1952 ont été utilisées dans le cadre de la thèse de Doctorat de Bradley Carlson (LECA, 2013-2016) sur l'évolution des espèces végétales dans le Massif du Mont-Blanc en lien avec le changement climatique et le retrait glaciaire (thèse réalisée dans le cadre du projet ERC TEEMBio, W. Thuiller, LECA, 2012-2016). Dans ce travail, publié dans la revue *Diversity and Distribution* [Carlson *et al.*, 2014], les changements historiques du couvert végétal et des glaciers sont utilisés pour caler des relations linéaires (présence/absence en fonction de l'altitude, la pente et l'année) combinées dans un modèle hiérarchique dit LME (acronyme anglais pour *Linear Mixed Effects*). Ce modèle est ensuite utilisé pour simuler l'évolution de la végétation et des glaciers pour le 21<sup>ème</sup> siècle (période 2021-2080). Les simulations obtenues montrent un recul des glaciers et une élévation de la limite forestière (Figure 2). Concernant l'évolution future des glaciers, le retrait est logique compte-tenu du fait que la simulation est établie sur la base de la tendance quantifiée sur les décennies précédentes (en lien avec le temps, l'altitude et la pente). On notera que le but de cette étude n'était pas d'avoir une simulation la plus précise possible de l'évolution à venir des glaciers, mais d'établir des scénarios d'évolution des espèces végétales. A cet égard, on retiendra que les arbres constituent le seul groupe à gagner de l'espace à l'horizon 2051-2080. Les plantes alpines perdent du terrain dans chacun des scénarios de filtrage utilisé ; malgré les espaces mis à leur disposition par le recul des glaciers, cela ne suffit pas à contrecarrer les effets du changement climatique.

### Illustrations - avec légende et crédit (à envoyer également séparément)

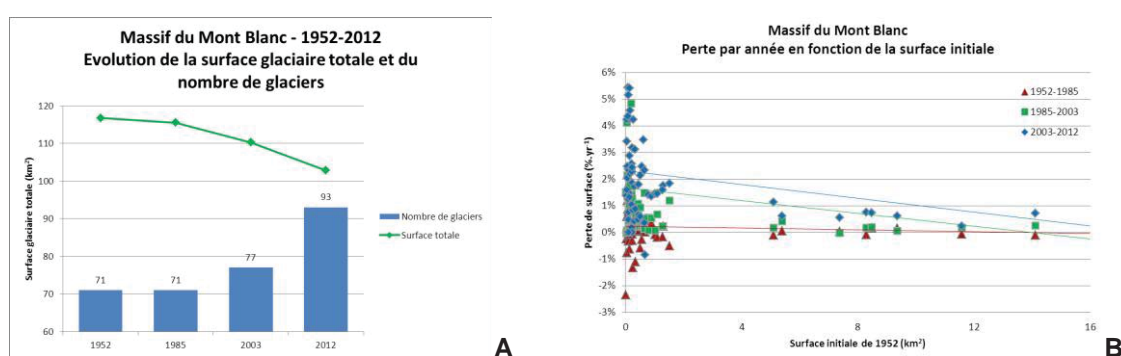


Figure 1 : Evolution des surfaces glaciaires sur le versant français du Massif du Mont-Blanc depuis 1952. A : surface totale et nombre de glaciers en 1952, 1985, 2003 et 2012. B : Perte annuelle (%/an) par période (source = rapport interne LGGE)

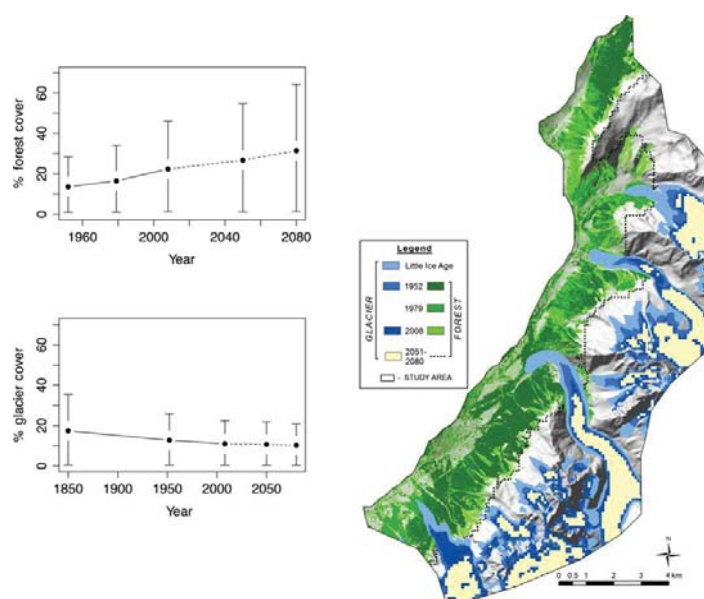


Figure 2. Pourcentage de forêt (A) et de surface englacée (B) au sein de la zone d'étude pour les trois dates historiques considérées (1952, 1979 et 2008 pour la forêt, et 1850, 1952 et 2008 pour les glaciers), avec les intervalles de confiance à 95%. (C) Juxtaposition des données historiques d'occupation du sol avec la limite des arbres et la position simulée des glaciers pour 2051-2080. Figure issue de Carlson et al., 2014.

### Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

Les personnes indiquées en gras font partie du consortium de personnels impliqués dans le projet soumis.

**Carlson, B.**, D. Georges, **A. Rabatel**, C. Randin, J. Renaud, **A. Delestrade**, N. Zimmermann, **P. Choler** and **W. Thuiller**. 2014. Accounting for treeline shift, glacier retreat and primary succession in mountain plant distribution models. *Div. Distrib.*, 20 (12), 1379-1391. doi: 10.1111/ddi.12238.

### Bilan financier succinct :

La demande financière associée à notre réponse à l'AO4\_Recherche était de 29,7 k€. La commission a attribué 10,5 k€.

L'intégralité de ce montant a servi à payer la prestation de service liée à la production du modèle numérique de terrain d'une partie du Massif du Mont-Blanc à partir des photographies aériennes de 1952, cf. devis joint.

**Annexes si besoin ou lien sur des sites existants et pérennes jusqu'à la fin du Labex (2020)**

Le site web du projet ANR VIP\_Mont-Blanc : <http://vip-montblanc.osug.fr/>