

ALAIN FOUCAULT

**LE GUIDE
DU GÉOLOGUE
AMATEUR**

4^e édition

DUNOD

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

Illustration de couverture : © Shutterstock/Angelo Ferraris

Direction artistique : Nicolas Wiel

Conception graphique : Pierre-André Gualino

Mise en pages : Yves Tremblay

© Dunod, 2007, 2014, 2020, 2023 pour la présente édition

11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-084856-0

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° 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
Pour aller plus loin	259
Index général	265
Index des minéraux et des roches	269
Index paléontologique	275
Mode d'emploi des QR codes	281

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.

Dans cette nouvelle édition, des QR codes permettent de visualiser des images en couleur de certains fossiles. La liste exhaustive de ces QR codes se trouve en fin d'ouvrage.

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 dénivelés importants, 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 véloce, 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 poreuse, 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 où 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 décinormal). 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 trouer 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 verre 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 (ou celle) qui se verra obligé(e) 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.