

Impact de la résolution des modèles numériques de terrain sur l'estimation des variations d'altitude en géosciences

Mot clés : Télédétection, drone, géosciences, SIG

Encadrement : Amaury Dehecq, Luc Béraud, Fanny Brun

Les modèles numériques de terrain (MNTs) sont des images/matrices qui représentent la topographie de chaque point du sol sur une grille régulière. Ils sont utilisés dans de nombreux contextes pour mesurer de façon quantitative les changements de la surface de la Terre (évolution des glaciers, glissements de terrain, érosion des sols etc). Ces MNTs sont généralement dérivés de produits satellite (optique ou radar), d'images issues de plateformes aéroportées (avion, drone) ou terrestres. En faisant la différence de deux MNTs, il est possible d'estimer les variations d'altitude de la surface sur de larges régions et des changements de volume. Ces données ont notamment été largement utilisées pour quantifier les changements de volume des glaciers (Berthier et al., 2023).

Malgré un ensemble de corrections appliquées aux MNTs (co-registation, modélisation des tendances spatiales), on observe souvent un biais dépendant de l'altitude dans les différences de MNTs. Ce biais a été identifié dès le début des années 2000 (Berthier et al., 2007; Paul, 2008), et les différences d'échantillonnage spatial (ou de résolution) ont rapidement été suspectées d'être la cause de ces biais. En effet, un MNT de résolution grossière va avoir tendance à lisser la topographie et donc à sous-estimer l'altitude des crêtes et sommets et au contraire à sur-estimer l'altitude des fonds de vallées (Fig. 1). Comme les sommets sont plutôt à haute altitude et les vallées à basse altitude, la différence entre le MNT grossier et un MNT plus résolu va entraîner une erreur systématique qui dépend de l'altitude. Gardelle et al. (2012) ont développé une approche empirique de la compréhension/correction de ce biais, en montrant que la courbure maximale du terrain (dérivée spatiale de la pente) était un bon prédicteur du biais (Fig. 2).

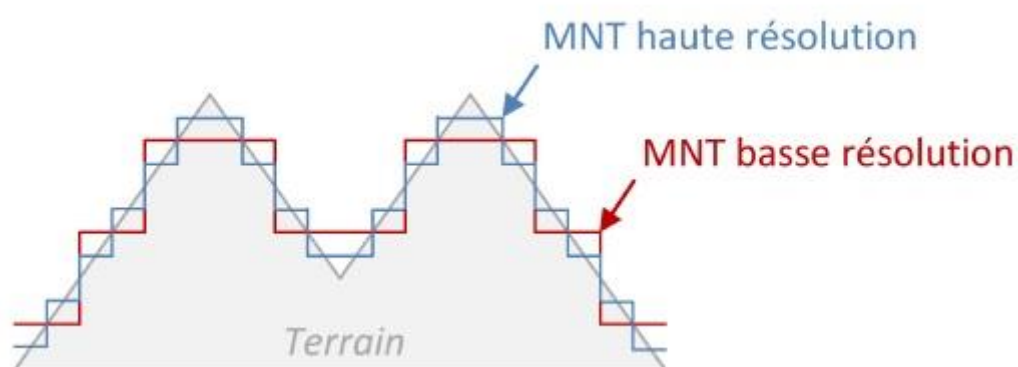


Figure 1 : schéma d'une différence de MNT à des résolutions différentes (Gardelle, 2012)

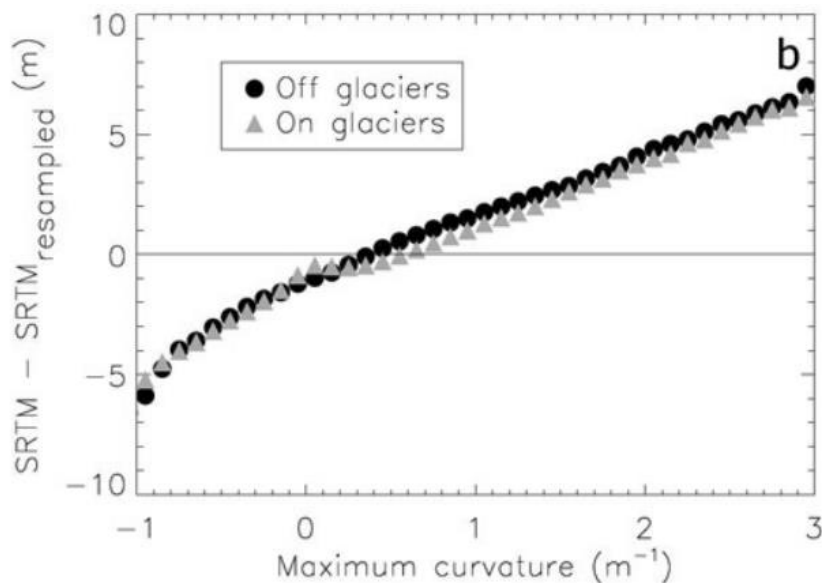


Figure 2 : Biais de différence d'altitude après re-échantillonnage d'un des deux MNTs, en fonction de la courbure maximale (Gardelle, 2012)

A notre connaissance, aucun travail n'a fait suite à cette étude. Notamment, aucune solution analytique n'a été proposée. De plus, on observe régulièrement une dépendance de la différence d'altitude à la courbure maximale, même pour des capteurs de résolution identique, ce qui interroge notre compréhension du phénomène. C'est pourquoi nous proposons un sujet de stage axé sur deux parties qui seront plus ou moins développées selon les goûts et capacités du candidat ou de la candidate.

1- Approche analytique

Dans cette partie, il s'agira de formuler de façon mathématique le problème des différences de MNTs à différentes résolutions et/ou de travailler sur des topographies idéalisées. Cette formulation analytique permettra d'asseoir les corrections empiriques sur une théorie plus solide et éventuellement de rechercher de meilleurs prédicteurs que la courbure maximale.

2- Approche empirique

Cette partie consistera à développer, déployer et analyser une série d'expériences à partir de vol drones à différentes altitudes. Ces vols permettront d'obtenir des différences d'échantillonnage spatial et donc des MNTs de résolutions différentes. Un site bien choisi permettra d'avoir une topographie variée qui permettra d'analyser la dépendance des biais dans les différences de MNTs.

Profil recherché :

Le sujet de stage peut s'adapter selon les compétences de l'étudiant.e, mais nous recherchons en priorité :

- un.e étudiant.e de master, pour un stage minimum de 3 mois
- idéalement un.e étudiant.e issue d'un parcours de mathématiques appliquées ou avec des solides connaissances mathématiques
- des connaissances en Systèmes d'Information Géographique (SIG) et/ou télédétection sont un plus

Candidature :

Pour toute candidature, merci de nous envoyer un CV et une lettre de motivation

(amaury.dehecq@univ-grenoble-alpes.fr, luc.beraud@univ-grenoble-alpes.fr, fanny.brun@univ-grenoble-alpes.fr). Les candidatures seront examinées au fil de l'eau. Le stage peut se dérouler à n'importe quelle période au cours de l'année 2023-2024. Il aura lieu au sein du laboratoire IGE à Saint-Martin-d'Hères, dans une équipe qui travaille essentiellement sur l'étude des glaciers par télédétection.

Références

Berthier, E., Arnaud, Y., Kumar, R., Ahmad, S., Wagnon, P., and Chevallier, P.: Remote sensing estimates of glacier mass balances in the Himachal Pradesh (Western Himalaya, India), *Remote Sens. Environ.*, 108, 327–338, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.11.017>, 2007.

Berthier, E., Floriciou, D., Gardner, A. S., Gourmelen, N., Jakob, L., Paul, F., Treichler, D., Wouters, B., Belart, J. M. C., Dehecq, A., Dussaillant, I., Hugonnet, R., Kääb, A., Krieger, L., Pálsson, F., and Zemp, M.: Measuring glacier mass changes from space—a review, *Rep. Prog. Phys.*, 86, 036801, <https://doi.org/10.1088/1361-6633/acaf8e>, 2023.

Gardelle, J.: Evolution récente des glaciers du Pamir-Karakoram-Himalaya : apport de l'imagerie satellite, These de doctorat, Grenoble, 2012.

Gardelle, J., Berthier, E., and Arnaud, Y.: Impact of resolution and radar penetration on glacier elevation changes computed from DEM differencing, *J. Glaciol.*, 58, 419–422, <https://doi.org/doi:10.3189/2012JoG11J175>, 2012.

Paul, F.: Calculation of glacier elevation changes with SRTM: is there an elevation-dependent bias?, *J. Glaciol.*, 54, 945–946, <https://doi.org/10.3189/002214308787779960>, 2008.