

ANALYSE SPATIO-TEMPORELLE DES MOBILITÉS DE RANDONNEURS DANS LE PNR DU MASSIF DES BAUGES¹

par Colin Kerouanton

Laboratoire Espace et Sociétés, UMR 6590 ESO, CNRS/Université Rennes 2, France
colin.kerouanton@univ-rennes2.fr

Contexte

Le contexte de ma thèse se situe entre géographie, écologie et sociologie (Chanteloup *et al.*, 2016). Le sujet a été réfléchi initialement dans une perspective de quantification des interactions humaines avec la grande faune sauvage, abondante dans le contexte montagneux français mais avec une disponibilité des habitats décroissante. Le développement humain autour des massifs montagneux et le développement des pratiques récréatives de pleine nature peuvent avoir des effets sur la faune. Ces effets restent à être quantifiés et qualifiés, ce qui implique de connaître les mobilités humaines au sein des espaces naturels. C'est ainsi que se construit la problématique de ma thèse : comment, quand et où se déplacent les randonneur·se·s au sein du Parc Naturel Régional du Massif des Bauges.

Pour répondre à cette problématique et par le biais d'un protocole de suivi par traceurs GPS et par un questionnaire conçu pour deux sites en altitude (de 1100 m à 2200 m), une approche a été choisie intégrant des outils de géomatique et d'analyse spatiale (Birant et Kut, 2007 ; Newson et Krumm, 2009 ; Zheng et Zhou, 2011) et plus généralement propres à la géographie des mobilités (Chardonnel, 1999 ; Hagerstrand, 1970 ; Pappalardo *et al.*, 2015 ; Spaccapietra *et al.*, 2008).

Détection et analyse des pauses en montagne à partir de traces GPS

La première partie analytique de la thèse avait pour objectif de se focaliser sur l'étude des arrêts dans les mobilités lors de randonnées. Si la conceptualisation arrêt-déplacement (Spaccapietra *et al.*, 2008) est très utilisée depuis près de deux décennies pour étudier les déplacements, l'objet arrêt est très peu analysé

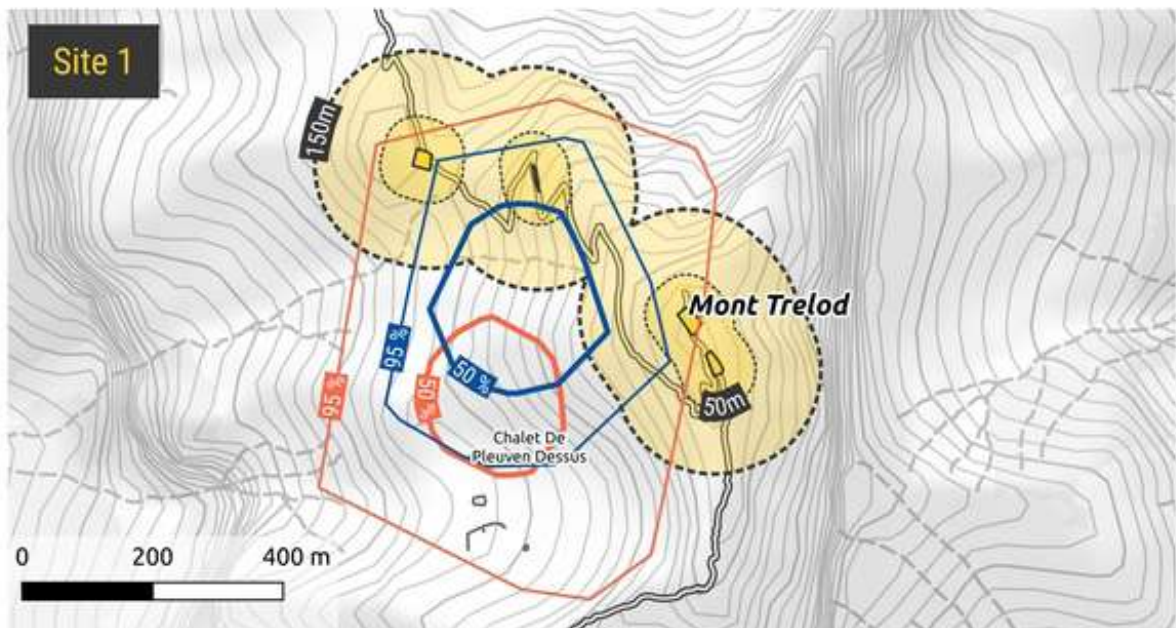
dans le cadre des *outdoor recreation studies* (Orellana *et al.*, 2012). J'ai choisi d'appliquer l'algorithme ST-DBSCAN (Birant et Kut, 2007) pour détecter les pauses des personnes suivies.

Une première étape consistait à évaluer la vraisemblance de la détection automatique par ST-DBSCAN, par comparaison avec un corpus d'arrêts de randonneur·se·s sur les sites d'étude que j'avais annotés avec une exigence d'une durée de 2 minutes minimum. Cette étape a eu comme principal résultat un score de détection s'élevant à 91,25 % de vraisemblance (F-mesure). Les pauses détectées par la meilleure combinaison avaient une répartition spatiale très similaire à celle des pauses annotées (fig. 1).

La seconde étape de cette partie utilisait les résultats de l'analyse de sensibilité pour déterminer la meilleure combinaison de paramètres à la détection des pauses sur l'ensemble des traces GPS récoltées (N = 282). 510 pauses ont été ainsi détectées sur les deux sites d'étude, et ces pauses ont été catégorisées en trois grands types : *longest pause*, *eye-catching pause* et *breath-catching pause*.

Les *longest pauses* (une par randonnée) sont faites à des endroits où la visibilité est meilleure, où la pente est faible et avec une proximité forte aux sommets. Les *eye-catching pauses* partagent des caractéristiques communes avec les *longest pauses* et se distinguent par une proximité forte avec les sommets et les cols. Les *breath-catching pauses* sont situées sur des pentes plus fortes avec une visibilité faible et un éloignement aux sommets et aux cols. Les caractéristiques socio-démographiques des groupes de randonneur·se·s montrent des variations dans les durées des pauses. Un groupe plus nombreux réalisera un nombre de pauses plus élevé et une *longest pause* plus longue. Les jeunes groupes font davantage de pauses alors que les familles font moins de pauses avec une *longest pause* plus courte,

¹ Analyse spatiale des interactions homme-animal et scénarios de gestion spatialisés : le cas des interactions entre touristes, chasseurs et grands herbivores dans le Parc Naturel Régional du Massif des Bauges (site de la Zone Atelier Alpes). Thèse soutenue à l'Université de Chambéry le 31-01-2020.



Enveloppe convexe des points GPS chamois pendant l'été

- ▭ Journée (de 6h à 18h)
- ▭ Nuit (de 18h à 6h)

Distances aux clusters de pauses (n>6) randonneurs pendant l'été

- 50 mètres
- 150 mètres
- Clusters de pauses (enveloppe convexe)

NB : les largeurs de lignes pour les enveloppes convexes chamois correspondent au pourcentage de points GPS contenus (épais = 50%, fin = 95%)

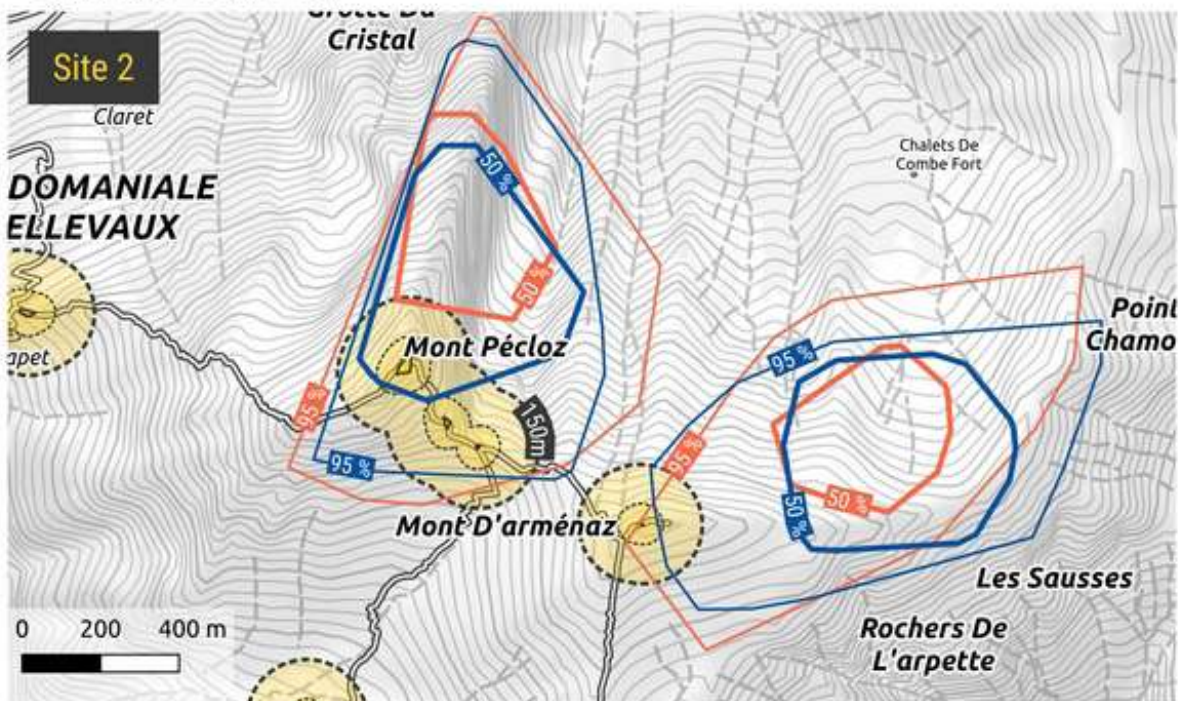


Figure 1 : Comparaison spatiale des pauses annotées (A) et détectées par ST-DBSCAN (B, en jaune avec un score de vraisemblance 75 % et en bleu 91 %).

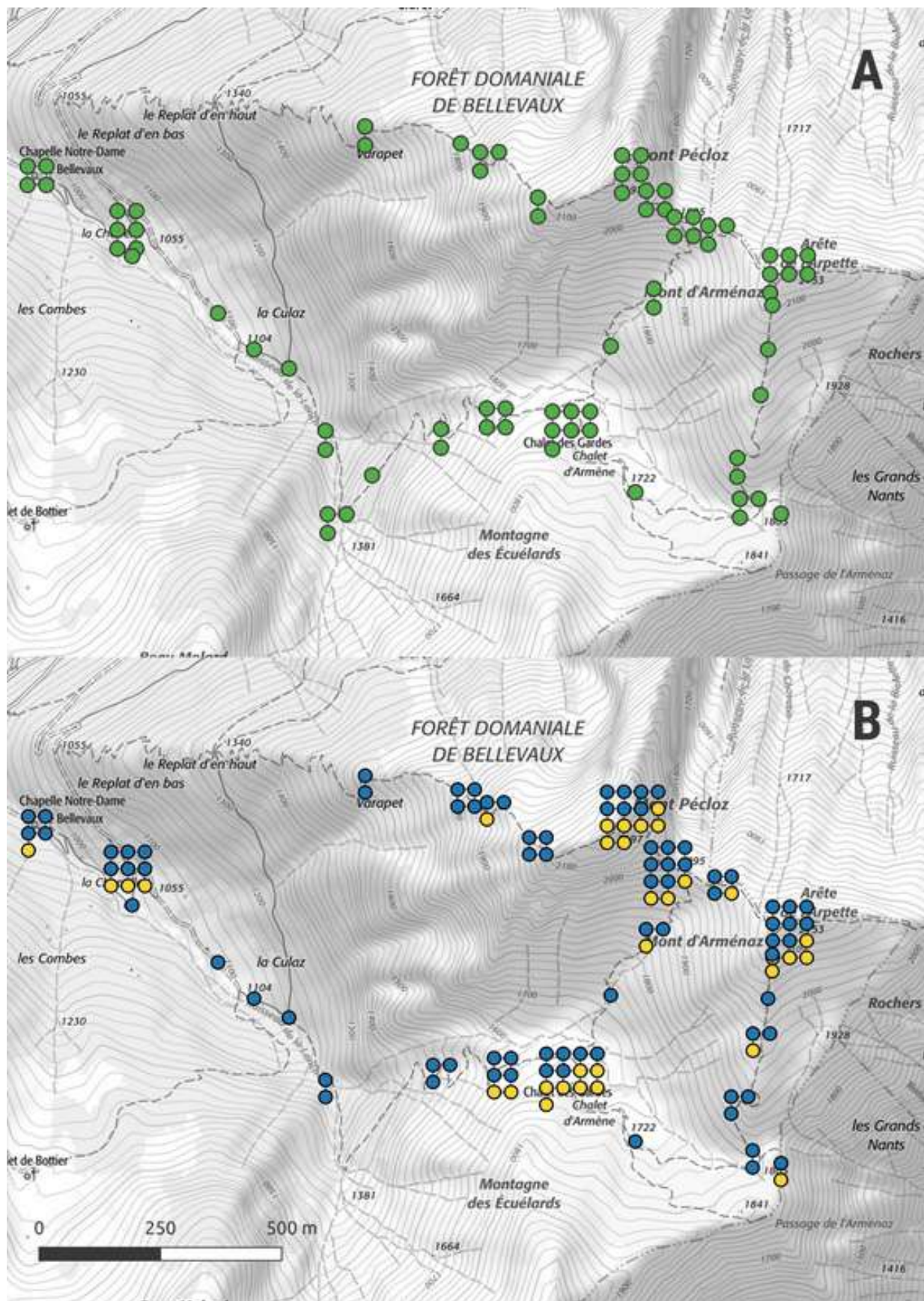


Figure 2 : Répartition de trois traces GPS de chamois et des hauts-lieux de fréquentation en pause des randonneur-se-s, sur les deux sites d'étude

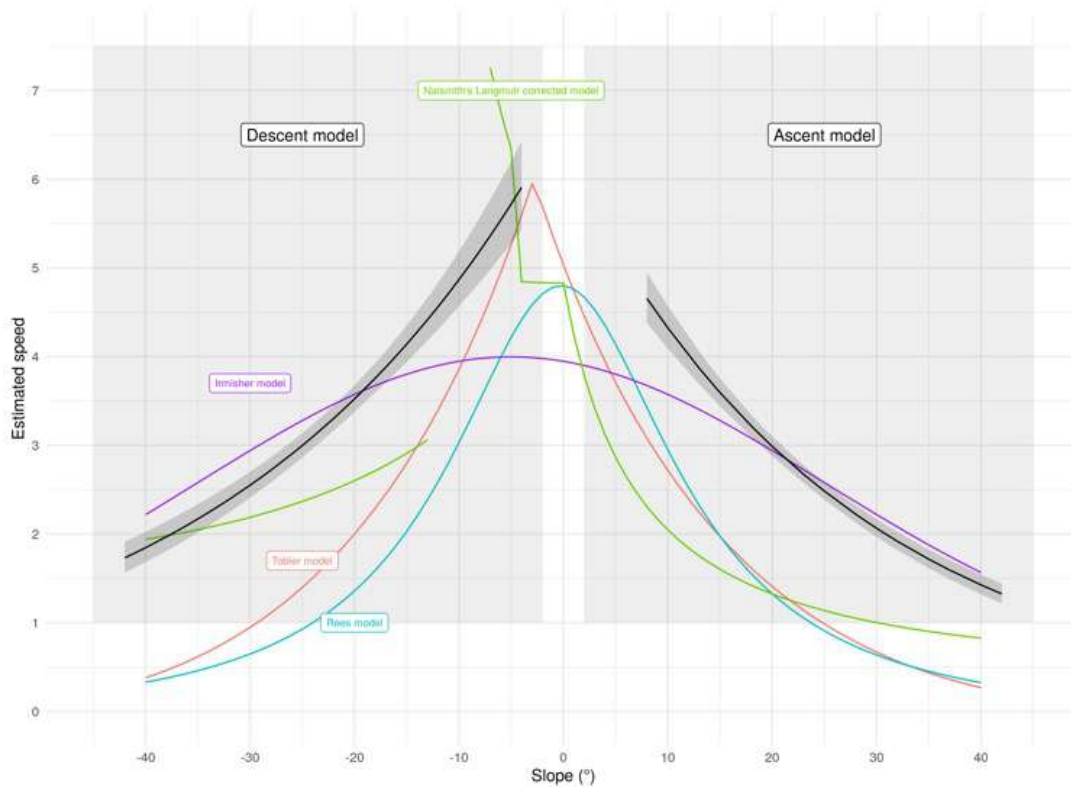


Figure 3 : Estimation de la vitesse de marche sur les sites d'étude (modèles de descente et de montée en noir, estimés à partir d'un modèle de régression linéaire générale mixte) et quatre modèles pré-existant (Tobler en rouge, Naismith-Langmuir corrected en vert, Rees en bleu et Irmisher en violet).

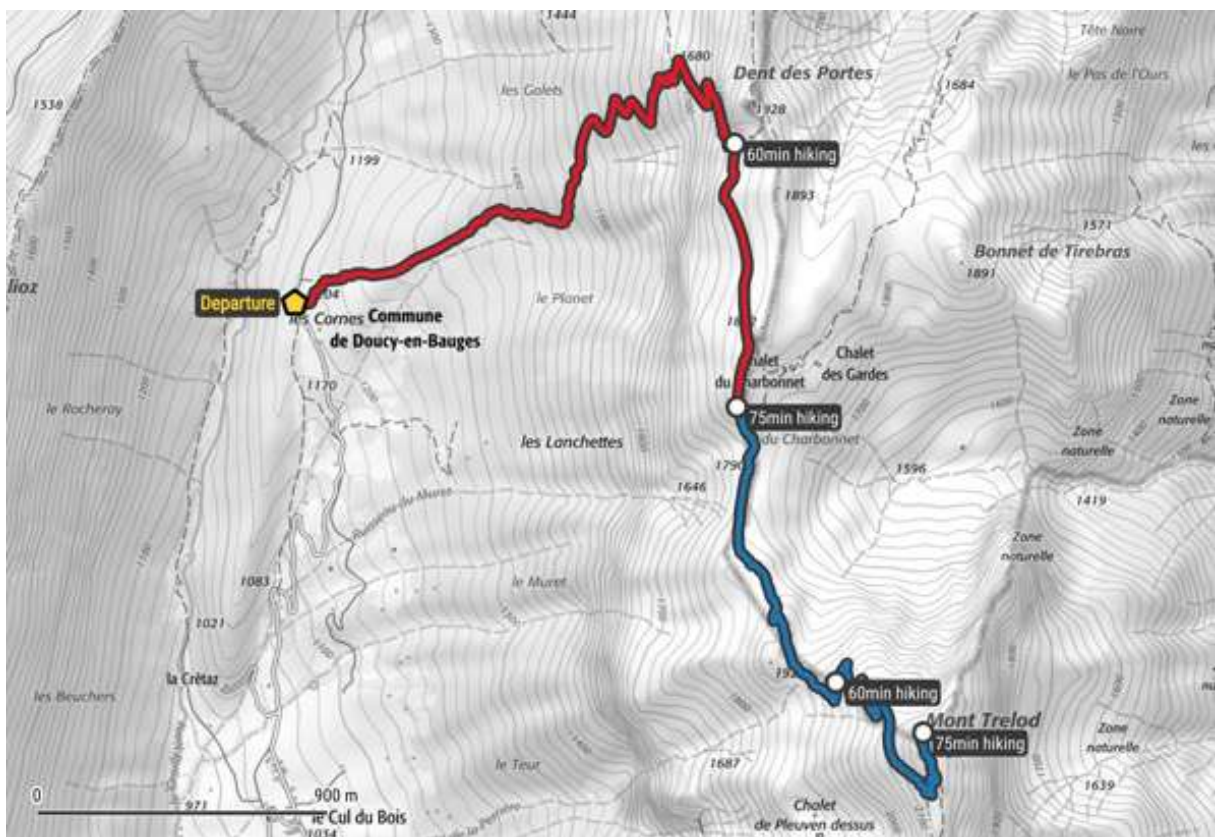


Figure 4 : Deux profils pour une même montée au Trélod : un-e jeune individu pratiquant seulement pendant les vacances (bleu) et un groupe âgé avec une pratique fréquente (en rouge). Le profil bleu arrive au sommet en 75min lorsque le profil rouge arrive au col, à un peu plus de la moitié de l'itinéraire.

quand elles ont également une probabilité plus importante de faire des *breath-catching pauses*. Enfin, les groupes uniquement composés d'hommes passent plus de temps en *breath-catching pauses* et leur probabilité de prendre au moins une *eye-catching pause* est plus faible que les groupes mixtes. Enfin, par le biais d'un *clustering spatial*, 16 hauts-lieux de pauses ont pu être formalisés. Ces hauts-lieux représentent 251 pauses sur 510 et 72 % des pauses supérieures à 10 minutes. Deux de ces hauts-lieux sont représentés sur la figure 2, avec l'étendue d'espaces utilisés par trois traces GPS de chamois, afin de montrer le croisement de corpus de données éventuel grâce à la formalisation de ces hauts-lieux.

Le déplacement de randonnée en montagne : vitesses de marche et itinéraires

La seconde partie analytique de la thèse s'est construite autour de l'analyse du déplacement des individus, à la fois en caractérisant les vitesses de marche pour répondre à des modèles déjà existants (Schamel et Job, 2017 ; Tobler, 1993), en modélisant le *time-budget* de temps de marche (André-Poyaud *et al.*, 2016 ; Fennell, 1996), en détectant les différents itinéraires empruntés (Taczanowska *et al.*, 2014), ainsi qu'en décrivant les fréquentations horaires des sentiers (Taczanowska, 2009).

Les traces GPS ont été segmentées en arrêt-déplacement selon la méthode décrite plus haut. Pour chaque individu, un *time-budget* a été produit avec le temps passé en pause par rapport au temps total de randonnée. Les déplacements ont été appariés au réseau de sentiers des deux sites. Plutôt que d'observer la vitesse de marche sur l'ensemble de la randonnée, c'est à l'échelle des tronçons du réseau qu'a été construite la pente qui est la principale variable explicative. Cet enrichissement sémantique de l'information des sentiers sur les points GPS permet à la fois d'observer les différences de vitesse à une échelle fine, et de différencier les randonnées selon les tronçons parcourus.

Le principal apport de cette partie est l'estimation de la vitesse de marche selon la pente, et selon les caractéristiques socio-démographiques des individus. Les modèles de vitesse utilisés dans les logiciels SIG datent des années 90 (Tobler, 1993) et même du 18^e siècle avec correction dans les années 70 (Langmuir, 1969 ; Naismith, 1892), même si définis avec un échantillonnage très réduit. Plus récemment,

Schamel et Job (2017) et Goodchild (2020) ont souligné l'importance de faire varier les modèles de vitesse selon les caractéristiques socio-démographiques de celles et ceux qui marchent (notamment l'âge). Ici 187 traces GPS empruntant le réseau de sentiers étudié ont été utilisées pour estimer un modèle de vitesse de marche pour la descente, et un autre modèle pour la montée. Les résultats ont montré que les modèles de vitesses déjà existant sous-estiment la vitesse de randonnée sur nos sites d'étude et avec notre population étudiée (fig. 3). La pente est le facteur qui explique le mieux la vitesse de marche, mais l'âge, le fait de partir en groupe et la fréquence de pratique sont aussi des variables explicatives, et ce indépendamment de la pente. La composition genrée des groupes n'influence pas la vitesse de marche. Le fait de pouvoir estimer les vitesses de marche selon la composition des groupes permet de prévoir le temps qu'il faudra à un groupe pour atteindre un lieu (fig. 4).

Conclusion et perspectives

Mes travaux de thèse et les résultats ont plusieurs implications, outre la formalisation d'une chaîne de traitement des données GPS, la production d'objets spatio-temporels (arrêts-déplacements) et de variables utiles à l'étude de la mobilité (vitesse de marche, *time-budget*, temps en pause, typologie de pauses). La première se situe en application directe, au sein du PNR du Massif des Bauges. La connaissance des lieux de pause, des horaires de fréquentation à ces lieux, la fréquentation du réseau de sentiers, l'estimation du temps nécessaire pour aller à un sommet selon le profil de l'individu, permet aux gestionnaires d'aménager l'espace de randonnée selon des mesures de protection ou de sensibilisation, de proposer des itinéraires adaptés aux profils des individus.

La deuxième est plus globale, s'adressant davantage aux professionnels de la géomatique et à la recherche en géographie de la mobilité. Les liens entre mobilité et paysage restent encore à explorer davantage. Les différences de mobilité (itinéraires, temps en pause, vitesses de marche) existent entre les groupes de randonnées, et un protocole plus fin permettrait d'expliquer davantage ces différences. Le modèle de vitesse de marche permet lui de passer d'une vitesse de marche absolue (en fonction de la pente) à une vitesse de marche relative (en fonction de la pente et des caractéristiques socio-démographiques), il est par conséquent possible de calculer des itinéraires et des accessibilités en fonction des groupes sociaux et de gagner en précision (secours en montagne, plus court chemin pour les logiciels SIG).

Bibliographie

- André-Poyaud, I., Chardonnel, S., Charleux, L., et Tabaka, K. (2016), *Mobility & activity patterns of individuals and parenting couples in the metropolitan area of Grenoble (France)*. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-01260244/>
- Birant, D., et Kut, A. (2007), " ST-DBSCAN : An algorithm for clustering spatial-temporal data", *Data & Knowledge Engineering*, 60, 208221.
- Chanteloup, L., Perrin-Malterre, C., Duparc, A., et Loison, A. (2016), « Quels points de vue sur les espaces partagés entre humains et animaux sauvages ? », *Espaces et sociétés*, 1, 3347.
- Chardonnel, S. (1999), *Emplois du temps et de l'espace. Pratiques des populations d'une station touristique de montagne*. Université Joseph-Fourier-Grenoble I.
- Fennell, D. A. (1996), "A tourist space-time budget in the Shetland Islands", *Annals of Tourism Research*, 4(23), 811829.
- Goodchild, M. F. (2020), "Beyond Tobler's Hiking Function", *Geographical Analysis*, 52(4), 558569. <https://doi.org/10.1111/gean.12253>
- Hagerstrand, T. (1970), "What about People in Regional", *Papers of the Regional Science Association*, 24, 112.
- Langmuir, E. (1969), *Mountain leadership : The official handbook of the mountain leadership training boards of great Britain*. Scottish Council of Physical Recreation.
- Naismith, W. (1892), "Cruach Ardran, Stobinian, and Ben More", *Scottish Mountaineering Club Journal*, 2(3). <http://gdl.cdlr.strath.ac.uk/smcj/smcj009/smcj0090603.htm>
- Newson, P., et Krumm, J. (2009), "Hidden Markov map matching through noise and sparseness", *Proceedings of the 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems - GIS '09*, 336. <https://doi.org/10.1145/1653771.1653818>
- Pappalardo, L., Simini, F., Rinzivillo, S., et al. (2015), "Returners and explorers dichotomy in human mobility", *Nature Communications*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/ncomms9166>
- Orellana, D., Bregt, A. K., Ligtenberg, A., et Wachowicz, M. (2012), "Exploring visitor movement patterns in natural recreational areas", *Tourism Management*, 33(67), 2e682.
- Schamel, J., et Job, H. (2017), "National Parks and demographic change – Modelling the effects of ageing hikers on mountain landscape intra-area accessibility", *Landscape and Urban Planning*, 163, 3243.
- Spaccapietra, S., Parent, C., Damiani, M. L., et al. (2008), "A conceptual view on trajectories", *Data & Knowledge Engineering*, 65, 126146.
- Taczanowska, K. (2009), *Modelling the spatial distribution of visitors in recreational areas*. na.
- Taczanowska, K., González, L. M., Garcia-Massó, X., et al. (2014), "Evaluating the structure and use of hiking trails in recreational areas using a mixed GPS tracking and graph theory approach", *Applied Geography*, 55, 184192.
- Tobler, W. (1993). *Three presentations on geographical analysis and modeling*. <https://pdfs.semanticscholar.org/61e7/435b856737840359841be249bc7d1aaa3a73.pdf>
- Zheng, Y., et Zhou, X. (2011), *Computing with Spatial Trajectories*, Springer Science & Business Media.