



Un massif en point de mire

En Patagonie, il est possible d'observer en trois dimensions ce que les Alpes dissimulent presque partout : une intrusion granitique. Mais lorsque les chercheurs de l'Université de Lausanne ont voulu étudier de plus près le massif du Paine, ils ont vite été confrontés à leurs limites. Et ils ont alors eu recours au Club alpin suisse, une collaboration unique en son genre.

Photos de Lukas Baumgartner ; textes d'Antoinette Schwab



Des sommets spectaculaires

Dans les montagnes du parc national chilien «Torres del Paine», on peut observer facilement des montées de magma. Un phénomène présent dans les Alpes, mais moins visible. On sait encore peu de chose sur ces intrusions granitiques. Des chercheurs lausannois les examinent actuellement à la loupe.

L'arrivée sur ce site est toujours spectaculaire», écrit Lukas Baumgartner dans son journal d'expédition. Ce site, c'est le parc national «Torres del Paine» en Patagonie, où le professeur de pétrologie de l'Université de Lausanne s'est rendu cet hiver pour la cinquième fois. Ou plutôt, devrait-on dire, cet été, car cette région est située dans la partie méridionale du Chili, c'est-à-dire dans l'hémisphère sud.

Son intérêt pour ce massif, le géologue le doit à une photo de Paul Theroux qui montre ce qu'il voit aujourd'hui chaque fois qu'il arrive sur place: un paysage sauvage de collines, de lacs et de glaciers, avec au centre un massif montagneux dominé par des pointes escarpées.

Particularité géologique

Même un profane est en mesure de voir qu'il s'agit d'une particularité géologique. La plupart de ces pointes présentent en effet sur toute leur longueur une large

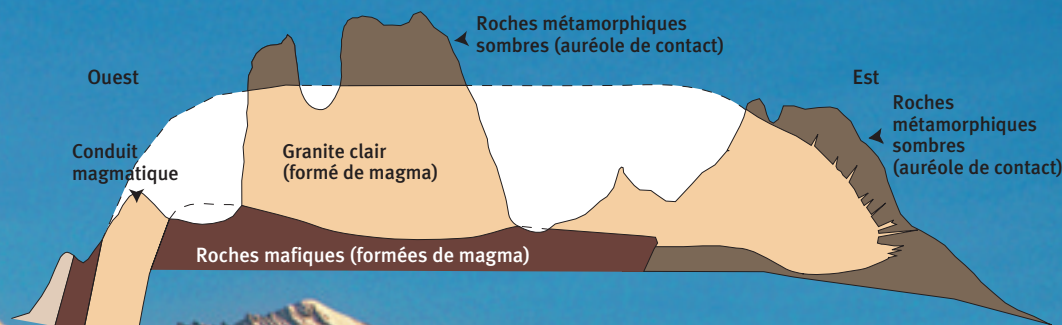
bande claire qui se détache nettement sur la roche plus sombre. Le pétrologue a aussitôt remarqué qu'il s'agissait d'une intrusion, c'est-à-dire d'une irruption consolidée de magma dans une roche plus ancienne. «J'ai vu la photo et j'ai su que c'était pour moi», note-t-il. Cela fait longtemps déjà qu'il étudie les intrusions et les processus qui les accompagnent, la température plus élevée du magma qui s'introduit provoquant aussi des modifications dans la roche alentour. Les minéraux se métamorphosent et les structures se modifient, un phénomène appelé métamorphisme de contact. D'habitude, les circulations d'eaux jouent un rôle de premier ordre dans ce processus. Des solutions hydrothermales amènent et emportent des composants chimiques. Or ce mécanisme relève précisément du domaine de spécialisation de ce géologue. Lukas Baumgartner avait déjà observé de nombreuses intrusions. «Mais je n'en avais encore jamais vues en trois dimensions.

Dans le massif du Paine, on peut en effet observer simultanément le plancher, les murs et le toit», précise-t-il. Grâce au retrait des glaciers à la fin de la dernière période glaciaire, ces géométries sont en effet apparues au grand jour.

Les différences avec les Alpes

Dans les Alpes aussi, l'observation d'intrusions est possible, mais elle est beaucoup plus difficile. Le massif du Bergell, par exemple, s'est constitué de manière analogue au massif du Paine. Mais il est beaucoup plus complexe et sa cristallisation plus profonde. Par ailleurs, il s'est fortement déformé durant et après l'intrusion. La partie inférieure de cette dernière n'est guère visible, on n'en aperçoit que les murs et une partie du toit.

Lukas Baumgartner s'est donc d'autant plus réjoui de découvrir en Patagonie un objet aussi exemplaire. «Là-bas, nous pouvons faire des observations impossibles jusqu'ici. Ce système



modèle nous permet de répondre à la question de savoir comment de telles intrusions se forment et comment le magma se met en place. »

Autre bon point pour la Patagonie, la profondeur de pénétration du magma ou plutôt sa supposée pénétration. En 1911, un géologue avait en effet découvert sur le site de la sillimanite, un minéral qui dans un environnement de ce genre indique que l'intrusion a dû se produire à une profondeur de huit à dix kilomètres, avant

Le parc « Torres del Paine »

Des glaciers, des rivières, des cascades grondantes et des lacs de différentes nuances de vert, le parc national «Torres del Paine» est facilement accessible et c'est aussi un paradis pour les trekkeurs et les amoureux de la nature. Il est dominé par de nombreux pics dont les «Cuernos del Paine» avec leur double coloration frappante. Le parc a été fondé en 1959 et est depuis 1978 une réserve de biosphère de l'Unesco. Il est situé à quelque 2500 kilomètres au sud de la capitale Santiago du Chili, à 140 kilomètres environ de la petite ville de Puerto Natales et s'étend sur au moins 180 000 hectares, de 50 à 3000 mètres d'altitude. La plus grande partie du site est recouverte de glaciers, dont le plus célèbre est le glacier Grey avec son lac éponyme.

d'être poussée vers sa position actuelle. «La circulation d'eau à faible profondeur autour de l'intrusion magmatique est un phénomène dont on connaît bien les mécanismes, explique le chercheur. Mais on sait peu de choses sur ce qui se passe à dix kilomètres de profondeur.» Autre élément intéressant, il arrive que ces processus s'accompagnent de la formation de gisements métallifères.

Tout reprendre au début

Mais la sillimanite s'est avérée être de l'anthophyllite. «Cette erreur est compréhensible, souligne Lukas Baumgartner à la décharge de ses collègues. Les deux minéraux sont presque identiques.» Mais cela signifiait que la profondeur de pénétration avait été mal estimée. Et qu'il fallait tout reprendre au début. «Les choses se sont passées comme dans beaucoup d'autres projets. On a de bonnes questions, alors on se lance. Pour remarquer finalement qu'il ne s'agit pas du tout de celles qu'il fallait poser.»

Entre-temps, l'analyse minérale a montré que le processus a dû se dérouler à une profondeur de deux à trois kilomètres seulement. Mais le fait que l'on sache déjà beaucoup de choses sur les solutions hydrothermales à cette profondeur ne

s'est guère révélé utile, car le site étudié est, et donc était, totalement sec. Pour Lukas Baumgartner et son doctorant Jürgen Michel, cela a toutefois simplifié les choses. Il était en effet clair que la métamorphose des minéraux n'était due qu'à des changements de température et non à des modifications chimiques liées à la circulation de l'eau.

Aujourd'hui, les géologues ont réussi à dégager le schéma suivant: il y a environ douze millions d'années, du magma en fusion s'est frayé un chemin parmi les sédiments du crétacé (la période s'étendant de -140 à -65 millions d'années). Ces masses se sont refroidies pour former les roches mafiques dans la partie inférieure et du granite clair au-dessus. C'est ainsi que s'est constitué le massif du Paine, avec ses quelque 2000 kilomètres cube. La pression a plissé les sédiments supérieurs composés de marnes, de calcaires, de grès et de conglomérats, et, dans la zone de contact avec le magma en fusion, le métamorphisme a formé une auréole de contact de couleur sombre de 200 à 400 mètres.

Des contacts nets

Par le passé, on pensait que de telles intrusions se produisaient d'une seule pulsation, pour reprendre l'expression



La forme extérieure du massif du Paine au sud du Chili a été déterminée, comme beaucoup d'autres montagnes, par l'érosion des glaciers. L'intérieur a en revanche été influencé par le magma (voir graphique page 11). Il y a environ douze millions d'années, le magma s'est frayé un chemin parmi les sédiments existants. Il s'est refroidi pour former du granite clair et autour de cette couche se sont formées des roches métamorphiques sombres. Ce processus explique la coloration claire et sombre de sommets comme les « Cuernos » (pages 10-11).



des spécialistes. Mais les chercheurs lausannois ont réussi à en identifier plusieurs : au moins deux principales dans le complexe mafique et au moins cinq dans le granite. Chacune d'entre elles peut être délimitée sur le plan visuel comme sur le plan chimique. La plupart du temps, les contacts sont nets, ce qui veut dire que la couche ancienne s'était déjà refroidie lors de l'éruption de la deuxième. Des magmas mafiques en fusion ont pénétré dans le granite, avant d'être traversés à leur tour par des granites plus jeunes. La différence d'âge entre les deux poussées granitiques est d'environ 70 000 ans. Il semblerait donc que tout soit allé très vite. Ce qui contredit la conception qui valait jusque-là et selon laquelle de tels processus peuvent durer plusieurs millions d'années.

Mais il manquait des échantillons et des profils complets des parties intéressantes pour procéder à des examens plus détaillés. Et pour prélever des échantillons rocheux dans les parois verticales du massif du Paine, hautes parfois de 1000 mètres, il a été nécessaire de recourir aux services d'alpinistes professionnels.

En janvier, de jeunes alpinistes suisses coachés par des guides de montagne expérimentés sont donc allés prélever les échantillons rocheux sur les parois diffi-

les : une collaboration unique en son genre entre science et alpinisme (voir p. 13). « Cette association m'a beaucoup plu, relève Lukas Baumgartner. Sans elle, nous n'aurions jamais pu mettre la main sur ces échantillons, uniques en leur genre. »

Les alpinistes ont ramené quelque 550 kilos de roche, prélevés parfois sur des parois en surplomb. Cette « récolte » devrait occuper les géologues durant les prochaines années. Elle devrait notamment leur permettre d'en savoir plus sur les processus qui se sont joués dans l'auréole de contact. Et de répondre à une question : quand et dans quelles circonstances se forme tel ou tel minéral ?

Un ancien volcan ?

Lukas Baumgartner a par ailleurs convaincu Othmar Müntener, professeur en pétrologie magmatique à Lausanne, de participer au projet. Ce dernier se consacre avant tout à la cristallisation des magmas et aux processus subvolcaniques. Avec son doctorant, Julien Leuthold, il cherche à découvrir d'où vient le magma. Il se pourrait en effet que le massif du Paine soit la chambre magmatique d'un ancien volcan. La région est située sur une zone de subduction, à l'endroit où une lourde

plaque océanique plonge sous une plaque continentale plus légère. C'est ainsi que sont nées les Andes, alors que les Alpes se sont formées suite à la rencontre de deux plaques continentales. Mais au sud du Chili, ce n'est pas une simple plaque océanique qui a été subductée et avalée, mais une dorsale médio-océanique active, c'est-à-dire une zone où, par la montée de magma et l'épanchement de lave, se forment de nouveaux fonds océaniques.

« Le magma qui se forme dans ces conditions est en principe plutôt peu fluide et donc sec, un phénomène atypique pour les Andes, remarque Othmar Müntener. Mais il serait important d'établir s'il se produit bel et bien, afin d'estimer le potentiel de dangerosité des magmas. » Les chercheurs pensent avoir trouvé entre-temps l'ancien conduit magmatique. Il devrait se situer à l'extrémité ouest du massif du Paine, près du glacier Grey. Les premières analyses magnétiques, qui indiquent la direction dans laquelle le magma s'est écoulé pendant le processus de refroidissement, confirment ces hypothèses. Cependant, les scientifiques n'ont pas encore examiné le conduit en détail. Les échantillons rocheux qu'ils viennent de collecter livreront d'autres résultats à ce sujet. ■