

GEOLOGIE DE L'ALASKA

TERRANES, OPHIOLITES, GLACIERS ET VOLCANS

Désiré CORNELOUP

Au cours d'une vingtaine de jours passés en Alaska, j'ai pu visiter la région du McKinley et le Parc National du Denali, Palmer avec les terranes Chugah et Peninsular, la Steward Highway avec les ophiolites, observées par la mer et par les airs, la station de ski de Girwood, les mines d'or, les vestiges du tremblement de terre de 1964, les glaciers de Prince William Sound, Homer et Seldovia avec ses péridotites, et enfin les volcans Spurr et Redoubt par survol aérien. Au départ de chaque sentier d'excursion, un panneau prévient que l'ours est omniprésent et...imprévisible.

L'ALASKA ET LE CONTEXTE GEOLOGIQUE

L'Alaska, la *Grande Terre*, en langue aléoute, *The Last Frontier*, pour les Américains, avec une superficie de 1 477 000 km², est le plus étendu des 50 Etats qui forment les Etats-Unis, mais il est l'un des moins peuplés, avec seulement 600 000 habitants, dont la moitié vit à Anchorage. Ses 76 000 km de côtes sont baignés par l'océan Arctique, la mer de Chuckchi, la mer de Béring et l'océan Pacifique. Le Canada est son unique frontière terrestre. A l'ouest, la Russie n'est qu'à 88 km, par le détroit de Béring.

L'Alaska, s'étendant de 52° à 72° de latitude Nord, offre un régime climatique varié, en général humide et frais à sec et froid ; mais les étés peuvent être parfois chauds et secs : en septembre 2010, au sud d'Anchorage, j'ai connu une moyenne de 18 °C à 20 °C et un seul jour de bruine. Fairbanks, à l'intérieur du pays, détient le record des écarts de températures extrêmes : de + 35 °C à - 40 °C.

L'Alaska est riche de son pétrole venu du Nord par l'un des plus longs pipe-lines du monde ; pétrole qui a été, en 1989 lors de l'échouage du supertanker *Exxon Valdez*, à l'origine d'une pollution catastrophique. Les ressources minérales sont nombreuses (charbon, fer, manganèse, cobalt...), mais encore peu exploitées. Si l'or ne provoque plus la fièvre des années 1900 (*Gold Rush*), il abonde encore dans les massifs cristallins ou dans les placers. La pêche, l'exploitation forestière et le tourisme dans l'une des régions encore pratiquement vierge de la planète sont d'autres sources de revenus.

La partie nord de l'Alaska est relativement plate, coupée seulement par la Chaîne de Brooks. Au sud, se succèdent les volcans et les montagnes dominées par le Mont McKinley (6 194 m). Les glaciers sont omniprésents. Les tremblements de terre sont très fréquents et parfois désastreux (9,2 sur l'échelle de Richter en 1964 où, dans la rue principale d'Anchorage, le sol s'affaissa brusquement de 3 mètres. Les dégâts furent importants et s'ajoutèrent à ceux causés par le tsunami qui a suivi).

L'Alaska s'est formé géologiquement par l'accrétion de plusieurs dizaines de blocs terrestres de nature et d'âge divers, d'origine souvent lointaine. Ceux-ci ont été transportés puis « collés » les uns contre les autres, par le mouvement d'une lithosphère océanique actuellement engloutie, la plaque de Kula. Depuis 40 millions d'années (Ma), cette plaque subducte sous la plaque nord américaine. En langue vernaculaire indienne, *kula* signifie « tout disparu ».

Ces mouvements d'accrétion ont débuté il y a 200 Ma et ils se poursuivent. Toute la côte Pacifique de l'Amérique du Nord, depuis la Basse Californie jusqu'aux îles Aléoutiennes, s'est formée ainsi par cette sorte de tapis roulant (*conveyor belt*) qui a emmené sur plusieurs milliers de kilomètres à travers le Pacifique des blocs allochtones (les *terranes* pour les Américains). La plupart de ces blocs ont supporté le voyage sans

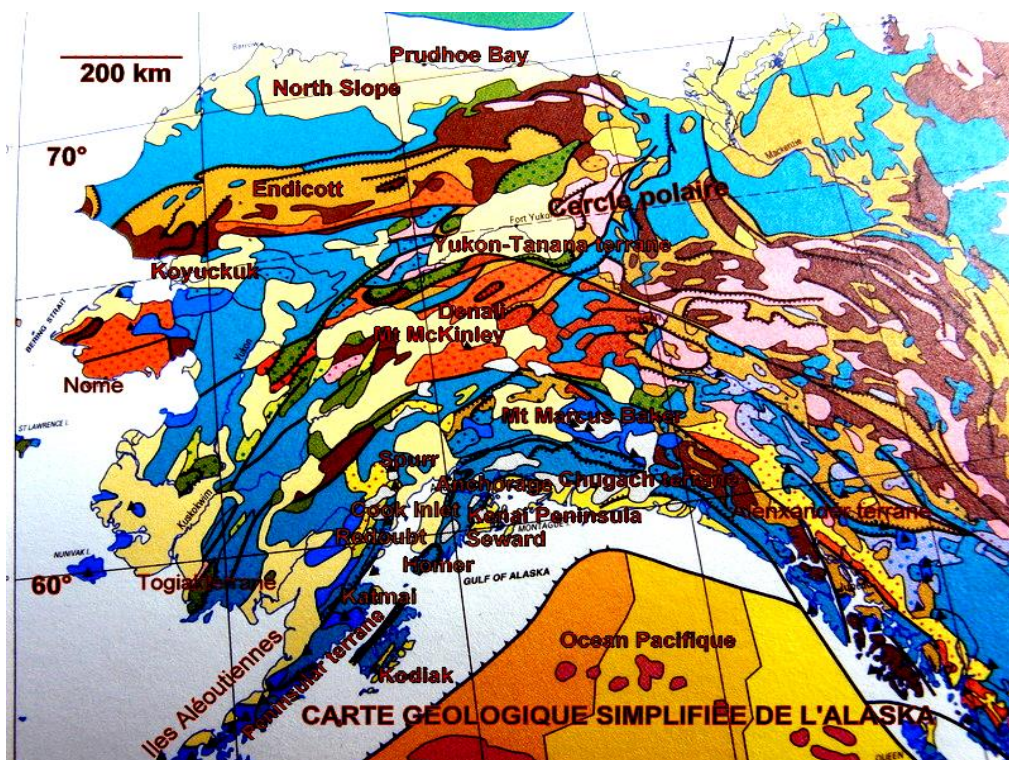
trop « souffrir ». Ces blocs sont des restes de chaînes volcaniques, ou d'arcs volcaniques. Ce sont aussi d'anciennes îles constituées de sédiments, métamorphisés ou non, issus de l'érosion des continents et qui sont venus se « coller » contre la plaque précambrienne continentale. Tous ces blocs ne sont toujours pas solidaires, ils sont séparés par des failles qui continuent de coulisser de plusieurs centimètres par an, mouvements qui sont à l'origine de la plupart des tremblements de terre (10% des tremblements de terre mondiaux se produisent en Alaska).

LES GLACIERS

L'Alaska compte environ 10 000 glaciers qui couvrent plus de 5 % du territoire. Il y a 40 000 ans, dernière période de glaciation maximale, les glaciers reliaient l'Amérique du Nord et la Sibérie. C'est par là que mammoths et chasseurs sont arrivés en Amérique depuis l'Asie. Aujourd'hui les glaciers sont en recul, ce qui entraîne, outre des inondations plus importantes, un rebond de 2 à 3 cm/an du sud Alaska, car le sol est libéré du poids de la glace.

LE VOLCANISME

Le volcanisme a pour origine la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque nord américaine à la vitesse de 7 à 8 cm/an. Depuis la côte sud de l'Alaska continental jusqu'à l'extrémité des îles Aléoutiennes, plus d'une centaine de volcans ont été actifs depuis un million d'années. Actuellement, une vingtaine de volcans sont en activité : ils produisent une à deux éruptions explosives pyroclastiques majeures par an. La plupart des volcans sont dans les Aléoutiennes en terrains difficiles d'accès, venteux et pluvieux. Les autres bordent la côte ouest du *Cook Inlet* au sud d'Anchorage : Spurr, Redoubt, Iliamna, Augustine, Douglas et Katmai. Le Spurr, proche d'Anchorage, couvre parfois cette ville d'une fine couche de cendres. Le Redoubt aux violentes émissions de tephras, pouvant s'élever jusqu'à 15 km d'altitude, pose parfois un problème pour la navigation aérienne sur tout le sud du pays. L'Augustine, le plus jeune, lui aussi explosif, est né il y a seulement 15 000 ans. Enfin, le massif du Katmai est célèbre depuis la violente explosion du Novarupta en 1912 (la plus grande éruption du vingtième siècle) à l'origine de la Vallée des Dix Mille Fumées (*Valley of Ten Thousands Smokes*), fumées qui ont disparu à ce jour. Tous ces volcans émettent des laves calco-alkalines assez visqueuses (andésite à dacite).



LE PARC NATIONAL DU DENALI

Cette immense réserve naturelle de 7 850 km² se trouve à 380 km au nord d'Anchorage. La visite dure une journée complète, sur un parcours d'environ 300 km, sous la conduite des *rangers*. Une maigre végétation de taïga couvre le Parc : ainsi, les affleurements sont très nets, d'autant plus que les travaux de terrassement le long du parcours sont récents et nombreux. Un paysage de lacs, cascades, rivières immenses, glaciers, montagnes escarpées où l'on croise ours, caribous, élans, loups et mouflons sauvages, est dominé par la star incontestée, le Mont McKinley, appelé maintenant Denali « *le Grand* », en langage Inuit.

Le parc s'ouvre sur des massifs de quartzites et sur les schistes de la *Yukon-Tanana Terrane* ; viennent ensuite des dépôts et des moraines glaciaires puis la *Polychrome Pass* qui est un massif rhyolitique très coloré de laves émises il y a 60 Ma. Plus loin, on longe sur environ 2 km un cortège de pillows basaltiques altérés et assez déformés « serrés » entre les deux *terrane*s du *Yukon-Tanana* et du *McKinley*. Durant la fin du parcours parmi les dépôts glaciaires, jusqu'au *Wonder Lake*, on a toujours en toile de fond le McKinley et les sommets immédiatement voisins de l'Alaska Range qui culminent autour de 4 800 m. Ils appartiennent au même *terrane* et ils sont constitués de roches granitiques ou de roches sédimentaires très métamorphisées.

Le McKinley (6 194 m) domine de 5 000 m le paysage environnant. Cet énorme dénivelé laisse perplexes les géologues. Est-ce un effet de l'érosion très active alentour ? Est-ce la remontée d'un pluton et des roches voisines poussés vers le haut par le chevauchement des deux *terrane*s ? Est-ce la conséquence du diapirisme ? ...



Le Mont McKinley



L'ours noir...imprévisible

PALMER ET LES TERRANES

Palmer se trouve sur la *Glenn Highway* à 64 km au nord-est d'Anchorage. Sur le flanc nord de la route s'élèvent des collines rocheuses au pied desquelles s'étendent petits lacs glaciaires et drumlins (petites collines constituées de restes de moraines de glaciers). Côté sud, on longe l'une des principales failles du sud du pays, la *Border Range Fault* ; elle sépare le *Chugach terrane* du *Peninsular terrane* et elle est à l'origine des tremblements de terre de la région d'Anchorage. A part quelques affleurements révélés par les travaux routiers, cette faille n'est guère visible du parcours, par ailleurs bordé d'une végétation de feuillus et de conifères. Cependant, la différence de morphologie est nette entre les paysages qui s'étendent de part d'autre de la route. Les massifs montagneux qui s'élèvent au sud sont formés de roches que les Américains appellent des « *melanges* », mot d'origine française. En effet, ce sont des mélanges de roches sédimentaires siliceuses et de roches basaltiques datant du Jurassique. Au-delà de Palmer, dans la direction de Glenallen, on continue de longer la même faille, mais les roches sont maintenant des flyschs entaillés de nombreuses et étroites vallées dans lesquelles cascaded des langues glaciaires issues du *Matanuska Glacier*. Tout cet ensemble est dominé

par le *Mont Marcus Baker* (4 300 m). Après une centaine de km, le parcours s'achève parmi les loess et les dunes de sable ; formations qui sont communes en région glaciaire où les fins sédiments stériles des moraines sont soumis aux vents.

En partant de Palmer, on peut monter à l'*Independence Mine State* et au col *Hatcher Pass* (1 300 m) avec son lac aux eaux vert foncé, le *Summit Lake* qui domine la chaîne de *Talkeetna*. L'ancienne mine d'or, maintenant transformée en parc historique, se trouve dans un massif de quartzites et de granodiorites. La mine, qui a fonctionné de 1900 à 1955 était, avec celle de Juneau, la plus importante du pays ; jusqu'à 250 mineurs travaillaient dans une vingtaine de km de galeries.



Le Glacier Portage



Les ophiolites de Resurrection Peninsula

SEWARD : TREMBLEMENT DE TERRE, MINES D'OR ET GLACIERS

On quitte Anchorage par la *Seward Highway* pour le sud et la péninsule du Kenai, qui, par la diversité de ses paysages, son climat tempéré et sa proximité d'Anchorage, est la région la plus fréquentée d'Alaska. La route, taillée en corniche dans les flyschs du *Chugach terrane*, longe la côte Nord du *Turn Again Arm* : c'est un bras de mer large de 5 à 7 km qui s'enfonce dans les terres sur environ 60 km et qui tire son nom du demi-tour (*turn again*) qu'a dû faire le capitaine James Cook, en 1778, s'apercevant qu'il était dans une impasse marine, alors qu'il cherchait le fameux passage Nord-Ouest au Nord de l'Amérique. Le *Turn Again Arm* est célèbre pour son mascaret : une vague de 2 à 3 m de haut s'y avance avec la marée montante à une vitesse de 25 km/heure. Cette marée peut atteindre 10 m de haut. Pour éviter tout danger, les heures des marées sont indiquées dans les parkings aménagés : spectacle garanti !

C'est sur les bords du *Turn Again* que subsistent les vestiges du tremblement de terre du Vendredi Saint 1964 (*Good Friday Earthquake*, rebaptisé *Black Friday*) qui a fait 100 morts et environ un milliard de dollars de dégâts : ruines de maisons basculées, arbres aux troncs squelettiques balayés par le tsunami ; le village de Portage, au fond du *Turn Again*, a été, lui, complètement rayé de la carte ; seule a été reconstruite la maison du Tourisme qui permet d'accéder au *Glacier de Portage*. Quittant la route principale, on s'enfonce encore dans les flyschs et, par une profonde vallée, on aboutit à la plus importante station de ski d'Alaska, Girwood-Alyeska : station bien enneigée en dépit de l'altitude relativement basse des pistes : de 150 m à 1 100 m.. Du sommet du téléphérique, appelé le *Tram*, on jouit d'un panorama exceptionnel sur une dizaine de glaciers et l'on surplombe le *Turn Again*. De la station de ski, une route s'élève dans la montagne pour aboutir à *Crow Creek Placer Gold* : depuis 1896, 40 000 onces d'or ont été recueillies dans le torrent. Ce placer est maintenant fermé à l'exploitation ; seuls subsistent les anciens bâtiments, mais, moyennant 5 dollars, à l'aide d'une batée et d'une pelle, on peut toujours essayer de jouer les chercheurs d'or !

De Portage, on peut atteindre Whittier par un tunnel que l'on partage alternativement avec le train (une demi-heure chacun). C'est de là que partent les nombreuses excursions pour le *Prince William Sound* : des glaciers et des fjords. Circuit recommandé pour la journée : « *the*

26 glaciers tour », avec l'*Emerald-Sea*. Glaciers immaculés, cascades de glaces, vêlages des glaciers dans la mer, poli glaciaire, nunataks acérés, oiseaux, phoques, baleines parfois, loutres, otaries... un enchantement.

De Portage, on atteint Seward après 130 km de route, toujours dans les flyschs, en longeant de nombreux et spectaculaires lacs glaciaires et en passant par *Exit Glacier*, au pied de l'un des exutoires du plus grand glacier du Kenai, le *Hardling Icefield* (4 000 km²). Ce glacier est un vestige de la calotte glaciaire qui recouvrait entièrement l'Alaska au Würm. Un sentier bien aménagé part de la route et s'élève le long d'*Exit Glacier*. Présence d'ours assurée.

SEWARD : LES OPHIOLITES DE RESURRECTION PENINSULA

Seward s'étend au fond de *Resurrection Bay*. Cette baie se termine par *Resurrection Peninsula* que longe la faille soulignant la limite entre deux *terrane* : *Chugach terrane* et *Prince William terrane*. *Resurrection Peninsula*, « coincé » entre les *terrane*, est un massif ophiolitique issu d'une croûte océanique venue d'une latitude de 40°N (mesures paléomagnétiques). Etant ici à 60°N, cela atteste du mouvement de la lithosphère océanique. Cet ensemble ophiolitique a 25 km de long, 400 m de haut et 4 à 6 km de large, les affleurements sont nets et assez bien conservés, des péridotites jusqu'aux pillows ; il ne manque que la séquence sédimentaire, radiolarite par exemple. Les péridotites sont fortement serpentinisées ; les gabbros, en général lités, contiennent des nodules de roches serpentinisées, les essaims de dykes dans les gabbros sont doléritiques et larges de 1 à 2 m, enfin les pillows cascaded dans la mer sur des pentes de 20° à 40°. D'un diamètre de 0,5 m environ, ils se présentent parfois sous forme de tubes enchevêtrés. Les falaises d'où cascaded les pillows sur une centaine de mètres sont affectées de failles, parfois béantes. Les pillows qui viennent mourir en bord de mer sont le domaine privilégié des otaries.

Après les nombreuses excursions sur les massifs ophiolitiques que j'ai pu effectuer dans le monde, seul, le sultanat d'Oman me semble offrir le spectacle d'un ensemble plus parfait.

Grâce aux informations de l'U.S. Geological Survey d'Anchorage et le soutien de Leni Lockwood du Park Ranger de Seward et du pilote Jim Craig, j'ai pu survoler toute la péninsule à basse altitude, puis longer la côte de très près en bateau.



Les otaries sur les pillows



Ilot granitique

HOMER, SELDOVIA ET LES PERIDOTITES

Pour rejoindre Homer, au sud-ouest du Kenai, il faut traverser entièrement la péninsule du Kenai jusqu'à Soldotna par la *Sterling Highway*. C'est une région de moraines et de lacs glaciaires très pittoresque aux couleurs d'automne. De Soldotna à Homer, on longe la côte Est du *Cook Inlet* sur 123 km (c'est par ce bras de mer qu'est arrivé Cook, en 1778). On est toujours dans un domaine de moraines, mais on a une vue sur les quatre volcans actifs qui s'élèvent sur la côte Ouest : Spurr, Redoubt, Iliamna et Augustine qui est une île. Depuis 1992, les plateformes pétrolières fleurissent sur le *Cook Inlet* ; leurs lumières sont visibles la

nuit depuis la côte. Le pétrole offshore est extrait des sédiments tertiaires. Le long de la côte, dans les mêmes sédiments, on trouve du charbon de médiocre qualité.

En partant du *Homer Spit*, longue bande de terre qui s'avance dans la mer, les excursions dans la baie de *Katchemak Bay* permettent au touriste de longer le front des glaciers et d'observer les colonies d'oiseaux (macareux, pygargues, lagopèdes...). Quant au géologue, il ne manquera pas l'excursion à Seldovia, accessible seulement par la mer ou par les airs : cet ancien village russe est sur une faille, aux limites du *Chugach terrane*, la *Border ranger Fault*, le long de laquelle affleurent en bord de mer les roches volcaniques datées du Tertiaire et les péridotites, roches ultramafiques verdâtres et serpentinisées que l'on rencontre partout dans le village. A quelques km de Seldovia, des mines de cuivre, de manganèse et de chrome étaient exploitées. Elles sont fermées maintenant. « En réserve », m'a-t-on dit.



Le cratère du volcan Redoubt



La petite « cabane » du week-end

LES VOLCANS SPURR ET REDOUBT

Par un grand beau temps, en partant de Soldotna le 17 septembre 2010, avec Bob Widman, pilote auprès du MARC (*Missionary Aviation Repair Center*), j'ai pu survoler deux volcans : de loin, le Spurr, en sommeil, et au plus près, le Redoubt, en activité.

Ces deux volcans sont abondamment décrits dans les sites de l'*Alaska Volcano Observatory* (AVO ; www.avo.alaska.edu) et de l'U.S. Geological Survey (USGS ; <http://alaska.usgs.gov>) et dans le *Dictionnaire des Volcans* de J.C. Tanguy et D. Decobecq.

En résumé : le Spurr, de forme massive, haut de 3 374 m, est un stratovolcan andésitique situé à 125 km à l'ouest d'Anchorage, sa dernière éruption explosive date de 1992. Sa caldeira, actuellement englacée, a un diamètre de 5 km, et il est flanqué d'un volcan satellite, le *Crater Peak*. Le Redoubt, au cône parfait, haut de 3 108 m, est un stratovolcan andésitique à dacitique un peu égueulé, situé à environ 90 km au sud du Spurr ; sa dernière éruption explosive date du 22 mars 2009, depuis lors il a une activité fumerollienne presque constante. C'est en traversant un nuage de tephra émis par le Redoubt le 15 décembre 1989, qu'un avion de ligne eut ses 4 moteurs bloqués ; après 2 500 m de chute libre, les moteurs purent heureusement être remis en route !

Vol grandiose, indescriptible, impressionnant : virages audacieux de l'avion (Cherokee) autour du cratère fumant du Redoubt aux bords escarpés, odeur du soufre pénétrant dans la cabine, puis descente le long des flancs striés de glaces, de neige et de cascades de laves se chevauchant. Inoubliable.

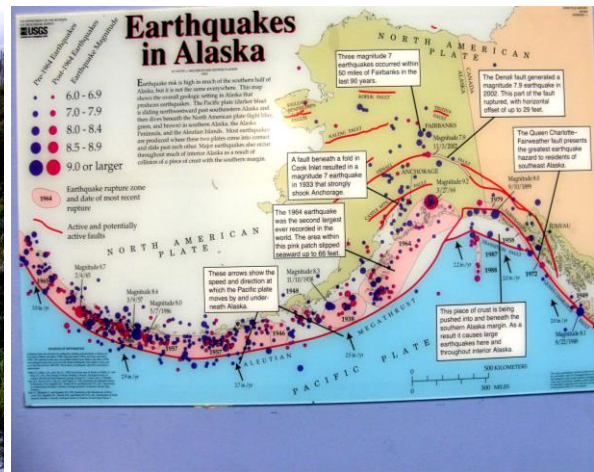
ANCHORAGE

Il y a 3 Ma, Anchorage était recouvert par 600 m de glace. Camp de tentes en 1915, c'est aujourd'hui une ville dynamique où le géologue peut trouver son intérêt en visitant les sites suivants : l'*Eathquake Park* avec panneaux relatant le tremblement de terre de 1964 (75 maisons furent détruites à cet endroit, maintenant paysagé), le musée d'Anchorage, avec son

importante partie dédiée à la nature et à l'environnement, le *Theatre*, qui est le centre national de documentation, avec ses nombreuses informations sur la géologie en particulier, et l'USGS situé dans la campus universitaire où l'on peut se procurer quantités d'ouvrages et de cartes géologiques.



Après le tremblement de terre



Les tremblements de terre en Alaska

CONCLUSION

Pour le touriste comme pour le géologue, l'Alaska est le pays des superlatifs : les plus hauts sommets d'Amérique du Nord, les glaciers les plus étendus du continent américain, les volcans les plus nombreux et parmi les plus actifs, les paysages géologiques les plus originaux, les plus variés et parmi les plus jeunes du Monde, une activité tectonique permanente avec ses tremblements de terre, mais aussi sa faune et sa flore des plus diversifiées. L'Alaska, domaine des grands espaces et conservatoire de la Nature, est également le pays des pionniers du monde moderne avec son pétrole et ses minerais. Un subtil équilibre est à trouver pour que l'Alaska reste pour tous « *The Last Frontier* ».

BIBLIOGRAPHIE

La bibliographie est abondante. Pour la rédaction de cet article, les références suivantes ont été retenues.

C. Connor & D. O'Haire, 1988, *Roadside Geology of Alaska*, Mountain Press Publishing Company, Missoula MT, USA, 250 pages, pp. 1 à 21, 137 à 171, 197 à 199.

J. Debelmas & G. Mascle, 1994, *Les Grandes Structures Géologiques*, Masson, 300 pages, pp. 269 à 272.

J. Dufresne, 2000, *Alaska, The complete guide to the Last Frontier*, Lonely Planet London.

E.B. Eckel, 1970, *The Alaska Earthquake, Lessons & Conclusion*, Geological Survey Professional Paper 546, Washington D.C. 58 pages.

S.W. Nelson, M.L. Miller & J.A. Dumoulin, 1987, *The Resurrection Peninsula Ophiolite*, USGS Publication, Anchorage, 15 pages.

H.H. Stowell, 2006, *Geology of Southeast Alaska*, University of Alaska Press, Fairbanks, 140 pages, pp. 1 à 43.

J.C. Tanguy & D. Decobecq, 2009, *Dictionnaire des Volcans*, Ed. J. P. Gisserot, 256 pages.