

# Évolution des cartes géologiques de la France depuis le début du XIX<sup>e</sup> siècle

Pierre SAVATON (1)

*Evolution in the geological maps of France since the beginning of the XIX century*

Géologie de la France, n° 2, 1999, pp. 65-78, 6 fig.

Mots-clés : Historique, Cartographie, Carte géologique, France.

Key words: History, Cartography, Geological map, France.

## Résumé

*La première carte géologique de la France est incontestablement celle de Dufrénoy et Elie de Beaumont, publiée en 1841. A partir de cette carte, la dimension chronologique va s'affirmer en même temps que les préoccupations d'ordre essentiellement économique vont céder du terrain à la synthèse théorique, reflet des connaissances et des hypothèses d'une époque. La construction de cartes de détail à l'échelle des départements, puis à 1/80 000 et enfin à 1/50 000, traduit l'avancée des connaissances pétrographiques et tectoniques surtout. Les cartes évoluent en précisant l'âge, l'histoire et la structure des roches. La 6<sup>e</sup> édition de la carte à 1/1 000 000 en 1996 marque l'aboutissement de cette évolution vers une codification chronologique systématique qui permet une interprétation en termes de géologie historique.*

## Abstract

*The first geological map of France was incontestably that of Dufrénoy and Elie de Beaumont, published in 1841. Developments from this map were to be an assertion of the chronological dimension and also a change from preoccupations of an essentially economic order to*

*one of theoretical synthesis reflecting the scientific knowledge and theories of an era. The construction of detailed maps at the regional scale of France's Departments, then at 1:80,000 scale and finally at 1:50,000 scale, reflect the advances in petrographic and tectonic knowledge in particular. The maps evolved in indicating the age, history and structure of the rocks. The 6th edition of the Geological Map of France at 1:1 million scale in 1996 marked the outcome of this evolution towards a systematic chronological codification enabling interpretation of the historical geology.*

## Introduction

La carte géologique moderne est née au début du XIX<sup>e</sup> siècle dans un contexte d'inventaire des ressources économiques. Elle est dès son origine une synthèse de préoccupations diverses : minéralogiques, topographiques et chronologiques. Géographique par essence, elle évolue rapidement vers un discours historique, qui en fait sa grande originalité. De la codification des deux dimensions du plan, elle passe rapidement aux quatre dimensions géologiques. C'est l'histoire de cette évolution des cartes papiers qui est ici présentée.

## Naissance de la carte géologique moderne

Guettard (1746), dans son « Mémoire et Carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre » essaie de décrire la répartition géographique de tous les constituants du sous-sol, c'est-à-dire aussi bien les terrains que les fossiles qu'ils renferment. Il ne suit pas la position de Lavoisier, qui se préoccupe déjà de la signification de la superposition des couches (Gohau, 1994). Les deux cartes gravées qui accompagnent ce mémoire font de lui, pour Ellenberger (1994), « l'efficace initiateur européen de la cartographie géologique ».

Elles sont cependant encore loin de nos cartes géologiques actuelles. Sur un fond planimétrique, figurent des symboles « minéralogiques » localisant la présence d'antimoine, d'ardoise, de coquilles ou corps marins, de fontaines pétrifiantes ou de graviers... Ces semis de symboles sont parfois englobés sur la carte dans des « bandes » que Guettard nomme selon la prédominance d'un type de roche : « bandes sablonneuse, marneuse ou métallique ». Ces « bandes » correspondent approximativement aux Tertiaire, Secondaire et Primaire. Sa « carte miné-

Manuscrit reçu le 1<sup>er</sup> avril 1999, accepté le 15 juin 1999.

(1) Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, 2 boulevard Lavoisier 49045 Angers cedex.

ralogique de la France » (Guettard, 1781), publiée en 1784, est construite sur le même principe. Cette absence d'évolution traduit son refus de toute interprétation des observations ponctuelles, de tout essai d'établissement de corrélations entre elles. Ses cartes géologiques ne sont que des recueils géographiques de gisements, aux localisations peu précises. Elles ne permettaient pas de faire avancer les reconstitutions nécessaires à l'histoire géologique. Ce qu'il manque dans leur construction, c'est un choix interprétatif.

En 1771, est publié le « Mémoire sur l'origine et la nature du Basalte... » de Nicolas Desmarest. Il s'accompagne d'une carte topographique et volcanique du massif du Mont-Dore. Cette carte se caractérise par sa fine représentation de la topographie, mais ne renferme pas d'informations sur la nature des terrains. Elle se borne à une étude géomorphologique qui permet toutefois à l'auteur d'aboutir à des conclusions géologiques sur la succession chronologique des coulées.

L'abbé Palassou publie en 1781 un « Essai sur la minéralogie des Monts-Pyrénées » accompagné d'une carte « minéralogique ». Sur la carte, figurent peu de signes minéralogiques, mais l'auteur souligne, par le tracé de lignes, l'alternance dans le plan des gisements de « Schiste ou Terre argileuse » et de « Pierre calcaire ». Cette carte préfigure, en France, les cartes structurales.

Une évolution plus significative est celle qui a consisté à rassembler les terrains en « séries » ou « formations » et à les coder cartographiquement par des couleurs. Ces regroupements traduisent une hiérarchisation des observations de terrains, une organisation des connaissances, une tentative d'élaboration d'un langage descriptif commun. Les relations de superpositions entre ces unités vont introduire dans la carte une signification chronologique qu'elle n'avait pas jusqu'alors. Cette codification naissante qui apparaît dans les cartes allemandes va de paire avec la conception neptuniste de « l'école géognostique allemande » : les roches sont formées successivement au cours du temps, elles proviennent des dépôts successifs de mers anciennes et leur superposition représente autant d'étapes marquantes dans l'histoire géologique. En France, il n'y a guère que l'abbé Giraud Soulavie (1780) qui éta-

blisse à cette époque la relation entre la superposition des roches et la chronologie de leur dépôt. Il fait des choix parmi les informations à cartographier, il interprète, il propose une histoire. Précurseur isolé, il est difficile de dire quelle influence il a pu avoir sur ses successeurs.

Les cartes géognostiques allemandes de la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle ont une préoccupation historique. Les cartes françaises dans le prolongement de l'Atlas minéralogique de Guettard et Monnet, en revanche, n'ont toujours qu'une préoccupation pratique et économique. Elles cherchent à préciser la localisation des minéraux et des matériaux exploitables.

En 1811, Georges Cuvier et Alexandre Brongniart publient un « Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris avec une carte géognostique, et des coupes de terrain ». Cette carte est héritière des influences allemandes : référence est faite à Werner. La table des matières parle de l'énumération, de la « revue géographique des diverses sortes de terrains ou de formations qui constituent le sol des environs de Paris, et des lieux où chacun d'eux peut être observé ». Elle s'appuie sur un fond planimétrique détaillé, dressé à partir des cartes de Cassini, des chasses et de De la Grive et Dom Coutans. Les roches des environs de Paris y sont regroupées en formations, cartographiées en sept couleurs : « terrain de transport et d'atterrissement, terrain lacustre supérieur et meulière, grès et sable supérieurs, gypse, terrain lacustre moyen et calcaire siliceux, calcaire grossier marin, craie ». Les limites des formations restent approximatives : les couleurs ajoutées au pinceau se recouvrent ou s'estompent en périphérie de la carte. Certaines zones sont restées en blanc. Les coupes qui accompagnent la carte sont des constructions intellectuelles et non des coupes naturelles. Elles cherchent, comme le texte et la carte, à traduire deux idées fortes : l'alternance de terrains d'origine marine et d'eau douce, et le renouvellement des faunes d'une formation à une autre. Les épaisseurs des terrains s'appuient sur des mesures de nivellement barométrique. Les principaux fossiles trouvés dans ces formations sont dessinés en planches. Au concept neptuniste de superposition lithologique des couches, vient se substituer le concept de superposition biostratigraphique. C'est la succes-

sion de faunes qui justifie alors la distinction des terrains successifs. Cette carte géologique sans topographie présente déjà les caractéristiques des cartes géologiques modernes qui vont se multiplier au XIX<sup>e</sup> siècle.

En 1816, J. J. D'Omalius d'Halloy publie une « Esquisse d'une Carte Géologique du Bassin de Paris et de quelques contrées voisines » à 1/1 800 000. Il y distingue cinq types de formations. On y constate l'influence de la géognosie allemande. Ses efforts de synthèse et d'abstraction se retrouvent également dans son « Essai d'une carte géologique de la France, des Pays-Bas et de quelques pays voisins... » de 1822. Il distingue alors sept terrains principaux : les terrains « Primordiaux » (le socle hercynien), « Pénéens » (Permien), « Ammonéens » (Trias et Jurassique), « Crétacés », « Mastozootiques » (Tertiaire et Quaternaire) et « Pyroïdes » (volcaniques). Dans les grandes lignes et par le jeu des couleurs, on reconnaît déjà les grandes unités géologiques visibles sur une carte géologique de France moderne (fig. 1).

Cette carte est beaucoup plus moderne que celle de Cuvier et Brongniart ; elle cartographie des terrains qu'elle désigne par une appellation d'âge et non plus par leur unique nature lithologique. Elle supprime également les « blancs », elle exprime un discours plus global, elle cherche à synthétiser un peu plus.

En 1822, le Ministère des Travaux Publics adopte un projet proposé par l'Ecole des Mines : lever une carte géologique de la France à l'échelle du 1/500 000. Le projet élaboré dès 1811 par André Brochant de Villiers, professeur de minéralogie et de géologie à l'Ecole est placé sous sa direction. Sa réalisation est confiée à deux jeunes ingénieurs des Mines, Armand Petit-Dufrénoy et Léonce Elie de Beaumont (1841). Le dessin de la carte est achevé en 1835, mais elle n'est publiée qu'en 1841 (fig. 2). La carte géologique est construite sur une carte planimétrique de la France : de très nombreuses villes, cours d'eau et routes sont indiqués ; des hachures évoquent les reliefs montagneux et délimitent les rivières (elles paraissent toutes encaissées). Les terrains sont regroupés en formations représentées par un code de couleurs et une initiale. Les terrains métamorphisés (« terrains cristallisés vulgairement appelés terrains primitifs »), les





Fig. 1.- Carte géologique de la France, des Pays-Bas et des contrées voisines. D'Omalius d'Halloy J. J., 1822.

Fig. 1.- Geological map of France, Belgium and neighbouring countries - D'Omalius d'Halloy J. J., 1822.

Fig. 2.- Extrait de la carte géologique de la France à 1/500 000. Dufrenoy A. P., Elie de Beaumont L., 1841.

Fig. 2.- Extract from the Geological Map of France at 1:500,000 scale - Dufrenoy A.P., Elie de Beaumont L., 1841.

roches plutoniques et les terrains volcaniques sont également distingués. On remarque la cartographie des granites et syénites comme terrains cristallisés, avec les micaschistes et gneiss, et non avec les roches plutoniques (Diorites et Trapps, Serpentes et Euphotides...). La carte renferme également des indications sur les gisements de minéraux, de minerais, de combustibles, etc. et sur l'emplacement d'usines par des lettres et sigles. Elle concilie la représentation d'unités stratigraphiques et d'unités lithologiques et garde des semis de signes pour la géologie et l'industrie. L'aspect synthétique théorique s'impose par rapport à l'inventaire des ressources exploitables.

La carte géologique de la France de Dufrenoy et Elie de Beaumont est construite par extrapolation d'observations ponctuelles. C'est un choix méthodologique qui la distingue nettement de la carte de Guettard par exemple qui se voulait une somme d'observations, ou de celle encore de Cuvier et Brongniart qui distinguait par un tracé les endroits où des observations avaient été effectuées, des endroits déduits par corrélation. L'établissement de corrélations, la recherche d'une vue synthétique, dirigent la construction de la carte. Il faut savoir se détacher des détails pour construire un tout compréhensible. C'est une carte géologique moderne. Le regroupement des terrains dans un souci chronologique est l'objet principal des recherches, même si cette carte conserve un objectif économique. L'histoire géologique prend la primauté sur la géographie économique.

## Les cartes départementales

En 1835, une circulaire à messieurs les Préfets, de M. Legrand, Conseiller d'Etat et Directeur Général des Ponts-et-Chaussées et des Mines, engage les conseils généraux des départements à dresser et à publier des cartes géologiques départementales, avec l'aide des ingénieurs des mines et des géologues amateurs locaux. Ces cartes doivent venir compléter les levés généraux de la carte géologique de Dufrenoy et Elie de Beaumont, en cours d'exécution.

« Il serait d'une haute importance d'y rattacher dans chaque localité des relevements de détails, et d'obtenir pour chaque département des cartes géologiques topographiques, qui fassent connaître les limites

*des subdivisions des divers terrains, tous leurs contours, leurs accidents locaux, et les variations principales que représentent sur ces divers points les roches qui les composent, et surtout la position et l'étendue de tous les gîtes de substances minérales utilement exploitables.*

*Ces recherches, ou études géologiques particulières, auraient évidemment un immense intérêt ; elles fourniraient une foule d'indications précieuses, non seulement pour le développement de la richesse minérale, mais encore pour l'amélioration, dans un grand nombre de localités, de certains produits agricoles. L'expérience fait chaque jour connaître l'heureuse influence que le mélange du sol d'une contrée avec les substances terreuses qui existent souvent à quelques pieds au dessous, exerce sur les céréales et d'autres produits du règne végétal. Si le hasard a eu quelque fois sa part dans la découverte des gîtes de substances exploitables, il n'en est pas moins certain que la recherche de minerais métalliques, de combustibles, de pierres de construction, d'argiles réfractaires, de chaux hydrauliques, etc., ne peut en général avoir de succès que par une connaissance géologique détaillée des contrées que la nature a pourvues de ces diverses substances. »*

Si l'intérêt scientifique des cartes détaillées est indiqué, c'est avant tout un objectif économique qui les guide. Nous sommes au début du XIX<sup>e</sup> siècle. L'accroissement des richesses, l'amélioration des cultures ne peut s'appuyer que sur la connaissance. Le développement industriel passe par une organisation, une rationalisation de l'implantation des carrières, des mines ou des briqueteries.

L'association d'objectifs scientifiques à des objectifs économiques distingue ce projet de celui de « l'Atlas minéralogique » de Guettard et Monet (1780). C'est par la connaissance géologique théorique, appuyée sur une connaissance géologique détaillée du terrain, que pourront progresser les découvertes de gîtes de substances exploitables. Ce double objectif donné à ces cartes va perdurer avec les tiraillements et oppositions qu'il ne pouvait manquer d'entraîner.

Cette circulaire de M. Legrand vise à généraliser des initiatives jusqu'alors isolées et à faire prendre en charge par les Conseils Généraux la réalisation et la

publication de ces cartes. Elle lance la première couverture géologique détaillée de la France. Ami Boué en 1836 en recense 19, il y en a plus de 75 en 1868 lorsque fut lancée la couverture à 1/80 000.

La plupart de ces cartes sont l'œuvre d'un seul auteur, où sont présentées comme l'étant. Lorsque l'auteur indiqué est ingénieur en chef des Mines, il est fort probable qu'il est coordinateur et non unique auteur. Les auteurs sont essentiellement des ingénieurs des Mines ou des Ponts et Chaussées ; certains sont professeurs d'Universités et Touzé de Longue-mar était capitaine d'Etat-major.

Quelques auteurs ont publié plusieurs cartes, correspondant généralement à une unité géologique plus grande. C'est le cas par exemple d'Eugène de Fourcy, ingénieur du Corps Royal des Mines. En 1836, le conseil général du département des Côtes-du-Nord le charge de lever la carte géologique du département. Elle est tirée à 250 exemplaires en 1843. Son échelle à 1/86 400 est héritée de la carte de Cassini (échelle de 1 ligne pour 100 toises). La carte est établie sur le fond topographique réduit à l'indication des vallées et rivières par des hachures. Chaque commune, symbolisée par un clocher, est figurée, mais aucune route ou chemin ne vient les relier entre elles. Les terrains regroupés en dix formations sont dessinés en couleurs et numérotés de 1 à 10. Les limites « indéfinies » des formations sont représentées par un figuré en pointillés. Les regroupements sont à rapprocher de ceux de la carte de Dufrenoy et Elie de Beaumont à laquelle renvoie d'ailleurs la notice détaillée qui accompagne la carte. Des semis de signes localisent les carrières, forges, hauts fourneaux, fours et filons, mais également les localités fossilifères. On notera enfin des signes semblables à nos actuels signes de pendage, mais légendés : indication de la direction d'une couche ou d'un filon. Le terme de direction est ici à prendre dans le sens de pendage.

L'étude de plusieurs de ces cartes met en évidence l'absence de convention générale, aussi bien dans les choix de l'échelle, des regroupements des terrains, que dans les teintes ou les figurés retenus. Certaines peuvent être considérées comme des cartes détaillées (échelle supérieure ou égale à 1/80 000 : carte géologique du département de la Seine par Delesse, en quatre feuilles à 1/25 000 ; carte géologique de la Seine-et-



Oise par Sénarmont en six feuilles à 1/80 000), d'autres comme des cartes régionales (carte géologique de la Manche par Arcisse de Caumont à 1/182 000 environ). Certaines cartes se contentent d'indiquer les villages, d'autres portent également les limites de cantons et d'arrondissements, les grandes routes et les rivières. C'est le cas par exemple de la carte de la Manche d'Arcisse de Caumont dont le fond est établi d'après Cassini par M. Pin, géomètre du Cadastre. La carte de l'Aisne, par le vicomte d'Archiac (1842) porte même les lignes du chemin de fer et les bois.

L'aspect industriel n'est jamais négligé, allant jusqu'à distinguer parfois les manufactures, fours à chaux, forges, briqueteries, tuileries, fabriques de carreaux, poteries, carrières et autres exploitations. Les gisements de minerais et les filons minéralisés font également l'objet d'une cartographie minutieuse. La carte géologique départementale est un document de recensement économique. Elle rassemble et présente sous forme d'une carte « géographique » les ressources minières et industrielles. Le mémoire qui accompagne la carte renferme parfois une liste alphabétique des communes précisant les ressources de chacune.

L'absence de normes, surtout dans le choix des regroupements de terrains, rend particulièrement difficile la mise en relation de deux cartes de départements limitrophes. La carte géologique départementale est une production qui n'est pas coordonnée au niveau national. Les ingénieurs des mines recevaient un fragment de la carte géologique de France représentant le département qu'ils avaient mission d'explorer géologiquement, mais chacun jouissait par la suite d'une grande liberté de représentation. Les subdivisions des terrains étaient laissées à leur appréciation.

Les cartes départementales enfin ne présentent pas d'indications de relief. Des hachures viennent parfois souligner le tracé des cours d'eau, mais ne rendent pas compte de variations de la topographie. La topographie fine de Nicolas Desmarest n'a pas de successeur dans les cartes départementales. Ces cartes sans reliefs et souvent sans pendages ne permettent pas de raisonner sur la disposition verticale des terrains. Elles ne traduisent pas non plus les hypothèses de leurs auteurs. On voit par là leur faible intérêt pour la réflexion et la

confrontation des idées, interprétations et théories. Elles restent en retrait des débats géologiques. La publication de la carte de détail à 1/80 000 va marquer le déclin des cartes départementales.

### La carte à 1/80 000 : 1868-1968

Dufrénoy et Elie de Beaumont présentent, lors de l'exposition universelle de 1855, un premier essai de cartes géologiques détaillées à 1/80 000, établies à partir des cartes départementales et de divers travaux. Cet essai ne comportait que 20 feuilles. Pour l'exposition universelle de 1867, un service provisoire de la carte a été organisé suivant un projet d'Elie de Beaumont : 62 cartes sont présentées à l'état de minute, elles couvrent le quart nord-est de la France. Le 1<sup>er</sup> octobre 1868, un décret impérial crée le Service de la Carte Géologique et le charge de publier une carte géologique détaillée de la France à l'échelle du 1/80 000. Le service est dirigé par Elie de Beaumont.

« La carte géologique détaillée de la France a pour but de figurer uniformément, pour l'ensemble du pays, la distribution des formations géologiques et des matières utiles, avec le détail que comporte la grande échelle de la carte topographique de l'état-major sur laquelle elle est établie (Service géologique des Mines, 1873). »

Ce qui manquait fondamentalement aux cartes géologiques départementales, c'était une unité. La couverture à 1/80 000 va chercher à atteindre celle-ci autant dans le support topographique que dans le contenu géologique.

« Pour établir un système géologique uniforme susceptible d'être appliqué aux différentes feuilles, on a dû exécuter d'abord en commun les relevés et tracés ; les premières feuilles sont, en conséquence, présentées à titre de travail collectif. Toutefois, on a tenu à marquer dès le début l'adoption du principe de responsabilité personnelle nettement posé dans la carte de l'état-major et qu'il importe de faire également prévaloir dans la publication géologique. Ces notions explicatives ont donc été rédigées et signées par les ingénieurs qui ont été finalement chargés de vérifier les tracés des feuilles correspondantes. »

Chaque carte géologique est l'interprétation, l'organisation, la synthèse d'observations nombreuses et méthodiques. Elle est un reflet du sous-sol, mais également des connaissances et hypothèses de son auteur. C'est une production intellectuelle personnalisée qu'on ne peut pas par conséquent fondre dans l'anonymat d'une entreprise collective. La mise en avant de ce principe de responsabilité personnelle cherche peut-être également à rassurer les auteurs, parfois des personnalités, sur la reconnaissance de leurs droits intellectuels sur la feuille qu'ils lèvent.

La France est ainsi découpée en 267 feuilles. Les premières sont publiées en 1874 (Rouen, Beauvais, Soissons, Evreux, Paris, Meaux...) : la couverture ne s'achève qu'en 1968. Certaines cartes ont été rééditées plusieurs fois, avec ou sans modifications (Meaux, 1874, 1894, 1898, 1940, 1964 ; Clermont, 1888, 1910, 1939, 1962), d'autres sont restées uniques (Bastia, 1909 ; Lorient, 1885).

La carte dite d'Etat-major, qui sert de fond à cette carte géologique, fut réalisée de 1818 à 1878, selon la projection de Bonne, avec un relief représenté par des hachures. Pour la première fois, la carte géologique rassemblait véritablement géologie et relief. Ce support topographique va permettre la réalisation de coupes géologiques ou seulement, parfois, d'esquisses pour les massifs anciens. Il devient possible au géologue, à la lecture de la carte, de produire une information sur la disposition des couches en profondeur. Il est cependant difficile d'établir des profils précis à l'aide des hachures. Ce mode de représentation, s'il facilite la perception immédiate du relief, n'est pas bien adapté à la réalisation de coupes géologiques. La couverture géologique à 1/50 000 en abandonnant les hachures au profit d'une cartographie du relief par courbes de niveau facilita grandement la réalisation de coupes.

Le contenu de la carte à 1/80 000 est précisé et codifié dès l'origine, mais ces règles n'ont pas toujours été observées. Chaque feuille devait comprendre, outre la carte proprement dite avec sa légende géologique générale et sa légende technique, une notice explicative et éventuellement des annexes (planches de coupes longitudinales, sections verticales, perspectives photographiques). Il était prévu des *Cahiers*

*d'explications* qui devaient renfermer, la notice explicative et le texte des planches annexes, ainsi qu'un répertoire par canton et par commune, comportant tous les détails scientifiques et techniques qui dépassaient le cadre de la notice. Il semble qu'aucun cahier n'ait été édité. Quant aux annexes, publiées avec les premières cartes (Neufchâtel, Rouen, Evreux, Beauvais, Paris, Meaux, Gray, Foix), « elles n'ont pas été bien accueillies dans le monde des géologues (Bonte, 1945). »

La légende géologique qui figure en marge est désormais bien codifiée. Des teintes et notations ont été fixées pour assurer une homogénéité à la couverture. Un véritable souci d'esthétisme se fait sentir, mais c'est avant tout la facilité de lecture qui est recherchée. Les terrains d'un même étage sont représentés par des couleurs voisines (introduction des dégradés de couleurs), les formations repères peu épaisses sont figurées par des teintes tranchées, les terrains métamorphiques sont marqués par des hachures en surcharge, les roches éruptives sont en teintes vives. Les teintes sont complétées par des notations conventionnelles. Pour les formations superficielles, en revanche, aucune convention n'est fixée. La désignation des roches éruptives, qui s'appuie sur des lettres grecques affectées d'indices et d'exposants, n'est guère homogène non plus. D'une carte à une autre, d'un auteur à un autre, la même lettre peut indiquer des roches différentes. La combinaison des lettres grecques avec indices et exposants atteint un niveau de complexité (surtout pour les roches métamorphiques) qui en rend la lecture bien difficile. Au fur et à mesure de l'avancée des connaissances pétrographiques, de nouvelles combinaisons sont apparues et des majuscules romaines ont été ajoutées. A l'origine, il était prévu d'indiquer les formations cachées sous une couche superficielle figurée (Bonte, 1945). Cette proposition n'a semble-t-il pas été suivie.

Notons, au sujet du choix des teintes, une critique pratique faite par de Launay (1926). S'il reconnaît l'utilité de teintes de nuances voisines pour les cartes générales, il est en revanche d'un avis contraire pour la carte à 1/80 000. « Les terrains très dissimilaires se distinguent si aisément les uns des autres dans la nature qu'on pourrait presque les teinter de même sans inconvénient ; ce qu'il importe d'éviter, ce sont les confusions entre terrains analogues et d'âge

voisin ; celui qui se sert de la carte sur le terrain attache fort peu d'importance à ce que l'effet général de la publication présente une certaine harmonie de couleurs, à l'occasion de laquelle se révèle parfois, chez les géologues de cabinet, un effort inattendu vers le goût artistique : ce qu'il désire, c'est de ne pas hésiter entre des nuances de jaune, de bleu ou de vert, qui une fois passées au soleil, risquent de se confondre toutes les unes dans les autres. »

Des informations tectoniques paraissent dorénavant sur la carte. Ainsi sont indiqués par des signes conventionnels les axes de plis anticlinaux et synclinaux, mais également « les flexures et renversements ». Les actuels figurés de pendage font leur apparition. Des failles sont indiquées : certains auteurs distinguent par des barbules, des « failles d'effondrement et des failles de recouvrement ». Cette cartographie d'éléments tectoniques est une grande nouveauté, la carte de détail est beaucoup plus riche d'informations que les cartes qui l'ont précédée.

Au bas de chaque feuille est placée une légende technique. Elle indique au moyen de signes (persistance des notations par semis de signes) les principaux gisements de substances utiles, les carrières, les galeries de mines, les tuileries, fours à chaux...

La classification des substances minérales prévoyait à l'origine de les regrouper selon six domaines d'utilisation : Agriculture et Hygiène, Chauffage et Eclairage, Arts céramiques et chimiques, Métallurgie, Arts de construction, Arts mécaniques et décoratifs. En additionnant les signes d'extraction et ceux des substances minérales, on arrive à près de 1114 signes différents. On imagine aisément la difficulté qui aurait résulté d'un tel codage, impossible non seulement à mémoriser, mais également à reconnaître sur la carte. Une partie seulement de ces signes semble avoir été utilisée.

Cet excessif codage traduit la préoccupation que la carte soit un répertoire géographique de toutes les ressources intéressant aussi bien le monde de l'industrie, que celui de l'agriculture et de l'administration. On est loin ici de la théorie et de la recherche des lois géologiques générales. Parallèlement pourtant, les informations tectoniques, pétrographiques et stratigraphiques sont aussi beaucoup plus nombreuses. La carte de

détails porte la marque des théories du moment. La conciliation de tant d'informations reste encore aujourd'hui cette introuvable quadrature du cercle.

La notice explicative décrit sommairement (en six feuillets souvent entoilés de part et d'autre de la carte) chacun des terrains représentés. Pour les étages, sont précisés les successions stratigraphiques, les faciès, les faunes et les flores caractéristiques. Suivent des descriptions pétrographiques et l'indication des substances minérales utiles. Des éléments de paléogéographie, de tectonique, d'hydrologie ou des indications sur les cultures peuvent également être fournis. Ces cartes sont souvent accompagnées de mémoires descriptifs, qui paraissent dans le Bulletin ou les Mémoires du Service de la Carte Géologique. En 1841, débutaient les *Mémoires pour servir à l'Explication de la Carte géologique détaillée de la France*, avec le texte explicatif annexé à la Carte géologique de la France à 1/500 000 de Dufrenoy et Elie de Beaumont. Le *Bulletin des Services de la Carte géologique et des Topographies souterraines* paraît dès 1889, sous forme de fascicules, numérotés dans l'ordre de publication et ayant trait chacun à un problème particulier ou à des questions d'ordre général. A partir de 1893, l'un des fascicules est consacré annuellement, sous le titre de Comptes rendus des Collaborateurs, à des notes préliminaires sur les tournées effectuées durant la campagne précédente. Le Service des Topographies Souterraines publie à partir de 1836 une série de mémoires intitulés *Etudes des Gîtes minéraux de la France*. Ce service est rattaché en 1877 au Service de la Carte Géologique. Ces publications sont généralement illustrées de cartes et de coupes, en noir ou en couleurs, de dessins de fossiles, de lames minces et même parfois de photographies de paysages panoramiques et de carrières.

L'avertissement relatif à la carte géologique détaillée à 1/80 000 prévoyait en 1874 de dresser une carte géologique réduite et une carte d'ensemble à 1/1 000 000. La première feuille à 1/320 000 est éditée en 1892, il s'agit de celle de Paris. Sur les 21 prévues, il n'y en a que 9 d'éditions en 1937, lors de la première réédition de celle de Paris. La couverture à 1/320 000 a été établie essentiellement à partir des feuilles à 1/80 000 (par report des tracés et harmonisation). Le change-

ment d'échelle nécessitait bien sûr des simplifications ; elles consistent essentiellement en un regroupement d'étages et une disparition des formations superficielles. Le tracé épuré, sans relief, facilite la lecture des structures régionales. Cette couverture était destinée à des travaux à l'échelle régionale : elle devait permettre de produire un discours à l'échelle des grandes unités géologiques. Les teintes choisies pour représenter les différents systèmes sont communes à toute la France. Leur légende est en revanche totalement différente de la carte à 1/80 000 et des premières éditions de la carte à 1/1 000 000.

### La carte à 1/1 000 000 : 1889-1968

A la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la carte géologique générale de la France de Dufrénoy et Elie de Beaumont ne figure plus l'état des connaissances géologiques du moment, malgré sa révision en 1870. Le lever de la carte de détail à 1/80 000 a considérablement amélioré les connaissances : une nouvelle carte générale est nécessaire.

De 1885 à 1889, L. Carez et G. Vasseur publient une « Carte géologique de la France à 1/500 000 sur la carte chorographique du Dépôt des Fortifications ». Elle se présente en 48 feuilles dont trois sont consacrées à la légende. Les tracés sont très détaillés et l'esthétisme de la carte est remarquable (fig. 3). Les terrains stratigraphiques sont codés à l'aide de 46 couleurs (les couleurs d'un même système sont des dégradés d'une même teinte) et les roches éruptives par six couleurs. Le risque de confusion est réduit par l'ajout d'un codage des terrains par lettres et chiffres. Beaucoup plus moderne dans le tracé et le codage que celle de leurs illustres prédécesseurs, sa diffusion réduite en fait presque une inconnue. Ses auteurs participeront à la deuxième édition de la carte à 1/1 000 000, en 1905.

La 1<sup>ère</sup> édition (Jacquot, Michel-Levy *et al.*, 1889) de la carte à 1/1 000 000 remonte à 1889. Elle est exécutée par le Service de la Carte, alors sous la direction de Jacquot successeur à ce poste d'Elie de Beaumont (fig. 4). Elle emprunte bien sûr à celle de 1841, mais s'appuie surtout sur les premières feuilles de la carte à 1/80 000 (près d'une centaine était parue à cette date), sur des travaux locaux et sur

les cartes départementales. Prévue dès la création du Service en 1868, sa réalisation ne commença qu'en 1883, hâtée par la participation de la France à l'établissement de la Carte géologique internationale de l'Europe à 1/1 500 000, décidée au Congrès de Bologne en 1881. La partie française de cette carte ne devait normalement paraître qu'en 1894 et 1895, mais la carte étant prête dès 1888, il fut décidé de la publier à l'échelle de 1/1 000 000 dès 1889.

Les terrains sont en couleurs et numérotés de 1 à 39. La correspondance avec la légende du 1/80 000 est précisée sur la carte. Sont distingués des terrains sédimentaires et cristallophylliens, et des roches éruptives, acides, intermédiaires et basiques. La distinction en trois types de roches se confirme. Le terme de « Terrains cristallisés » de la carte de Dufrénoy et Elie de Beaumont regroupait des mica-schistes, gneiss, granites et syénites. Ici, « Terrains cristallophylliens » prend le sens de roches métamorphiques. La légende y regroupe les schistes, mica-schistes, gneiss, leptynites, amphibolites, pyroxénites et serpentines.

Les granites et syénites sont reconnus comme issus de la cristallisation d'un magma et sont désormais légendés comme roches éruptives. Curieusement on trouve le terme de serpentines aussi bien dans les terrains cristallophylliens, que dans les roches éruptives basiques.

La carte introduit des éléments de chronologie dans ces unités lithologiques. C'est une nouveauté importante par rapport à la carte de 1841. Elle confirme la priorité cartographique accordée à la chronologie. Trois générations de basaltes, labradorites, trachytes et andésites sont distinguées. Cette carte ne figure pas d'informations tectoniques, alors qu'elles existent sur les feuilles à 1/80 000. C'est typiquement une carte pour un discours chronologique et géographique sur la géologie de la France. La Corse (Rossi, 1996) est placée en encart en Méditerranée, contre la côte niçoise : elle ne prendra sa place véritable qu'en 1980 avec l'édition à 1/1 500 000.

La 2<sup>e</sup> édition (Michel-Levy, Termier, *et al.*, 1905) est publiée en 1905, sous la direction d'Auguste Michel-Lévy (Pierre Termier était son adjoint). Elle présente bien des modifications par rapport à la première. Les terrains sont toujours repré-

sentés par des teintes et numérotés, mais l'ordre des terrains sédimentaires est inverse de celui de la 1<sup>ère</sup> édition : l'Archéen et le Précambrien, qui font leur apparition, sont respectivement notés 1 et 2. Les teintes sont modifiées, pour se rapprocher de celles de la Carte géologique internationale de l'Europe. Les roches éruptives sont désignées par des lettres grecques, comme pour la carte détaillée et l'échelle régionale, mais les significations sont différentes. L'âge de ces roches est précisé par un indice : six groupes d'âge sont distingués. Le codage des roches métamorphiques est également changé. Des contours géologiques sont corrigés et les principaux accidents tectoniques sont figurés. Cette nouvelle édition s'appuie beaucoup plus, malgré les différences de codage, sur la carte à 1/80 000 (212 feuilles sont alors publiées) (fig. 5).

La 3<sup>e</sup> édition de 1933 est une mise à jour par E. Raguin de l'édition précédente, sous la direction de L. de Launay. La couverture à 1/80 000 est alors quasiment achevée : 248 feuilles sur les 255 ont été publiées, plus de 40 en sont à la 2<sup>e</sup> édition, et 4 à la 3<sup>e</sup> édition.

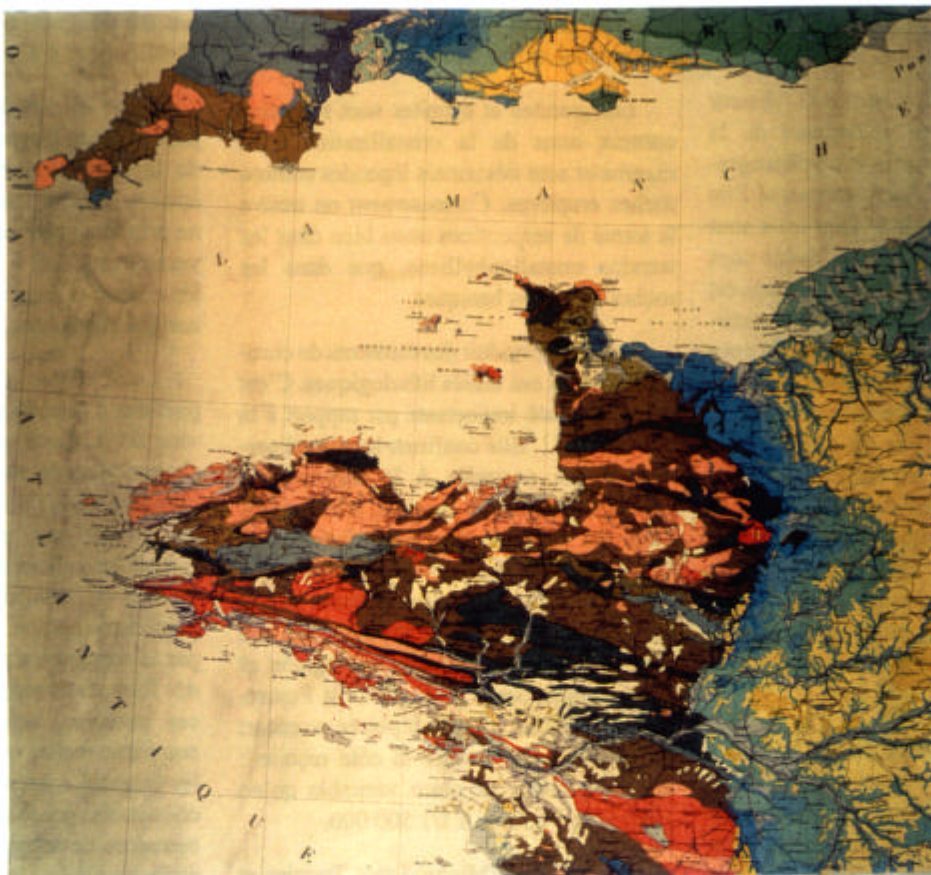
La 4<sup>e</sup> édition de 1955 est une mise à jour par Jean Goguel, directeur du Service de la Carte. La précédente édition étant épuisée, une réédition était nécessaire. Elle ne présente guère de changements. La couverture de détail à 1/50 000 avançait trop lentement, et dans le désordre, pour entraîner des corrections.

La 5<sup>e</sup> édition (Goguel *et al.*, 1968) est publiée, à l'occasion du centenaire du Service de la Carte géologique (fig. 6). Elle s'appuie encore essentiellement sur la couverture à 1/80 000. C'est une nouvelle carte et non pas une mise à jour. Un simple regard sur celle-ci suffit pour s'apercevoir qu'elle est beaucoup plus lisible que la précédente édition. Ceci s'explique surtout par la suppression sur la carte des numéros des formations sédimentaires. A la place de ces numéros, sont indiquées les lettres conventionnelles qui désignent dorénavant les étages. Ce nouveau marquage est beaucoup moins dense que le semis de plusieurs centaines de numéros qui le précédait. La carte est plus « aérée ». La typographie est également simplifiée et imprimée en bistre et en gris clair. Jusque-là elle l'était en noir. Le tracé des principales routes a disparu. Ces modifications, essentiellement sur la forme il est vrai, en facilitant la lec-





3

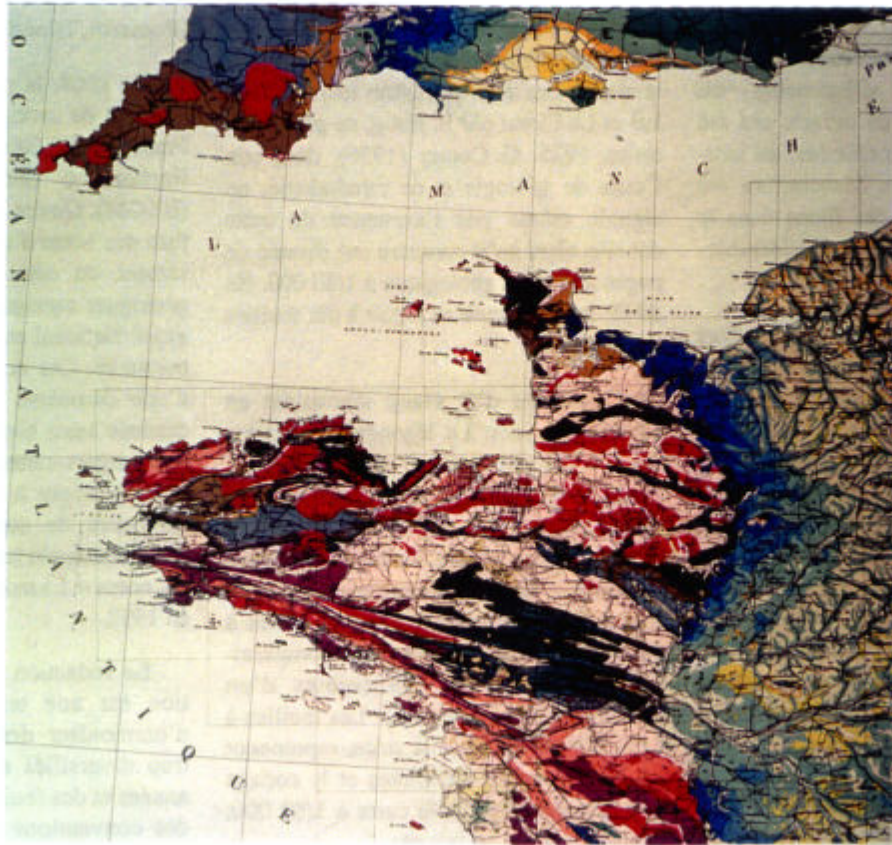


4

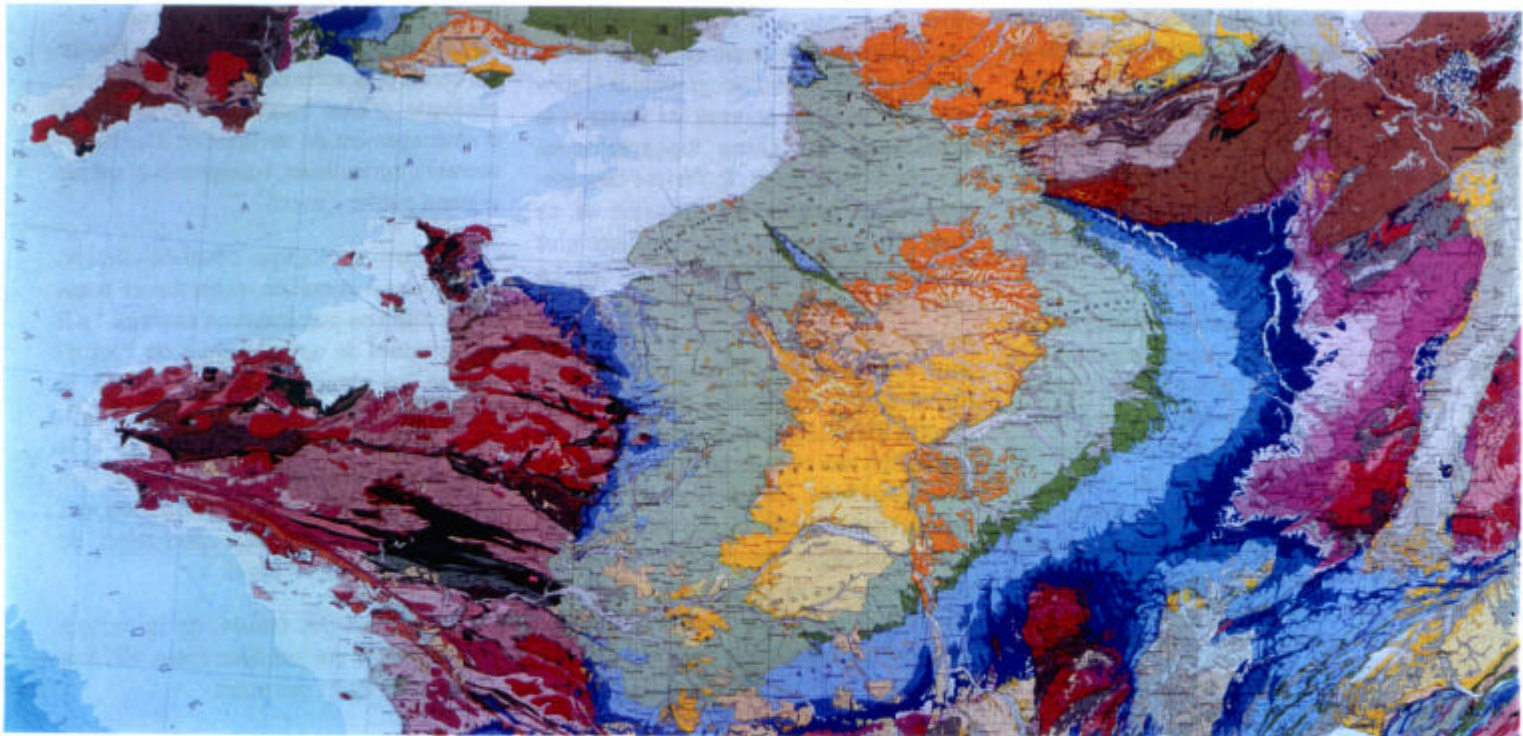
Fig. 3.- Extrait de la carte géologique de la France à 1/500 000 sur la carte chorographique du dépôt des fortifications. Carez L., Vasseur G., 1885 à 1889.  
 Fig. 3.- Extract from the Geological Map of France at 1:500,000 scale on the Chorographic Map of Fortification Emplacements - Carez L., Vasseur G., 1885 to 1889.

Fig. 4.- Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000. Jacquot, Michel-Lévy A. et al., 1<sup>ère</sup> éd. 1889.  
 Fig. 4.- Extract from the Geological Map of France at 1:1,000,000 scale - Jacquot, Michel-Lévy A. et al., 1st edition, 1889.





5



6

Fig. 5.- Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000. Michel-Levy A., Termier P. *et al.*, 2<sup>e</sup> éd., 1905.

Fig. 5.- Extract from the Geological Map of France at 1:1,000,000 scale - Michel-Levy A., Termier P. *et al.*, 2nd edition, 1905.

Fig. 6.- Extrait de la carte géologique de la France à 1/1 000 000. Goguel J. *et al.*, 5<sup>e</sup> éd., 1968.

Fig. 6.- Extract from the Geological Map of France at 1:1,000,000 scale - Goguel J. *et al.*, 5th edition, 1968.

ture, facilitent l'utilisation de cette carte comme support d'un commentaire sur l'histoire géologique de la France. On note également quelques allègements du contenu : des contours de terrains ont été simplifiés, des structures effacées, les indications des sondages en Manche ont été supprimées, le nombre des filons dans le domaine Nord-armoricain a considérablement diminué...

La légende n'échappe pas à cet effort de clarté. La 4<sup>e</sup> édition distinguait 60 formations sédimentaires, grâce à une combinaison de 24 couleurs et de nombreux indices. La 5<sup>e</sup> en présente 42, codées par une couleur et une lettre. Cette nouvelle légende surtout se rapproche de celle des cartes à 1/80 000 et il n'est plus nécessaire d'indiquer les correspondances de désignation entre ces deux échelles. Ce nouveau type de codage sera repris avec seulement quelques légères modifications dans les cartes générales qui succéderont à celle-ci.

A la distinction « terrains azoïques et cristallophylliens » d'une part, « roches éruptives » d'autre part, succède une distinction entre formations métamorphiques et plutoniques, et formations volcaniques. Les granites après avoir été reconnus comme des roches passées par un état fondu, donc proche des laves et projections, en sont maintenant distingués par leur gisement lié aux roches métamorphiques. L'idée d'un métamorphisme prograde aboutissant aux granites transparaît dans l'ordre de la légende : micaschistes, gneiss (amphibolites), migmatites, granite d'anatexie.

La 4<sup>e</sup> édition présentait un classement pétrographique des roches éruptives. La datation de ces roches était secondaire. La 5<sup>e</sup> édition, en revanche, classe d'abord les granites et les roches volcaniques par leur ère d'appartenance. La dimension chronologique de la carte s'affirme toujours plus. Il est possible, à partir de cette édition, d'inclure la mise en place des granites et des roches volcaniques dans une chronologie des événements sédimentaires.

### La carte à 1/50 000

Dès 1913, est décidé l'établissement d'une carte géologique détaillée à 1/50 000, sur le fond topographique en

courbes de niveau de la « Nouvelle carte de France ». Mais force est de constater que cette nouvelle échelle ne s'impose pas dans la réalité. Les deux premières feuilles, Toulon et La Ciotat par E. Haug, ne paraissent qu'en 1925. G. Courty (1936), dans son Cours de géologie et de minéralogie, ne signale même pas l'existence de cette échelle, alors qu'il consacre une dizaine de pages à la carte géologique à 1/80 000. En 1945, la couverture se réduit à dix feuilles publiées.

Les cartes d'E. Haug innovaient en plusieurs points. La légende figurait les terrains les plus anciens au sommet, les teintes conventionnelles se rapprochaient de celles de la carte à 1/320 000 et, fait beaucoup plus gênant, les divisions stratigraphiques étaient basées sur un principe tout à fait différent de celui des cartes à 1/80 000 ce qui rendait toute comparaison impossible sans le secours d'un tableau de correspondance. Les feuilles à 1/50 000, levées par la suite, reprennent en grande partie les teintes et le codage (en plus détaillé) de la carte à 1/80 000, mais l'unité ne se fait pas.

Ces feuilles pourtant présentent un atout majeur : leur nouveau fond topographique. Il s'agit de celui de la « Nouvelle carte de France à 1/50 000 », dite type 1922, dépouillé de certaines couleurs et de sa légende. L'Institut Géographique National, créé en 1940, poursuit les levers et la publication des cartes topographiques assurés jusqu'alors par le Service cartographique des armées. La précision de ce fond topographique est beaucoup plus grande que celle de la carte à 1/80 000. La représentation du relief par courbes de niveau demande une certaine habitude pour interpréter le relief par simple lecture. En revanche, elle permet la construction de profils topographiques précis et donc la réalisation de coupes géologiques beaucoup plus fines. La combinaison de cette représentation, avec l'indication de nombreux pendages de couches, améliore considérablement la précision des tracés des coupes et facilite donc la lecture des volumes géologiques et l'étude des déformations.

En 1960, une note interne du Service de la Carte cherche à mettre de l'ordre et de l'unité dans le contenu de ces cartes. Une réorganisation des publications est nécessaire : 34 feuilles seulement sont

parues à cette date et 100 en 1967 (Pomerol, Blondeau, 1968).

En 1968, la maîtrise d'œuvre du programme de cartographie géologique de la France à 1/50 000 est confiée au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM). Quatre ans plus tard, celui-ci diffuse des notes d'orientation pour l'établissement de cette couverture auprès des géologues cartographes du Service Géologique National et de ses principaux collaborateurs. Ces notes font l'objet en 1975 d'une deuxième édition (BRGM, 1975) destinée aussi bien aux géologues, qu'aux dessinateurs-cartographes et imprimeurs. L'avant-propos à ces notes indiquait : « Il est prévu de compléter ou d'actualiser périodiquement les indications fournies par ces notes ». La troisième édition est publiée en 1997.

La rédaction de ces notes d'orientation est une tentative non seulement d'harmoniser des tracés et des figurés trop diversifiés au fur et à mesure des années et des feuilles, mais aussi d'établir des conventions communes sur la désignation des unités stratigraphiques et lithologiques. Ces conditions sont les fondements d'une couverture géologique unifiée, seule garant d'une lisibilité pour un grand nombre d'utilisateurs. Le BRGM se préoccupe également de rendre ses cartes plus accessibles à un public non-géologue : élus locaux (dans un souci d'aménagement du territoire et d'environnement), agriculteurs, enseignants et même « grand public » averti.

La carte géologique détaillée cherche à nouveau à concilier recherche et communication en précisant son ancrage : « il est essentiel de ne pas perdre de l'information en cherchant à se mettre à la portée de lecteurs insuffisamment initiés. C'est la présentation des documents et la rédaction à plusieurs niveaux de lecture qui doivent faciliter la consultation des cartes, et non pas la suppression de détails et précisions utiles. »

La plupart des feuilles de la carte à 1/50 000 ont été publiées entre 1975 et 1997, donc après ces notes.

La note d'orientation n°1 précise d'emblée qu'il n'est pas possible de codifier étroitement les teintes pour l'ensemble de la France du fait des diversités régionales qu'il convient de cartographier



pour la compréhension des unités géologiques locales. Ainsi un tableau détaillé des notations pour la carte géologique est proposé, sans interdire des notations supplémentaires pour distinguer des faciès locaux. Il est rappelé toutefois qu'une variation de faciès peut être exprimée par un figuré lithologique (en surcharge) sans qu'il soit nécessaire d'utiliser une teinte nouvelle ou surtout une notation nouvelle. Ces notations sont semblables dans le principe aux usages antérieurs : codage par lettres et chiffres. Beaucoup plus détaillées, elles prévoient le codage des sous-étages par l'ajout d'une lettre supplémentaire. Reste une difficulté sans solution tranchée : les corrélations stratigraphiques à établir entre certains faciès particuliers ou certaines subdivisions étrangères, et les subdivisions de ce tableau de référence. Notons que le codage des étages se distingue dans le détail de celui de la carte à 1/80 000, et que le codage des systèmes ou périodes se distingue de celui de la 5<sup>e</sup> édition de la carte à 1/1 000 000 et de la carte à 1/1 500 000. Un tableau d'équivalence des notations est prévu en fin de notice pour faciliter la tâche du lecteur. Enfin le codage du Quaternaire et des formations superficielles, bien que précisé par une note spéciale, est à adapter selon l'importance de ces terrains sur chacune des feuilles.

A ces aspects chronologiques de la cartographie s'ajoute un souci de précision lithologique. Ainsi il est proposé de figurer la lithologie des roches sédimentaires lorsque celle-ci apporte une information appréciable, soit pour distinguer des variations latérales de faciès, soit pour mettre en avant un faciès particulier. Des modèles de figures sont proposés, ils sont inspirés de l'essai de normalisation des figurés de la Chambre syndicale de la recherche et de la production du pétrole et du gaz naturel.

Une note est consacrée à la cartographie des roches plutoniques. Elle tente d'organiser le manque de cohérence des codages utilisés dans la couverture à 1/80 000. Le principe de base pour la cartographie des granitoïdes est dorénavant de faire correspondre aux teintes, des catégories chimiques et/ou minéralogiques (norme et mode). La codification cartographique en fonction des âges isotopiques n'est pas retenue parce que leur

détermination est encore limitée. La texture, toujours si son indication apporte une information appréciable, peut être figurée par des surcharges. Le codage par lettres grecques avec exposant et indice persiste.

La cartographie des roches métamorphiques réunit trois modes de figuration utilisés simultanément : une teinte traduisant le type chimique et/ou minéralogique de la roche, une notation symbolique de la lithologie et de l'âge du protolite et des courbes de couleurs indiquant les isogrades identifiés et délimitant des zones de stabilité d'associations minérales caractéristiques. C'est le temps de la zonéographie métamorphique. Toute une série de codages est alors proposée, mais là comme ailleurs, il s'agit seulement de propositions.

Pour la représentation des roches volcaniques, la note propose aux choix des auteurs de cartes plusieurs types de notations. L'accent peut être mis pour une carte sur la distinction des faciès volcanoclastiques, pour une autre sur la pétrologie. En règle générale, la couleur est réservée au type pétrographique, confortée par une lettre. Les indications stratigraphiques sont codées par un indice. Des précisions minéralogiques ou des indications de texture ou de structure peuvent également être ajoutées sous forme d'exposants.

La légende technique est également modifiée. L'hermétisme de celle de la carte à 1/80 000, en partie conservé dans les premières cartes à 1/50 000, nécessitait une refonte complète. L'archivage des données du sous-sol au Service Géologique National et la nécessité d'une codification compréhensible au-delà de nos frontières ont guidé cette nouvelle codification. Dès lors, les points d'observation et de prélèvements d'échantillons, les éboulis et glissements de toutes sortes, les sources, les forages, les puits, les particularités de l'hydrogéologie karstique, la localisation des gisements de substances minérales, ainsi que leur exploitation et leur traitement, sont indiqués sur la carte. Les minéraux sont désignés par une abréviation. La notice vient compléter ces informations en précisant les analyses chimiques, le mode d'exploitation, les principales utilisations, etc. Toutes les informations concernant des forages et des puits pour l'eau sont portées en bleu.

Des tableaux d'abréviations précisent alors la codification pour 72 minéraux,

47 minéraux et 112 roches exploitables. Il est prévu que soit indiquée, en marge de chaque feuille, la légende des abréviations utilisées dans celle-ci. Si le nombre total de ces codes est important, il est généralement réduit à une dizaine sur la plupart des cartes. La suppression des symboles et des combinaisons de symboles, de chiffres et de lettres représente une nette amélioration de la lisibilité.

A la carte proprement dite s'ajoutent de manière facultative un grand nombre d'annexes destinées à préciser la géologie de la zone à laquelle appartient la carte. Ainsi, elle peut s'accompagner d'une coupe stratigraphique synthétique, d'un schéma structural (limité à la feuille ou élargi à la région), du log d'un sondage profond, d'un profil géologique, d'une coupe schématique, d'une carte détaillée d'un secteur complexe, d'un schéma de répartition des faciès, d'un extrait de carte géophysique ou hydrogéologique. Ces documents sont présentés en marge de la carte, ou lorsqu'ils sont accompagnés d'un texte explicatif, sont intégrés dans la notice explicative.

La notice explicative est devenue un petit fascicule, voire pour certaines éditions récentes, un livret de plus de cent pages. Elle précise la nature et les diverses caractéristiques des terrains cartographiés en reprenant les subdivisions de la légende. On notera le souhait que soient distinguées dans ce livret les observations des interprétations avec pour celles-ci une discussion sur leur validité. La notice renferme ainsi un aperçu géographique et géologique d'ensemble qui souhaite être accessible à un large public de non-spécialistes. Elle présente des informations sur les sols, la végétation et les cultures qui les recouvrent, sur la préhistoire et l'archéologie, l'hydrologie, les ressources minérales... Elle cherche à faire le lien avec des documents spécialisés, sans s'y substituer pour autant.

Le projet de la carte géologique détaillée, tel qu'il fut précisé par ces notes, était très ambitieux. Il cherchait tout à la fois à établir une somme des connaissances pour chaque zone représentée par une feuille et à harmoniser la présentation de ces informations pour les rendre accessibles à un public élargi. La carte devenait une banque de données, que des lecteurs expérimentés pouvaient faire fructifier. Ces notes furent diverse-



ment suivies. Peut-être n'étaient-elles pas suffisamment contraignantes, peut-être étaient-elles trop complexes. Dans l'ensemble pourtant les feuilles publiées s'en approchent et sont beaucoup plus riches d'informations que les feuilles à 1/80 000 et les premières feuilles à 1/50 000.

Le temps est un obstacle de taille à l'unité d'une couverture détaillée. Les connaissances et les techniques ont évolué et évoluent à un rythme beaucoup plus rapide que celui de la publication de ces cartes. Les interprétations de certaines feuilles publiées sont aujourd'hui désuètes ou erronées. L'autre handicap, c'est l'échelle des observations de terrain. Une carte détaillée de la France nécessite un grand nombre de géologues cartographes compétents et des moyens financiers en conséquence. Ces conditions ont pu faire défaut.

La publication en 1996 de la 6<sup>e</sup> édition de la carte à 1/1 000 000 conduit à proposer en 1997 une 3<sup>e</sup> édition des notes d'orientation pour l'établissement des cartes à 1/50 000. C'est une refonte complète (Andreieff, 1997). La cartographie des terrains sédimentaires est désormais à baser sur l'identification d'entités lithologiques (unités lithostratigraphiques) : la formation devient l'unité cartographique de base. C'est l'abandon des entités chronostratigraphiques, qui caractérisaient la carte géologique de France. Les formations superficielles sont enfin intégrées à la carte. La cartographie des roches volcaniques devient beaucoup plus précise, elle prend en compte la géochimie des séries magmatiques, leur environnement tectonique et la morphologie des structures volcaniques. Les roches métamorphiques sont à représenter de manière à traduire à la fois leur géochimie et leurs caractéristiques spatiales. La notice est à penser, avant tout, comme un discours pour un public élargi aux non-spécialistes.

En décembre 1997, à l'occasion d'un Colloque de prospective sur le programme national de cartographie géologique, le BRGM estimait qu'au rythme actuel de 20 cartes par an, cette couverture pourrait être achevée en 2004.

La carte géologique de détail à 1/50 000 est difficilement utilisable pour des études à l'échelle régionale, qu'il s'agisse de travaux pour l'enseignement ou de prises de décisions dans le cadre de

choix de réalisation d'infrastructures routières ou ferroviaires. Un document à échelle régionale était nécessaire, en remplacement du 1/320 000 d'où la mise en œuvre d'une couverture plus synthétique à 1/250 000.

L'échelle régionale de cette carte est adaptée à un enseignement des unités géologiques. Une découpe de l'espace déterminée non pas par une échelle géométrique (régions administratives) mais par les unités géologiques (régions géologiques) a souvent été réclamée, mais en vain. Elle n'était guère envisageable tant que la couverture à 1/50 000 restait trop partielle. Elle est aujourd'hui une évolution possible. Sur les 43 feuilles à 1/250 000 prévues, 13 sont parues à ce jour. Elles répondent en partie à cette attente.

### La carte à 1/1 500 000

En 1980, est publiée une carte géologique de la France et de la marge continentale (Bodelle, Goguel *et al.*, 1980) à 1/1 500 000. Les innovations sont nombreuses tant sur la forme que sur le fond, elles traduisent aussi bien des progrès techniques que des changements conceptuels importants. Le titre, à lui seul, est évocateur. On ne peut plus désormais séparer la géologie des terres émergées de celle du plateau continental.

J. Bodelle (1980), à l'origine du projet de cette carte, écrivait à l'occasion du 26<sup>e</sup> Congrès géologique international en 1980 : « le regard neuf, éclairé par les renouvellements ou les affinements de concepts ou de méthodes, qui sont apparus dans les Sciences de la Terre depuis 15 ans, ont conduit au cours des dix dernières années à un grand nombre de publications remettant en cause localement l'image d'ensemble de l'évolution géologique de la France. (...) C'est très conscient de ce besoin de synthèse, de mise en circulation de ces données nouvelles, que le Service Géologique National y consacra l'aide matérielle nécessaire. » Ce discours, en avant-propos de la publication d'une série de colloques, pourrait très bien servir d'introduction à cette nouvelle carte. Cette carte géologique générale s'imposait : elle est dans la lignée de l'évolution de la géologie française et internationale.

Elle s'appuie sur la couverture à 1/50 000, qui couvre alors près de 63 % du territoire, sur les cartes à l'échelle régionale (cartes de synthèse à 1/250 000 établies à partir des feuilles à 1/50 000) et sur de nombreux travaux locaux et régionaux. Parallèlement, entre 1970 et 1978, l'Espagne, la Grande-Bretagne, la Suisse, la République fédérale d'Allemagne, le Luxembourg, l'Italie, la Belgique, les Pays-Bas ont publié ou levé de nouvelles cartes nationales qui permettent également de reprendre toutes les régions géologiques frontalières.

Cette nouvelle échelle permet la publication d'une carte moins grande, en une seule feuille, ce qui la rend plus maniable. En augmentant l'échelle, on pouvait craindre de perdre des informations, mais ce n'est pas vraiment le cas. On peut signaler toutefois la réduction de la toponymie, qui ne fait plus figurer que les localités qui donnent leur nom à une feuille à 1/50 000 ou à 1/80 000. Le fond topographique figure désormais les grands axes routiers et les grandes unités géologiques (Massif armoricain, Bassin aquitain...). Il s'appuie sur des documents IGN à 1/1 000 000 et à 1/1 750 000.

Cette prise en compte des marges continentales est encore plus évidente, bien sûr, par la cartographie géologique de la Manche et du plateau de Gascogne avec les mêmes notations que les formations terrestres équivalentes, mais avec une teinte atténuée. Les désignations des formations sédimentaires n'ont guère changé.

Les apports de la chronologie absolue se traduisent dans la cartographie des roches volcaniques et plutoniques. Les groupes d'âge des roches volcaniques acides et basaltiques sont plus nombreux et rendus par des dégradés de couleur. Les granites sont distingués par leur âge radiométrique, ce qui est une première. La distinction chimique se réduit à trois figurés en surimpression pour les granites, et à la distinction acide/basique pour le volcanisme. Les autres roches plutoniques restent d'âge indéterminé. La primauté est nettement donnée à la chronologie, aux dépens du chimisme. La légende est simplifiée et beaucoup plus claire que celle de la 5<sup>e</sup> édition à 1/1 000 000. Le métamorphisme est bien distingué du plutonisme et cartographié par des figurés placés également en sur-

impression sur la teinte de la formation sédimentaire, volcanique ou plutonique d'origine. Deux intensités sont distinguées (épi-métamorphisme d'une part et méso et catamétamorphisme d'autre part). L'accent est mis sur la nature des roches transformées et non sur les roches obtenues. Le métamorphisme ne doit plus masquer la reconstitution historique. La légende tectonique distingue maintenant les chevauchements des autres failles. Enfin, et cela prend une grande importance pour l'enseignement, la carte est accompagnée d'une notice explicative de près de cent pages, conçue comme une mise à jour des connaissances géologiques. Elle n'est pas un guide méthodologique de lecture, elle ne fournit pas d'explications supplémentaires à la légende, elle est une lecture chronologique de la carte, elle présente l'histoire géologique de la France. Cette carte vise un public plus large, elle cherche à communiquer, à un moment où la géologie se « médiatise ».

### La 6<sup>e</sup> édition de la carte à 1/1 000 000

La 6<sup>e</sup> édition (Chantraine *et al.*, 1996) publiée en 1996 est une refonte complète des éditions précédentes. C'est une autre carte. Elle s'appuie sur la couverture détaillée à 1/50 000 (85 % de cette couverture est alors réalisée, Chantraine, 1996) et sur des travaux récents.

Tous les terrains, qu'ils soient sédimentaires, métamorphiques, volcaniques ou plutoniques sont désormais représentés en fonction de leur âge. Les terrains sédimentaires et volcaniques sont caractérisés par leur âge stratigraphique, obtenu par détermination paléontologique, par encadrement stratigraphique, ou par des méthodes physiques. Ils sont représentés grâce à une gamme de 32 couleurs associées à une lettre. La nouveauté est dans la cartographie chronologique des roches plutoniques (les âges ont été déterminés par mesure isotopique ou déduction chronologique). Là aussi une gamme de couleurs (23 teintes allant du brun au rouge, au violet, à l'orange et même au jaune, teinte jusque là réservée aux sédiments d'âge tertiaire) permet de les distinguer. Les risques de confusion sont réduits par l'ajout d'un numéro. Les terrains métamorphiques portent la couleur de l'âge biostratigraphique ou radiochronologique de la roche originelle

(protolite) avant sa transformation. Une surcharge vient préciser le faciès, l'âge du métamorphisme et la direction régionale principale de la foliation. Cet âge est indiqué par un code de couleurs. Poursuivant l'innovation de la carte à 1/1 500 000, cette édition représente les terrains immergés des marges continentales par leurs couleurs chronologiques atténuées.

La couleur est à la base de la distinction chronologique des terrains, c'est le principal élément de codage. Le décodage passe donc par une discrimination des teintes. L'usage dira si on n'a pas dépassé ici les capacités moyennes de discrimination et de mémorisation des couleurs. Un double codage (lettre ou numéro surimposé sur la couleur) vient lever les ambiguïtés. Il s'avère très efficace pour une lecture de détail, mais ralentit la lecture à distance. Cette gamme des couleurs rend toutefois plus aisée l'identification des grandes structures et des grands ensembles régionaux. Les unités géologiques reconnues dans le Massif armoricain n'ont jamais été aussi visibles. C'est donc bien une carte murale, utilisable pour un exposé d'ensemble sur la géologie de la France. Mais, et c'est en cela qu'elle se démarque très nettement des éditions qui l'on précédée, le « nouveau million » est également une carte permettant une lecture de détails.

Des figurés en surimpression fournissent des informations complémentaires qui rendent possible la caractérisation des phénomènes géodynamiques successifs. La carte intègre les modèles de la tectonique globale. Ainsi, pour les roches magmatiques, les caractères pétrologiques et géochimiques, traduits en termes géodynamiques, sont indiqués par des figurés spécifiques. On peut savoir si tel granitoïde est à rapporter à un contexte de marge active, d'extension continentale, d'accrétion océanique ou d'orogène de collision. Les deux catégories géochimiques classiques des granitoïdes des domaines orogéniques (granites peralumineux et granites calcoalcalins) sont également indiquées. Les principaux champs filoniens sont rapportés par leur couleur soit à l'orogénèse cadomienne, soit à l'orogénèse varisque.

Les informations tectoniques ont été précisées en s'appuyant sur la carte tectonique de la France. On distingue des failles

normales, des détachements, des failles inverses, des chevauchements et des décrochements. La cartographie du Massif central s'en trouve complètement bouleversée ; il apparaît formé, dès lors, par un empilement de nappes. Le sud du Massif armoricain est une succession de grands accidents décrochants sénestres, qui se poursuivent sous le Poitou, dans le Massif central... Pour la première fois, des éléments structuraux de subsurface sont indiqués : dans les bassins, des isobathes du socle sont figurés. Deux cartouches structurales, illustrant la disposition varisque et la disposition alpine des terrains, viennent compléter ces éléments.

La 6<sup>e</sup> édition de la carte géologique de la France à 1/1 000 000 se démarque donc très nettement par ses innovations des éditions précédentes. Elle marque l'aboutissement du souci de relier chronologiquement tous les terrains cartographiés. Elle intègre chaque information dans un contexte de tectonique globale. Elle permet, outre un exposé global sur la géologie de la France, une lecture détaillée de l'histoire géologique des grandes unités. Cette dernière caractéristique en fait une nouvelle échelle pour l'enseignement de la géologie. Par comparaison avec les précédentes éditions, nous pouvons dire que cette carte « raconte » beaucoup plus de choses, elle devient plus autonome par rapport au texte. Elle peut se suffire.

### Conclusion

La carte géologique de la France d'Elie de Beaumont et Dufrenoy tout comme les cartes géologiques départementales, traduisait surtout le souci de cartographier les ressources minéralogiques de surface. Elles étaient des inventaires économiques, qui ne permettaient pas de raisonner sur la disposition relative des roches les unes par rapport aux autres. Leur lecture ne produisait donc pas d'informations nouvelles, car ne permettait pas l'établissement de relations spatiales ou chronologiques entre roches. Les cartes de détail et les éditions successives de la carte au millionième vont peu à peu préciser les distinctions pétrographiques entre roches métamorphiques et plutoniques, établir des subdivisions chronologiques stables, placer les roches dans un repère spatial permettant de produire lors de la lecture, les trois dimensions de

l'espace. Chaque terrain est peu à peu caractérisé tant dans son origine que dans sa disposition : un exposé synthétique sur l'histoire géologique est possible. La codification de plus en plus détaillée et conven-

tionnelle facilite alors la lecture. La carte est passée en cent cinquante ans du statut de répertoire géographique des richesses économiques à celui d'exposé de synthèse et d'outil de réflexion voire de prospective.

Elle a intégré les théories de la communauté, elle est un reflet de l'évolution des connaissances et des hypothèses de recherche.

## Références

- Andrieff P. (1997) - Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000. 3e éd. BRGM, Orléans.
- Bodelle J. (1980) - Evolutions géologiques de la France. A. Autran et J. Dercourt (eds.), 26e Congrès géologique international, colloque C7, Mém. BRGM, n° 107.
- Bodelle J., Goguel J. *et al.* (1980) - Carte géologique de la France et de la marge continentale à l'échelle du 1/1 500 000. BRGM, Orléans.
- Bonte A. (1945) - Introduction à la lecture des cartes géologiques. Paris, Masson, p. 74.
- Boue A. (1836) - Guide du géologue voyageur. 2 t. Bruxelles.
- Carez L., Vasseur G. (1885 et 1889) - Carte géologique de la France à 1/500 000 sur la carte chorographique du dépôt des fortifications. 48 feuil.
- Chantraine J. *et al.* (1996) - Carte géologique de la France à l'échelle du millionième. 6e éd. BRGM, Orléans.
- Chantraine J. (1996) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000, 6e édition. *Géochronique*, n° 59, p. 11.
- Courty G. (1936) - Cours de géologie et de Minéralogie. 7e éd. Augm. et entier. revue. Paris, Eyrolles.
- Cuvier G., Brongniart A. (1811) - Essai sur la géographie minéralogique des environs de Paris, avec une carte géognostique et des coupes de terrain. Paris, VII + 287 p., 3 pl. color. dépl.
- D'Omalius D'halloy J.J. (1816) - Mémoire sur l'étendue géographique du terrain des environs de Paris. *Ann. Mines*, T. 1, 211-266, (paru en 1817).
- D'Omalius D'halloy J.J. (1822) - Observation sur un essai de carte géologique de la France, des Pays-Bas et des contrées voisines. *Ann. Mines*, T. VII, 353-376.
- Desmaret N. (1771) - Mémoire sur l'origine et la nature du basalte à grandes colonnes polygones, déterminées par l'histoire naturelle de cette pierre, observée en Auvergne. *Mém. Acad. Roy. Sci.*, 707-775, pl XV.
- Dufrenoy A. P., Elie de Beaumont L. (1841) - Carte géologique de la France à 1/500 000. Paris, Ministère des Travaux Publics.
- Ellenberger F. (1994) - Histoire de la géologie. T. 2, Paris : Tec et Doc, p. 218.
- Giraud Soulavie J.L. (1780) - Géographie de la nature ou distribution naturelle des trois règnes sur la surface de la Terre, suivie de la carte minéralogique, botanique...du Vivarais. Cité par Ellenberger F., 1982. Les premières cartes géologiques en France : projets et réalisations. Travaux du COFRIGEO, n° 45.
- Goguel J. *et al.* (1968) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000. 5e éd. BRGM, Orléans.
- Gohau G. (1987) - Une histoire de la géologie. Paris, La découverte.
- Gohau G. (1994) - Lavoisier, un géologue méconnu. *La Recherche*, 264, 25, 436-437.
- Guettard J.E., Monet A.G. (1780) - Atlas et description minéralogique de la France. Paris, XII+214 p., 31 cartes.
- Guettard J.E. (1746) - Mémoire et carte minéralogique sur la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre. *Mém. Acad. Roy. Sci.*, 363-393.
- Guettard J.E. (1781) - Carte minéralogique de la France. Paris, Dupain-Triel.
- Jacquot, Michel-Levy A. *et al.* (1889) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000. Paris, Service de la Carte.
- Launay L. de (1926) - Géologie pratique et petit dictionnaire technique des termes géologiques les plus usuels. 6e éd. Paris, Armand Colin, p. 88.
- Michel-Levy A., Termier P. *et al.* (1905) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000. 2e éd. Paris, Service de la Carte.
- Palassou abbé P. B. (1784) - Essai sur la minéralogie des Monts Pyrénées. 2e éd. Paris, 330 p., 12 pl., carte.
- Pomerol C., Blondeau A. (1968) - Initiation à la géologie pratique. Paris, Boubée et Cie.
- Rossi P. (1996) - Evolution de la carte au millionième de la France : l'exemple de la Corse. *Géochronique*, n° 59, 14-15.
- Service Géologique des Mines (1873) - Avertissement à la présentation en 6 volumes de la carte géologique détaillée de la France exécutée sur la carte topographique de l'Etat-major. Paris : Imprimerie nationale.





# ÉDITIONS TECHNIP

27, rue GINOUX, 75737 PARIS cedex 15 Tél. 01 45 78 33 80 • Fax 01 45 75 37 11  
E-mail : [editions\\_technip@compuserve.com](mailto:editions_technip@compuserve.com) • Site web : <http://www.editionstechnip.com>  
Ouverture en septembre 1999

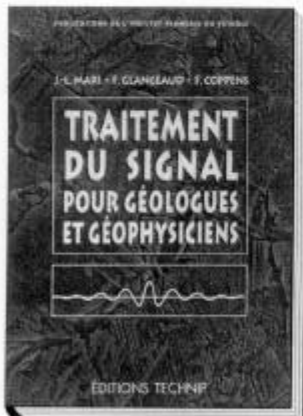
## Dynamique et méthodes d'étude des bassins sédimentaires

Après une présentation de différentes techniques - diagraphie de sondage, stratigraphie sismique et quantification de la subsidence - l'ouvrage analyse quatorze exemples dont seront tirés, en conclusion, les facteurs essentiels gérant la dynamique des bassins sédimentaires. *Broché, 21 x 27, 468 p. 380 F*



## Géophysique de gisement et de génie civil

Un ouvrage qui allie remarquablement synthèse et exemples d'application. J.-L. Mari, G. Arens, D. Chapellier, P. Gaudiani. *Relié, 17 x 24, 488 p. 630 F*

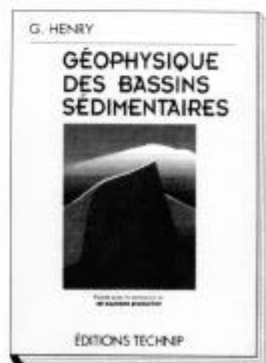


## Traitement du signal pour géologues et géophysiciens

Notions fondamentales, compréhension des algorithmes et modélisation. J.-L. Mari, F. Glangeaud, F. Coppens. *Broché, 17 x 24, 480 p. 480 F*

## Traitement du signal pour géologues et géophysiciens sur CD-ROM

J.-L. Mari, F. Glangeaud. **650 F**

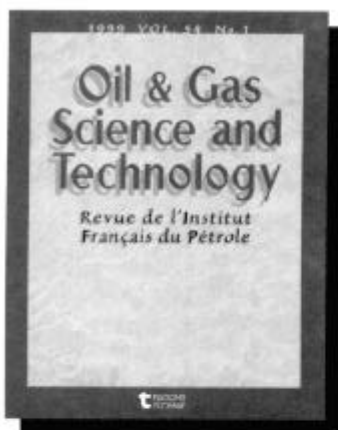


## Éléments de géologie

Collection des cours de l'ENSPM  
Une vue d'ensemble précise des concepts et méthodes géologiques.  
J. Guillemot.  
*Relié, 17 x 24, 208 p. 240 F*

## Géophysique des bassins sédimentaires

Un ouvrage complet et didactique sur les méthodes géophysiques, leur évolution et leur mise en application.  
G. Henry. *Relié, 17 x 24, 464 p. 780 F*



## La REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE change de titre et de présentation

**OIL & GAS SCIENCE AND TECHNOLOGY, REVUE DE L'INSTITUT FRANÇAIS DU PÉTROLE** publie des articles intéressants tout l'éventail des disciplines et domaines liés à la recherche, à la production, au traitement et à l'utilisation du pétrole, du gaz naturel et des autres sources d'énergie et de matières premières. Ces articles sont issus en partie de l'activité scientifique et technique de l'IFP ; ils peuvent aussi témoigner des résultats obtenus par les ingénieurs, scientifiques et techniciens de sociétés françaises ou étrangères, et des chercheurs, universitaires et spécialistes de tous pays et de toutes disciplines.

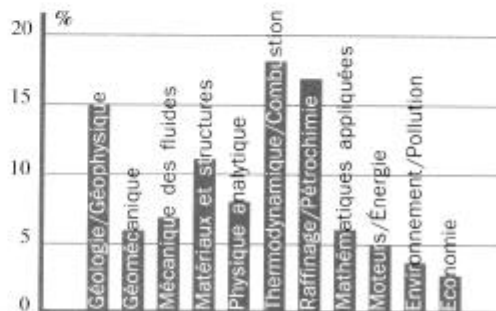
Unique revue française existant dans ces domaines, elle a acquis sa réputation auprès d'un vaste lectorat, pour devenir aujourd'hui une référence internationale.

- Une revue scientifique multidisciplinaire indispensable aux chercheurs et aux ingénieurs et techniciens de l'industrie pétrolière

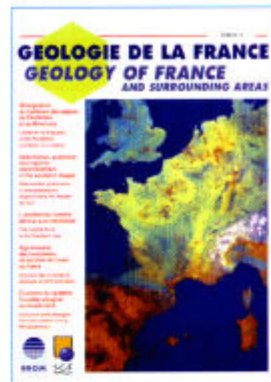
**SUR NOTRE SITE WEB :**  
**WWW.EDITIONSTECHNIP.COM**  
Ouverture en septembre 1999

- Tous les numéros des dix dernières années :
- les sommaires
  - les résumés des articles en français et en anglais
  - les mots clés.

Sur demande,  
un EXEMPLAIRE GRATUIT  
de la Revue  
vous sera adressé



Disciplines et domaines traités au cours des années 1994-1998



Revue scientifique et technique, Hydrogéologie est destinée aux spécialistes de l'eau souterraine : chercheurs conduisant des travaux sur les processus hydrodynamiques et géochimistes, modélisateurs, ingénieurs et praticiens de la prospection, de l'exploitation et de la gestion des nappes. Dédiée à un seul objet, l'eau souterraine et ses interfaces, Hydrogéologie publie des travaux concernant aussi bien les milieux de climat tempéré que les zones tropicales et arides.

Les articles peuvent porter sur des avancées dans la connaissance fondamentale et son application, des présentations de nouveaux outils, des études de cas ou encore des synthèses thématiques ou régionales. Régulièrement, la revue publie des numéros thématiques. Elle procède également à des analyses d'ouvrages et à des présentations de séminaires et colloques.

*Hydrogeology is a scientific and technical journal aiming at groundwater specialists, including researchers studying hydrodynamic processes, and geochemists, modellers, engineers and technicians prospecting for, exploiting or managing groundwater. Entirely devoted to groundwater and related subjects, Hydrogeology publishes papers on topics in temperate as well as in tropical and arid zones.*

*Papers may cover advances made in fundamental knowledge and their applications, introduce new tools, discuss case histories or review particular themes or regions. The journal publishes entire issues devoted to specific themes on a regular basis. It also presents book reviews and covers seminars and conferences.*

**Prix de vente au numéro :**

Année en cours et année précédente : 190 F (29 €)

Année antérieure (réduction de 50 %) : 95 F (14 €)

**Règlement par chèque bancaire libellé au nom des Éditions BRGM - B.P. 6009 45060 Orléans cedex 2**

**Abonnement 1999 :**

Abonnement par revue :

Abonnement aux 3 revues, 12 numéros

France : 650 F (99 €)

France : 1800 F (274 €)

Étranger : 700 F (106 €)

Étranger : 1900 F (106 €)

Chèque à établir à l'ordre de : Éditions BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, BP 6009, 45060 Orléans cedex 2, France

La Chronique de la recherche minière s'adresse aussi bien aux scientifiques qui font progresser les connaissances fondamentales sur la géologie des gîtes minéraux qu'aux géologues d'exploration.

Les contributions proposées à la revue doivent être inédites et traiter de sujets relatifs aux gisements de métaux et de minéraux industriels (descriptions de gisements, synthèses régionales ou thématiques, case histories de découvertes) et à leur prospection (méthodes et outils d'exploration) ; elles peuvent également concerner les méthodes de traitement et l'économie minière.

À côté des articles scientifiques, les communications scientifiques et techniques sont destinées à favoriser la publication rapide de résultats nouveaux sur des sujets qui n'ont pas encore fait l'objet d'études scientifiques détaillées (par exemple une découverte de gisement), ou pour présenter de courtes contributions sur des sujets techniques d'intérêt général.

*The Chronicle of Mineral Research and Exploration is a journal aiming at both researchers studying the fundamental geology of mineral deposits and at exploration geologists.*

*Contributions to the journal must not have been previously published and should cover topics relating to metalliferous and industrial mineral deposits (descriptions of deposits, regional and thematic reviews, case histories of discoveries) and their investigation (methods and tools used); contributions will also be welcome on methods of processing and on mining economics.*

*In addition to scientific papers, the journal publishes scientific and technical communications aimed at enabling rapid publication of new results relating to work that has not yet been the subject of detailed scientific study (for example, the discovery of a deposit), or at providing short contributions on technical subjects of general interest.*

Destiné aux chercheurs, enseignants, praticiens, tout public français ou étranger, Géologie de la France a pour vocation de diffuser les résultats de travaux relevant de toutes les disciplines des Sciences de la Terre et concernant le territoire français et les régions voisines.

Ces travaux peuvent relever de la connaissance géologique de base, correspondre à des actions de recherche ou être liés à des opérations de géologie appliquée.

L'objectif est d'appréhender tous les aspects de la géologie du substrat comme ceux de la surface. La prise en compte des régions voisines traduit le souci de ne pas être lié à des limites administratives mais de favoriser la compréhension d'ensembles géologiques cohérents.

Géologie de la France est ouvert à tous, auteurs français et étrangers. La revue accueille tout à la fois des articles importants et des notes brèves.

*Geology of France is a journal aiming at researchers, teachers, those to whom the knowledge of geology is essential to their work and the general interested public in France and elsewhere. It is devoted to the publication of results of projects related to all disciplines of the Earth Sciences, both in France and in the surrounding regions.*

*Papers may cover fundamental geological knowledge, or be related to specific research or applied geology programmes.*

*The aim is to cover all aspects of both sub-surface and surface geology. By including surrounding regions, studies can take into account entire geological entities without the restriction of national boundaries.*

*The journal welcomes contributions from both French and other authors, both full-length papers and short notes.*

ISSN 0246-0874 © Éditions BRGM - B.P. 6009

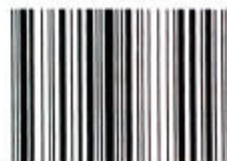
45060 Orléans cedex - France

Direction de la publication : Gérard Sustrac

N° ICPP : 627 ADEP

Dépôt légal : 2<sup>ème</sup> trimestre 1999

Imprimerie : BRGM, Service Reprographie



9 780246 087409