

EVALUATION DU POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE SUR LES COLS DES ALPES PENNINES ET LÉPONTINES (CANTON DU VALAIS, SUISSE)

PHILIPPE CURDY¹, MURIEL ESCHMANN-RICHON², RALPH LUGON³ ET STEPHANIE ROGERS⁴

INTRODUCTION

Les découvertes récentes faites sur des cols de haute altitude montrent que des passages jugés aujourd'hui presque impraticables et actuellement couverts de glace ont été fréquentés au cours de la préhistoire et de l'antiquité. Dans le cadre d'une étude sur les passages obligés dans les massifs alpins, il faut se départir d'une vision focalisée sur les cols traditionnels et régulièrement cités en archéologie; ces grandes «transversales alpines» concernent souvent des passages contrôlés par des volontés politiques fortes impliquant des territoires unifiés de part et d'autres des massifs, les provinces alpines de l'Empire romain par exemple. En fait, à côté de ces grands cols, ont toujours existés des passages souvent plus élevés, faciles d'accès pour certains et régulièrement fréquentés, la plupart étant aujourd'hui réservés aux randonneurs avertis. Le retrait glaciaire accéléré a entraîné les découvertes spectaculaires dans ces zones: la plus connue est évidemment la momie du Hauslabjoch dans le Tyrol du Sud⁵; dans les Alpes suisses, on mentionnera les centaines d'objets récoltés entre 2003 et 2010 au col du Schnidejoch (Alpes bernoises), les arcs du Lötschenpass trouvés dans les années 1940 ou les restes du «mercenaire» du Théodule dans les années 1980⁶. A ce titre, le Valais avec ses imposantes couvertures glaciaires et ses nombreux passages présente un potentiel très important. Matériaux fragiles, les vestiges, en particulier organiques, peuvent se dégrader rapidement dès leur libération des glaces en fonte. Le fait que les institutions valaisannes en charge de la sauvegarde du patrimoine n'avaient, n'ont pas, n'auront jamais – et de loin – les capacités de pouvoir surveiller un territoire aussi étendu a été à l'origine de la mise sur pied d'un programme du Fonds national suisse de la recherche scientifique pour définir les zones les plus sensibles à surveiller en priorité⁷.

Le projet présenté ci-après avait donc pour but de permettre aux institutions en charge de la conservation du patrimoine archéologique du Valais de concentrer leurs efforts sur les zones les plus favorables à la présence de ces vestiges (fig. 1). Stephanie Rogers a réalisé la modélisation des zones de passages préférentiels dans les Alpes pennines et lépontines; puis avec Matthias Huss et Mauro Fischer, un modèle a été établi pour préciser dans la durée – tout au long du XXI^e siècle – les zones les plus sensibles au plan du potentiel archéologique (Rogers, Fischer, Huss 2014). Les modèles théoriques de déplacement établis par les géographes ont été confrontés aux données provenant des documents écrits historiques (textes d'archives) puis aux résultats des travaux de prospection sur le terrain dans et hors des zones définies⁸. Sont présentés ci-après le résumé des méthodologies utilisées pour les deux types de démarche ainsi que les résultats provenant des travaux archéologiques de terrain⁹. L'article intègre également les trouvailles faites dans le cadre du projet Interreg «Vie consulaire delle Gallie» (Valais et Val d'Aoste 2012-2014) qui a impliqué des travaux de prospections

¹ Musée d'histoire du Valais, philippe.curdy@aria-sa.ch

² Musées cantonaux du Valais, muriel.eschmann-richon@admin.vs.ch

³ HES-SO Valais-Wallis, ralph.lugon@hevs.ch

⁴ Université de Fribourg, stephrogers5@gmail.com

⁵ Nombreuses publications, voir en particulier: Egg, Spindler 2009.

⁶ Schnidejoch et Lötschenpass: Hafner 2015; Théodule: Providoli, Curdy, Elsigg 2015. Voir dans ce volume pp. \$\$.

⁷ Projet FNRS N° 130279, 2011-2014: Modelling archaeological potential of high altitude passes and trails in the Pennine Alps using GIS tools (Valais and borders), Département des Géosciences Université de Fribourg (requérant principal prof. Claude Collet, co-requérant Ralph Lugon), avec la collaboration du Service des Bâtiments, Monuments et Archéologie du canton du Valais (co-requérant François Wiblé) et du Musée d'Histoire du Valais (co-requérant Philippe Curdy).

⁸ Etudes d'archives: Muriel Eschmann-Richon (publication exhaustive des recherches: Eschmann-Richon 2014); travaux de terrain: Philippe Curdy et collaborateurs.

⁹ Publications afférentes à ce projet in: <http://www.glacialarchaeology.com> (en date du 2 mai 2016).

sur certains des passages mentionnés dans les modèles de déplacement (Petit et Grand col Ferret, Fenêtre de Durand, col de Barasson Ouest). Ces résultats ont été synthétisés dans un rapport déposé à l'archéologie cantonale du Valais¹⁰.

ARCHÉOLOGIE GLACIAIRE ET SYSTÈME D'INFORMATION GÉOGRAPHIQUE

Les analyses spatiales à l'aide de Système d'Information Géographique sont aujourd'hui des outils standards pour identifier des zones archéologiques potentiellement intéressantes¹¹. Dans ce projet, plusieurs méthodes de modélisation ont été appliquées et combinées: l'analyse spatiale a été basée sur l'analyse du trajet optimal (LCPA, Least Cost Path Analysis) pour proposer des cheminements théoriques permettant de franchir au plus court (en temps) les crêtes des Alpes pennines et lépontines; puis, en utilisant les données de simulations spatiales du retrait glaciaire, un modèle baptisé «GlaciArch» (Rogers, Fischer, Huss 2014), a été construit en vue de définir les zones prioritaires devant faire l'objet de prospections archéologiques dans les territoires encore couverts de glace et en voie de déglaciation rapide du fait du réchauffement climatique.

La première partie de l'article présente les deux modèles de trajet optimal et les résultats des prospections menées sur ces parcours, la seconde partie détaille le modèle GlaciArch, qui est *de facto* un outil au service des institutions locales en charge de la sauvegarde du patrimoine archéologique. En annexe est présentée l'étude d'un manche d'outil en bois protohistorique, la découverte faite à la plus haute altitude dans les massifs alpins et la liste des dates C14 provenant des bois récoltés au cours des prospections dans la zone d'étude.

ANALYSE DU TRAJET OPTIMAL À L'AIDE DU CALCUL DU «CHEMIN DU MOINDRE COÛT»

Le calcul du «trajet optimal» est une méthode communément utilisée en analyse spatiale pour définir le «chemin du moindre coût» pour se rendre d'un point A à un point B (Caloz, Collet 2011). Le calcul du trajet optimal est basé sur le principe que les êtres humains empruntent le chemin le plus facile – pas nécessairement la distance la plus courte – pour se rendre d'un emplacement à l'autre, à condition bien sûr qu'il n'y ait pas de contraintes sociales ou culturelles à ces choix. Ces simulations font appel à deux variables, le relief et l'occupation du sol. La distance est à la base de la mesure d'accessibilité dans tout calcul du «chemin du moindre coût»¹².

Les données d'entrée du modèle sont le Modèle Numérique de Terrain¹³ (MNT) à résolution de 30 mètres ainsi que l'image numérique de la couverture du sol¹⁴ à résolution spatiale de 100 mètres. Ces deux images ont tout d'abord été interpolées à 25 mètres afin d'obtenir une résolution spatiale homogène. Deux variables ont été ensuite introduites. La variable du relief est basée sur la fonction de Tobler («Tobler's hiking's function», Tobler 1993), qui permet de calculer les temps de déplacement à pied en terrain montagneux sur la base de la valeur des pentes. La variable «occupation du sol» tient compte du type de couverture du sol et de ses composants géomorphologiques; quatre combinaisons de pondération ont été testées tenant compte de la facilité ou de la difficulté de franchir les différentes catégories de couverture du sol présentes à l'époque actuelle ou supposées telles à l'époque préhistorique.

CALCUL DU «CHEMIN DU MOINDRE COÛT»: MODÈLE «PONCTUEL» (FIG. 2 ET 3)

Un premier modèle de trajet optimal a tout d'abord été appliqué, partant de lieux «ponctuels» d'origine et de destination situés de part et d'autre de la crête des Alpes pennines et lépontines (fig. 2). Les localités choisies pour les simulations sont toutes situées au carrefour de voies de communication historiques entre le Val d'Aoste, le Val Antigorio et la vallée du Rhône; elles ont de plus presque toutes livré d'importantes traces d'occupations préhistoriques et/ou antiques: Martigny, Aosta, Sion, Brig (Brigue), Domodossola. Pour le trajet de Brigue en direction du

¹⁰ O. Paccolat et F. Maret, «Projet Interreg 2013-2015 Prospections Valais-Vallée d'Aoste, Voie du Grand St-Bernard, Fenêtre de Durand», rapport inédit, archéologie cantonale du Valais. Nous remercions les auteurs pour les informations fournies.

¹¹ En particulier dans la modélisation des déplacements humains: Anderson *et al.* 2000; Verhagen, Jeneson 2012 (avec références).

¹² Pour plus de précisions, voir Rogers 2014, Rogers, Collet, Lugon 2014 et Rogers, Curdy 2015 où sont décrits en détails les principes de cette méthode appliquée à l'archéologie glaciaire.

¹³ *Advanced Spaceborne Thermal Emission Radiometer Global DEM 30 m* (ASTER GDEM V2) (NASA 2012).

¹⁴ Programme intitulé *Coordination of Information on the Environment* (Corine) de l'Agence européenne pour l'environnement (European Environment Agency 2012).

Val d'Aoste, le point d'arrivée a été défini à Châtillon, le lieu le plus proche situé au confluent de plusieurs vallées latérales dans le Val d'Aoste en direction de la plaine du Pô.

La carte (fig. 2) présente des simulations de cheminements entre les six localités choisies de part et d'autre des Alpes du Valais. Les cheminements allers et retour sont en grande majorité identiques, à l'exception notable du trajet Brig (CH)-Châtillon (I), seul exemple de passage de col non symétrique: ici, le trajet de Suisse en Italie emprunte le col du Théodule et le trajet retour le col de Furggjoch, situé à proximité et à une altitude légèrement plus basse.

Le modèle «ponctuel»: résultats des prospections

Martigny-Aoste

Un premier itinéraire est proposé entre Martigny et Aoste (env. 32 heures de déplacement) par le col Ouest de Barasson (2635m), situé à 2 km au sud-est du col du Grand Saint-Bernard (2469m). Ce dernier n'est pas proposé par le modèle, même si les documents archéologiques attestent de sa fréquentation, importante au moins dès l'époque romaine (Appolonia, Wiblé, Framarin 2007).

Aucun document d'archive ne mentionne, pour des périodes anciennes, le parcours par le col Ouest de Barasson. Les prospections menées ont permis de relever la présence, sur le parcours et au sommet du col, de clous de chaussure d'époque romaine et surtout celle d'un mur de barrage en pierres sèches au col, structure non datée (Benedetti et Curdy 2007, Paccolat et Maret 2015).

A environ 4 km au nord-est du col Ouest de Barasson, le col d'Hannibal (2992 m) surplombe au nord le glacier de Proz. Ici aussi, un mur imposant en pierres sèches barre le col, ouvrage non daté (Benedetti, Curdy 2007). Les prospections menées sur le glacier de Proz ont livré par contre toute une série de piquets et perches en bois de dimensions variables (les plus grandes atteignant plus de 1.50 de longueur). Six dates radiocarbone ont été effectuées (annexe 2) et donnent une fourchette entre 160 BC et 120 AD, soit en gros le début de l'époque romaine. Pourrait-il s'agir de piquets de marquage balisant le passage vers le col, un élément mentionné en particulier dans les textes antiques concernant les Alpes Cottiennes¹⁵? Ce col aurait donc pu servir de voie de contournement du col du Gd St-Bernard – largement fréquenté à cette époque – dans le cadre d'événements particuliers¹⁶.

Le fait que précisément le col du Gd St-Bernard ne soit pas proposé par le modèle est dû aux limites inhérentes au modèle LCPA, qui se contente de rechercher les trajectoires les plus directes et les plus faciles pour un marcheur se rendant d'un point A au point d'arrivée B.

Sion-Aoste

Le trajet identifié par le modèle passe par deux cols successifs: le col de Cleuson (3018 m) et la Fenêtre de Durand (2797m). Des données historiques témoignent de l'utilisation régulière de ce dernier, au moins dès le XIII^e siècle, qui voit la fréquentation saisonnière des alpages situés au fond du Val de Bagnes par des hommes et troupeaux venant du val d'Aoste (Eschmann-Richon 2014, 493 ss.). De son côté, le col de Cleuson n'est pas mentionnée dans la littérature avant le XIX^e siècle; il n'apparaît que dans des guides touristiques (Eschmann-Richon 2014, 492 ss.).

La Fenêtre Durand a fait l'objet à plusieurs reprises de prospections archéologiques: un clou de chaussure d'époque romaine a été localisé sur le col et un fragment de poterie antique ou protohistorique récolté en contrebas (Poget 2007). Par après, les prospections réalisées dans le cadre du projet Interreg précité ont livré à nouveau des clous de chaussure d'époque romaine (Paccolat et Maret 2015).

Dégagé des glaces depuis le milieu du XX^e siècle seulement, le col de Cleuson est accessible depuis le nord moyennant la traversée du glacier du Grand Désert (fig. 3). Des prospections ont été réalisées sur la marge frontale du glacier sans résultats probants (bois datés de l'époque moderne). Par contre, sur le replat qui marque la faite du passage, actuellement libéré des glaces, ont été collectés des fragments de bois protohistoriques informes ainsi que la lame d'un émondoir (fig. 4). Les dates obtenues situent les plus vieux fragments de bois à l'âge du Bronze final, d'autres au VII^e-IX^e siècle de notre ère et l'émondoir entre 1050 et 1250, soit au Bas-Moyen-Âge (dates C14 en annexe 2).

¹⁵ Ammien Marcellin, Histoire de Rome, livre XV, 10 (http://agoraclass.fltr.ucl.ac.be/concordances/Ammien_histXV/lecture/10.htm, consulté le 8 mai 2016).

¹⁶ On renvoie en particulier au site du «Mur d'Hannibal» présenté dans ce volume (R. Andenmatten, «Projet de recherches archéologiques sur le Mur (dit) d'Hannibal, un établissement fortifié tardo-républicain de haute montagne», poster, pp. \$\$). Il n'est pas impossible que les bois récoltés au col d'Hannibal ou du moins une partie d'entre eux aient quelque lien avec les occupations sur ce site fortifié.

Sion-Châtillon

Le parcours proposé par le modèle passe par le glacier de Ferpècle et le col des Bouquetins (3348 m), un col actuellement peu praticable, couvert de glaces. Ce col n'est mentionné que dans les guides d'alpinisme et il n'y a pas eu de prospections sur ce tronçon.

Par contre, à moins d'un kilomètre à l'ouest de ce passage se trouve le col Collon, que le modèle n'a pas pris en compte. Ce col est cité dans les archives écrites dès le XIV^e siècle (Eschmann-Richon 2014, 474 ss.). Les prospections y ont été effectuées et plusieurs fragments de baguettes ne présentant pas de traces évidentes de façonnage ont été récoltés. Les dates effectuées sur deux fragments les situent à l'âge du Fer, ce qui a causé une relative surprise (dates C14 en annexe 2). D'autres datations devraient être effectuées sur cet échantillon d'une vingtaine de pièces. Aucun clou de chaussure d'époque romaine n'a par contre été trouvé sur le parcours et au col.

Brigue-Châtillon

Deux cols voisins ont été localisés par le modèle selon que le trajet va du nord au sud ou du sud au nord. Le premier passe par le col du Théodule/Theodulpass, un passage d'importance au moins dès le XVI^e siècle comme l'attestent des documents historiques et cartographiques (Eschmann-Richon 2014, 454 ss.) et au moins dès l'époque romaine au vu des monnaies découvertes sur le col même (Thüry 2015). Depuis plusieurs années, de nombreux éléments de toutes époques, en métal, en matière organique, ainsi que des carcasses d'animaux ont été extraits du Glacier Supérieur du Théodule (Providoli *et al.* 2015). Découverte exceptionnelle, un manche d'outil a été récemment mis au jour près du col de Ventina Nord, à un kilomètre au sud du col du Théodule (voir description dans l'annexe 1). Le témoin archéologique le plus célèbre de la zone est bien sûr le fameux «mercenaire», un personnage plutôt aisé ayant perdu la vie au début du XVII^e siècle, probablement au fond d'une crevasse et dont les restes sont ressortis graduellement dès le début des années 1980 en contrebas du col du Théodule (dates C14 en annexe 2).

Par contre, le modèle propose, pour le trajet sud-nord, le franchissement des crêtes par le Furggjoch (3271 m). Actuellement, ce col est impraticable (glaces et falaise rocheuse). L'explication de cette «erreur de parcours» provient du fait que les résolutions spatiales des données d'origine étaient trop faibles (MNT à 30 m et occupation du sol à 100 m) et n'ont pas permis d'identifier certains obstacles, ici une falaise de près de 200 de mètres de haut ! Dans ce cas précis, le modèle a montré ses limites.

Brigue-Domodossola

La simulation du trajet Sion-Domodossola et vice-versa pointe, elle, sur le col de la Forca d'Aurona/Furggäublickle (2686 m), un passage récemment libéré des glaces; en 2013, seuls quelques champs de glaces résiduels apparaissaient encore au pied nord du col; ce passage est relativement facile d'accès moyennant le franchissement d'une petite barre rocheuse; au pied de la barre rocheuse et au col même, le terrain a été fortement remanié et «pollué» par la présence d'un refuge au col plusieurs fois reconstruit. Aucun vestige ancien n'y a été observé. On précise que le modèle n'a pas proposé d'itinéraires par le col du Simplon, alors même que ce dernier a été fréquenté dès le XII^e siècle (sources écrites) et que des témoins d'occupations mésolithiques et néolithiques sont localisés sur le col et ses alentours¹⁷.

MODÈLE «LINÉAIRE»: SIMULATIONS DE TRAJECTOIRES ENTRE VALLÉES ALPINES (FIG. 5 ET 6)

Dans un deuxième temps, une approche régionale par extension linéaire des points de départ/arrivée a été réalisée (fig. 5); les points se distribuent de manière linéaire le long des grands axes de fond de vallée: vallée du Rhône (Valais), vallée de la Doire Baltée (vallée d'Aoste), vallée du Toce (Val Antigorio/Ossola). Ce modèle «linéaire», à la différence du précédent, ne tient pas compte de la présence de sites et trouvailles archéologiques.

Dans cette modélisation, une analyse sommaire de l'effet de la variation des valeurs de friction pour deux types d'occupation du sol a été réalisée (couche «roches nues» et couche «glaciers et neiges éternelles»). En effet, les itinéraires proposés à partir de vallées alpines sises de part et d'autre du massif vont varier sous l'effet de l'accroissement des valeurs de friction pour les deux paramètres (fig. 6). Cette approche montre que les cheminements préférentiels calculés contournent les massifs les plus élevés et les plus largement recouverts de glaces des Alpes pennines par des cols situés à l'est (Alpes lépontines en Haut-Valais) et à l'ouest (Bas-Valais) de la zone d'étude, à l'exception du col du Théodule situé au cœur des Alpes pennines. A noter qu'une grande partie des passages et des cols proposés ici sont similaires à ceux du modèle ponctuel présenté plus haut.

¹⁷ Préhistoire: Curdy *et al.* 2010; données historiques, en dernier lieu article dans le Dictionnaire historique de la Suisse, <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/d/D8806.php> (consulté le 3 mai 2016).

Le modèle «linéaire»: résultats des prospections

Trois cols «occidentaux» sont proposés par le modèle linéaire. Au col Ouest de Barasson, déjà identifié par le modèle «ponctuel» (voir plus haut) s'ajoute le Grand col Ferret et le col du Fourchon.

Grand col Ferret (2537m)

Ce col, facile d'accès, est connu depuis au moins le Moyen-Âge par les textes historiques¹⁸. Une prospection menée sur le col n'a pas donné de résultat probant, la surface étant en grande partie «polluée» par des vestiges modernes provenant du passage des randonneurs (Paccolat et Maret 2015). A cette occasion, la prospection a été étendue au Petit col Ferret (2490) situé à 1 kilomètre au nord-ouest du premier; ici, outre une série de bois récoltés sur le col, des éléments ont été localisés, noyés dans un champ de glace (ou névé ?) situé dans le thalweg sous le col, dont un fragment de bâton de marche du XV^e-XVII^e siècle et un couteau du XII^e-XIII^e siècle (Paccolat et Maret 2015, voir annexe 2). L'observation des cartes topographiques de la fin du XIX^e siècle montre que les deux itinéraires (comme aujourd'hui) se rejoignaient sur le versant sud-ouest des cols¹⁹; sur la carte Dufour établie en 1861, la présence de la langue glaciaire du glacier du Mont Dolent (qui portera le nom de glacier de Pré de Bard dès le début du XX^e siècle), barrait le fond du vallon où débouche le Petit col Ferret: à cette époque, sur les cartes, le Petit col Ferret portait le nom de col Ferret, le Grand col Ferret celui du col de la Peula. On est en droit de penser que les mentions les plus anciennes du col Ferret concernent le Petit col Ferret actuel et non le Grand col Ferret.

Col du Fourchon

Ce col n'est pas mentionné dans la littérature historique; aucun itinéraire touristique ne le signale et aucune prospection n'y a été entreprise. Dans cette zone, d'autres passages présentent de meilleures opportunités (Fenêtre de Ferret, col des Angronettes); ils ont fait l'objet de prospections succinctes (Benedetti, Curdy 2007).

Col du Théodule et Furggjoch

Ces deux passages sont également mentionnés dans le modèle «ponctuel», ce qui renforce l'importance de la voie de transit par le fond du Mattertal (vallée de Zermatt) pour les communications entre le Val d'Aoste et le Valais. On renvoie ici aux informations présentées plus haut ainsi qu'aux limites inhérentes aux paramètres choisis et aux données d'entrée du modèle.

Schwarztor

Le Schwarztor (3731 m), le plus élevé des cols proposés par le modèle, relie la vallée de Zermatt au Val d'Ayas. D'accès difficile, il est totalement recouvert de glace et rejoint le glacier du Gorner au nord et le Grande Ghiacciaio di Verra au sud. Aucun document précis ne fait mention de la fréquentation de ce passage, même si, selon certaines traditions et légendes, il aurait été fréquenté par les communautés Walser, qui, de Zermatt, avaient colonisé le fond du Val d'Ayas au XIII^e siècle (Lüthy 1977, Zinsli 1968). Ce col n'a, dans le cadre du projet FNS, pas fait l'objet de recherches d'archives ni de prospections.

Passages par les cols des Alpes lépontines

A l'est de la vallée du Rhône, plusieurs passages ont été proposés pour relier la partie orientale de la vallée du Rhône au Val Formazza et au val d'Ossola (fig. 5). Il peut paraître étonnant que le modèle ait mis en avant d'autres cols que celui de la Forca d'Aurona localisé par le modèle «ponctuel»; le Bortellücke est situé à 1 kilomètre, le Chriegalppass à deux kilomètres à l'est. En fait, le long de la crête, toute une série de cols permettent de passer de la vallée de Conches à la région de l'Alpe Veglia/Alpe Devero, la totalité de ces passages étant aujourd'hui dégagés des glaces. Aucune prospection n'a été faite sur ces voies.

Signalons que les données archéologiques et historiques les plus importantes dans ce secteur concernent l'Albrunpass, justement proposé dans le modèle «linéaire» – mais pas dans le modèle «ponctuel». Ce col a livré des traces de passage très anciennes comme l'attestent les trouvailles et les prospections menées dans le cadre des inventaires IVS et d'un projet Interreg (2003-2006)²⁰: monnaies romaines le long du parcours sur le versant suisse et sur le col, vestiges de campements mésolithiques découverts en haute altitude au sud (Alpe Veglia) et au nord du passage (plateau de Blatt).

¹⁸ Données de IVS: http://dav0.bgdi.admin.ch/kogis_web/downloads/ivs/beschr/de/VS07010100.pdf (consulté le 3 mai 2016).

¹⁹ Cartes swisstopo: https://map.geo.admin.ch/?topic=swisstopo&X=83540.00&Y=570790.00&zoom=6&lang=fr&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkartefarbe&catalogNodes=1392&layers=ch.swisstopo.zeitreihen&time=1911&layers_timestamp=19111231 (consulté le 3 mai 2016).

²⁰ Curdy et al 2010; Di Maio, Meyer 2010.

Conclusions: passer les cols, du modèle à la réalité

En résumé, le Système d'Information Géographique SIG a été utilisé ici comme outil d'aide à la décision; ce «système expert» avait pour but de rationaliser la prospection archéologique en altitude en proposant des points plus sensibles, à même de livrer plus de témoins. Cadré dans un système prédéfini, le modèle LCPA est réductionniste: les critères de pondération sont choisis sur la base d'un consensus entre experts et, *in fine*, le dernier mot appartient toujours à ces experts, scientifiques et montagnards, seuls à même d'évaluer si les tracés simulés par l'ordinateur sont crédibles ou non et de moduler les paramètres de base du modèle en fonction des résultats des travaux de contrôle sur le terrain (processus itératif).

Dans ce contexte, il est par exemple impossible de savoir si l'artefact datant de l'âge du Bronze découvert sur le col de Cleuson est dû à la valeur prédictive du modèle lui-même ou plutôt au hasard. En fait, selon Verhagen & Jeneson (2012), les analyses LCPA n'auraient pas vraiment démontré leur succès prédictif en archéologie. Dans les Alpes valaisannes, le modèle proposé a permis tout au moins de désigner des voies de passage et des cols que le «bon sens» n'aurait aujourd'hui pas nécessairement jugé importants et d'ouvrir de nouveaux champs de réflexion sur les passages secondaires, amenant également à des découvertes assez exceptionnelles.

Ces simulations spatiales ont cependant des limites. Celles-ci sont inhérentes au type de paramètres impliqués, à la réalité «ancienne» du terrain en comparaison de la situation géomorphologique actuelle ou encore au processus de validation du modèle sur le terrain.

Les paramètres de calcul impliquent de ne jamais faire un détour en s'éloignant de quelques centaines de mètres de la meilleure «ligne»: ce choix de la «ligne directe» a eu comme effet, par exemple, que le col du Gd St-Bernard n'a jamais été proposé par le modèle, ni le col Collon, des passages qui sont pourtant bien connus et ont été fréquentés de longue date.

L'occupation biophysique du sol utilisée par le modèle est une image de la situation actuelle qui peut être assez différente de ce qu'elle a été aux temps anciens; en effet, le Petit Âge Glaciaire a entraîné un remodelage important des fonds de vallées – mais pas nécessairement sur les cols eux-mêmes –, même si au vu de la longueur des trajets, ces effets peuvent avoir moins d'impact sur les temps de déplacements. La précision des données topographiques est un facteur clé: dans les modèles, certaines barres rocheuses n'ont pas pu être identifiées (passage du Furggloch par exemple). Enfin, la démarche de validation du modèle, basée sur des prospections de terrain, est parfois peu comparable d'un secteur à l'autre: difficulté de visualiser le terrain de manière homogène, temps à disposition plus ou moins limité, fatigue des prospecteurs, conditions météorologiques, etc.

POTENTIEL ARCHÉOLOGIQUE DES GLACIERS EN RELATION AVEC L'ÉVOLUTION DU RETRAIT GLACIAIRE (fig. 7 et 8)

Une autre approche prédictive a été réalisée dans le cadre du projet FNS ; elle est basée sur l'évolution future de la couverture glaciaire en haute altitude, donc près des cols les plus élevés. Elle combine des méthodes archéologiques et glaciologiques; la démarche a été décrite ailleurs dans le détail (Rogers, Fischer, Huss 2014), nous la résumons ci-après²¹.

Le modèle glaciologique permet la projection d'une image à haute résolution (25m) de l'extension future des glaciers dans les Alpes pennines. En 2010, la surface totale des glaciers dans les Alpes pennines atteignait 446 km². Cette surface va considérablement décroître ces prochaines années (fig. 7); sur la base du scénario climatique utilisé, on va observer une réduction de 37% (280 km²) en 2030, de 80% (91 km²) en 2060 et de 93% (30 km²) en 2090²². Les données de la carte archéologique et les itinéraires proposés par les modèles précédents ont été également utilisées. Le résultat est une carte dynamique de l'ensemble des zones sensibles dans les Alpes pennines et lépontines, zones devant par conséquent faire l'objet de contrôle à fréquences régulières.

A titre d'exemple, les résultats du modèle sont présentés ici pour le territoire qui concerne la région du Theodulhorn et du glacier du Théodule²³. La figure (fig. 8) est une cartographie des «zones archéologiques sensibles» où la probabilité de trouver des vestiges varie de 1 (potentiel faible) à 5 (potentiel élevé). Ici, les zones archéologiques

²¹ Voir également ce volume, le poster «GlaciArch: application des méthodes du SIG et de la glaciologie pour estimer le potentiel de zones archéologiques», p. \$\$.

²² Ce résultat correspond tout à fait à celui d'autres chercheurs qui tablent sur une disparition quasi complète des glaciers alpins d'ici la fin du XXI^e siècle (Zemp et al. 2006).

²³ Les cartes du «potentiel archéologique» des glaciers des Alpes pennines et lépontines sont toutes disponibles en accès libre, à cette adresse: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305440314003458>.

sont des espaces encore couverts ou récemment libérés des glaces, situés à proximité des trajets optimaux calculés à l'aide de la méthode LCPA, là où les pentes sont inférieures à 40° et là où l'épaisseur de la glace est minimale.

Résultats et remarques

Afin d'éviter toute confusion, précisons que le terme «potentiel» ne signifie pas «prédiction». Le modèle se base simplement sur le fait que les humains ont passé les cols afin de se déplacer d'un endroit à l'autre, la probabilité de perdre un objet (ou la vie) sur le parcours étant ce qu'elle est... Il est cependant important de pouvoir identifier sur la base de critères topographiques les endroits favorables en fonction des trajets théoriques les plus usuels; puis, sur ces axes, il est par la suite fondamental de pouvoir délimiter des secteurs qui seront libérés des glaces, où des artefacts en matière périssable pourraient être localisés. Ces cartes de «zones archéologiques à fort potentiel» n'ont d'autre but que de fournir un outil d'aide à la décision. Où prospecter le glacier en priorité en évitant de devoir ratisser des territoires dépassant les capacités des archéologues?

Les cartes du «potentiel archéologique» d'un glacier devraient être recalculées chaque année afin d'obtenir une information plus précise. En effet, en fonction des variations du glacier, les «zones potentielles» varient également dans l'espace d'une année à l'autre. La cartographie 2D telle que présentée ici ne permet pas d'obtenir une telle visualisation dynamique²⁴. Enfin, le modèle est spéculatif, basé sur des variables quantitatives et sur un choix de critères de pondération détaillés dans Rogers, Fischer, Huss (2014). On peut bien sûr toujours discuter de la pertinence des variables et des paramètres choisis.

CONCLUSIONS

Le projet FNS s'est concentré sur les glaciers des Alpes pennines et lépontines. Or, ces dernières ne constituent qu'une des nombreuses zones de la cryosphère alpine avec sa couverture de neige, de pergélisol, de névés dits «pérennes» ou encore de champs de glace provenant de glaciers actuellement en fort retrait. Ces secteurs sont autant d'emplacements potentiels où peuvent être mis au jour des artefacts organiques fragiles. Comment réaliser une surveillance globale et efficace de ces secteurs sensibles ? Le milieu est d'accès difficile, les conditions soumises aux aléas climatiques; une prospection de surface n'y est possible que durant quelques semaines par année. Mais la glace, comme l'eau – on pense ici aux stations palafittiques des lacs périalpins – est l'un des rares milieux où peuvent se conserver pendant des millénaires des objets en matières périssables. Au vu de l'accélération du réchauffement climatique actuel, ce patrimoine est donc véritablement menacé de disparition; il serait assez judicieux, voire indispensable, de pouvoir étendre ce genre de démarche à d'autres régions. Les résultats obtenus lors des prospections menées dans le cadre du projet FNS en Valais attestent du bien-fondé de la méthode et du potentiel de découvertes futures.

Remerciements

Cette recherche a été financée par le Fonds national suisse de la recherche scientifique, le Service des bâtiments, monuments et archéologie du canton du Valais et le Musée d'histoire du Valais. Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont participé aux travaux de terrain et en particulier Caroline Crivelli, archéologue.

ANNEXE 1: UN MANCHE DE FAUCILLE DÉCOUVERT À 3440 M D'ALTITUDE DANS LA RÉGION DU THÉODULE

Un manche d'outil a été trouvé en automne 2011 par Moritz Kronig, collaborateur aux Zermatt Bergbahnen AG. Selon ses informations, il a été trouvé par lui en surface, dans une zone de glaces remaniées par des engins de chantier, non loin du pied du rocher de Testa Grigia à 3440 m d'altitude, à proximité d'une station d'arrivée de remontées mécaniques (fig. 9). Du fait de son activité, Moritz Kronig a régulièrement parcouru les zones couvertes de glaces dans la région du glacier du Théodule. Trois ans après sa mise au jour, la pièce est remise à Sophie Providoli (Musée d'histoire du Valais) avec d'autres objets récoltés sur le glacier.

²⁴ Une interface interactive, avec des résultats à visionner sur l'écran d'un ordinateur, permettrait de résoudre facilement ce problème et de proposer des cartes dynamiques.

Le manche est en bois d'érable²⁵. La surface est exceptionnellement bien conservée (fig. 10). La partie proximale présente un épaississement en forme de demi-sphère; quelques millimètres de bois manquent à l'extrémité; c'est à cet endroit qu'ont été prélevés à deux reprises des échantillons pour datation au C14. Le manche présente une forme parfaitement adaptée à la main d'un droitier. Il se prolonge par une soie de 13 cm de long, de section en demi-cercle, taillée en biseau à son extrémité; le biseau est franc et l'on peut exclure le fait que la soie ait été cassée. La pièce donne l'impression de n'avoir jamais servi.

Deux dates radiocarbone ont été faites. Un premier échantillon (Poz-59841), prélevé en 2012 date le bois entre 358 et 113 avant J.-C.²⁶. Au vu du résultat qui semblait peu compatible avec l'état de conservation remarquable de l'objet, un second prélèvement a été effectué en 2013²⁷. La moyenne pondérée des deux mesures donne 359-190 avant J.-C. (avec une probabilité de 95%), soit la période de La Tène ancienne/moyenne.

Les exemplaires de manches en bois de forme ergonomique les plus proches proviennent des stations palafitiques des bords des lacs suisses: Chevroux ou Corcelettes (lac de Neuchâtel), Mörigen (lac de Biemme) ou encore Zurich-Alpenquai²⁸. Tous ces exemplaires datent de la fin de l'âge du Bronze, aux alentours de 800 avant J.-C. et concernent des faucilles pour la moisson. Les lames de ces faucilles en bronze sont bien connues et présentent toutes un tenon en partie proximale nécessitant un système de fixation spécifique totalement différent du système qui a dû être adopté pour le manche de Zermatt.

Les lames de faucilles en fer datées de l'âge du Fer ou de l'époque romaine sont également bien connues; mais les manches conservés de cette période sont rarissimes. On signale un exemplaire complet, lame en fer et manche en bois, dans un des puits cultuels de Toulouse (F)²⁹. Cette pièce faisait partie d'un lot d'offrandes daté du milieu du I^{er} siècle avant J.-C. Au plan formel, le manche est plus grossièrement taillé que celui de Zermatt, mais le système d'emmanchement à douille correspond bien à la pièce valaisanne: la longue soie qui prolonge le manche vient s'insérer dans la douille formée par le repli de l'extrémité distale de la lame. Dans les exemplaires de lames protohistoriques et antiques provenant du sanctuaire rhétique de Sanzeno (I), on remarque une lame avec une douille dont la longueur s'ajusterait parfaitement avec la soie de Zermatt (fig. 12)³⁰. Malheureusement, sur ce site, la datation imprécise des contextes ne permet pas de distinguer les formes de la fin de l'âge du Fer de celles du début de l'époque romaine.

Les recherches menées aux alentours du lieu de découverte n'ont rien livré, la zone étant malheureusement «polluée» par les effets des travaux de maintenance des pistes de ski, dans un secteur très fréquenté par les skieurs. La présence de cet objet à un emplacement aussi incongru, à quelques mètres du col de Ventina Nord (3445 m), pose problème. S'agit-il d'un dépôt au même titre que ce que l'on observe fréquemment sur les hauteurs ou près de cols ? On pense ici par exemple aux sites cultuels sur éminences fréquents dans les Alpes orientales (Brandopferplätze)³¹. Serait-on plutôt en présence d'un objet perdu ? Ce serait alors l'indice de la fréquentation d'un passage, le col de Ventina Nord. Si l'on ignore tout de l'utilisation de ce col aux époques anciennes, les communautés «Walser» ont dû l'utiliser au Moyen-Âge pour rejoindre le Val d'Ayas³². Découvert à l'altitude de 3440 m, le manche de Testa Grigia s'avère à ce jour le témoin archéologique mis au jour à l'altitude la plus élevée dans les Alpes attestant du passage de l'homme au-delà de l'œcoumène.

²⁵ Détermination Werner E. Schoch.

²⁶ Mesure Poz-59841, 2165±30 BP; date calibrée (2 sigma): 358-113 avant J.-C.

²⁷ Poz-62498, 2215±30 BP; date calibrée (2 sigma): 372-201 avant J.-C.

²⁸ Mörigen (Bernatzky-Goetze 1987, Taf. 136, 4); Chevroux, Corcelettes, Zurich-Alpenquai: voir en dernier lieu Primas 1986, Taf. 123.

²⁹ Vidal 1991, Fig. 11, 24. Nous remercions Markus Egg et Martin Schönfelder du Römisch-Germanisches Zentralmuseum à Mayence pour leurs informations.

³⁰ Northdufter 1979, Taf. 19, n° 300.

³¹ Lorsque les conditions de conservation étaient bonnes, certains dépôts votifs ont livré des objets en bois: voir, par exemple, le Schöllberg Göge (Steiner et al. 2009).

³² Pour les occupations Walser du haut Val d'Ayas, voir Zinsli 1968, 290 ss.

ANNEXE 2: LISTE DES DATES C14 OBTENUES SUR LES ÉLÉMENTS EN BOIS RÉCOLTÉS.

Calibrations (Reimer et al. 2013, 2014; Hua et al. 2013)

| Site | N0 Inv | objet | code labo | date brute BP | date BC/AD cal (2s) |
|-----------------------------|-------------------|--------------------------|-----------|------------------|---------------------|
| Grand Désert/Col de Cleuson | GD12-13 | 2 fragments de bois | Poz-59851 | 1225,30 | 690-885 AD |
| Grand Désert/Col de Cleuson | GD12-15 | 5 fragments de bois | Poz-52269 | 2795,35 | 1026-842 BC |
| Grand Désert/Col de Cleuson | GD14-1 | 1 bois, manche outil | Poz-68700 | 845,30 | 1000-1250 AD |
| Grand Désert/Col de Cleuson | GD14-2 | 1 bois, manche outil | Poz-68701 | 870,30 | 1000-1250 AD |
| Grand Désert | GD12-01 | 1 bois (tige) | Poz-52268 | 151,67;0,47 pMC | après 1957 AD |
| Grand Désert | GD12-16 | 1 bois | Poz-52270 | 126,64; 0,38 pMC | 1957-1985 AD |
| Grand Désert | GD12-02 | 3 bois | Poz-52272 | 124,65;0,42 pMC | 1957-1987 AD |
| Grand Désert | GD12-04 | 4 de bois | Poz-52273 | 147,81; 0,42 pMC | 1964-1978 AD |
| Grand Désert | GD12-08 | 2 bois | Poz-52274 | 181,99; 0,45 pMC | 1961-1969 AD |
| Col du Théodule | MV11388 | réceptacle en bois | Poz-52276 | 680,30 | 1270-1390 AD |
| Col du Théodule | MV11647b | bois | Poz-52277 | 105,30 | 1681-1937 AD |
| Col du Théodule | MV11647d | Bois, élément de bât | Poz-52278 | 365,30 | 1448-1634 AD |
| Col du Théodule | MV12493 | cuir, attache | Poz-59840 | 280,30 | 1499-1796 AD |
| Col du Théodule | TH2010-7 | os | Poz-52279 | 415,30 | 1429-1619 AD |
| Col du Théodule | TH2011-7 | cuir, attache | Poz-52280 | 255,30 | 1521-1954 AD |
| Col du Théodule | TH2011Kronig-1 | Bois, manche pré-l. N0 1 | Poz-59841 | 2165,30 | 361-112 BC |
| Col du Théodule | TH2011Kronig-1bis | Bois, manche pré-l. N0 2 | Poz-62498 | 2215,30 | 373-201 BC |
| Col du Théodule | TH2012Kronig-2 | bois, cerclage tonneau | Poz-59842 | 85,30 | 1688-1927 AD |
| Col du Théodule | TH2013-12.2 | bois, cerclage tonneau | Poz-59843 | 180,30 | 1652-1955 AD |
| Col du Théodule | TH2013-13 | noyau cerise | Poz-59276 | 130,30 | 1675-1942 AD |
| Col du Théodule | TH2013-14 | cuir, restes indéfinis | Poz-59845 | 270,70 | 1449-1954 AD |
| Col du Théodule | TH2013-16.501 | crin d'équidé | Poz-59848 | 100,30 | 1682-1935 AD |
| Col du Théodule | TH2013-28 | cuir, attache | Poz-59846 | 105,30 | 1681-1937 AD |
| Col du Théodule | TH2013-3.1 | bois, bâton | Poz-59275 | 65,30 | 1691-1921 AD |
| Col du Théodule | TH2013-4.2 | bois, bâton | Poz-59344 | 90,30 | 1684-1929 AD |
| Col du Théodule | TH2013-9.2 | bois, cerclage tonneau | Poz-59847 | 165,30 | 1662-1954 AD |
| Col du Théodule | TH2013Kronig_2 | bois, bâton | Poz-59345 | 155,30 | 1666-1953 AD |
| Col de Crête Sèche | CS-11 | fibres végétales | Poz-45126 | 155,73;0,47 pMC | 1963-1975 AD |
| Col d'Hannibal | HANN13-02 | 1 bois, piquet/perche | Poz-62500 | 2050,30 | 166 BC-20 AD |
| Col d'Hannibal | HANN13-04 | 2 bois, piquet/perche | Poz-62499 | 2020,35 | 153 BC-63 AD |
| Col d'Hannibal | HANN13-01 | 3 bois, piquet/perche | Poz-59850 | 1960,30 | 40 BC-121 AD |
| Col d'Hannibal | HANN14-16 | 1 bois, piquet/perche | Poz-68697 | 1965,30 | 42 BC-115 AD |
| Col d'Hannibal | HANN14-19 | 1 bois, piquet/perche | Poz-68699 | 1990,30 | 49 BC-72 AD |
| Col d'Hannibal | HANN14-22 | 1 bois, piquet/perche | Poz-68696 | 2010,30 | 92 BC-65 AD |
| Col Collon | COL13-01 | 15 bois, éch. 1 | Poz-62503 | 2425,35 | 751-403 BC |
| Col Collon | COL13-01 | 15 bois, éch. 2 | Poz-68695 | 2405,30 | 733-400 BC |
| Petit col Ferret | Interreg n° 193 | 1 bois | Poz-67888 | 112,54;0,35 pMC | 1988-2000 AD |
| Petit col Ferret | Interreg n° 095 | Bois, bâton | Poz-67887 | 370,30 | 1447-1634 AD |
| Petit col Ferret | Interreg n° 195 | Bois, manche couteau | Poz-67973 | 830,30 | 1161-1264 AD |

BIBLIOGRAPHIE

- ANDERSON, DAVID G., GILLAM J. CHRISTOPHER, 2000, «Paleoindian Colonization of the Americas: Implications from an Examination of Physiography, Demography, and Artifact Distribution», *American Antiquity* 65, 2000, pp. 43–66.
- APPOLONIA LORENZO, WIBLÉ FRANÇOIS, FRAMARIN PATRICIA, 2008, *Alpis Poenina, Grand Saint-Bernard. Une voie à travers l'Europe*. Séminaire de clôture, 11/12 avril 2008, Fort de Bard (Vallée d'Aoste). Aoste, 2008.
- BERNATZKY-GOETZE MONIKA, 1987, *Mörigen: Die spätbronzezeitlichen Funde*, Antiqua 16, 1987, Basel.
- CALOZ RÉGIS, COLLET CLAUDE, 2011, *Analyse spatiale de l'information géographique*, Lausanne, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 2011.
- CURDY PHILIPPE, BULLINGER JÉRÔME, CROTTI PIERRE, VALSECCHI VERUSHKA, TINNER WILLY, 2010, «Recherches archéologiques, dans les régions du Simplon et de l'Albrun (Valais, Piémont), du Mésolithique à l'époque romaine», in: Delestre Xavier, Tzortzis Stéfan, *Archéologie, de la montagne européenne*. Actes de la table ronde, Gap 2010, pp. 185-195.
- DI MAIO PAOLA, MEYER PATRICIA, 2007, *Prime impronte dell'uomo nella regione Sempione-Arbola*, Torino, 2007.
- EGG MARKUS, SPINDLER KONRAD, *Kleidung und Ausrüstung der Gletschermumie aus den Ötztaler Alpen*, Monographien des RGZM, Band 77, 2009.
- ESCHMANN-RICHON MURIEL, 2014, «Cols secondaires des Alpes valaisannes, entre le col de Cleuson et le Griespass. Etat des sources historiques et essai de synthèse», *Vallesia LXIX*, 2014, pp. 453-521.
- HAFNER ALBERT, 2015, *Schnidejoch und Lötschenpass/Schnidejoch et Lötschenpass. Archäologische Forschungen in den Berner Alpen/Investigations archéologiques dans les Alpes bernoises*, Archäologischer Dienst des Kantons Bern, 2015.
- LÜTHY ALFRED, 1978, «Zermatt und die Hochalpenpässe», *Blätter aus der walliser Geschichte*, XVII, 1978, pp. 9-134.
- NORTHDUFTER JOHANN, 1979, *Die Eisenfunde von Sanzeno im Nonsberg*, Römisch-germanische Forschungen, Bd. 38, 1979, Mainz am Rhein.
- PACCOLAT OLIVIER, MARET FABIEN, 2015 *Projet Interreg 2013-2015, Prospections Valais-Vallée d'Aoste, rapport d'activités*, Sion, 2015.
- PRIMAS MARGARITA 1986, *Die Sichel in Mitteleuropa*, Prähistorische Bronzefunde, 18, 2, 1986.
- POGET, LUDWIG, 2006, *Archéologie des vallées des Dranses: peuplement et passages transalpins secondaires du Paléolithique à l'époque romaine*. Mém. Licence, Université de Lausanne, 2006.
- PROVIDOLI SOPHIE, CURDY PHILIPPE, ELSIG PATRICK, 2015, *400 Jahre im Gletschereis. Der Theodulpass bei Zermatt und sein «Söldner»*, Publikationsreihe des Geschichtsmuseums Nr. 13, Sitten/Baden, 2015.
- ROGERS STEPHANIE 2014, «An overview of selected GIS methods available for use in glacial archaeology», *Journal of Glacial Archaeology* 1, 2014, pp. 99-115.
- ROGERS, STEPHANIE, FISCHER MARKUS, HUSS MATTHIAS, 2014, «Combining glaciological and archaeological methods for gauging glacial archaeological potential», *Journal of Archaeological Science* 52, 2014, pp. 410-420.
- ROGERS STEPHANIE, CURDY PHILIPPE, 2015, «Least cost path analysis for predicting glacial archaeological site potential: scale and parameter investigations», in: Pizziolo Giovanna, Sarti Lucia (eds.), *Predicting Prehistory, Predictive Models And Field Research Methods For Detecting Prehistoric Contexts*, Milleni, Studi Di Archeologia Preistorica, 11, Siena, 2015, pp. 49-64.
- ROGERS STEPHANIE, COLLET CLAUDE, LUGON RALPH, «Least Cost Path Analysis for Predicting Glacial Archaeological Site Potential in Central Europe», *Proceedings, 41st Computer Application And Quantitative Methods In Archaeology*, Conference, Perth, 2015, pp. 261-275.
- STEINER HUBERT, PUTZER ANDREAS, OBERRAUCH H., TURNER A., NICOLUSSI KURT, 2009, «Vorgeschichtliche Moorfundee auf der Schollberg-Goge in Weissenbach (Gde. Ahrntal/Sudtiro)», *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 39/4, 2009, pp. 489–508.
- TOBLER WALDO, 1993, *Non-isotropic geographic modeling* (Technical Report No. 93-1), National Center for Geographic Information and Analysis, Santa Barbara 1993.

- THÜRY GÜNTHER E., 2015, «Theodulhütte und Passhöhe: Römische Fundmünzen und Opferplatz», in: Provi-doli Sophie, Curdy Philippe, Elsig Patrick, 2015, pp. 59-70.
- VERHAGEN PHILIP, JENESON KAREN, 2012, «A Roman Puzzle. Trying to Find the Via Belgica with GIS», in: A. Chrysanthi Angeliki, Murrieta Flores Patricia, Papadopoulos Costas (Eds.), *Thinking Beyond the Tool. Archaeological Computing and the Interpretive Process*, Oxford, 2012, pp. 123-130.
- VIDAL, MICHEL, 1991, «La vaisselle tardo-républicaine en Gaule du sud-ouest. Chronologie et fonction, d'après les contextes clos», in: *La vaisselle tardo-républicaine en Bronze* (actes de la table-ronde du CNRS, Lattes, 1990), 1991, pp. 169-191.
- ZEMP, M., HAEBERLI, W., HOELZLE, M. AND PAUL, F. (2006), «Alpine glaciers to disappear within de-cades?», *Geophysical Research Letters*, 33, 2006, L13504, doi:10.1029/2006GL026319.
- ZINSLI PAUL, 1968, *Walser Volkstum in der Schweiz, Voralberg, Liechtenstein und Piemont: Erbe, Dasein, We-sen*, Frauenfeld-Stuttgart 1968.

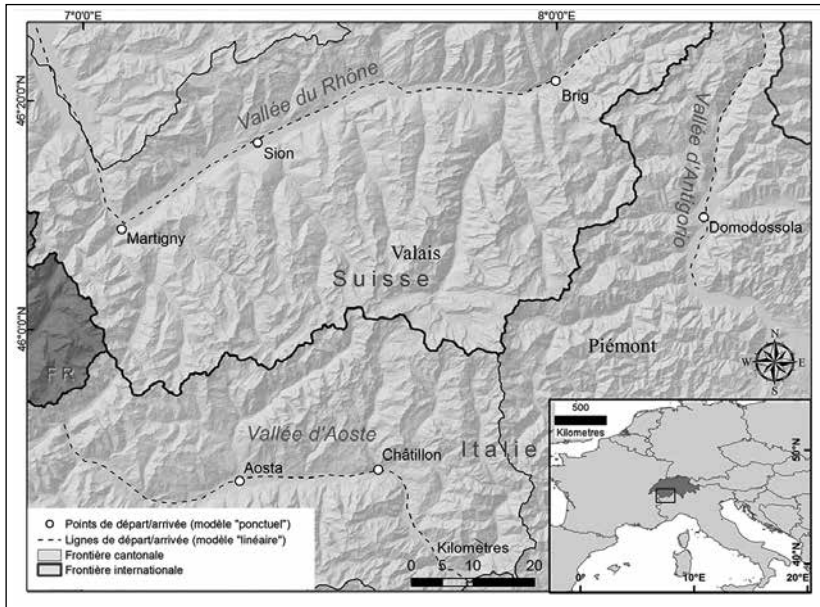


Fig.1 - Carte des Alpes pennines et lépontiennes; définitions des points de départ/arrivée (modèle «ponctuel») et des lignes de départ/arrivée (modèle «linéaire») des itinéraires modélisés. Repris de Rogers, Curdy 2015, fig. 1.

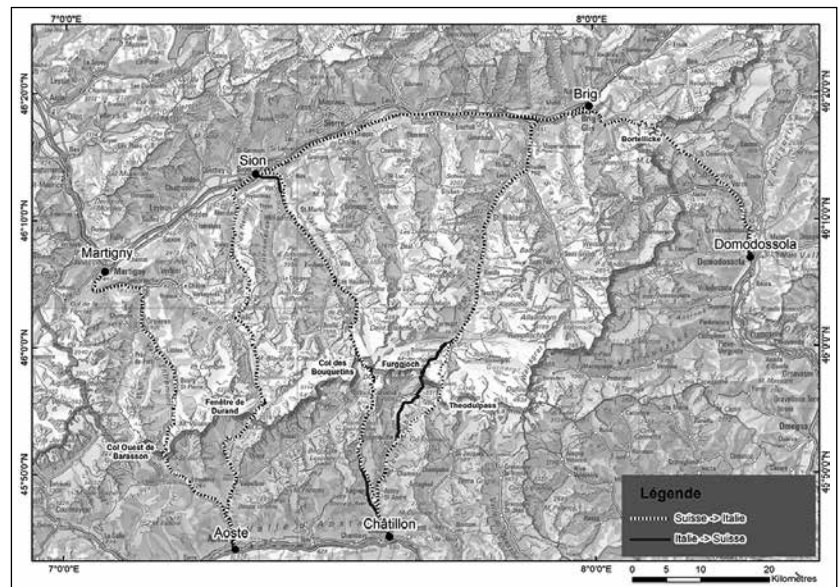


Fig.2 - Carte des itinéraires, modèle «ponctuel». Repris de Rogers, Curdy 2015, fig. 2.

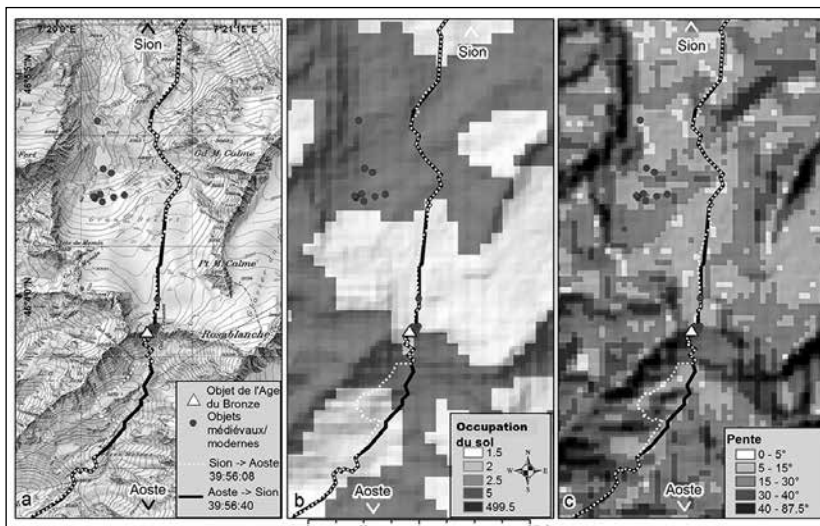


Fig. 3 - Détail du passage par le col de Cleuson. Points de trouvaille et segment de l'itinéraire théorique du modèle «ponctuel». Repris de Rogers, Collet, Lugon, 2015, fig. 6.



Fig. 4 - Col de Cleuson. Lame d'émondoir (outil servant au travail du forestier); les fragments du manche en partie conservés ont été datés du XI^e-XIII^e siècle (voir annexe 2).

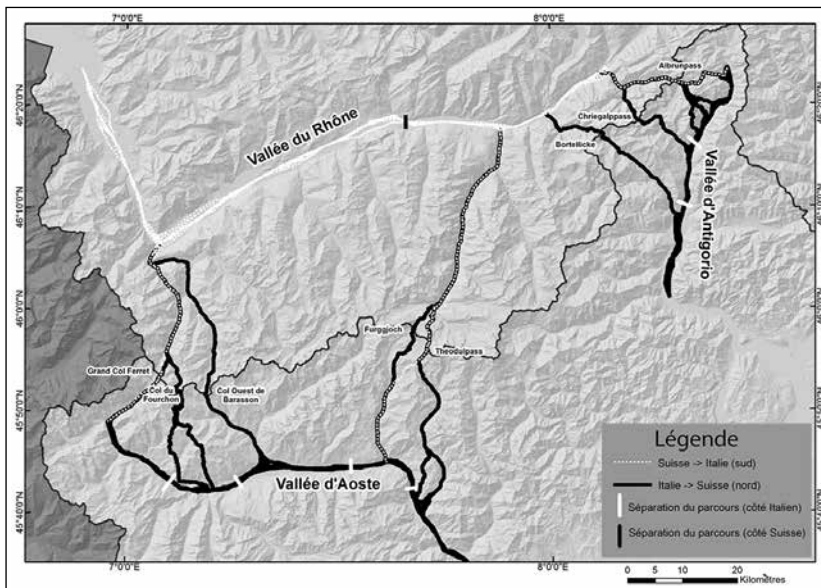


Fig. 5 - Modèle «linéaire». Itinéraires depuis la vallée du Rhône, le Val Antigorio et le Val d'Aoste. Repris de Rogers, Curdy 2015, fig. 3.

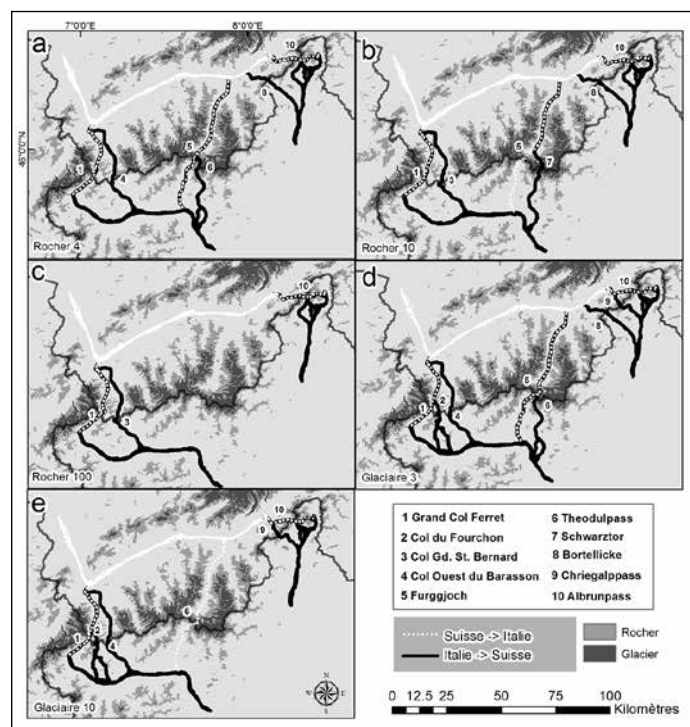


Fig. 6 - Localisation des itinéraires en fonction de la variation des valeurs accordées aux paramètres «rochers» (Rock 4, 10, 100) et «couverture glaciaire» (Glac 3, 10). Repris de Rogers, Curdy 2015, fig. 4.

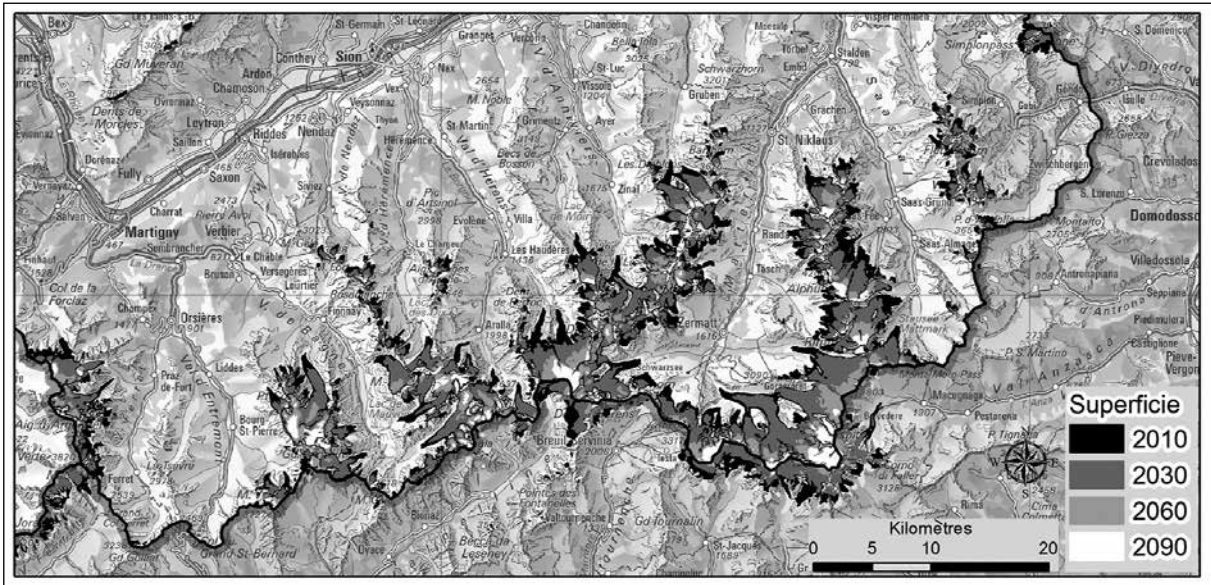


Fig. 7 - Modèle de retrait glaciaire dans les Alpes pennines et lépontines, de 2010 à 2090. D'après Rogers, Fischer, Huss 2015, fig. 3.

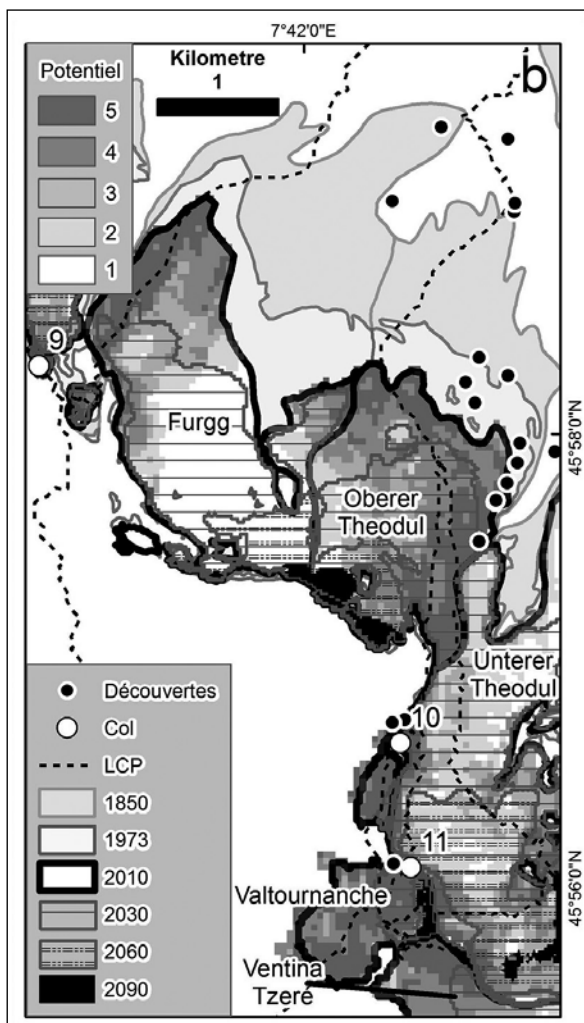


Fig. 8 - Application du modèle GlaciArch à la région du Théodule. 10: col du Théodule, 11: col de Ventina Nord. D'après Rogers, Fischer, Huss 2015 fig. 5.



Fig. 9 - Vue de la Testa Grigia en direction du Nord (à gauche de la crête le col de Ventina Nord 3445 m). Les flèches indiquent l'emplacement de la découverte du manche en bois d'outil protohistorique. Photo Ph. Curdy.

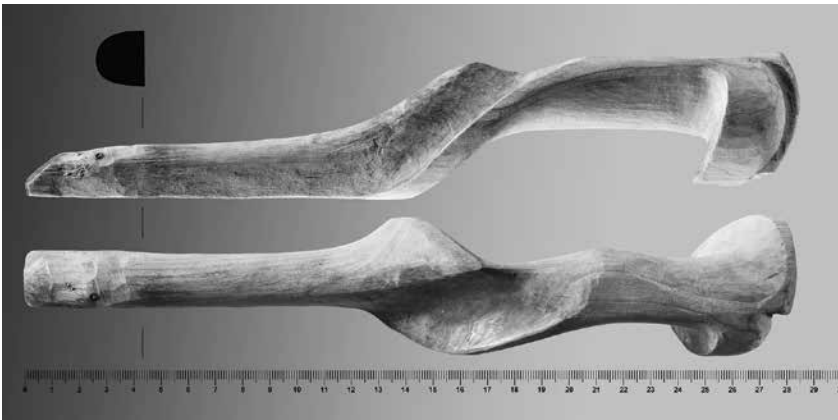


Fig. 10 - Manche d'outil en bois découvert à Testa Grigia. Vue frontale et latérale. Photo F. Martinez, Musées cantonaux du Valais.

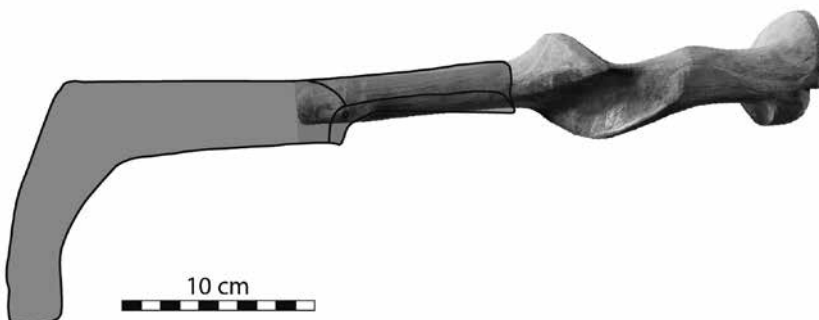


Fig. 11 - Proposition de reconstitution de l'outil. Lame de faucille en fer de Sanzeno (Northdufter, 1979, inv. NO 300).

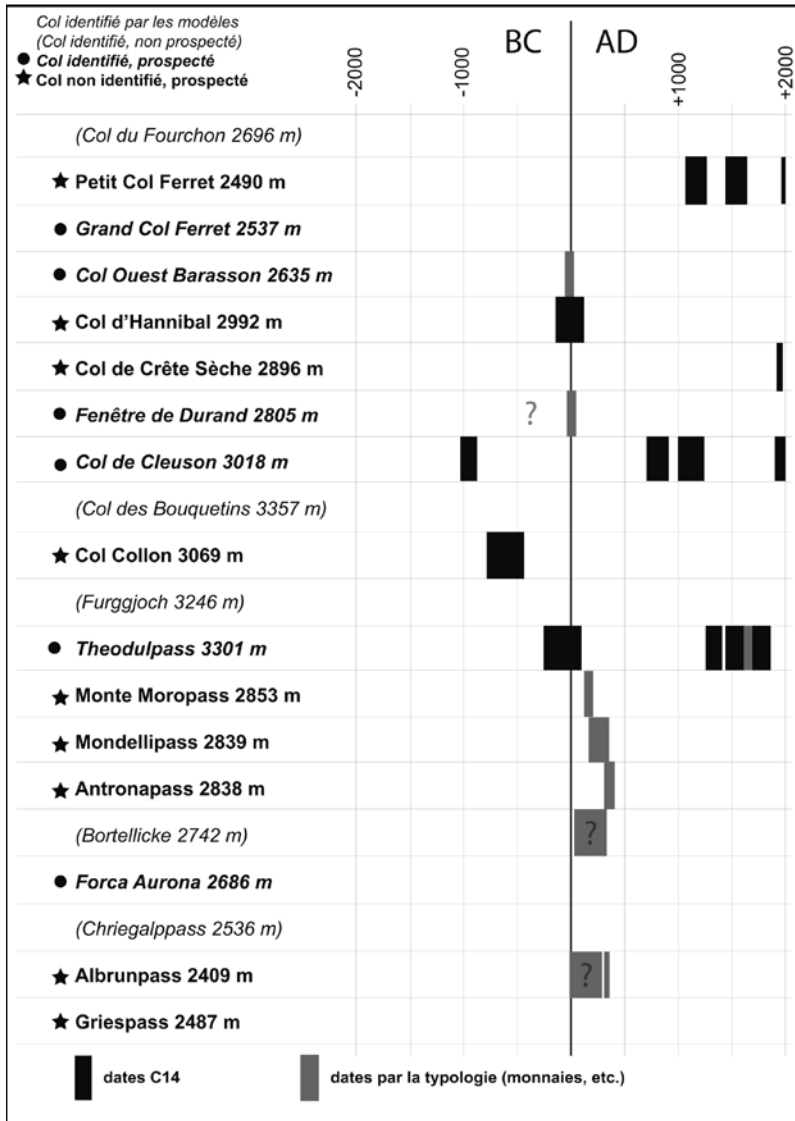


Fig. 12 - Schéma des datations C14 (noir) et dates typologiques (gris) des trouvailles des cols mentionnés dans le texte.