



HAL
open science

Découverte de la géologie illustrée par une excursion dans la région de Tarascon-sur-Ariège. 18 novembre 1990

Michel Bakalowicz

► To cite this version:

Michel Bakalowicz. Découverte de la géologie illustrée par une excursion dans la région de Tarascon-sur-Ariège. 18 novembre 1990. Supplément au Bulletin de liaison n°10, 1991. <hal-04682266>

HAL Id: hal-04682266

<https://hal.science/hal-04682266v1>

Submitted on 30 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



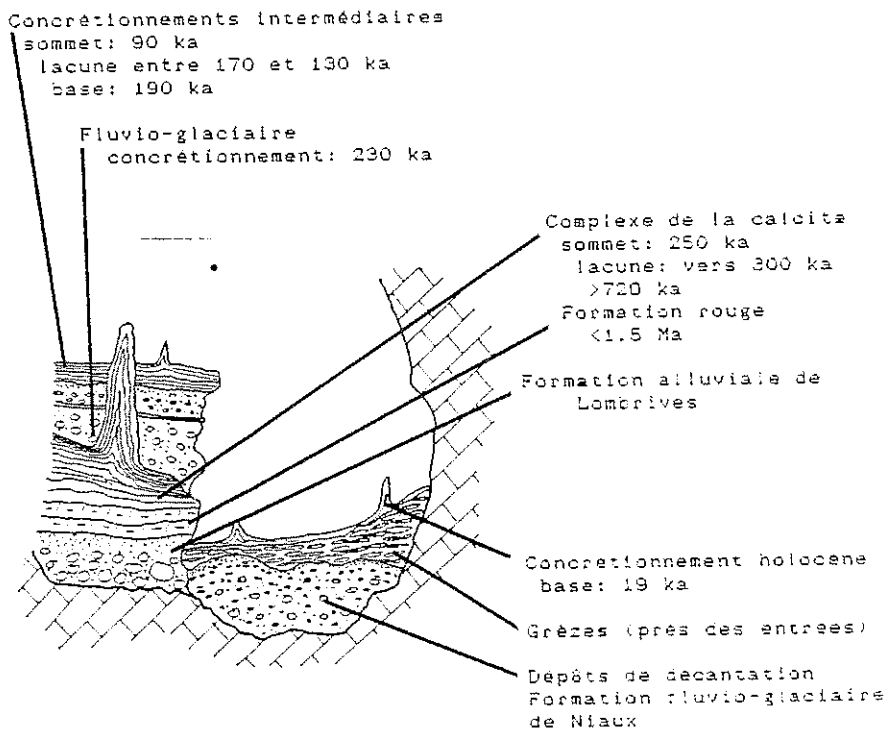
Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

ASSOCIATION DES NATURALISTES

DE L'ARIEGE

DECOUVERTE DE LA GEOLOGIE

illustrée par
une excursion dans la région de Tarascon-sur-Ariège.
18 novembre 1990



Michel BAKALOWICZ

Chargé de Recherches au Laboratoire Souterrain du CNRS
mars 1991

Association des Naturalistes d'Ariège
La Souleille, Clermont, 09420 RIMONT

ADHESION A L'A.N.A.

COTISATION 1991

Le montant de la cotisation 1991 est de 100 F. pour les membres actifs; 50 F. tarif réduit (étudiants, chômeurs); 150 F. familles; Membres bienfaiteurs: 200 F. et plus; Associations: nous consulter.

Les cotisations sont à adresser à:

Lucien GUERBY, 09140 OUST

Disponible à l'A.N.A.

Les commandes sont à adresser à: A.N.A., la Souleille, Clermont, 09420 RIMONT.

BERTRAND, A. (1991). - Les chauves-souris d'Ariège. Les connaître, les protéger. *Mémoires de Biospéologie*, N° hors série, 40 pp. 35.00 F + 3,80 F de port

BERTRAND, A. (1990). - Atlas préliminaire des mammifères d'Ariège. 50 pages. 35 F. + 5 F. port.

BERTRAND, A. et NEBEL, D. (1990). - La migration des oiseaux dans les Pyrénées centrales. Port d'Aula (Ariège), 20 août- 28 octobre 1988. 100 pages. 60 F. port compris

BERTRAND, A. (1991). - La migration post-nuptiale des oiseaux en Ariège en 1990. Port d'Aula et plateau de Beille. 80 F. parution fin avril.

BERTRAND, A. (1991). - Le Desman des Pyrénées. Statut, Ecologie, Conservation. 80 F. Parution fin avril.

BERTRAND, A. et GUERBY, L. (1990). - Inventaires floristiques et faunistiques d'Ariège. Bilan et perspectives. 50 p. 50 F port compris.

Chapitre 1

GENERALITES SUR LA GEOLOGIE

1.1 QU'EST-CE QUE LA GEOLOGIE?

La géologie est la science qui cherche à décrire et à connaître la Terre. D'autres sciences s'intéressent à la Terre, comme l'astronomie ou la géographie. L'astronomie envisage les rapports de la Terre avec le Soleil et le système solaire. La géographie décrit l'aspect naturel de la Terre et s'efforce de l'expliquer. La géographie physique se préoccupe des climats, des eaux et des formes de reliefs; la géographie humaine s'attache à la répartition des hommes et à leurs travaux; la géographie économique étudie les ressources naturelles, agricoles et industrielles, et leur exploitation par les hommes.

Mais cet état actuel de la surface de la Terre est le résultat d'une longue évolution qui s'est déroulée au cours des temps passés. Cette évolution ne peut se comprendre que si l'on connaît la constitution des parties superficielles de l'écorce terrestre et l'action des agents qui ont modifié, au cours des temps géologiques, leur apparence et leur disposition primitives.

1.2 LES BUTS DE LA GEOLOGIE

La géologie a donc pour but l'étude de la constitution de la Terre et des transformations successives de sa surface. c'est-à-dire la reconstitution de son histoire. Le géologue recherche la nature et l'arrangement des matériaux qui constituent notre planète. Ces matériaux sont les roches.

La simple observation de la Terre autour de nous montre que sa surface est sans cesse modifiée. Par exemple, les glaciers usent les hautes montagnes; les cours d'eau creusent des vallées

et emportent vers les océans des sables, des limons et des substances dissoutes. Le long des côtes, les falaises s'écroulent; des plages se construisent ou disparaissent sous les flots; des coraux construisent des récifs. Les volcans provoquent des accumulations de roches, laves ou cendres. La géologie étudie les phénomènes terrestres actuels.

Mais en même temps, par l'étude minutieuse de l'agencement des roches, le géologue essaie de retrouver dans les roches les traces des phénomènes actuels, bien connus: il essaie de reconstituer les phénomènes terrestres passés.

Ainsi, lorsque l'on observe dans la vallée de l'Ariège, entre Foix et Tarascon, les traces de passage de glaciers, comme par exemple des moraines, cela signifie que dans le passé un glacier occupait cette vallée. De même, la présence de roches contenant des fossiles d'organismes marins dans les calcaires autour de Tarascon est la preuve qu'une mer s'étendait, à une époque ancienne, dans cette région.



Chapitre 2

LES MOYENS DE LA GÉOLOGIE

Au contraire des sciences dites exactes, comme la physique ou la chimie, la géologie est une science naturelle qui fait appel à un grand nombre de moyens, dont le principal, qui est la base même de la géologie, est la description du terrain, celle des roches et de leur agencement.

2.1 LA DESCRIPTION DES ROCHES : LA PETROGRAPHIE

Le long de la route de Foix à Tarascon, nous observons différentes roches, que nous pouvons qualifier, dans un premier temps, de façon très simple. Ainsi, au sud de Saint-Antoine (entre le carrefour D 117/RN 20 et le tunnel du chemin de fer), le long de la RN 20, on observe :

- une roche de couleur brun-vert, très altérée, apparemment constituée de plusieurs sortes de minéraux,

- une roche grise à nodules foncés ou rougeâtres, faisant effervescence à l'acide chlorhydrique, qui constitue la falaise au-dessus de la route,

- des couches en alternance serrée, très plissées, les unes noires et résistantes, qui rayent l'acier du couteau, d'autres friables et fragiles, les dernières résistantes, composées d'éléments anguleux cimentés dans une pâte grise et faisant effervescence à l'acide,

- enfin, le long de certaines fractures, des minéraux bien cristallisés, les uns noirs et à l'éclat métallique, les autres jaunâtres et de forte densité.

Les géologues reconnaissent successivement une roche volcanique (une dacite) en dyke (sorte de filon), puis une

ensemble de roches sédimentaires constitué par un calcaire (le célèbre calcaire ou marbre griotte), une alternance de roches siliceuses (des lydiennes), de roches argileuses (des pélites) et de brèches calcaires et enfin, dans les fractures, un oxyde de fer (l'oligiste) et du sulfate de baryum (la barytine).

2.2 L'AGENCEMENT DES ROCHES : LA CARTOGRAPHIE GEOLOGIQUE

Afin de mettre en évidence les relations spatiales entre les différentes roches observées, on reporte leurs limites sur une carte topographique. On affecte à chaque terrain une couleur déterminée, en fonction de sa nature et de son âge. En France, les anciennes cartes, encore en service pour certaines, sont à l'échelle 1:320 000^{ème} ou 1:80 000^{ème}. Les cartes actuelles sont au 1:50 000^{ème}. Il existe enfin une carte géologique de la France et de son plateau continental au 1:1 000 000^{ème}.

Alors que les cartes topographiques représentent la surface du sol et sont donc, de ce fait, une représentation en plan de la réalité, les cartes géologiques s'appuient sur des hypothèses relatives aux relations des terrains dans l'espace. Ces hypothèses concernent aussi bien l'âge des roches que la nature de leurs contacts; des hypothèses s'imposent enfin pour l'extension des roches en profondeur.

De ce fait, une carte géologique n'est jamais un document définitif, en particulier dans les régions montagneuses où l'agencement des terrains peut être parfois extrêmement complexe. Des travaux (carrières, mines, tunnels, galeries ou forages) sont susceptibles d'apporter des informations nouvelles qui amènent le géologue à confirmer son hypothèse ou qui l'obligent à proposer une interprétation différente. Une carte géologique traduit la conception de l'agencement des terrains d'un groupe de géologues.

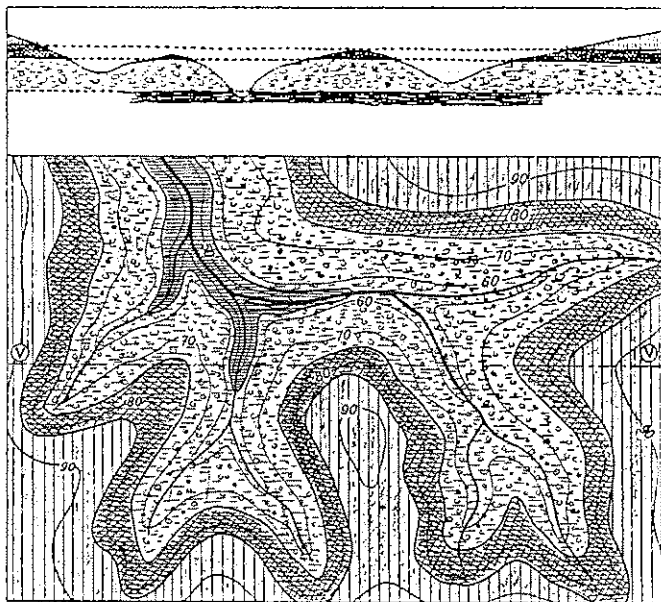


Figure 2.1: Exemple de carte géologique simple et coupe correspondante (d'après A. Bonte, 1962).

2.3 LES PAYSAGES ET LEUR EVOLUTION : LA GEOMORPHOLOGIE

Les continents sont soumis aux agents d'érosion et aux mouvements de l'écorce terrestre qui modifient sans cesse le paysage. Ainsi, au cours du temps, le paysage évolue. Cette évolution permanente préserve en général les marques de processus qui sont intervenus dans le passé; ces marques sont soit des restes de traces d'érosion (anciennes vallées, terrasses, stries glaciaires), soit des dépôts caractéristiques de ces processus (sables éoliens, apportés par les vents, argiles lacustres, cendres volcaniques).

L'étude des paysages et de leur évolution s'appelle la géomorphologie. Bien qu'elle soit traditionnellement rattachée à la géographie, c'est bien une discipline appartenant à la géologie : les principaux caractères des paysages sont d'abord

fixés par l'agencement des terrains, avant d'être modifiés plus ou moins profondément par les phénomènes d'érosion. Ces phénomènes d'érosion sont déterminés à la fois par les conditions climatiques et par les conditions morphologiques.

2.4 L'ÂGE DES ROCHES : LA CHRONOLOGIE

La connaissance de l'agencement des terrains les uns par rapport aux autres s'appuie sur leurs âges respectifs. Ces âges peuvent être définis de façon relative (celui-ci est plus vieux que celui-là) ou de façon absolue (ce terrain est âgé de 255 millions d'années). Le principe de superposition est le principe de base de la géologie; il exprime le fait que le terrain recouvert par un autre est le plus ancien. Nous verrons pourquoi ce principe ne peut pas être universel.

2.4.1 La chronologie relative

En s'appuyant sur le principe de superposition, les premiers géologues ont proposé une suite chronologique des terrains observés. Ils ont utilisé dans ce but des niveaux caractéristiques, soit par leur grande extension, soit par leur nature pétrographique exceptionnelle : ce sont les niveaux repères. Afin d'estimer l'âge des roches, les géologues ont d'abord mesuré le taux de sédimentation actuel dans les zones côtières; en tenant compte de la compaction et de la perte d'eau, ils en vinrent à proposer les durées nécessaires à la sédimentation des différentes roches des Bassins de Paris et de Londres. Il est surprenant de constater que ces estimations ne sont pas si éloignées de la réalité, obtenue par des moyens modernes complexes.

Une seconde approche s'appuie sur la paléontologie, qui est la science s'intéressant aux fossiles et à leur évolution. Les roches sédimentaires contiennent souvent des fossiles, dont les paléontologues montrent, depuis Charles DARWIN, qu'il existe entre eux des relations déterminées par l'évolution des espèces. Alors que certains animaux ont traversé les âges sans subir, ou

presque, de modifications (c'est le cas du Nautilé), d'autres animaux ont subi une évolution très rapide. Ces derniers sont de remarquables marqueurs de l'âge des sédiments.

C'est ainsi que les paléontologues ont proposé de découper les temps géologiques en cinq grandes périodes, les ères. Ce sont :

1°) le Précambrien, ou Protérozoïque; c'est l'ère au cours de laquelle la vie est apparue progressivement. Initialement, il n'était connu aucun fossile, ni aucune marque d'activité d'organismes vivants; mais on en découvre de plus en plus. Au cours de cette ère, se sont mises en place les plus anciennes chaînes de montagnes, qui constituent le noyau des continents, comme le bouclier canadien, une partie de l'Australie et, surtout, le sud de l'Afrique et le Brésil. En France, ces terrains très anciens se rencontrent notamment dans la Montagne Noire et la Bretagne.

2°) le Primaire, ou Paléozoïque; dès le début, les organismes vivants apparaissent très nombreux et très diversifiés dans les formations marines. Le Paléozoïque débute avec un cycle sédimentaire qui s'achève avec la formation de la chaîne calédonienne (Scandinavie, Ecosse); il se termine avec la grande période d'érosion continentale qui suit la mise en place de l'importante chaîne hercynienne (Bretagne, Massif Central, Pyrénées, Vosges). Jusqu'à la fin du Paléozoïque, il n'existe qu'un seul continent, la Pangée. La vie sur le continent (insectes, fougères arborescentes) apparaît et subit une expansion extraordinaire au Carbonifère, au moment des plissements hercyniens.

3°) le Secondaire, ou Mésozoïque; cette ère est marquée par l'éclatement de la Pangée. L'ouverture de l'Atlantique crée la séparation entre les Amériques, l'Eurasie et l'Afrique. La Mésogée est alors le grand océan aux confins de l'Eurasie et de l'Afrique. C'est l'ère des dépôts de carbonates (calcaires et dolomies) sur les plateformes continentales. Dans les océans, les Ammonites (Céphalopodes, voisins des Nautilés) sont caractéristiques de cette ère, de même que les Sauriens (Reptiles dont les Dinosaures sont les plus célèbres), qui ont occupé en outre les airs et les continents. Le Mésozoïque s'achève avec la

disparition brutale non seulement des Ammonites et de la plupart des Sauriens, mais aussi de nombreux autres groupes. Changement de climat dû à l'ouverture de l'Atlantique et au volcanisme associé ou rencontre de la Terre avec une météorite géante? Les théories ne manquent pas, mais n'expliquent pas toutes les données.

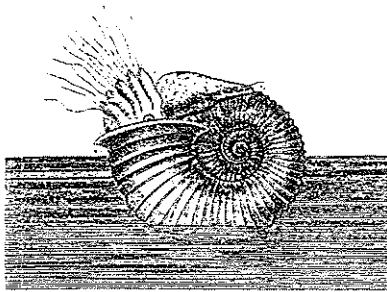


Figure 2.2: Un exemple de fossile : une Ammonite; voisine du Nautilus, l'Ammonite est constituée de loges que l'animal construit et occupe successivement au cours de son développement.

4°) le Tertiaire, ou Cénozoïque; cette ère débute avec les premiers mouvements tectoniques qui aboutiront à la formation des chaînes alpines, depuis les Pyrénées jusqu'à l'Himalaya, depuis l'Alaska jusqu'à la Terre de Feu. C'est l'ère d'expansion des Oiseaux et des Mammifères. Ces derniers font preuve d'un développement extraordinaire de leur système nerveux central, avec les Singes et les Préhominiens.

5°) le Quaternaire; ce n'est pas une ère géologique à proprement parler, mais simplement la fin du Tertiaire. Le Quaternaire correspond en fait à l'apparition de l'Homme et à son développement. Il est caractérisé par un bouleversement climatique : le climat tropical auquel était soumise la planète pendant tout le Secondaire et le Tertiaire se restreint brusquement à une étroite bande proche de l'Equateur; le refroidissement est tel que les pôles se couvrent de calottes glaciaires permanentes et que, périodiquement, l'extension des glaces atteint les moyennes latitudes. Cette situation est comparable à celle qui a régné à la fin de l'Antécambrien et à la fin du Paléozoïque. La partie la plus récente du Quaternaire,

l'Holocène, qui correspond à un réchauffement durable du climat et à l'apparition de l'Homme moderne, est marquée par un nouveau facteur de l'évolution des paysages, de l'environnement et de la Terre elle-même : l'anthropisation. L'Homme est désormais l'un des facteurs déterminant l'évolution des paysages et du climat.

2.4.2 La chronologie absolue : la géochronologie

De nombreuses entorses au principe de superposition ont mis en relief les grandes difficultés d'établir une chronologie relative fiable. Les grandes crises tectoniques, qui ont bouleversé le bon ordonnancement des terrains, ne sont pas la seule cause. L'absence de fossiles d'importantes séries sédimentaires, mais surtout les roches non sédimentaires, d'origine profonde, dépourvues souvent de critère permettant de reconnaître la base et le sommet d'une série, ont poussé les géologues à chercher d'autres indicateurs de l'âge des roches.

Parmi les nombreux informateurs de l'âge des roches, le principal est la radioactivité de certains éléments contenus dans les minéraux. Certains éléments (par exemple le carbone-14, l'uranium-234, le potassium-40 et l'uranium-238) sont caractérisés par un noyau atomique instable qui émet de l'énergie (rayonnements alpha, bêta et gamma) en se modifiant : les atomes radioactifs se transforment en atomes stables, soit directement, comme le carbone-14 et le potassium-40, soit en passant par des intermédiaires eux-mêmes radioactifs, comme l'uranium, qui se transforme en plomb, en passant par des substances comme le thorium, le radium et le radon.

Cette désintégration des noyaux radioactifs suit une loi physique parfaitement connue : la décroissance radioactive est fonction du temps. Chaque élément radioactif possède sa propre constante de temps, exprimée par sa "demi-vie", c'est-à-dire le temps nécessaire pour que la moitié des atomes de l'élément se soient transformés en leurs descendants. Pour le carbone-14, cette constante est de 5730 ans, de 248 000 ans pour l'uranium-234, de 1,25 milliards d'années pour le potassium-40 et de 4,5 milliards d'années pour l'uranium-238.

Le géologue dispose ainsi d'un ensemble de chronomètres qui lui permettent de couvrir toute l'étendue des temps géologiques. Ainsi, on sait désormais que la Terre est âgée d'un peu moins de 5 milliards d'années, que le Protérozoïque a pris fin vers 540 millions d'années (1 million d'années = 1 Ma, Méga annum), le Paléozoïque vers 245 millions, le Mésozoïque vers 85 millions et le Tertiaire vers 1,7 millions d'années (fig.).

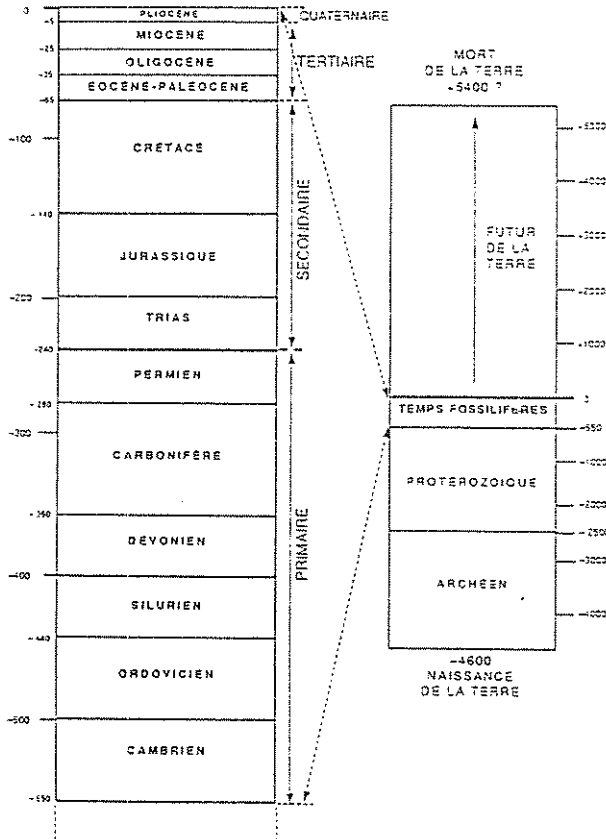


Figure 2.3: Echelle des temps géologiques. Ages en millions d'années (Ma). Les âges des roches vues au cours de l'excursion sont marqués par des flèches. D'après M.Mattauer (1989).

2.5 LES METHODES DE RECONNAISSANCE INDIRECTES : LA GÉOPHYSIQUE

La reconnaissance directe des formations géologiques est faite soit par l'étude de terrain, soit par les puits, par les forages et par tous les ouvrages miniers. Mais, même les plus importants travaux souterrains ne constituent que des "égratignures" à la surface de l'écorce terrestre : les profondeurs atteintes, de quelques milliers de mètres au maximum, sont très faibles, comparées aux quelques dizaines de km d'épaisseur de l'écorce terrestre, bien éloignées à plus forte raison du manteau. En outre, forages et mines ne sont que des points qu'il est bien difficile de relier entre eux, surtout lorsque la géologie est complexe. Tous les géologues rêvent de "voir" les formations géologiques en trois dimensions. Dans ce but, ils ont cherché à utiliser les propriétés physiques des terrains afin de détecter leur présence éventuelle à distance, sous un recouvrement plus ou moins important. Tel est le but de la géophysique.

Les propriétés physiques des roches relèvent de la transmission des vibrations (méthodes sismiques), de courant électrique (méthodes géoélectriques) et des propriétés par rapport au magnétisme (méthodes magnétiques et magnéto-telluriques). Toutes ces méthodes consistent à étudier des phénomènes naturels et la façon dont les terrains les reçoivent et les transmettent. Par exemple, l'étude des séismes a permis de proposer une théorie sur la constitution interne de la Terre.

Malheureusement, les phénomènes naturels, comme les séismes, n'ont pas des caractéristiques constantes, ni dans le temps, ni dans l'espace. Il n'est donc pas possible d'étudier de cette façon la structure géologique détaillée de l'écorce terrestre en tous ses points. C'est pourquoi les méthodes géophysiques ont de plus en plus recours à des phénomènes provoqués. Des séismes sont produits par des tirs de mines, dans des conditions parfaitement contrôlées; un courant électrique est émis entre deux électrodes enfoncées dans le sol. Les effets en sont analysés; ils sont interprétés d'une part en fonction de données expérimentales

recueillies en laboratoire (mesure de la transmission de vibrations dans des échantillons de roches, mesure de la résistance électrique des roches), d'autre part en fonction des observations directes, notamment celles fournies par les forages.

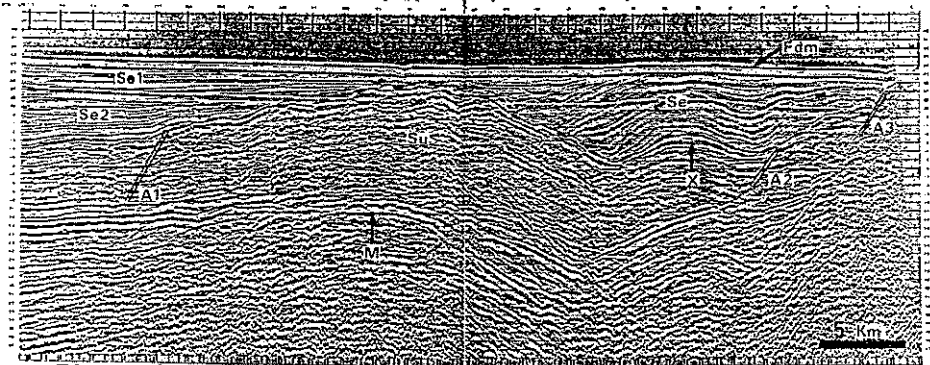


Figure 2.4: Un exemple de profil sismique, d'après J. Brunn (1984). Fdm : fond de la mer; Se : sédiments (Se1, Se2 : horizontaux; Se : à droite, plissés; Su : substratum; A1, A2, A3 : accidents ou failles; M : "multiple", c'est-à-dire réflexion des ondes sur la surface de la mer. L'échelle verticale, donnée en durée du parcours aller et retour depuis la surface, ne peut être transformée en épaisseurs réelles que si l'on connaît les vitesses réelles des ondes dans les couches.

La recherche pétrolière a beaucoup contribué au développement des méthodes géophysiques. En effet, le pétrole est stocké dans des structures géologiques particulières, généralement profondes, que souvent la géologie de terrain ne permet pas de détecter. Ces méthodes ont eu récemment un regain d'intérêt dans la recherche océanographique, où il est très difficile et très coûteux d'entreprendre des forages. Les méthodes sismiques sont bien adaptées, car elles sont mises en oeuvre à partir de navires spéciaux qui effectuent des profils sismiques le long de lignes parallèles. Ces profils présentent en général la même allure que des coupes construites à partir de cartes géologiques.

2.6 LA COMPOSITION CHIMIQUE DES ROCHES ET SON ORIGINE : LA GEOCHIMIE

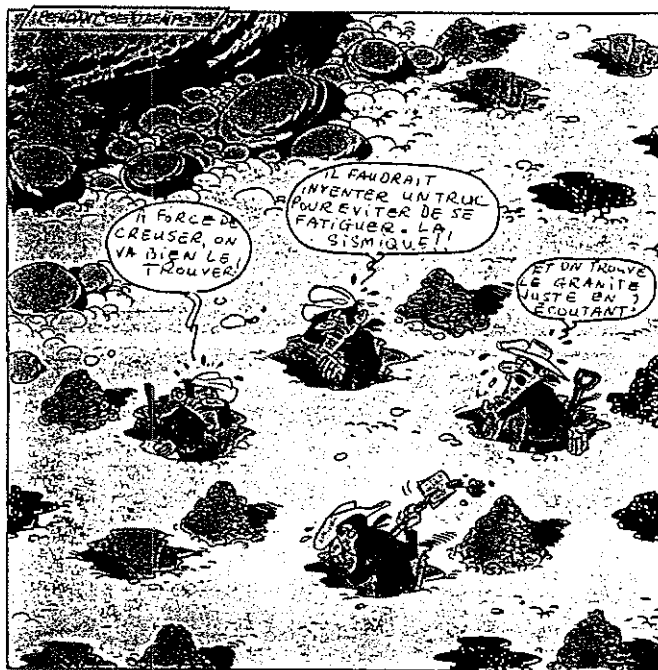
La composition chimique d'une roche est fixée par son origine, par les conditions dans lesquelles elle s'est formée. L'analyse chimique complète des roches permet non seulement de décrire objectivement les roches, par exemple pour les classer les unes par rapport aux autres, mais aussi de reconstituer l'histoire de la roche depuis sa formation jusqu'à son état actuel. Tel est le but de la géochimie.

La géochimie met en oeuvre un appareillage de laboratoire très complexe et très performant. Elle a recours évidemment à la chimie elle-même, à partir de laquelle les spécialistes construisent des modèles tentant de reconstituer la combinaison de tous les éléments chimiques observés, dans les proportions mesurées. Les contraintes de la chimie doivent toujours être associées aux données de terrain pour aboutir à la reconstitution de l'histoire des roches.

Par exemple, les formations géologiques que l'on nomme évaaporites sont constituées de sel gemme (chlorure de sodium) et de gypse (sulfate de calcium) et contiennent aussi des sels de magnésium et de potassium; elles ressemblent étonnamment aux dépôts actuels des salines, sur les côtes méditerranéennes. Ces formations sont très abondantes au Trias (230 Ma, début du Mésozoïque) et au Miocène (15 Ma, fin du Tertiaire); elles sont la preuve qu'à ces époques il existait de vastes lagunes, alimentées épisodiquement par l'océan et soumises à une évaporation intense sous un climat chaud et aride, s'opposant à tout apport d'eau douce.

Un autre exemple peut être pris dans les formations datées du Crétacé terminal, à l'extrême fin du Secondaire. Dans les dépôts océaniques de cette époque, les géochimistes ont découvert des teneurs anormalement élevées en iridium, élément extrêmement rare sur la Terre, mais nettement plus abondant dans certaines météorites. C'est le principal argument sur lequel s'appuie la théorie de la catastrophique rencontre entre la Terre et une météorite géante, à l'origine de bouleversements profonds de

l'environnement; cette catastrophe serait à l'origine de la disparition des grands reptiles et de la plupart des êtres vivants nageant dans les océans.



Chapitre 3

LA DEFORMATION DES ROCHES

3.1 NOTIONS DE BASE DE LA GÉOLOGIE

La géologie s'appuie sur deux principes de base : le principe d'actualisme et celui de superposition. Le principe d'actualisme énonce que les phénomènes qui ont conduit à la formation et à la mise en place des roches sont les mêmes que ceux observés actuellement. Le principe de superposition signifie, nous l'avons vu, qu'une roche récente recouvre une roche plus ancienne.

Ces deux principes sont cependant quelque peu bafoués, essentiellement parce que les repères de temps et d'espace de l'Homme ne s'accordent pas toujours avec ceux de la Terre. Ainsi, l'échelle des temps géologiques a pour unité la dizaine de millions d'années, sur une durée totale de près de 5 milliards d'années. A cette échelle de temps, des roches qui nous paraissent dures et cassantes se comportent, sous l'effet de forces appliquées de façon continue, comme une matière souple, plus ou moins fluide ou élastique.

Quant à l'espace, notre référence est la répartition actuelle des continents et des océans. Or, Wegener, génial précurseur de la théorie de la tectonique des plaques, a été conduit à affirmer, au début du siècle, que les continents n'ont pas toujours été répartis comme actuellement. A partir de l'observation des cartes topographiques et des informations géologiques, il est arrivé à la conclusion que l'Australie, l'Antarctique, l'Afrique du Sud et l'Amérique du Sud avaient constitué, jusqu'au début du Secondaire, un seul continent, le Gondwana; il était raccordé à l'Eurasie, à laquelle était encore attachée l'Amérique du Nord. Ce n'est que récemment, vers 1964,

que les géophysiciens prouvèrent le bien-fondé de cette théorie, en s'appuyant sur les données nouvelles fournies par l'étude du fond des océans.

Ces travaux montrent que l'Océan Atlantique s'est ouvert progressivement depuis moins de 200 millions d'années en provoquant l'ouverture de fractures, au centre de l'Atlantique. Le long de ces fractures s'épanchent des roches volcaniques sous-marines : c'est la ride médio-atlantique. La datation de ces roches volcaniques montre que leur âge est d'autant plus ancien qu'elles sont éloignées de cette ride; c'est ainsi que l'on a mesuré la vitesse d'écartement de l'Amérique par rapport à l'Europe : environ 2 à 3 mètres par siècle, ce qui n'est pas négligeable à l'échelle humaine (fig.).

3.2 LE DEPLACEMENT DES CONTINENTS

Les continents et les fonds océaniques sont soumis à des déplacements considérables et permanents. Les causes de ces déplacements sont à rechercher dans la structure interne de la Terre. Au centre, la graine, solide et de densité très élevée, occupe le coeur du noyau. Ce dernier est entouré d'un ensemble dense et liquide à forte viscosité, le manteau. Sur le manteau, flottent des "radeaux" solides : les plaques, constituées soit de roches océaniques (basaltes océaniques), soit de roches continentales (granites surtout, avec leur couverture sédimentaire). La composition géochimique et minéralogique du manteau est très voisine de roches connues localement, en relation avec des plissements intenses : ce sont les péridotites, roches pauvres en silice, riches en magnésium et en fer. La lherzolite, bien connue tout le long des Pyrénées et décrite à l'étang de Lherz, entre Massat et Vicdessos, fait partie de cette famille de roches, dont elle a l'origine. Le moteur des mouvements des plaques réside dans la production de chaleur interne, à partir des réactions nucléaires dans le noyau de la Terre. Cette chaleur, associée aux fortes pressions dues au poids des roches susjacentes, est responsable du fait que le manteau est constitué de roches, non pas totalement liquides, mais dans

un état pâteux. Dans le manteau se sont établis des courants de convection, semblables à ceux que l'on observe dans une casserole : la température plus élevée au fond qu'à la surface est responsable de ces mouvements; les matières chaudes, moins denses, remontent, se refroidissent et enfin redescendent en constituant des sortes de "rouleaux", entraînant les plaques rigides qui "flottent" en surface. A la verticale de la remontée, les roches tendent à entrer en fusion : c'est là que se placent les grands épanchements volcaniques sous-marins; c'est là que s'appliquent les forces qui écartent les plaques les unes des autres (fig.).

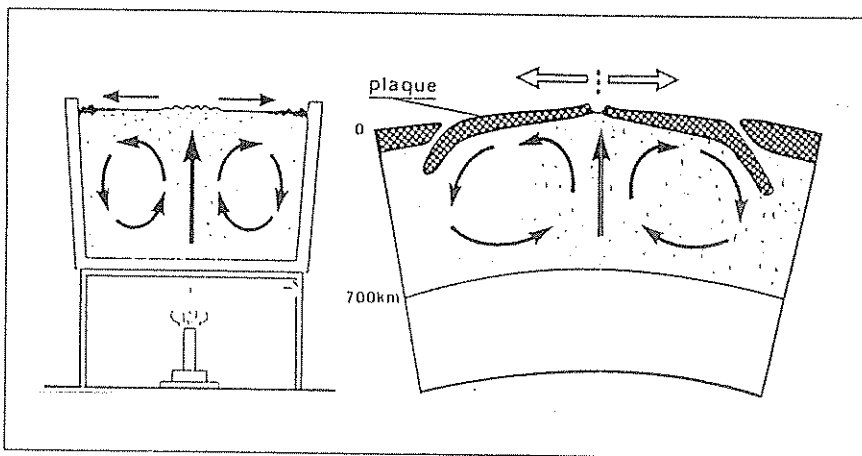


Figure 3.1: Les courants de convection dans le manteau et les mouvements des plaques.

3.3 LES DEFORMATIONS DES ROCHES

Les roches se déforment sous l'effet d'une part de leur accumulation, d'autre part des mouvements propres de l'écorce terrestre. En effet, comme la Terre est sphérique, l'éloignement de plaques en un point implique la rencontre de plaques en d'autres lieux. Ces rencontres se manifestent toujours par un affrontement, par la mise en jeu de forces considérables, pendant des durées longues. C'est à la limite des plaques que se situe la

presque totalité des séismes, qui sont une des expressions de ces affrontements (fig.).

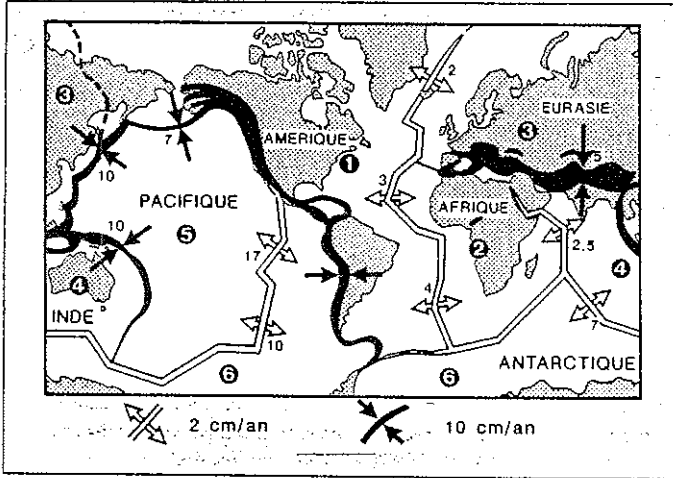


Figure 3.2: Les limites des plaques définies par les épicentres des séismes. D'après M.Mattauer (1989).

Ces affrontements s'expriment aussi par des déformations des plaques. L'ensemble des déformations constitue les chaînes de montagnes. Ces chaînes de montagnes présentent des structures tectoniques (= architectures) différentes, selon la façon dont se sont affrontées les plaques, selon la dimension et la nature de ces plaques. De façon très schématique, les Alpes résulteraient de la rencontre d'une plaque océanique, maintenant presque disparue (la Mésogée, dont la Méditerranée est un reste), avec la plaque eurasiennne. Les Pyrénées auraient été produites par le déplacement coulissant, puis le serrage de la petite plaque ibérique le long de l'immense plaque européenne.

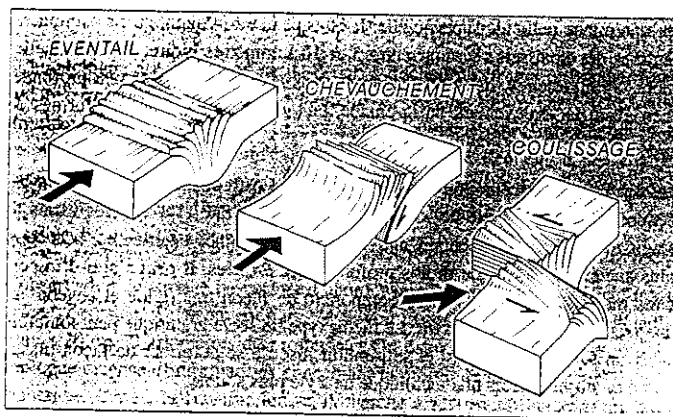


Figure 3.3: Les trois schémas architecturaux des chaînes de montagnes. D'après M. Mattauer (1989).

A l'échelle du massif et de l'affleurement, ces mouvements se traduisent par des déformations des roches. Les unes sont souples : ce sont les plis (fig.); les autres sont cassantes : ce sont les fractures, failles ou diaclases (fig.). La nature des déformations dépend évidemment de la nature des forces en action, mais aussi de la nature des roches.

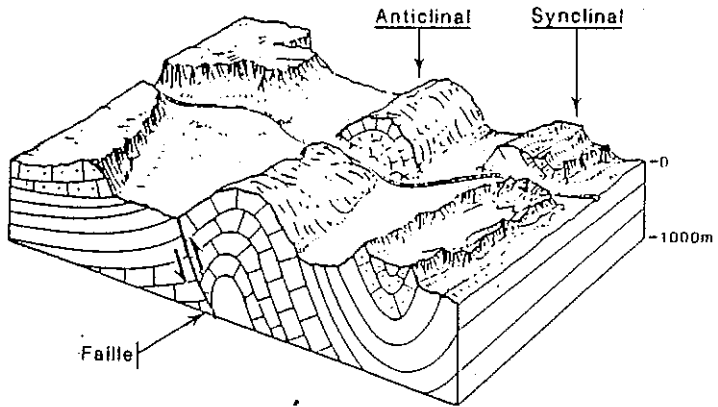


Figure 3.4: Exemple de déformations souples. D'après M.Mattauer (1

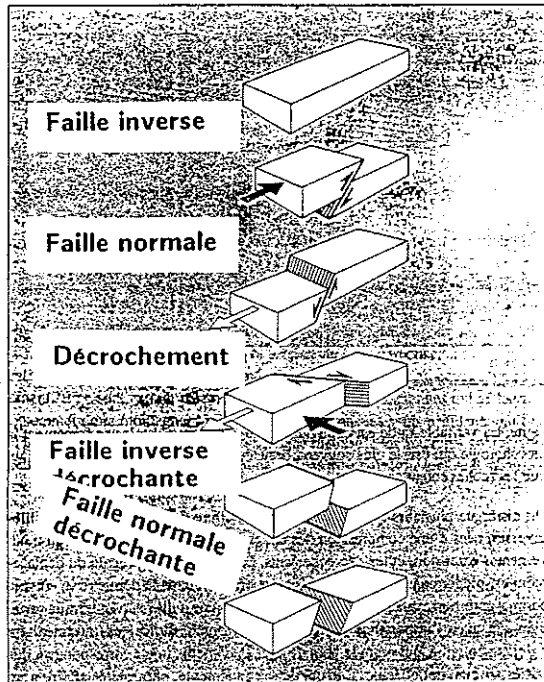


Figure 3.5: Quelques exemples de déformations cassantes des roches. D'après M.Mattauer (1989).

Chapitre 4

LES ROCHES

Les roches peuvent être classées en fonction de leur composition minéralogique ou de leur composition chimique. Il est préférable cependant de se référer à leur origine, c'est-à-dire à leur mode de formation et de dépôt.

4.1 LES DIFFERENTS TYPES DE ROCHES

4.1.1 Les roches sédimentaires

Les roches sédimentaires sont le plus souvent constituées d'un seul minéral. Elles se sont formées par dépôt (= sédimentation) le plus souvent au fond des océans, mais aussi dans les lacs, les lagunes et à la surface des continents. On distingue les sédiments d'origines chimique, biochimique et détritique. Certaines roches peuvent combiner ces trois origines.

4.1.1.1 Les dépôts chimiques

Une réaction chimique provoque l'apparition de certains minéraux. Le départ du gaz carbonique de l'eau, consommé par des algues vertes, provoque une précipitation des carbonates dissous en formant des vases calcaires, à l'origine des roches carbonatées (calcaires, dolomies).

L'évaporation de l'eau dans les lagunes fait apparaître des teneurs très élevées en sels dissous; lorsque ces teneurs atteignent les teneurs limites fixées par les lois de la chimie, ces sels précipitent; tel est le cas des roches salines (gypse, anhydrite, halite ou sel gemme).

Les eaux qui circulent en profondeur se réchauffent et perdent leur oxygène, consommé par certaines réactions chimiques. Des substances, comme les métaux (fer, plomb, zinc), deviennent alors solubles et sont transportées par l'eau, jusqu'à ce que les conditions changent (refroidissement, oxygénation). Il se produit alors une précipitation de sels qui cristallisent en minéraux riches en métaux.

4.1.1.2 Les dépôts biochimiques ou biologiques

Les organismes vivants ont toujours joué un rôle important dans la formation des roches. Les fossiles, parfois tellement abondants qu'ils constituent certaines roches (lumachelles calcaires), ne sont pas la seule forme rencontrée. Toutes les roches carbonées (charbon, lignite, tourbe, pétrole), baptisées maintenant "énergies fossiles", résultent de l'accumulation de débris organiques qui ne se sont pas décomposés en substances minérales.

Les organismes vivants, responsables de ces formations comme ceux qui ont été fossilisés, sont des témoins essentiels de leur milieu de vie; par exemple, les coraux sont caractéristiques d'une mer chaude, sans apports détritiques. De nombreux fossiles sont des marqueurs de leur milieu de vie. Tel est le cas de certaines roches siliceuses (silex, cherts, radiolarites) qui résultent de l'action locale de certains organismes ayant provoqué l'accumulation de silice.

4.1.1.3 Les dépôts détritiques

Les roches détritiques résultent pour la plupart de l'érosion de toutes les autres roches et du transport des résidus de cette érosion. Ce sont les roches argileuses, les sables, les graviers et leurs équivalents consolidés ou cimentés (grès, conglomérat).

Certaines roches résultent enfin de déformations. En effet, toutes les roches peuvent être broyées, puis consolidées par un ciment: ce sont des brèches. On les observe en général le long de failles ou en relation avec des plissements liés à des déplacements importants.

4.1.2 Les roches métamorphiques

L'accumulation des roches sédimentaires dans des bassins océaniques, parfois sur plusieurs milliers de mètres, fait apparaître des conditions nouvelles de pression et de température. Ces conditions nouvelles provoquent la transformation des roches.

Dans une première étape, la diagenèse se produit. Par exemple, le long du littoral, ce sont des vases et des boues qui se déposent. Un compactage est suivi d'une expulsion d'une grande partie de l'eau, puis de la consolidation progressive du sédiment. Dans le cas des roches chimiques ou biochimiques ou de certaines roches détritiques, il se produit la cristallisation d'une pâte qui joue le rôle d'un ciment.

Lorsque la température augmente (en moyenne 3°C tous les 100 mètres, parfois plus dans certaines zones volcaniques ou sismiques), certains minéraux peuvent se transformer. Par exemple, les carbonates (minéraux dérivés du gaz carbonique) se dissocient en gaz carbonique, qui s'échappe, et en un oxyde métallique qui se recombine très vite avec d'autres minéraux. Ainsi, pour la calcite (le carbonate de calcium qui constitue les calcaires), la température critique de dissociation du minéral est de l'ordre de 550°C, température atteinte à plusieurs milliers de mètres de profondeur.

En même temps, la pression joue un rôle considérable. Par exemple, la densité moyenne des roches sédimentaires est 2,7, soit 2,7 kg/dm³ (celle de l'eau est 1 kg/dm³). A 10 000 m de profondeur, la pression est alors d'environ 2700 kg/cm², soit 2700 fois la pression atmosphérique. Sous cette forte pression, la dissociation des minéraux est considérablement facilitée. Ainsi les roches se transforment complètement. Elles perdent leurs caractères initiaux de roches sédimentaires :

-la stratification disparaît et fait place à un feuilletage, perpendiculaire à la direction de la poussée de la pression; ce feuilletage s'appelle la schistosité, dont les schistes et les ardoises sont la meilleure illustration;

-le caractère en général monominéral des roches sédimentaires disparaît du fait du réarrangement chimique et

minéralogique de l'ensemble : il se forme alors une nouvelle roche, appelée roche **métamorphique**.

Cependant, dans une première étape, il ne se produit pas de transformation trop poussée. C'est le cas notamment des marbres. Les marbres sont des calcaires métamorphiques qui ont été simplement soumis à une recristallisation : les cristaux microscopiques de calcite des calcaires sont remplacés par de larges cristaux, comme on peut l'observer dans les marbres de la région d'Aulus ou d'Ax-les-Thermes.

La nature des minéraux et leur agencement permettent de définir différents types de roches métamorphiques. Les plus communes sont les micaschistes et les gneiss. Ces roches contiennent du quartz et des micas; les gneiss contiennent en outre des feldspaths. Toutes ces roches présentent un feuilletage dans lequel alternent en général des lits clairs (quartz, feldspaths) et des lits foncés (micas).

4.1.3 Les roches grenues

L'augmentation de température et de pression est parfois très forte, notamment en relation avec les mouvements tectoniques de mise en place des chaînes de montagnes. Certains minéraux fondent : la roche devient pâteuse et s'homogénéise alors en perdant sa structure feuilletée. Généralement, cette pâte est injectée en partie dans les fissures et les failles des roches qui l'entourent; en se refroidissant, la partie fondue cristallise. C'est ainsi que se forment les **granites** et tous les filons qui les entourent. Mais il existe bien d'autres roches grenues, en fonction de leur composition chimique, liée à celle des roches d'origine, et des conditions de température et de pression responsables de l'apparition ou de la disparition de certains minéraux.

Les massifs anciens des Pyrénées, notamment la zone primaire axiale, constituant la haute chaîne, montrent un assortiment varié de roches métamorphiques et de roches grenues. On peut observer des échantillons de ces roches parmi les graviers et galets des alluvions de l'Ariège et du Vicdessos.

4.1.4 Les roches volcaniques

Il arrive aussi que la température soit telle que tous les minéraux fondent : la roche, assez fluide, peut s'écouler. Elle tend à remonter sous l'effet de la pression. Elle suit les fractures, qu'elle force à s'ouvrir, et elle s'épanche soit à la surface du sol (coulées), soit entre deux couches de roches (dyke, filon). Ce sont les roches volcaniques, dont les basaltes sont les principaux représentants.

Selon la nature des roches entrées en fusion, la composition chimique de la lave peut être très différente. Il existe des roches volcaniques riches en silice, très visqueuses, les rhyolites; elles donnent naissance aussi bien à des coulées de verres volcaniques (l'obsidienne) qu'à des manifestations explosives, quand les gaz sont abondants (ponces).

En se refroidissant, les laves se figent. Il apparait souvent des fentes de retrait, dues à la contraction de la roche. Ce phénomène est à l'origine des orgues basaltiques.



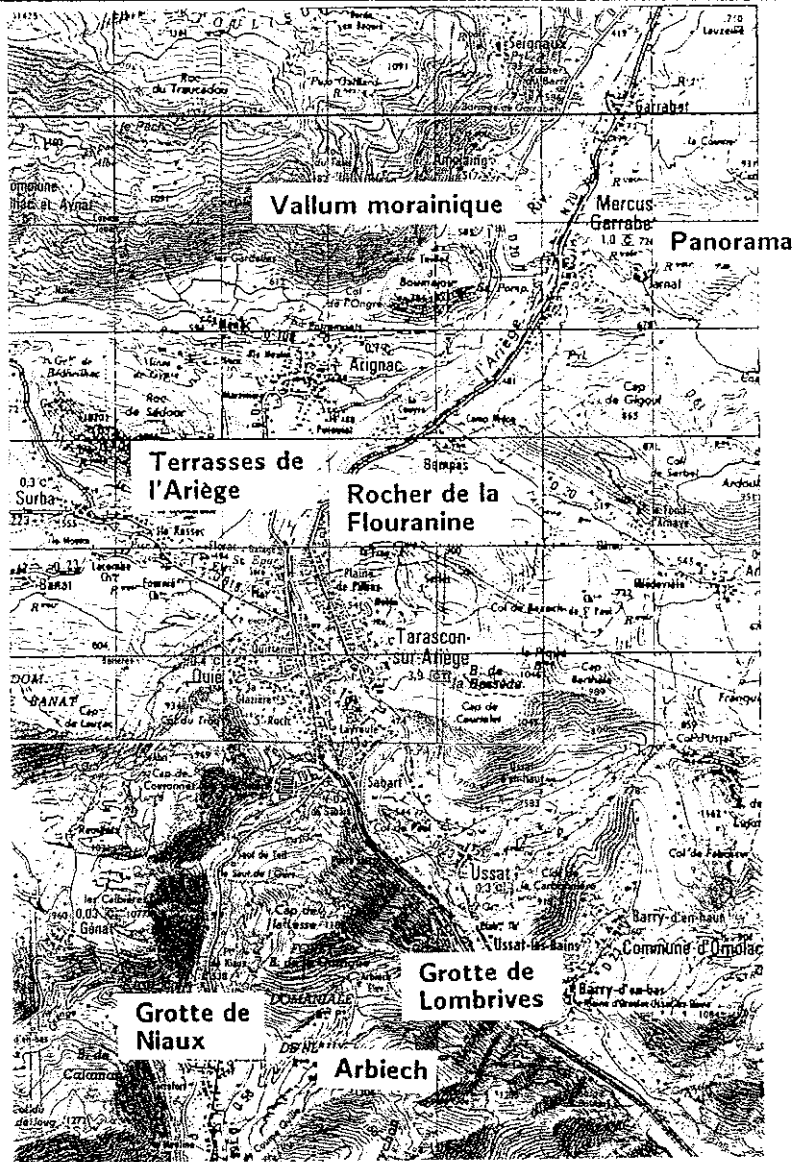


Figure 4.1: La vallée de l'Ariège et la région de Tarascon.

Chapitre 5

UN EXEMPLE : LA GEOLOGIE DE LA REGION DE TARASCON-SUR-ARIEGE

1er ARRET : BOMPAS

Au bord de la RN 20, entre Tarascon-sur-Ariège et Bompas, le rocher de Flouranine est constitué d'une roche composée de lits sombres à biotite (mica) quartz et grenats et de lits clairs à microcline, plagioclases et albite (feldspaths) et quartz. Il s'agit d'une roche métamorphique de type gneiss, qui résulte du métamorphisme d'un granite précambrien (âge > 800 Ma) au cours de la mise en place de la chaîne hercynienne (âge : 330 Ma).

2e ARRET : GARRABET

Depuis l'église et le cimetière de Garrabet, le panorama offre une vue magnifique sur la vallée de l'Ariège. La rive gauche est dominée par le massif de l'Arize; la rive droite par le massif de Saint-Barthélémy. Ce sont des massifs très anciens, constitués de roches grenues (granite), métamorphiques (gneiss, roche de Bompas) et de roches sédimentaires anciennes, comme à proximité de Saint-Antoine, le long de la RN 20 (voir plus haut).

Le fond de la vallée est occupé par des terrasses, dont la surface est parsemée de gros blocs aux formes irrégulières; ces blocs de granite ou de gneiss sont souvent utilisés pour construire les murettes des champs. Le village de Garrabet est situé au sommet d'une côte dissymétrique, le flanc raide vers l'amont. Cette forme s'appuie de part et d'autre de la vallée sur les contreforts rocheux; constituée de sédiments détritiques très hétérogènes (depuis des argiles et des sables jusqu'à des gros blocs) sans stratification bien marquée, ce relief résulte de l'accumulation de débris par un glacier : il s'agit d'un vallum morainique (= moraine frontale), caractéristique d'un temps d'arrêt ou d'avancée d'un glacier (âge probable < 30 000 ans).

Les terrasses, qui constituent les grandes surfaces planes de part et d'autre de l'Ariège, proviennent de l'accumulation de sédiments détritiques (sables et graviers); au contraire de la moraine, des stratifications sont observables, notamment dans la grande carrière en rive gauche, entre Tarascon et Bompas. Il s'agit de dépôts fluvio-glaciaires, provenant de l'érosion de moraines par des torrents, puis de l'accumulation des sables et des graviers dans des zones plus calmes.

3e ARRET : TARASCON

Depuis Tarascon, la vue vers le sud-est fait apparaître le confluent des vallées du Vicdessos, coulant du sud au nord, et de l'Ariège, venant de l'est. La vallée de l'Ariège, large et à fond plat, présente le profil typique en auge d'une vallée glaciaire. Dominant le confluent, le Cap de la Lesse, à l'allure de pyramide, domine l'Ariège de 800 mètres. Cette montagne calcaire appartient à l'ensemble des calcaires de Tarascon, déposés pendant le Secondaire dans un bassin entre des massifs anciens. Elle est parsemée, même à son sommet, des blocs de granite, comme le sont les terrasses de l'Ariège. Ces blocs, observables en détail à la grotte de Niaux, ont été apportés par le glacier qui remplissait en totalité la vallée et recouvrait les sommets environnants. Ce sont des blocs erratiques.

Le bassin de Tarascon est constitué de terrains sédimentaires d'âge secondaire. A la base, le Trias (245 Ma) est formé de **marnes** et de **gypse** (évaaporites); ce gypse est exploité en carrières à Arignac et l'a été à Bédeilhac; c'est ce gypse qui, dissous par les eaux thermales en profondeur, donne aux sources d'Ussat cette minéralisation remarquable. Par cuisson dans des fours, le gypse est transformé en plâtre; ce plâtre est le matériau de base des cloisons préfabriquées Placoplatre à Mercus.

Le Lias (205 Ma), d'abord calcaire, se termine par des **marnes**. Le Jurassique (180 Ma) est représenté par un puissant dépôt de **dolomies** (carbonate de calcium et de magnésium). Au Crétacé inférieur (135 à 108 Ma), se sont déposés les célèbres calcaires **urgoniens**, calcaires coralliens très purs, dans lesquels se développent de nombreuses grottes. Ces calcaires sont recouverts par les **marnes noires** du Crétacé inférieur et moyen

(100 Ma) : ces marnes, qui traduisent un changement de sédimentation, lié aux premiers grands mouvements tectoniques dans les Pyrénées.

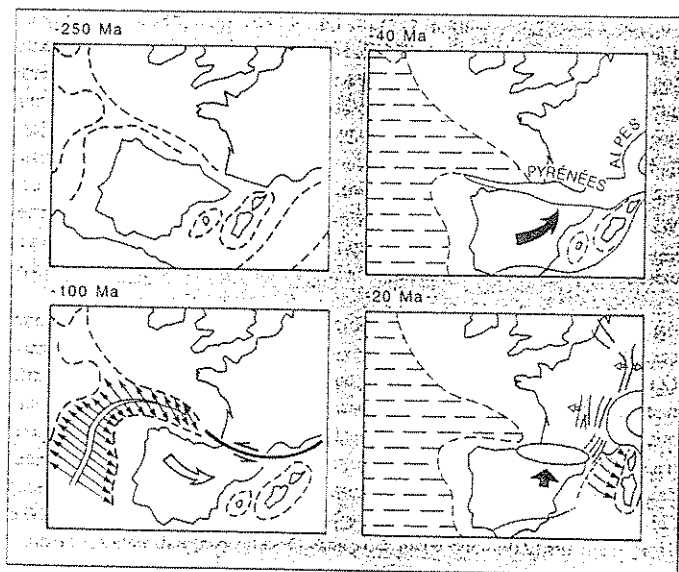


Figure 5.1: L'histoire des Pyrénées en quatre étapes. 1 : le continent initial; 2 : l'ouverture de l'Atlantique et le coulissage de la plaque ibérique; 3 : le déplacement vers la plaque européenne; 4 : le serrage. D'après M.Mattauer (1989).

4e ARRET : AUTOUR DE LA GROTTTE DE NIAUX

Les blocs erratiques de granite, parfois de grande taille, jalonnent les abords de la grotte. Au bord de la route, à la limite du calcaire, sous les grottes, une petite carrière permet d'observer :

- une roche détritique constituée d'éléments anguleux de tailles (du mm au mètre) et d'origines variées : une moraine,
- une roche détritique, constituée d'éléments anguleux calcaires de taille peu variable (quelques cm à quelques dm), présentant un vague arrangement, plus ou moins lité, consolidée en surface par un ciment calcaire : un éboulis de pente, ou grèze.

Ces dépôts témoignent de l'existence dans le passé de la présence d'un glacier, puis, après son retrait, d'un climat très froid responsable de l'éclatement de la roche calcaire.

Enfin, dans la combe d'Arbiech, dominée de part et d'autre par les falaises calcaires, on découvre sous la moraine et les éboulis une roche noire, tendre, à aspect schisteux : les marnes noires de l'Albien (Crétacé inférieur), recouvrant les calcaires.

L'ensemble des formations sédimentaires du Secondaire sont ici fortement plissées en un **synclinal** (gouttière) dont le coeur est occupé par ces marnes noires.

A quelques km à l'est, à Sinsat, dans la vallée de l'Ariège, une faille majeure sépare les terrains secondaires vus à Niaux des roches plus anciennes de la zone axiale pyrénéenne. C'est la Faille Nord-Pyrénéenne, recouverte par les alluvions de l'Ariège. Elle limite vers le nord-ouest l'anticlinal déjeté vers le sud avec pendages verticaux, qui fait suite au synclinal de Niaux. C'est le long de cette faille que l'on observe la lherzolite, roche profonde provenant du manteau (voir plus haut).

Se ARRET : GROTTES DE NIAUX

La visite de la grotte de Niaux permet de faire en quelque sorte la synthèse de tout ce qui vient d'être expliqué à propos de la géologie. En effet, la grotte de Niaux, avec celles de Sabart et de Lombrives, constitue une ancienne liaison hydrologique souterraine entre les vallées de l'Ariège et du Vicdessos. 11 km de galeries sont connus; aucune circulation d'eau, si ce n'est quelques infiltrations, ne les parcourt, car elles sont situées à plus de 100 m au-dessus du fond des vallées (fig.).

En effet, il existe d'abondants dépôts dans la grotte, étudiés aussi par le Laboratoire Souterrain du CNRS. Ces dépôts s'organisent en trois ensembles constitués de la même façon :

-à la base, un sédiment détritique grossier, contenant des blocs peu arrondis de gneiss et de granite, emballés dans et recouverts par des sables et des graviers de même nature;

-un sédiment très fin argileux, peu épais ou même absent,

-un important dépôt chimique de concrétionnement calcaire, avec des stalagmites, parfois de grande taille.

La base de chacun des trois ensembles constitue une surface d'érosion qui peut remanier profondément les dépôts plus anciens. C'est le cas en particulier pour l'ensemble le plus récent.

Les sédiments détritiques sont la preuve qu'à plusieurs reprises une rivière s'est écoulée dans la grotte entre les deux vallées. Cette rivière était alimentée par un glacier, car les sables et les graviers présentent les mêmes caractères que les dépôts morainiques extérieurs. Cette rivière a fonctionné lorsque les glaciers remplissaient les vallées et que les torrents glaciaires, s'écoulant à leur surface, se perdaient dans les grottes. Seuls les sables les plus récents ont un équivalent à l'extérieur, avec les moraines. Les dépôts plus anciens, qui sont ravinés par eux, ne paraissent pas avoir d'équivalents externes.

Les dépôts stalagmitiques sont très intéressants à deux titres. Tout d'abord, on ne connaît pas de dépôts externes qui leur correspondent; leur présence atteste nécessairement qu'il existait de l'eau d'infiltration capable de dissoudre le calcaire, donc que le climat en surface n'était pas très différent de l'actuel. Ces stalagmites se sont donc formées entre les périodes glaciaires. Ensuite, ces dépôts chimiques de carbonate de calcium ont emprisonné des éléments transportés par l'eau, en particulier de l'uranium, en très faibles quantités (0.05 à 0.1 mg par kg de roche). Les dépôts stalagmitiques contiennent donc depuis leur formation des chronomètres. De cette façon, il a été possible de dater ces épisodes au climat tempéré et, par déduction, de dater les épisodes glaciaires. L'histoire de la grotte et de son environnement extérieur a ainsi pu être

reconstituer assez précisément pour les derniers 350 000 ans (350 ka), avec moins de précision jusqu'à 1 Ma.

La figure synthétise les observations et les âges des terrains.

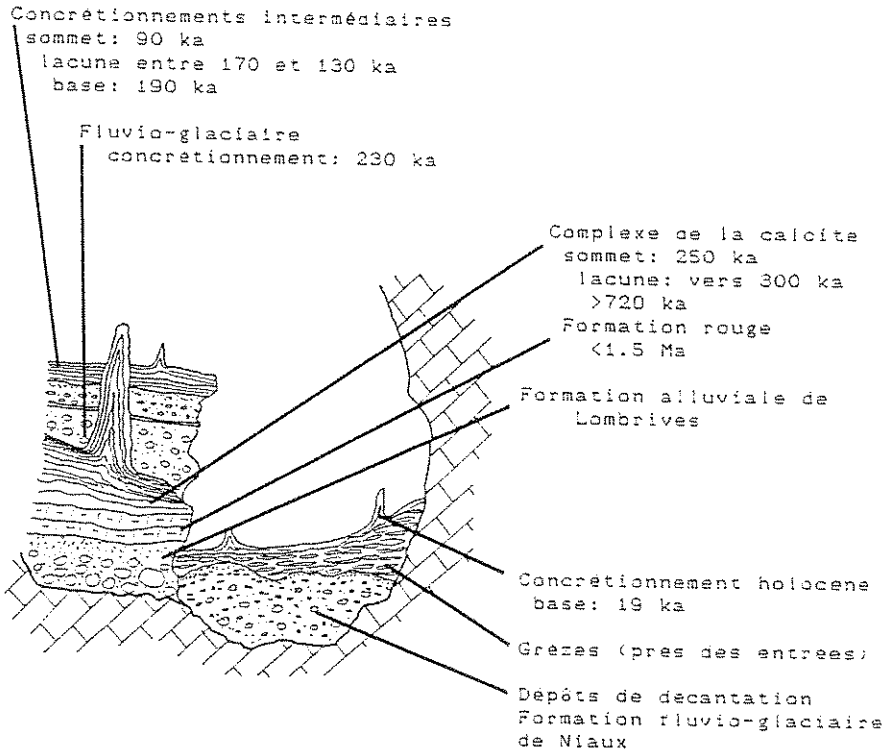


Figure 5.3: Coupe synthétique des formations quaternaires des grottes de Niaux, Lombrives et Sabart (Pyrénées ariégeoises). La chronologie absolue est tirée des datations par la méthode du déséquilibre radioactif Uranium/Thorium.

L'étude des grottes et des sédiments qu'elles contiennent présente un intérêt remarquable. Les grottes conservent mieux que les autres milieux continentaux les témoignages du passé. L'exemple de la grotte de Niaux est une démonstration du rôle conservatoire des grottes. Mais cet exemple nous a aussi permis de retrouver les principes de la géologie : le principe de superposition et le principe d'actualisme.

LECTURES D'ORIENTATIONS

BASSE DE MENORVAL, E. (1959). Les fossiles. Coll. Que sais-je?, P.U.F., n°668.

BONTE, A. (1962). Initiation à la lecture des cartes géologiques.

dans la collection "La Planète Terre", aux Editions Time Life, voir en particulier : Les périodes glaciaires.

BRUNN, J.H. (1980). Découvertes des sciences de la Terre. P.U.F., 279 p.

CAILLEUX, A. (1958). La géologie. Coll. Que sais-je?, P.U.F., n°525.

CAILLEUX, A. (1959). Les roches. Coll. Que sais-je?, P.U.F., n°519.

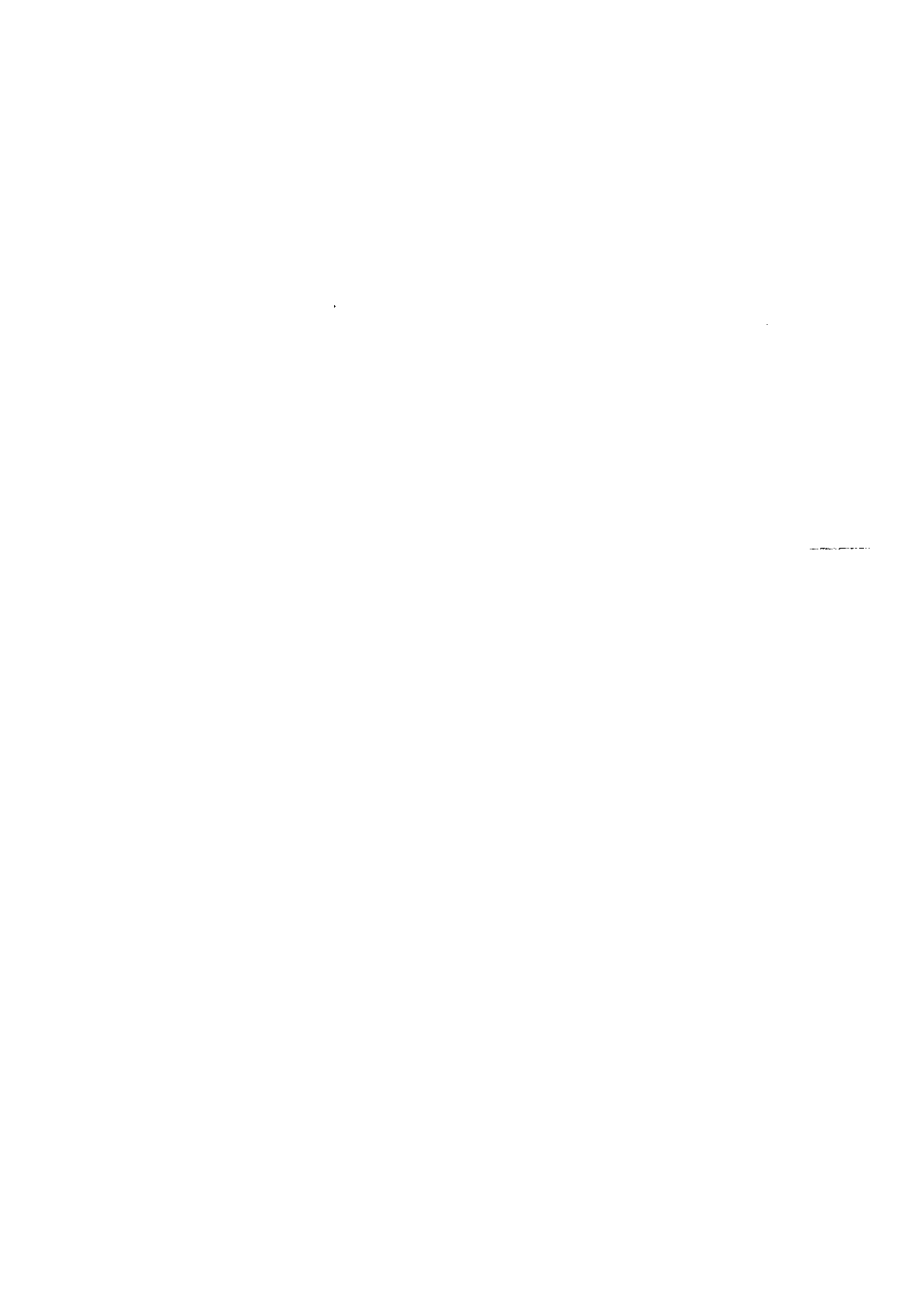
CAILLEUX, A. (1961). Histoire de la géologie. Coll. Que sais-je?, P.U.F., n°962.

GOGUEL, A. (1961). Géologie de la France. Coll. Que sais-je?, P.U.F., n°443.

MATTAUER, M. (1989). Monts et merveilles. Beautés et richesses de la géologie. Hermann, Paris, 267 p.

Collection "Guides géologiques régionaux", Masson, Paris. Voir en particulier le guide "Pyrénées orientales et Corbières", par M. JAFFREZO (1977). Le guide "Pyrénées centrales" est en préparation.





Documents de Mycologie et de Lichénologie d'Ariège Tome 1.
(parution mai), environ 50 pages. 40,00 F. + port

M. BAKALOWICZ (1991). Initiation à la géologie, illustrée
par une sortie dans la région de Tarascon-Sur-Ariège, 18 novembre
1990. Supplément au bulletin de liaison N° 10, 40 pp. 20,00 F. +
3,80 F. de port.

GUERBY, L. et TIEVANT, P. (1990). - Atlas préliminaire des
Orchidées d'Ariège. 40 p. 25 F. + 5 F. port.

.....
N.B.: les deux publications migration 1990 et Desman ont
pris beaucoup de retard. Elles devraient être achevées fin avril.
Merci de votre patience (A.B.).
.....

BULLETINS DE LIAISON: N° 1 à 4: 5 F.; N° 5 à 11: 15 F

ARIEGE NATURE: N° 1 et 2: 60 F.

.....

