

ALAIN FOUCAULT

LE GUIDE DU
**Géologue
amateur**

3^e édition

DUNOD

Cet ouvrage a été réalisé en partenariat
avec les éditions du BRGM (www.brgm.fr).

Direction artistique : Élisabeth Hébert

Conception graphique : Pierre-André Gualino

Mise en pages : Yves Tremblay

Images de couverture : © Alain Foucault ; © J.-P. Roucan ; © L. Carion

© Dunod, 2007, 2014, 2020 pour la présente édition

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-080973-8

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2^o et 3^o a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Table des matières

Avant-propos	5
Réussir une excursion géologique	7
Comment s'orienter et utiliser les cartes	26
Les minéraux et les minerais	42
Les roches	78
Les fossiles	120
Les structures	182
Les formes du relief et les paysages	190
Un peu de théorie	199
Aperçu sur la géologie de la France	209
Annexes	227
Légendes des planches couleur	253
Index général	269
Index des minéraux et des roches	273
Index paléontologique	279

Avant-propos

En géologie, il y a des amateurs et des professionnels.

Les amateurs font de la géologie pour leur plaisir, qui s'alimente le plus souvent de concret : fossiles, minéraux, roches. Ils ramassent ces objets, les collectionnent, cherchent à en connaître les noms et les propriétés.

Les professionnels ont le plus souvent été d'abord des amateurs, mais la pratique de leur métier les a entraînés dans des domaines où l'abstraction a pris un rôle grandissant. Fossiles, minéraux, roches ont cessé d'être simplement des objets pour devenir des sources d'information qui leur permettent de reconstituer l'histoire et le fonctionnement du Globe. Selon leur spécialité, ils y trouvent matière à préciser l'échelle des temps géologiques, reconstituer l'évolution des terres et des mers, percer le mystère des profondeurs de la Terre.

Ce n'est pas au professionnel, déjà formé, que ce livre est destiné, mais à l'amateur, avide de conseils et de renseignements. Il a aussi l'ambition d'être utile aux géologues débutants ainsi qu'aux praticiens d'autres sciences connexes, notamment les géographes, qui y trouveront peut-être des éclairages profitables.

Conformément à cet objectif, on trouvera ici beaucoup de concret, y compris sur ce qui constitue la base de toute géologie, l'observation, qui n'a pas sa place dans les habituels traités concernant cette science. Mais aussi, pour que l'amateur puisse réunir ses idées en un ensemble cohérent, on trouvera des développements sur les grands phénomènes géologiques qui constituent les bases de cette science.

Quelles que soient les qualités d'un livre, il ne peut se substituer à la vision directe des objets. Des excursions sur le terrain seront une des façons d'avoir cette vision. Dans les pages consacrées à la géologie de la France, en couleur dans cette nouvelle édition, nous donnons quelques indications générales sur ce qui nous paraît le plus intéressant de voir dans les régions. Mais, pour organiser le détail des visites, il sera indispensable de se référer à des guides ou à des cartes géologiques. Notons que, sur le plan national, dans les régions, ou à un échelon local, des efforts sont faits, encore trop limités, pour mettre en valeur le patrimoine géologique. Cela se traduit notamment par la création de réserves géologiques, par la publication de dépliants explicatifs et par la mise en place de panneaux d'interprétation des sites montrant des particularités géologiques locales.

Aujourd'hui, des quantités d'informations peuvent être trouvées grâce à Internet. Elles peuvent constituer des compléments et des prolongements pleins d'intérêt à ce livre. Mais ce réseau informatique est extrêmement mouvant et il ne nous paraît pas convenable de donner ici des adresses de sites qui risqueraient de bientôt disparaître ou d'être dépassés par d'autres. En revanche, nous pouvons donner quelques indications générales utiles pour une recherche efficace.

L'une concerne la fiabilité des sites : les plus fiables sont ceux des grandes institutions scientifiques et universitaires – beaucoup proposent des renseignements très documentés sur les Sciences de la Terre. Certaines, qui ont des collections, en donnent des images. Certains amateurs éclairés donnent aussi des images remarquables de minéraux et de fossiles.

Une autre indication concerne la façon de chercher une information. Les moteurs de recherche sont d'autant plus faciles à utiliser qu'on leur donne des indications précises, sinon le nombre de réponses est si grand qu'elles sont inexploitable. Par exemple, si l'on a trouvé un fossile et que l'on cherche à l'identifier, il convient d'abord de chercher dans le présent guide l'image qui s'en rapproche le plus. Ensuite, on donnera au moteur de recherche le nom latin de l'espèce en question. On a alors toute chance de trouver de nombreux renseignements complémentaires pertinents sur ces fossiles ou sur des fossiles voisins éventuellement plus conformes à l'échantillon récolté.

Une autre façon de voir des objets géologiques est la visite des musées dont le nombre et la qualité ont augmenté ces dernières années. Pour cette visite, il ne sera pas inutile de se munir du présent ouvrage, par exemple pour avoir des explications sur les collections minéralogiques qui en sont peu munies.

Mais nous ne saurions trop recommander de se mettre en relation avec une association d'amateurs de géologie. Il en existe dans toutes les régions qui organisent des réunions et des visites sur le terrain. Au-delà de l'aide matérielle qu'une adhésion peut apporter, les échanges avec d'autres personnes animées de la même passion sont évidemment irremplaçables.

Conseillons enfin, au lecteur qui voudrait répondre à davantage d'interrogations, de se référer au *Dictionnaire de géologie* ou à *À la découverte des sentiers de la géologie*, publiés chez le même éditeur.

Réussir une excursion géologique

La géologie commence sur le terrain. Cela est vrai pour tous, l'amateur comme le professionnel. Aller sur le terrain est donc un moment important qu'il importe de préparer et de valoriser. C'est pourquoi nous donnons ci-dessous quelques indications basées sur une longue expérience, partagée avec bien des collègues. Sur le terrain, amateurs et professionnels sont à égalité ; ils ont les mêmes outils, les mêmes difficultés, les mêmes fatigues, les mêmes joies.

LA PRÉPARATION

Partir à l'aventure c'est s'exposer au risque de ne pas trouver grand-chose. Aussi est-il indispensable de bien préparer son excursion.

Trois sources de documentation peuvent être utiles à cet effet : 1) les guides géologiques destinés au grand public, 2) les cartes géologiques, 3) les publications scientifiques sur la géologie régionale, accessibles dans les bibliothèques universitaires spécialisées. De ces publications, souvent ardues, nous ne parlerons pas car elles n'intéressent généralement pas l'amateur, sauf s'il veut se pencher de très près sur une question particulière.

LES GUIDES ET LES CARTES GÉOLOGIQUES

Il existe de nombreux guides géologiques à la destination de ceux, amateurs ou professionnels, qui veulent connaître les principales caractéristiques d'une région. Ces guides proposent des itinéraires, à faire en général en voiture, reliant des points intéressants. Ceux-ci sont soit des panoramas expliqués et commentés, soit des affleurements de roches ou des gisements de fossiles auxquels on peut accéder. Selon le temps dont on dispose, on pourra emprunter tout ou partie de ces itinéraires.

Si l'on est amené à séjourner quelque temps dans une région, le mieux est sans doute, dans un premier temps, de la parcourir selon des itinéraires proposés, ou que l'on constituera soi-même à l'aide d'une carte géologique avant, dans un deuxième temps, de revenir sur les sites qui ont paru les plus dignes d'intérêt. On pourra alors y passer davantage de temps pour en tirer plus d'enseignements en faisant des observations plus détaillées. On pourra aussi, à partir des points choisis, excursionner à pied pour voir dans quel contexte ils sont placés, comment évoluent les terrains au-dessus et au-dessous.

C'est là vraiment que l'on arrivera à avoir une connaissance personnelle des affleurements et que l'on en goûtera tout l'intérêt. Il est clair, en effet, que si l'automobile permet de se déplacer rapidement d'un point d'intérêt à un autre, seul le cheminement à pied sur le terrain permet d'effectuer des observations continues et précises et de prendre conscience de l'échelle réelle des objets géologiques et de leurs relations dans l'espace.

Mais ces observations locales ne prennent toute leur valeur que si elles sont reliées géographiquement, ce qui exige l'examen de la carte géologique, document dont l'acquisition est indispensable à toute personne qui veut bien connaître une région. L'usage des cartes géologiques et topographiques sera détaillé dans un chapitre spécial.

AVANT LE DÉPART

Lors de la préparation d'un itinéraire, l'orientation du soleil, dans les régions où il se montre, est à prendre en considération pour ne pas l'avoir en face de soi. Aussi, dans un circuit vaut-il mieux, le matin, partir vers l'est que vers l'ouest et, vers le milieu de la journée, se diriger plutôt vers le nord que vers le sud.

Si l'on part à pied pour une sortie avec des dénivelées importantes, il faudra résister à la tentation de la commencer au point le plus haut où le véhicule puisse vous mener. Sinon, c'est à pied qu'il faudra, bien fatigué, remonter la pente au moment de rentrer. En conclusion : partons du point le plus bas possible !

Avant de partir, bien étudier son itinéraire sur une carte et, si l'on n'est pas très habitué, l'indiquer au crayon ; cela évitera des pertes de temps. Il n'est pas inutile de se renseigner sur l'accessibilité des lieux à visiter. Les propriétés privées constituent un obstacle, surtout si elles sont clôturées. Les domaines publics sont parfois soumis à des réglementations contraignantes. L'entrée des carrières est généralement interdite, ce qui exige alors que l'on se procure une autorisation. Bien entendu, le problème ne se pose pas de la même manière si l'on se propose seulement

d'examiner un site ou si l'on compte y faire des prélèvements. À noter que ceux-ci sont sévèrement réglementés en ce qui concerne les restes archéologiques et les affleurements situés dans des parcs naturels.

LES OUTILS

Sur le terrain et au laboratoire, le géologue a besoin d'outils et d'accessoires. Si, au laboratoire, ils ne sont, par leur prix ou leur complication, accessibles qu'au seul professionnel (et parfois au professionnel privilégié), ceux qui servent sur le terrain sont à la portée de tous. Beaucoup sont d'ailleurs communs avec ceux du randonneur.

Marteau

Le marteau est l'indispensable outil du géologue : sans lui il est désarmé et presque réduit à rien.

Le modèle spécifique utilisé par les professionnels comporte d'un côté une surface carrée, pour briser les pierres, et de l'autre soit une pointe, plus ou moins allongée, soit un tranchant perpendiculaire au manche, cette seconde présentation étant la plus commode pour fendre des schistes ou pour creuser sables ou marnes.

Les marteaux de fabrication récente ont tous un manche en partie métallique solidaire de la masse. Leur prix est élevé mais rien n'oblige l'amateur à utiliser un instrument de ce type. D'autres marteaux, peut-être moins commodes, peuvent être utilisés : massette de maçon pour briser les pierres ; martelette à briques pour fouiller les sables. Par ailleurs le classique marteau de géologue présente parfois l'inconvénient d'être un peu léger pour exploiter des gisements de fossiles se trouvant dans les calcaires où beaucoup de roches doivent être brisées. On lui préférera alors des masses de carriers, plus adéquates, si l'on n'est pas rebuté par leur poids.

Lunettes de protection, marteaux

À gauche : lunettes de protection, indispensables lors de prospections acharnées.

Au milieu : marteau de géologue où manche et tête sont faits d'une seule pièce.

À droite : martelette à briques, moins coûteuse, démontable et souvent suffisante. De plus, son manche, une fois gradué (ici tous les 5 cm) peut servir d'échelle.



L'usage du marteau • Si l'on utilise un marteau avec un manche en bois emmanché par le haut, il faut, la veille de son utilisation, faire tremper la partie emmanchée dans un seau d'eau. Au matin, le bois ayant gonflé, il sera alors rigoureusement indémanchable. Si cette précaution n'est pas prise, gare alors aux masses métalliques qui s'envolent dangereusement sous les coups énergiques et répétés.

L'utilisation du marteau est dangereuse pour les doigts et surtout pour les yeux. L'histoire de la géologie est jalonnée d'accidents oculaires dus à des projections d'éclats, parfois très aigus et véloces, issus de cailloux brisés avec entrain, et même d'esquilles métalliques du marteau lui-même. Si l'on est amené à utiliser le marteau intensément, surtout si l'on est plusieurs à le faire, le port de lunettes protectrices enveloppant complètement les yeux est indispensable. Des lunettes de ce type, en matière plastique, se trouvent dans tous les magasins d'outillage.

Des burins ou ciseaux peuvent être utiles sur le terrain, mais ils ne sont vraiment efficaces que pour dégager les fossiles de leur gangue une fois l'ensemble rapporté à la maison.

Loupe

On ne peut pas se passer d'une loupe. Un monde nouveau s'ouvre aux yeux de celui qui sait l'utiliser. Elle est indispensable à une bonne détermination de la nature des roches, de leur contenu et, parfois, de leur âge si elles contiennent des foraminifères caractéristiques, et si l'on sait les reconnaître.

Le type de loupe dépend bien entendu de l'utilisation que l'on veut en faire, mais on peut considérer qu'un modèle optimal, de prix raisonnable, a un grossissement de 10 ou 12, un diamètre d'environ 15 mm et une bonne correction des déformations optiques (modèles comportant deux lentilles plan convexes opposées par leurs côtés bombés). Un grossissement plus faible est généralement insuffisant ; un grossissement plus fort manque de luminosité, d'autant plus que la loupe doit alors être tenue si près de l'objet examiné que la lumière y parvient mal.



Loupe

Ici l'un des modèles les plus prisés des géologues (grossissement x12).

Habituellement la loupe se tient accrochée au cou par un lacet. C'est le seul moyen de l'avoir toujours sous la main sans la perdre, du moins si le lacet est bien noué et si les vis ne se desserrent pas. On a souvent inté-

rêt, pour plus de sûreté à passer le lacet directement dans un trou de la monture de la loupe, quitte à la dévisser. Le lacet de cuir, parfois apprécié pour ses qualités esthétiques, n'est guère solide à la longue et, souvent, se dénoue. Si l'on veut prolonger la durée de sa loupe, afin d'amortir ce notable investissement, on peut la recouvrir d'un petit étui de protection, fabriqué en tissu, qui se glisse pour l'observation.

L'examen à la loupe • Peu de gens savent se servir d'une loupe à fort grossissement. Voici comment il faut procéder. Tenir la loupe de la main droite (si l'on est droitier, sinon de la main gauche) et l'approcher le plus possible de son œil puis approcher l'objet à examiner jusqu'à ce qu'il soit net (la distance de l'objet à la loupe est alors de l'ordre du centimètre). Ce faisant, il faut s'arranger pour que le maximum de lumière possible tombe sur la partie de l'objet que l'on regarde. On se mettra en général de profil par rapport aux rayons du soleil, un chapeau pouvant alors être gênant.

Il faudra surtout examiner les roches sur une cassure fraîche et non sur une surface altérée, laquelle montrera des lichens, des enduits divers, mais rien de la roche proprement dite. C'est alors au marteau d'entrer en scène. Bien vérifier que l'on a fait une cassure neuve et non mis à profit une vieille fissure de la roche, enduite d'on ne sait quoi.

On voit généralement mieux la nature de la roche, si elle n'est pas poisseuse, sur une surface mouillée que sur une surface sèche. Un rapide coup de langue sur une cassure propre est habituel et n'a rien de risqué, sauf si l'échantillon fait le tour du groupe. S'arranger alors pour être le premier à l'examiner.

Les outils d'orientation, boussole, altimètre, GPS

Sur le terrain, il est évidemment indispensable de s'orienter. Même avec une bonne carte et par beau temps, il est très recommandable de se munir d'une boussole. Si la visibilité est mauvaise ou limitée, comme dans les forêts, elle est tout à fait indispensable. En montagne, un altimètre peut être utile. Enfin, le dernier-né des instruments d'orientation, le GPS permet de se repérer par tout temps, même en l'absence de carte. On verra plus loin comment utiliser ces instruments.

Les accessoires

Carnet de notes • Le carnet de notes est indispensable mais il n'est pas nécessaire qu'il soit coûteux. Un simple cahier d'un format commode, pas trop petit pour pouvoir dessiner paysages et coupes, pas trop grand pour se ranger sans s'abîmer dans le sac, doit faire l'affaire.

Crayons • Crayons de dureté moyenne (HB) et gomme douce servent surtout pour écrire sur les cartes le cas échéant. Sur le carnet de notes, il est préférable d'écrire avec une encre indélébile car le crayon s'efface à la longue à cause des frottements.

Un gros marqueur à encre indélébile sert à numéroter les échantillons en écrivant directement sur eux si c'est possible ou, sinon, sur un papier que l'on place avec chaque échantillon dans un sac.

Mètre • Pour mesurer les épaisseurs des couches, les dimensions des objets géologiques ou pour servir d'échelle sur les photographies, il est bien utile d'avoir avec soi un mètre, le plus économique, et en définitive le plus commode, étant le mètre pliant en bois. Pour les photographies, beaucoup utilisent comme échelle leur marteau ou un objet tel qu'une pièce de monnaie ou un bouchon d'objectif. Il est clair que les dimensions exactes de ces objets peuvent être inconnues de ceux qui regarderont ces photos et même, plus tard, être oubliées de celui qui les a prises ; on ne peut donc recommander ces usages.

Couteau • Il n'est pas pensable de voir un géologue sans couteau. Outre son utilisation à l'heure du repas, ce qui ne saurait être négligé (la tradition veut qu'il s'agisse d'un modèle avec tire-bouchon), il permet d'effectuer des tests minéralogiques sommaires mais efficaces : essai de dureté de roches ou de minéraux rayés ou non au couteau, clivage de minéraux.

Flacon d'acide • La détermination de la présence d'une proportion plus ou moins grande de calcaire dans une roche ne peut guère s'effectuer, même pour une personne avertie, qu'en y versant une goutte d'acide. Le calcaire réagit alors en dégageant du gaz carbonique ce qui provoque une effervescence, c'est-à-dire l'apparition de bulles dans la goutte d'acide qui semble alors se mettre à bouillir.

On utilise habituellement de l'acide chlorhydrique dilué au dixième (c'est-à-dire décimormal). Pour ce test, qualitatif, ni la pureté de l'acide ni sa dilution exacte ne sont critiques ; il faut simplement s'assurer sur un morceau de calcaire authentique que l'acide que l'on a dilué provoque bien une effervescence. Noter que pour effectuer cette dilution, il faut verser l'acide dans l'eau et non l'inverse : des projections éventuelles sont en effet moins concentrées dans le premier cas que dans le second.

Pour transporter son acide, il est convenable d'utiliser un flacon en plastique comportant un tube permettant de verser son contenu goutte à goutte : on en trouve dans les boutiques de naturalistes. À chaque sortie, ne prendre que les quelques gouttes nécessaires

et bien boucher le flacon : l'acide, même dilué, est très efficace pour trouser sacs et vêtements.

Si vraiment on est démuni d'acide, on peut utiliser du vinaigre qui est un acide si faible que l'effervescence qu'il produit est presque invisible. On peut la renforcer par chauffage, ce qui n'est guère commode sur le terrain mais peut se faire dans une casserole une fois rentré chez soi.

Lame de verre • Il est bien utile d'avoir dans son sac une petite lame de verre par exemple celle qui sert à faire des lames minces géologiques ou biologiques, mais n'importe quel débris de vitre peut servir. Cette lame permet de répondre à la question «cette roche (ou ce minéral) raye-t-elle le verre ?». On frotte vigoureusement, mais une fois suffit, la roche ou le minéral en question sur la lame de verre que l'on essuie ensuite pour en enlever l'éventuelle poussière. Il est alors facile de voir si le verre a été rayé. La nature de la rayure est importante à examiner à la loupe : est-elle franche et profonde (cas par exemple de celle qui est faite par un cristal de quartz). S'agit-il de petites rayures fines et parallèles ? (cas d'une roche contenant de fins grains de sable souvent non visibles individuellement).

Bien entendu, il faudra songer à renouveler de temps en temps cette lame.

Sacs à échantillons • Des sacs sont indispensables pour contenir des échantillons de sable ou de marne. Ils sont utiles aussi pour y mettre des fossiles qui, en tout état de cause doivent être emballés soigneusement, par exemple dans du papier journal.

À noter qu'un grand sac en jute (sac à gravats) est bien utile pour réunir l'ensemble d'une récolte et éviter les frottements pendant son transport.

Sac de géologue et sac à dos • Pour transporter commodément carnet de notes, cartes, crayons, etc., on peut se munir d'un sac particulier que l'on porte à la ceinture ou en bandoulière. Il existe, dans les boutiques spécialisées, des modèles spéciaux dits sacs de géologue, mis au point avec des professionnels, qui ont l'inconvénient d'être coûteux. On pourra évidemment se contenter d'un modèle moins adapté et moins cher comme ceux qui servent à protéger des cartes topographiques.

Le transport des objets plus encombrants et moins souvent utilisés (vêtements de pluie, boisson, pique-nique, échantillons) nécessite l'utilisation d'un sac à dos de dimensions appropriées à l'utilisation projetée et aux capacités physiques du porteur. Une séparation entre échantillons et reste de la charge n'est pas inutile.

Appareil photo • Il est difficile de se passer d'un appareil photo. Il est particulièrement recommandé de choisir un modèle comportant un GPS donnant les coordonnées des prises de vue. On sera content, ensuite, de les retrouver et, avec la date et l'heure, de reconstituer ses parcours. Un simple smartphone peut faire l'affaire.

VÊTEMENTS

Les chaussures constituent une pièce maîtresse de la panoplie du géologue. Il est recommandé d'utiliser de bonnes chaussures de marche, imperméables et confortables, avec deux paires de chaussettes, fines à l'intérieur, plus épaisses à l'extérieur. Même par forte chaleur cette tenue est très supportable et permet d'éviter les chocs douloureux avec les pierres, les piqûres des végétaux épineux et les morsures des serpents, toujours à redouter. De petites guêtres protégeant leur jointure vers le haut sont appréciables dans les broussailles où des débris épineux tombent dans la chaussure et obligent à des arrêts intempestifs. Elles protègent aussi des serpents. Bien chaussé, on n'hésite pas à sortir des chemins pour aller voir de près les affleurements en traversant broussailles et pierriers, ce qui est tout à fait essentiel.

Les autres vêtements dépendent beaucoup des régions où l'on évolue, et du temps qu'il peut y faire. Bien commodes sont les pantalons de forte toile ou de velours, suffisamment amples pour ne pas gêner les mouvements. Le port du short sera parfois regretté par celui qui se verra obligé de traverser des buissons épineux. Les blousons, imperméables de préférence, sont aussi une pièce de vêtement appréciable, surtout s'ils peuvent se rouler en boule dans un sac sans en ressortir complètement froissés. Une cape de pluie ne prend pas beaucoup de place et aide à supporter les orages avec le sourire. Une coiffure imperméable que l'on peut plier et ranger dans son sac est recommandable. Saisons ou pays ensoleillés exigent souvent une coiffure légère qu'il ne faut surtout pas oublier, sous peine d'insolation. Éviter les chapeaux à larges bords, certes esthétiques, et les casquettes : ils cachent la lumière lorsque l'on veut regarder à la loupe et, ce qui est plus grave, les obstacles dans les passages un peu délicats où l'on doit baisser la tête. Ils ont aussi l'inconvénient d'être emportés par le vent, comme de juste dans les moments difficiles.

Dans certaines conditions, si des chutes de pierres sont à craindre, le port du casque peut être utile, voire indispensable. En montagne, ou dans les grottes, on adoptera les équipements spéciaux des alpinistes ou des spéléologues.

TROUSSE DE SECOURS

Même si l'on ne va pas bien loin, il est prudent d'avoir avec soi une petite trousse de secours. Sa composition peut varier selon les régions que l'on visite, mais quelques produits doivent toujours s'y trouver : de l'aspirine (à croquer de préférence, on n'a pas toujours un verre et de l'eau avec soi), un désinfectant liquide ou en compresse, du coton, des pansements adhésifs, une bande, un collyre.

Contre les morsures de serpents, les sérums ne sont pas commodes. Outre leur spécificité, ils exigent un stockage au frais qu'il est rarement possible de respecter. Pour le randonneur, il existe des pompes à venin très robustes, n'exigeant aucun entretien et qui peuvent être utilisées pour tous les types de venins : insectes, scorpions, serpents. Ces pompes ne sont efficaces que si on les utilise tout de suite après la piqûre ou la morsure, aussi doivent-elles être toujours à portée de la main. Il sera sage de s'entraîner avant le départ à leur maniement pour ne pas avoir à en faire l'apprentissage au moment crucial. L'utilisation de la pompe sur une morsure de serpent ne dispense pas d'aller, dès que possible, consulter un médecin. On n'aura que peu à s'en servir pour cet usage, mais elle est très efficace pour traiter les piqûres de guêpes, beaucoup plus communes.

Check list

La veille du départ, on pourra vérifier que l'on n'a rien oublié en utilisant la liste de contrôle suivante.

Ai-je bien :

- X** chaussures et vêtements appropriés, cape de pluie, coiffure pour la pluie ou (et) le soleil ;
- X** loupe à accrocher au cou ;
- X** sac de géologue avec :
 - carnet de notes,
 - papier pour étiquettes,
 - boussole,
 - crayons (crayon bille, crayon noir, crayons de couleur, marqueur, gomme,
 - mètre,
 - cartes et guides ;
- X** couteau, petite lame, bouteille d'acide ;
- X** sac à dos avec :
 - sacs à échantillons, papier pour les emballer, éventuellement sac à gravats,
 - trousse de secours avec pompe à venin ;
- X** si l'on part en voiture : clés de voiture (avec un double), carte grise, permis de conduire, assurance, cartes routières ;
- X** autres (chacun ayant ses besoins...), altimètre, GPS, appareil photo, téléphone mobile...

SUR LE TERRAIN

COMMENT PRENDRE DES NOTES

D'une façon générale, toutes les notes doivent être prises au fur et à mesure des observations, à la suite sur un même carnet de notes. Éviter les feuilles séparées qui se perdent ou s'intervertissent inmanquablement.

Un laps de temps trop important entre une observation et sa rédaction amène à des descriptions fantaisistes où l'imagination se déploie. Il faut donc s'efforcer, même s'il pleut, s'il fait froid ou chaud, ou si la position est inconfortable, de rédiger ou dessiner clairement et lisiblement sur le champ. Si vraiment on ne peut faire autrement, prendre des notes rapides et partielles au crayon et les reprendre en les complétant dès que possible. D'ailleurs, certains, courageux, revoient systématiquement leurs notes le soir pour les parfaire.

Comme un bon écolier, le géologue inscrit d'abord sur son carnet la date du jour. Les différentes observations doivent être situées très précisément dans l'espace. Les coordonnées géographiques sont utiles mais insuffisantes si l'on veut revenir plus tard ou indiquer le site à quelqu'un d'autre. Une description détaillée de l'accès, un petit plan même à une échelle approximative, sont bien utiles. Entre les notes correspondant aux différents affleurements, il est utile d'indiquer l'itinéraire suivi pour aller d'un point à un autre : la mémoire est défaillante !

Il est parfois utile, et souvent agréable, de dessiner des panoramas ou des affleurements commentés quand on le peut. Des photos des mêmes points de vue pourront alors être plus facilement interprétées ensuite.

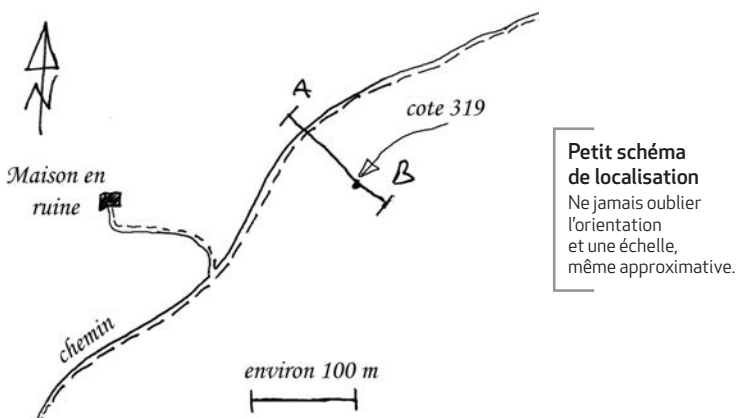
Généralement, les rapports entre les différents éléments d'un affleurement sont représentés par des coupes géologiques ou des colonnes stratigraphiques.

Coupes géologiques

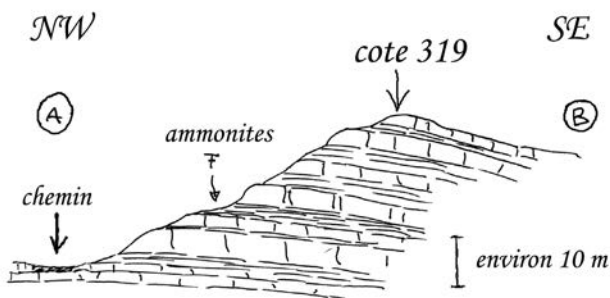
D'une façon formelle, une coupe géologique est la représentation, à une certaine échelle, des terrains comme s'ils étaient coupés par un plan vertical. Sur le terrain, de telles coupes sont parfois directement visibles lorsque des terrains apparaissent dans une carrière, dans un talus de route, le long d'une rivière et, en général lorsque le relief est suffisamment accidenté. En regardant les affleurements, avec un peu d'habitude, on peut dessiner cette coupe en essayant de respecter plus ou moins les dimensions respectives des éléments. En ajoutant quelques détails de la topographie ou de la morphologie, on a là une très bonne façon de retrouver les affleurements étudiés. À noter que l'on a généralement tendance à exagérer les dénivelées topographiques par rapport aux longueurs horizontales, ainsi que le pendage des couches.

Colonnes stratigraphiques

Les colonnes stratigraphiques sont destinées à représenter les relations entre les couches. Elles sont plus faciles à dessiner que les coupes mais ne permettent pas, comme elles, de s'y retrouver facilement sur le terrain. Il suffit, pour les construire, de dessiner les couches horizontalement les unes au-dessus des autres, sur une largeur de 3 ou 4 cm, en commençant par la plus basse, de préférence en respectant leurs épaisseurs à l'échelle. Pour plus de clarté, on leur affecte un figuré conventionnel (points pour les sables, traits horizontaux pour les marnes, maçonnerie pour les calcaires, ...) et, pour chacune, une petite description en regard.



Petit schéma de localisation
Ne jamais oublier l'orientation et une échelle, même approximative.

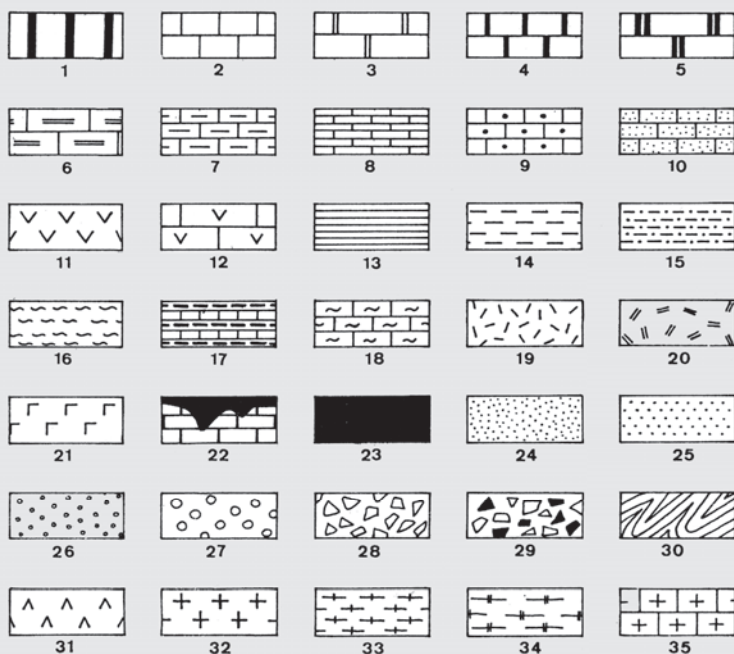


Petite coupe de terrain

Là aussi, ne jamais oublier l'orientation et l'échelle. La position de la coupe (A-B) est repérée sur la figure précédente.

Souvent, un des bords de la colonne indique, par un relief plus ou moins fort, si la couche est dure ou tendre.

Ce type de représentation permet de bien retrouver les niveaux (si l'on a réussi à retrouver l'affleurement). Coupe et colonne stratigraphique sont donc tout à fait complémentaires.

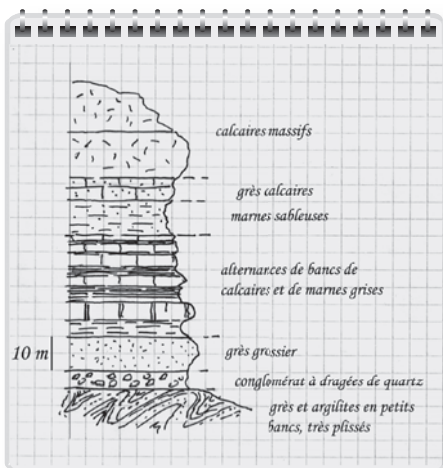


Quelques figurés habituels

Ces exemples sont donnés à titre indicatif.

- 1 à 10 : calcaires (1 à 5, en bancs ; 6, marneux ; 7, à silex ; 8, en plaquettes ; 9, conglomératiques ; 10, gréseux).
- 11 et 12 : dolomie et calcaire dolomitique.
- 13 à 18 : argiles et marnes (15, sableuses ; 17, 18, marno-calcaires).
- 19 et 20 : roches massives (calcaires récifaux, etc.).
- 21 : roches salines.
- 22 : dépôt en poches.
- 23 : couche de faible épaisseur ou d'épaisseur variable (Ex. : Trias).
- 24 à 29 : roches détritiques (24, sables ; 25, grès ; 26 et 27, conglomérats ; 28 et 29, brèches).
- 30 : socles plissés.
- 31 : roches éruptives basiques (basaltes, gabbros, etc.).
- 32 : roches intrusives acides (granites).
- 33 à 35 : roches métamorphiques (33 et 34, schistes cristallins ; 35, calcaires métamorphiques).

Il faut se souvenir qu'en géologie de terrain, la description d'une coupe (et donc la numérotation et le calcul des épaisseurs cumulées de ses couches) **commence toujours par les niveaux les plus bas** car c'est ainsi qu'elle est normalement observée, ce qui est d'ailleurs sauf exception l'ordre chronologique du dépôt. À l'inverse, la description d'une coupe de sondage commence toujours à partir de son sommet, ce qui est l'ordre dans lequel le sondage traverse les formations géologiques.



Colonne stratigraphique

Pour dessiner cette coupe à partir des épaisseurs mesurées sur le terrain, on se guide sur le carroyage du carnet en respectant l'échelle (ici fixée à 5 m par carreau).

Les colonnes stratigraphiques peuvent aussi être décrites, sans donner lieu à un dessin, de la façon suivante, toujours de bas en haut si l'on travaille sur le terrain :

1) 20 cm de calcaire lités, 2) 30 cm d'argiles vertes, 3) etc.

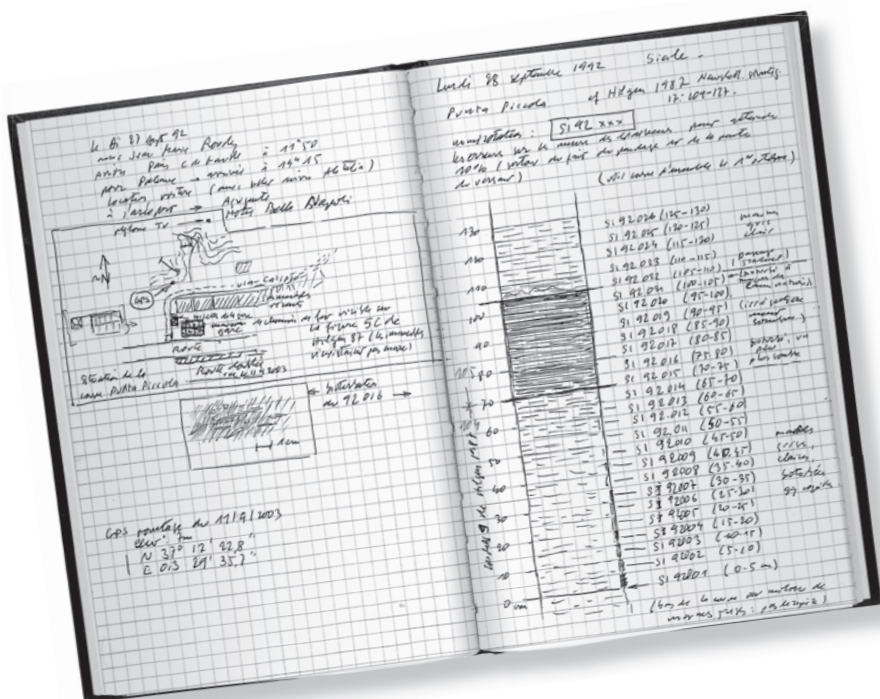
Chacun peut utiliser la méthode qui lui semble la meilleure, l'essentiel étant que les notes soient prises avec soin et précision.

PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS

La valeur d'un échantillon dépend beaucoup de la façon dont il a été prélevé. D'abord il doit être exactement repéré, de telle sorte que l'on puisse revenir sur le terrain et retrouver l'endroit d'où il vient. Ensuite il doit être frais, c'est-à-dire qu'il faut éviter les échantillons trop altérés ; il faudra donc briser les roches résistantes et creuser les roches meubles. À noter que l'on peut, dans les sables, consolider sur place des coquilles trop fragiles pour être extraites entières au moyen de produits en vente chez les naturalistes.

Dans les sites qui ne font pas l'objet d'interdiction de prélèvements, il va de soi que ceux-ci devront cependant être faits avec discrétion. Si

un gisement semblait nouveau et d'un intérêt particulier, notamment s'il s'agissait de vertébrés, il faudrait en faire part à un organisme compétent, par exemple le Muséum national d'histoire naturelle.



Une page de carnet de terrain

La page de gauche donne la situation de la coupe de terrain dessinée sur la page de droite. Cette coupe, à l'échelle, montre la succession des terrains observés, leur nature et la position exacte des échantillons prélevés avec les numéros qui leur ont été affectés (S192001, etc.).

Les échantillons prélevés, affectés d'un numéro, seront repérés sur tous les dessins relatifs aux affleurements, cartes et coupes. Il n'est pas inutile d'en faire la liste au fur et à mesure, en le décrivant en quelques mots ce qui permet d'éviter des confusions ensuite, les numéros s'avérant parfois erronés à l'arrivée. Il n'est pas inutile non plus d'indiquer pourquoi on les prélève, et ce que l'on veut en faire.

Chacun a sa manière de numéroter ses échantillons. Il me semble, à l'usage, que la meilleure est la plus simple : commencer par le numéro 1 et le reste en continuité. Une autre possibilité consiste à les commencer par l'année en cours suivi de trois chiffres, si l'on ne compte pas prélever plus de 999 échantillons (ce qui est déjà beaucoup pour un amateur !) : 08002 pour le deuxième échantillon de 2008 ; 08102, pour le 102^e échantillon de 2008.

COMPORTEMENT ET SÉCURITÉ

Pour se dérouler convenablement, l'activité de terrain doit tenir compte de quelques problèmes particuliers.

L'un d'eux est engendré par le fait que cette activité intrigue. Il est ainsi toujours recommandable d'expliquer aux personnes rencontrées sur le terrain en quoi consiste ce qu'on y fait. Dire, par exemple, que l'on étudie les pierres est généralement suffisant. De nombreux obstacles psychologiques peuvent être ainsi aplanis et d'intéressants contacts noués. On peut, sinon, être soupçonné d'en vouloir aux escargots, aux champignons, aux fruits, aux légumes, ou encore de rechercher métaux ou pétrole. Pire encore, on peut être confondu avec un agent du fisc ou de l'aménagement du territoire, toutes inquiétudes qu'il est bon d'apaiser. Par ailleurs, on se souviendra que, bien souvent, on est amené à pénétrer dans des propriétés et que, même si celles-ci ne sont pas clôturées, le propriétaire peut y trouver à redire.

Un autre problème est posé par les dangers qui peuvent résulter de l'exercice de ces activités. Il est nécessaire d'y veiller, surtout lorsque l'on est en groupe, circonstance où l'attention se relâche souvent ; on peut, par exemple, désigner un responsable de la sécurité. Les visites de carrières, qui demandent souvent autorisation, devront faire l'objet de précautions particulières. Les chutes d'un niveau d'exploitation à un niveau inférieur sont à redouter, par inattention ou du fait de l'effondrement du bord du niveau où l'on se trouve : on s'en écartera donc. Travailler sur un front de taille est dangereux : des blocs peuvent s'en détacher au-dessus de votre tête ; le front de taille lui-même, instable, peut s'écrouler, surtout si on le creuse à son pied. La prudence élémentaire demande donc que l'on évalue d'abord la solidité des roches qui vous dominent et que, au moindre doute, on aille ailleurs. Le creusement de galeries dans le sable est à proscrire absolument, sauf si l'on tient à mourir étouffé par ensevelissement. Les amateurs les plus avisés reliront leur contrat d'assurance pour vérifier qu'ils sont bien couverts.

DE RETOUR À LA MAISON

UN PEU D'ORDRE

Rien ne sert d'avoir fait des observations et des récoltes si l'on n'en tire aucun parti. Aussi, revenu chez soi, doit-on s'en occuper.

Le carnet de notes doit être relu soigneusement pour y éliminer les erreurs, inévitables, comme mauvaises numérotations, localisations ou dates, et rendre lisible ce qui ne l'est pas.

Les échantillons doivent être tirés des sacs. Les fossiles seront nettoyés et brossés, sans toutefois les abîmer. Le mieux, ensuite, est de les ranger dans

des boîtes en carton sans couvercle, traditionnellement nommées « cuvettes » que l'on peut acheter chez les fournisseurs attirés ou fabriquer soi-même. Dans la cuvette, on met d'habitude une étiquette en bristol indiquant le numéro de l'échantillon, la date et le lieu de la récolte et le nom du fossile si on le connaît. Sur le fossile lui-même, on portera le numéro de l'échantillon avec une encre indélébile.



Confection d'une cuvette

Trois étapes de cette confection : 1. dessin de la cuvette ; 2. découpe et collage ; 3. cuvette terminée.

Fossiles

Certains fossiles demandent à être dégagés. On le fera plus tard car cela demande du soin et du temps. Différents procédés peuvent être utilisés. Le plus courant consiste à faire sauter peu à peu la gangue avec de petits burins et un marteau ou des aiguilles d'acier montées dans un manche. Bien se souvenir que le but n'est pas de sculpter un fossile imaginaire, mais de faire apparaître l'original. Pour caler le bloc sur lequel on travaille, et amortir ses vibrations, on peut le poser sur un sac de sable de taille appropriée. Le dégagement peut aussi se faire avec des meules, comme des fraises de dentiste, actionnées par un moteur, mais plus encore qu'avec les burins, on risque de fabriquer des formes artificielles. Il est souvent indispensable de travailler avec des loupes en forme de lunettes. Dans certains cas qui semblent désespérés, lorsque les fossiles sont complètement pris dans une gangue, on peut tenter de les chauffer sur une forte flamme de gaz (par exemple sur un bec Bunsen), bien entendu en les tenant avec une pince métallique, et de les précipiter dans l'eau froide. Cette opération, répétée à plusieurs reprises, provoque parfois la séparation des fossiles et de leur gangue. Ce même procédé est utilisé pour faire se fendre des nummulites selon leur plan équatorial.

Sables

Les sables peuvent être mis dans des boîtes ou des tubes convenablement étiquetés. Pour en observer la composition, il est très recommandé de les tamiser. Il existe pour cela des tamis spéciaux calibrés, assez coûteux mais très solides. On peut aussi en fabriquer soi-même avec du grillage fin, mais

les dimensions de leurs trous seront probablement moins précises. Il est courant que l'on superpose deux ou plusieurs tamis. Par exemple, on peut superposer un tamis avec des trous de 2 mm à un tamis avec des trous de 0,1 mm ; le tamis du bas retiendra alors les éléments de 0,1 à 2 mm, très intéressants à regarder à la loupe et contenant souvent des foraminifères, s'il en existe dans le sable. Les sables se tamisent le plus souvent à sec, mais le même procédé peut être utilisé sous un robinet, cette fois-ci pour tamiser des marnes. Si les marnes ne sont pas indurées, on éliminera de cette façon toute la partie argileuse et la partie carbonatée fine pour ne retenir que ce qui est observable à la loupe. On aura souvent la bonne surprise d'y trouver des microfossiles. Si les marnes sont un peu indurées, on pourra tenter de les faire tremper auparavant dans un détergent concentré.

LOUPE BINOCULAIRE ET MICROSCOPE

La loupe à main, bien utile sur le terrain, peut paraître insuffisante pour regarder des détails de roches, de minéraux ou de fossiles. Pour cela, il faut alors utiliser une loupe binoculaire dont certains modèles sont d'un prix accessible à l'amateur.

Comme son nom l'indique, cet appareil permet d'utiliser les deux yeux, ce qui conserve aux objets leur relief. Il est sur pied, donc stable, et comporte généralement un éclairage électrique. Selon les modèles, on peut faire varier le grossissement en changeant d'objectif ou grâce à un zoom. Des adaptateurs permettent généralement de monter un appareil photo ou un oculaire numérique sur un des deux tubes d'observation ou sur un troisième spécialement conçu à cet effet.

Les microscopes permettent de faire des observations à des grossissements plus élevés que les loupes binoculaires. Mais ils exigent que l'objet soit éclairé par-dessous, donc qu'il soit transparent. Pour rendre une roche transparente, il n'y a qu'un moyen : c'est de l'amincir suffisamment. C'est ce que l'on nomme une lame mince, laquelle n'est rigide que parce qu'elle est collée sur une lame de verre.

Le microscope polarisant

Les géologues professionnels utilisent couramment le microscope polarisant. En plus du microscope ordinaire, il comprend deux filtres polariseurs qui sont situés de part et d'autre de la lame mince observée. Chacun de ces polariseurs ne laisse passer la lumière que dans un plan. En l'absence de préparation, comme, par construction, ces plans sont perpendiculaires, la lumière ne passe pas. Si on introduit, entre ces polariseurs, une lame mince de roche, la lumière sera rétablie du fait des propriétés optiques des cristaux, qui prendront alors des teintes diverses, parfois très spectaculaires, qui peuvent être utilisées pour la détermination de ces minéraux.

POUR ALLER PLUS LOIN

LAMES MINCES

La confection d'une bonne lame mince est en principe une affaire de professionnel entraîné et équipé. Il n'est d'ailleurs pas utile de faire des lames minces de roches magmatiques (comme des granites) ou métamorphiques (comme des gneiss) qui nécessitent l'usage du microscope polarisant. Si l'on a un microscope ordinaire, et qu'on est courageux et habile, on peut cependant tenter d'en confectionner sur des roches sédimentaires, comme des calcaires, au moins si elles contiennent des structures ou des microfossiles intéressants à examiner ou à photographier. On procédera alors de la manière suivante :

1) Confectionner une plaque de roche d'environ 1 à 2 cm au carré, la plus mince possible (2 mm si l'on peut). On peut utiliser pour cela, en mouillant beaucoup, un disque scieur pour les carrelages ou une scie à métaux.

2) Aplanir une face de cette plaque. Les professionnels utilisent pour cela une sorte de meule puis un disque de bronze horizontal tournant à environ 1 tour par seconde sur lequel, après avoir mis de l'abrasif mouillé, ils appliquent la lame.

Si l'on n'a pas cela, on mettra de l'abrasif mouillé sur une dalle de verre épais et, très patiemment, on usera dessus la plaque de roche. On utilisera des abrasifs de plus en plus fins, en prenant soin, à chaque changement d'abrasif, de bien éliminer par lavage toute trace de grains plus grossiers. Les bricoleurs ingénieux trouveront toutes sortes d'astuces pour arriver au bon résultat.

3) Prendre une lame de verre porte-objet et la dépolir à l'abrasif en la frottant sur la dalle de verre.

4) Coller la plaque de roche, côté usé, sur la lame porte-objet, côté dépoli. Pour cela, on pose d'abord plaque de roche et lame porte-objet sur une plaque chauffante portée à une température modérée (50 °C), faces à coller vers le haut. On met une goutte de baume du Canada (ou de résine) sur chacune et on laisse chauffer environ une minute. On prend alors la plaque de roche (avec une petite pince) et on la pose, dans l'autre sens, sur la lame porte-objet, en appuyant pour chasser les bulles d'air. On retire l'ensemble de la plaque chauffante et on laisse refroidir.

5) User la partie visible de la plaque de roche de la même manière que pour le point 2 jusqu'à la rendre transparente : elle sera alors épaisse d'environ 0,3 mm. Bien veiller à garder sur toute la lame une épaisseur

constante. Pour avoir la lame bien en main, on peut coller dessus provisoirement (avec de la cire, par exemple) un petit bloc de verre ou de roche.

6) Coller, au baume ou à la résine, une lamelle couvre-objet sur la roche ainsi usée. Veiller à ne pas emprisonner de bulles d'air.

Si vous arrivez à un bon résultat, bravo ! Ce ne sera probablement pas à votre premier essai.

Noter que l'on peut, par l'intermédiaire de boutiques spécialisées ou d'associations, trouver des moyens de se faire fabriquer des lames minces, ou d'en acheter de toutes faites...

Matériel nécessaire pour la confection d'une lame mince

(en vente dans les magasins spécialisés)

- des lames de verre porte-objet (30 x 45 mm, épaisses de 1,2 à 1,4 mm) ;
- des lamelles couvre-objet (25 x 35 mm, très minces) ;
- des abrasifs en poudre (carborundum, émeri, n° 80, 320 et 600) ;
- une dalle de verre épais bien plane (1 cm au moins, taille non critique, 20 x 20 cm) ;
- du baume du Canada en tube ou une colle en résine (Araldite par exemple) ;
- une plaque chauffante (existe avec un thermostat mais peut être remplacée par une plaque de métal posée sur une cuisinière électrique). La recouvrir de papier d'aluminium pour ne pas la salir.