

GUIDE DE LECTURE

I - AVANT-PROPOS

La sixième édition de la carte géologique de la France à 1/1 000 000, établie en 1993 et publiée en 1996, a fait l'objet d'une révision en 2002. Cette édition révisée a été publiée en 2003. La révision porte, essentiellement, sur trois points : le transfert de la carte dans un système d'information géographique, la correction des anomalies graphiques et la mise à jour des données géologiques, la prise en compte de quelques données scientifiques nouvelles.

Transfert dans un système d'information géographique :
Lors de l'édition initiale de la carte, en 1996, les fonds topographiques utilisés étaient issus de la carte de la France à 1/1 000 000, série CIM de l'IGN. Pour cette édition révisée, les géométries de la topographie et de la géologie ont été transférées par le BRGM sur les nouveaux fonds géoréférencés de l'IGN, établis dans le système de projection Lambert 2 étendu.

Corrections et mise à jour des données géologiques :
Dans la mesure du possible, les anomalies graphiques, subsistant dans la première publication, ainsi que quelques erreurs sur les attributs des terrains et sur les éléments structuraux, ont été corrigées. En outre, une mise à jour de ces paramètres a été effectuée pour tenir compte des données chronologiques récentes (concernant en particulier le magmatisme et le métamorphisme). En revanche la géométrie de la géologie n'a été modifiée que de manière très ponctuelle.

Prise en compte de données scientifiques nouvelles :
Des données, attestées ou acquises ces dernières années et considérées comme significatives à l'échelle de la carte, ont été intégrées dans cette édition révisée. Ce sont, essentiellement, l'extension de l'incision messinienne sur le pourtour méditerranéen, la figuration du métamorphisme d'âge éo-alpin dans les Alpes et l'actualisation de la représentation du plateau continental corse.

II - APERÇU GÉNÉRAL

La sixième édition de la carte géologique de la France à 1/1 000 000, publiée plus d'un quart de siècle après l'édition précédente, résulte d'une refonte complète de ce document, dont la première édition date de 1889. Elle prend en compte la couverture géologique du territoire national à 1/50 000 (actuellement en cours d'achèvement), des travaux cartographiques réalisés dans le cadre de programmes scientifiques ou techniques et les documents synthétiques disponibles pour les pays limitrophes et les marges sous-marines.

Cette carte a été établie par le Service géologique national en collaboration avec de nombreux cher-

EXPLANATORY NOTES

I - FOREWORD

The sixth edition of the Geological Map of France at 1:1,000,000 scale, compiled in 1993 and published in 1996, was revised in 2002 before publication of a new edition in 2003. Revision concentrated essentially on three aspects: i) transferring the map to a Geographic Information System (GIS), ii) correcting anomalies and updating geological data, and iii) incorporating new scientific data.

Transferring the map to a GIS. For the initial sixth edition (1996), the topographic base maps were those of the 1:1,000,000-scale map of France produced by the Institut Géographique National (IGN - CIM map set). In the revised edition, the topographic contours and geological boundaries were transferred by BRGM onto IGN's new georeferenced base maps compiled using the French Lambert II extended projection system.

Correcting anomalies and updating geological data. Wherever possible, any errors remaining in the initial sixth edition were corrected, such as graphic anomalies or those concerning age assignment and structural features. Furthermore, these parameters were updated so as to take into consideration the most recent chronological data, particularly igneous and metamorphic data. The geological boundaries, however, remain almost unchanged.

Incorporating new scientific data. New data, either approved or acquired over recent years and considered significant at this map scale, were incorporated into the revised edition. These essentially concern the extension of Messinian canyons in the Mediterranean region, the representation of Eo-Alpine metamorphism in the Alps, and the outline of the Corsican continental shelf.

II - OVERVIEW

The sixth edition of the Geological Map of France at 1:1,000,000 scale is the result of a complete revision of the preceding edition published more than a quarter of a century ago, the first version of which dates back to 1889. New data include those from the national 1:50,000-scale geological mapping survey (currently under completion) undertaken as part of scientific and technical programmes, and those from recent compilation documents of bordering countries and the submarine shelf.

The design and making of this map were the responsibility of the French Geological Survey, with the colla-

cheurs des universités ou d'autres organismes scientifiques français et européens, en coopération avec les services géologiques des pays voisins.

Le dessin, nécessairement schématique à cette échelle par rapport à la précision des documents cartographiques originaux d'échelles plus grandes, a été dressé avec le souci de préserver la lisibilité de la carte et de privilégier son expression structurale.

Ce document expose deux types d'informations géologiques, correspondant à deux types d'attributs graphiques :

- une information principale et générale : *l'âge des terrains* sédimentaires, métamorphiques et magmatiques, indiqué par la *gamme de couleurs* ;
- des informations complémentaires, à *caractère géodynamique*, variables suivant la nature des terrains et indiquées par des *figurés spécifiques*.

Cette carte est donc adaptée à deux niveaux de lecture :

- comme carte murale, observée à distance, la gamme de couleur révèle les grandes structures et les grands ensembles régionaux ;
- par un examen détaillé, les figurés en surcharge fournissent des informations permettant de caractériser les phénomènes géodynamiques.

III - ÂGE DES TERRAINS

Les divers caissons colorés de la partie haute de la légende indiquent l'âge des terrains selon une succession verticale chronologique : *chronostratigraphique* à gauche, *radiochronologique* à droite.

Outre les caissons unitaires indiquant les âges précis des terrains, quand ils sont connus, des caissons plus ou moins complexes indiquent des tranches d'âge plus ou moins étendues. Ces derniers permettent la figuration :

- soit d'unités géologiques non divisibles à l'échelle de la carte pour des raisons de lisibilité : c'est le cas en particulier pour les terrains sédimentaires des chaînes plissées récentes ;
- soit d'unités géologiques dont l'âge reste encore imprécis : c'est le cas des terrains métamorphiques des massifs anciens et dans une moindre mesure des massifs de granite.

Ces caissons élargis sont disposés selon des colonnes verticales accolées aux colonnes chronostratigraphique et radiochronologique. Les coupures chronologiques correspondantes ont été choisies en fonction des grandes époques de changement géodynamique.

Les terrains sédimentaires et volcaniques sont caractérisés par leur âge stratigraphique, que cet âge soit fixé par détermination paléontologique, par encadrement stratigraphique ou par méthode physique.

boration of many research workers from French and foreign universities and other scientific organizations, and Geological Surveys in neighbouring European countries.

The map was drawn out to highlight the structural character and maximize readability, although data at this scale are inevitably schematic compared to the detail found in the original larger-scale source documents.

The map combines two types of geological data that are represented by two graphic attributes:

- *main general data: the age of the rocks is indicated by different shades of colour for the sedimentary, metamorphic and igneous rocks;*
- *supplementary geodynamic data, which vary depending on the rock type, are represented by specific symbols.*

This map is designed to be used in two ways:

- *as a decorative wall display that can be observed from a distance, thanks to the range of colours that depicts the major structures and regional units;*
- *for detailed analysis with the aid of the overprint symbols, providing data that can be used to characterize the geodynamic features.*

III - AGE OF THE ROCKS

The various coloured boxes in the upper part of the legend are ranked according to the chronological age of the rocks, with chronostratigraphic data on the left, and radiochronological data on the right.

In addition to individual boxes, which indicate the age of the rocks when known, composite boxes are also presented that correspond to periods of various length and represent:

- *geological units that cannot be subdivided due to representation limitations at this scale, which is particularly the case for sedimentary rocks of the recent fold belts,*
- *geological units whose age remains uncertain, which is particularly the case for metamorphic rocks of the ancient massifs, and to a lesser extent, for the granite plutons.*

These composite boxes are positioned laterally to the chronostratigraphic and radiochronological columns. The corresponding stratigraphic gaps cover periods of geodynamic change.

Sedimentary and volcanic rocks are characterized by their stratigraphic age, whether this is based on palaeontological determination, stratigraphic context, or physical methods.

Les terrains plutoniques sont caractérisés par leur âge radiochronologique, que cet âge soit déterminé par mesure isotopique ou par déduction chronologique faites à partir des relations de terrain.

Les terrains métamorphiques sont représentés suivant les mêmes principes. Leur couleur indique l'âge du protolite, c'est-à-dire celui de la roche (sédimentaire, volcanique ou plutonique) avant sa transformation par le métamorphisme.

Dans les terrains métamorphiques de haut grade des massifs varisques, auparavant cartographiés suivant des critères lithologiques, cette carte s'appuie sur la cartographie lithostructurale établie dans les années récentes. Trois unités majeures sont ainsi différenciées dont les âges demeurent imprécis :

- l'unité supérieure des gneiss : Cambrien à Ordovicien (ko) ;
- l'unité inférieure des gneiss : Briovérien à Cambrien (bk) ;
- l'unité autochtone relative : Briovérien à Ordovicien (bo).

Les *orthogneiss* sont distribués dans trois tranches chronologiques (caissons 6, 7 et 9) ; ils correspondent au plutonisme d'âge briovérien et cambro-ordovicien, repris dans les métamorphismes et les déformations varisques.

Dans tous ces terrains, le métamorphisme est exprimé par des surcharges sur les couleurs (voir ci-dessous).

NB. Trois cas particuliers sont à noter :

- le volcanisme cénozoïque (partie haute de la légende, colonne centrale) fait l'objet d'une figuration spécifique par des couleurs de teinte vive, conforme aux habitudes cartographiques françaises, mettant en évidence son caractère surimposé ;
- des couleurs intenses sont aussi utilisées pour quelques formations lithologiques ayant une signification géodynamique particulière : les ophiolites varisques et alpines, les péridotites mantelliques et le complexe leptyno-amphibolique varisque ;
- les terrains immergés des marges continentales sont représentés par leurs couleurs « chronologiques » atténuées ; ces couleurs ne figurant pas dans la légende, l'âge de ces terrains est indiqué par une notation ou doit être déduit de celui des terrains émergés contigus.

IV - CARACTÈRES GÉODYNAMIQUES

La figuration des attributs géodynamiques est indiquée dans la partie basse de la légende. Elle correspond principalement à la représentation du métamorphisme et à la caractérisation du magmatisme, deux éléments essentiels de l'interprétation géodynamique des domaines orogéniques.

Plutonic rocks are characterized by their radiochronological age, obtained through isotopic analysis or chronological deduction (relative age derived from field relationships).

Metamorphic rocks are shown according to the same principle: the colour indicates the chronostratigraphic or radiochronological age of their protolith, i.e. the sedimentary, volcanic or plutonic rock before metamorphism.

The high-grade metamorphic rocks of the Variscan massifs, previously mapped according to lithological criteria, are subdivided according to new litho-structural data that enable the definition of three main metamorphic units whose age remains uncertain:

- upper gneiss unit: Cambrian-Ordovician (ko),
- lower gneiss unit: Brioverian-Cambrian (bk),
- relative autochthonous complex: Brioverian-Ordovician (bo).

Orthogneisses are divided into three chronological periods (boxes 6, 7 and 9), and form plutons of Brioverian and Cambrian-Ordovician age that were subsequently deformed and metamorphosed during the Variscan orogeny.

Metamorphic rocks are shown by overprint on the colours (see below).

NB. Three specific cases should be pointed out:

- a special bright shade is used for the Cenozoic volcanic rocks (upper part of the legend, middle column), following French cartographic custom, which highlights their superposition compared to older massifs or basins;
- bright colours are also assigned to certain formations that have a specific geodynamic significance, e.g. Variscan and Alpine ophiolites, mantle peridotites and the leptynite-amphibolite complex;
- submerged areas of the continental shelf are represented by paler shades of the same "chronological" colours; these shades do not appear on the legend, but an indication of the age of these rocks can be derived either from notations, or from the corresponding adjacent emerged rocks.

IV - GEODYNAMICS

The geodynamic features are shown in the lower part of the legend and focus essentially on the representation of metamorphic rocks and the characterization of igneous rocks, two elements that are vital in the geodynamic interpretation of orogenic domains.

Le métamorphisme fait l'objet d'une figuration spécifique, mieux adaptée aux données actuelles que celle utilisée dans les éditions antérieures. Il est symbolisé par des figurés, de formes et de couleurs variées, orientés et portés par des lignes qui schématisent les trajectoires de la déformation régionale principale :

- la *couleur des figurés* indique l'âge du métamorphisme, correspondant soit à l'âge de l'orogénèse, soit à une phase de cette orogénèse (éo-, méso- ± néo-) pour les cycles varisque et alpin. La distinction du métamorphisme éo-alpin, maintenant bien argumenté, est l'un des apports nouveaux de cette édition révisée ;

- la *forme des figurés* indique le faciès métamorphique (fonction des conditions thermo-barométriques), depuis les faciès schiste vert ou bleu jusqu'aux faciès éclogite ou granulite. Le métamorphisme de faible intensité, anchizonal à épizonal, n'est pas pris en compte, à l'exception des schistes verts en domaine de nappes.

Les superpositions métamorphiques ne sont généralement pas représentées ; cependant, diverses modalités (symboles ponctuels pour les reliques, alternances de figurés distincts) permettent de suggérer un polyphasage ou une polyorogénie.

Le magmatisme est caractérisé selon la typologie, couramment utilisée actuellement ; elle est définie selon les caractères pétrologiques et géochimiques des roches et traduite en termes géodynamiques, bien que cette corrélation demeure, tout du moins en partie, controversée.

Les *terrains volcaniques et plutoniques* sont ainsi rapportés aux quatre grands types d'environnement géotectonique : marge active, extension continentale, accretion océanique et collision continentale ; la figuration correspondante, en surcharge ou en réserve, est explicitée en légende.

Dans les terrains magmatiques affectés par un métamorphisme, donc plus difficiles à identifier, la figuration typologique est abandonnée et ces terrains ne portent que les attributs marqueurs du métamorphisme.

Les *granitoïdes des domaines orogéniques*, qui tiennent une grande place dans les massifs varisques, sont, en outre, subdivisés selon deux affinités géochimiques principales : granitoïdes peralumineux et granitoïdes calco-alkalins.

Les *principaux champs filoniens* sont figurés par des traits orientés et colorés selon leur époque de mise en place, associée aux cycles cadomien ou varisque.

Le domaine sédimentaire fait aussi l'objet d'informations complémentaires, mais de manière moins globale : différenciation de certains faciès spéciaux dans le Quaternaire et de divers faciès à spécificité régionale

Metamorphic rocks have a different notation system from previous map editions in order to represent current data to the full. Symbols with different shapes and colours are oriented along the main regional foliation trends:

- the colour of the symbol indicates the age of the metamorphism. For the Variscan and Alpine orogenic cycles, either the age of the orogeny or that of one of its phases (eo-, meso-, ± neo-) is given. Eo-Alpine metamorphism, now a widely discussed topic, is distinguished and constitutes a new input to this revised edition;

- the shape of the symbol indicates the metamorphic facies based on thermo-barometric conditions from greenschist or blueschist facies through to eclogite and granulite facies. Low-grade (anchi- to epizonal) metamorphic rocks are not shown, with the exception of greenschist in a thrust setting.

Although polymetamorphism as such is not generally shown, the polyphase nature of deformation or poly-orogenesis is nevertheless indicated by the presence of occasional symbols for relics and alternating specific overprints.

Igneous rocks are characterized according to the currently accepted typology, despite certain controversial aspects of parts of this classification scheme, which is based on their petrological and geochemical nature and an interpretation of the geodynamic setting.

Volcanic and plutonic rocks are divided into the four major geotectonic settings: active margins, continental extension, oceanic accretion and continental collision. The corresponding symbols, in coloured or white overprint, appear in the legend.

For metamorphosed igneous rocks, which are more difficult to identify, typology is not possible and only metamorphic markers are attributed.

Granite plutons, common in the Variscan orogenic zones of France, are subdivided into two major geochemical suites, peraluminous and calc-alkaline.

Major dyke networks are shown by lines oriented and coloured according to whether their emplacement is related to the Cadomian or the Variscan orogeny.

Sedimentary rocks also have supplementary data, but on a more localized scale, including the identification of specific facies (Quaternary or of regional importance in other systems), and the characterization of specific morphologies and submarine structures.

dans les autres systèmes ; caractérisation de morphologies particulières et de structures sous-marines.

V - INDICATIONS TECTONIQUES

L'expression structurale de la carte (en grande partie issue de la carte tectonique de France à 1/1 000 000) est particulièrement mise en valeur par rapport aux éditions antérieures.

Elle est basée sur la figuration schématique des *trajectoires de la déformation* et sur celle des *accidents tectoniques*. Ces derniers font l'objet d'une distinction selon deux critères :

- leur importance, indiquée par l'épaisseur du trait : accident majeur, accident important et accident relativement mineur ;
- leur mouvement, indiqué par l'ornement du trait : faille normale et détachement, faille inverse et chevauchement, accident décrochant.

Étant donné le caractère généralement polyphasé des accidents, qui rend déjà schématique les indications précédentes, ni la chronologie de leur activité, ni la distinction fragile/ductile ne sont prises en compte.

Enfin, certaines données de surface et de subsurface, dont l'intérêt structural est majeur, font l'objet d'une figuration spécifique : c'est le cas des isobathes significatifs dans les bassins, des diapirs salifères dans les fosses, de l'incision messinienne sur le pourtour méditerranéen.

VI - CARTOUCHES STRUCTURAUX

En marge de cette carte sont présentés deux cartouches structuraux correspondant l'un au cycle varisque, l'autre au cycle alpin. Dans les deux cas, les terrains sont figurés dans leurs positions actuelles et non pas dans leurs positions relatives aux époques retenues.

Ces deux schémas sont basés sur les données disponibles en 1993 (reconstitutions paléogéographiques et paléogéotectoniques). Ils exposent les dispositifs structuraux des deux orogènes, varisque et alpin, qui constituent l'essentiel du territoire national.

Dans le **schéma varisque**, la couverture méso-cénozoïque est effacée afin de révéler les structures majeures du soubassement ; ces structures sont mises en évidence, sous les bassins de Paris/Londres et d'Aquitaine, par les profils sismiques, les cartes magnétiques et gravimétriques et de nombreux sondages profonds (dont les plus importants sont localisés sur la carte, avec indication de la profondeur et de l'âge du niveau atteint).

Ce dispositif peut être étendu, de manière assez fiable, aux zones pyrénéennes et alpines externes, mais son extension aux zones internes des Alpes et en particulier

V - STRUCTURAL DATA

The structural data, mainly derived from the Structural Map of France at 1:1,000,000 scale (1980), have been greatly improved compared to former editions.

Structural features, particularly deformation trends and major faults, are schematically displayed according to two criteria:

- *the relative degree of displacement, indicated by the thickness of the line: major, large and minor faults;*
- *the sense of movement, indicated by various symbols: normal and detachment faults, reverse faults and thrusts, and strike-slip faults.*

The general polyphase nature of the faults, which causes complications for the aforementioned criteria, renders impossible the distinction of timing of movement or whether deformation was brittle or ductile.

Finally, certain surface and subsurface data of major structural importance are highlighted using specific symbols: significant isobaths within basins, salt diapirs within trenches, Messinian canyons throughout the Mediterranean region.

VI - STRUCTURAL SKETCH MAPS

Along the border of the map are two structural sketch maps, one for the Variscan orogenic cycle and one for the Alpine orogenic cycle. Present-day distribution is shown, rather than that of the corresponding period.

These two sketch maps are based on data available in 1993, mainly from paleogeographic and paleogeotectonic reconstructions. They show the main structural trends of the Variscan and Alpine orogenies that affected most of Metropolitan France.

*In the **Variscan sketch map**, the Mesozoic-Cenozoic cover has been removed to reveal the major basement structures, which are relatively well known beneath the Paris/London and Aquitaine basins from seismic profiles, magnetic- and gravity-anomaly surveys, and the drilling of numerous deep boreholes (the most significant are located on the map, with bottom-hole depth and age data).*

The Variscan structures can be traced, although somewhat tentatively in places, into the Pyrenean and Outer Alpine zones. However, their continuation into the Inner Alpine zone and particularly the Apulian domain is too hypothetical because of the major displacement associated with Alpine collision.

au domaine apulien est trop hypothétique, du fait de l'ampleur des déplacements tectoniques au cours de la collision alpine.

Dans le schéma alpin sont présentées les structures majeures des chaînes alpine et pyrénéenne et de leur bassins d'avant-pays. Ces bassins, à caractère anté-à syn-orogénique en partie rebroussés ou chevauchés, se superposent à la plate-forme méso-cénozoïque résultant de l'érosion de la chaîne varisque. Cet avant-pays est aussi affecté par l'extension tectonique péri-alpine (golfe du Lion, Couloir rhodanien, fossés du Rhin et des Limagnes), à laquelle est associé le volcanisme alcalin cénozoïque.

Quelques caractères essentiels de la croûte actuelle sont en outre exposés dans ce schéma alpin : l'épaisseur de la croûte continentale, bien qu'elle soit encore mal définie dans certaines régions, par les isobathes du Moho (interface croûte/manteau) ; l'extension de la croûte océanique d'âge crétacé dans le golfe de Gascogne et néogène en Méditerranée.

VII - LA BASE DE DONNÉES

Parallèlement à la carte imprimée, le Service géologique national diffuse un CD-Rom comprenant, sous divers formats, l'image numérique de la carte et une base de données cartographiques vecteur. Les relations entre les objets géologiques de la carte et les tables d'attributs de la base sont définies dans un modèle conceptuel de données, fourni avec la base.

La base de données permet de décrire la géologie en fonction des données disponibles sur la carte papier. Elle est organisée selon cinq tables associant objets géométriques (projection Lambert 2 étendu) et attributs spécifiques :

- une table TRAIT qui renseigne toutes les lignes de la carte, quelle que soit leur origine ou leur définition ;
- une table LITHO qui renseigne tous les polygones de la carte en termes de chronologie, lithologie, contexte géodynamique, etc. ;
- une table METAM qui renseigne tous les polygones de la carte en termes de métamorphisme et de déformation ;
- une table STRUCT qui renseigne tous les éléments structuraux linéaires de la carte.
- une table ISO qui renseigne toutes les lignes d'isovaleur (isobathes) de la carte.

*The **Alpine sketch map** shows the major structures of the French Alps and Pyrenees and their foreland basins. These pre- to syn-tectonic basins, deformed and thrust in places, overlie the Mesozoic-Cenozoic platform resulting from erosion of the Variscan belt. This foreland was also subjected to circum-Alpine extension (e.g. Gulf of Lions, Rhone Corridor, Rhine and Limagne grabens), which was accompanied by alkaline volcanic activity during the Cenozoic.*

Certain fundamental characteristics of the present crust are shown in the Alpine sketch map: the thickness of the continental crust is indicated by Moho isobaths (crust/mantle boundary), although somewhat uncertain in some regions. The extension of oceanic crust, Cretaceous in the Bay of Biscay and Neogene in the northwest Mediterranean, is also shown.

VII - THE DATABASE

In addition to the printed map, a CD-Rom including the digital image of the map in various formats and a database containing vector cartographic data, is also available from the French Geological Survey. The relationships between the geological objects on the map and the attribute tables of the database are established using the conceptual model provided.

The database, which allows description of the geology as a function of the data available on the paper map, is organized into five tables associating geometric objects (Lambert II extended projection) and specific attributes:

- a TRAIT table containing data related to map lines, whatever their origin or definition;
- a LITHO table containing data related to map polygons in terms of chronology, lithology, geodynamic setting, etc.;
- a METAM table containing data related to map polygons in terms of metamorphism and deformation;
- a STRUCT table containing data related to linear structural trends;
- an ISO table containing data related to map isovalues (isobaths).