

La carte géologique

Introduction

Une carte est une **représentation géométrique plane, déformée, simplifiée et conventionnelle de tout ou partie de la surface terrestre** dans un rapport de similitude convenable que l'on appelle **échelle**.

1. Les principes de cartographie

1.1. Les contraintes pour l'établissement d'une carte

a) Projection sur une surface plane

Le report de la surface de la Terre sur la surface plane d'une carte est la projection cartographique. Or la Terre n'a pas une forme régulière. Sa surface ne peut pas être développée (étalée) sans déformation dans un plan : projection de Mercator ou Lambert.

Il est nécessaire pour limiter les déformations de déterminer au mieux la forme de la Terre. C'est l'objet de la géodésie, science qui s'efforce de décrire, de mesurer et rendre compte de la forme et des dimensions de la Terre. Le géoïde (représentation gravimétrique de la surface de la Terre) présente une forme « patatoïde » qui n'est pas utilisable pour une projection. On utilise une sphère ou un ellipsoïde de révolution qui sont des modèles plus ou moins proches de la forme réelle.

On choisit d'abord un ellipsoïde de révolution (il en existe plusieurs en usage), positionné par rapport à la surface réelle de la Terre, puis le type de projection qui sera utilisé (qui conserve localement les surfaces, qui conserve localement les angles...).

b) Choix de l'échelle

L'échelle e d'une carte est le rapport entre une distance d sur la carte et la distance correspondante réelle D sur le terrain :

$$e = d / D$$

Des échelles de cartes d'usage courant sont par exemple :

- 1/25 000^e pour les cartes topographiques détaillées de l'IGN (1 cm : 250 m) ;
- 1/50 000^e pour les cartes géologiques détaillées de la France publiées par le BRGM ;
- 1/200 000 pour les cartes routières Michelin,
- 1/1 000 000^e pour la carte géologique en une feuille de la France (1 cm : 10 km).

Certaines cartes géologiques couvrent des continents entiers et sont utiles pour une vision à l'échelle de la tectonique globale

L'échelle est ici numérique. Contrairement à ce que laisse penser l'expression « travailler à grande échelle », une carte locale au 1/25 000^e est à une échelle plus grande qu'une carte au millionième, bien que celle-ci couvre une surface plus vaste.

L'échelle peut aussi être donnée sous une forme graphique : segment gradué subdivisé en km, hm... forme recommandée pour les coupes géologiques, les schémas structuraux... car on visualise immédiatement les dimensions (de plus cette échelle reste exacte si la taille du document initial est modifiée par un traitement ultérieur).

1.2. Les différents types de cartes

a) Les cartes topographiques

Réalisées en France par l'IGN (Institut Géographique National). Elles présentent :

- le relief (en bistre) : figuré par des courbes de niveau (= isohypses), dont tous les points sont de même altitude ; des points cotés faciles à trouver dans la nature sont également indiqués ; l'impression de relief est accentuée par un ombrage (par convention, il correspond à un éclairage oblique venant du Nord-Ouest, incidence habituelle d'une lampe de bureau, mais que paradoxalement le soleil ne présente jamais sous nos latitudes !),
- la végétation (en vert),
- l'hydrographie (cours d'eau, lacs... en bleu),
- les éléments d'origine humaine (en noir) : agglomérations, constructions, voies de communication...

Des symboles variés s'y ajoutent, signalant des points de repère (constructions : chapelles, ruines, points géodésiques ; points naturels : gouffres, sources...).

Elles sont aujourd'hui réalisées à partir de photographies aériennes, complétées par des missions sur le terrain permettant de préciser ce qui ne peut être observé sur les photos (chemins en forêt, position des sources) ou dont la nature ne peut pas être bien déterminée (maison ou bergerie, nature des routes...).

Les fonds topographiques simplifiés sont utilisés pour élaborer les autres types de cartes.

b) Les cartes analytiques

Elles privilégient une catégorie d'informations et précisent leurs rapports avec l'espace géographique.

Exemples : cartes routières, géologiques, hydrologiques, pluviométriques, risque sismique...

c) Les cartes synthétiques

Elles résultent de la superposition de plusieurs cartes analytiques et établissent des corrélations entre divers paramètres.

La carte géologique représente, en projection sur un plan horizontal, la disposition des formations géologiques visibles à l'affleurement ou simplement recouvertes par le sol. Les données géologiques sont superposées à un fond topographique précis.

C'est un outil indispensable au géologue de toute spécialité, dans des domaines aussi variés que les mines, le pétrole, le génie civil, l'hydrogéologie, l'agronomie, les risques naturels et l'environnement.

La carte géologique au 1/1 000 000 est d'une grande richesse en informations mais ne représente que les grandes structures. Elle est complétée par les cartes géologiques au 1/50 000 qui donnent des indications précises de la géologie de la région.

1.3. Bilan

La carte géologique est une représentation bidimensionnelle de la nature et de la géométrie du sous-sol. Elle représente l'intersection d'un agencement à trois dimensions avec la surface topographique. Elle résulte de l'exploitation et de l'interprétation de diverses données : levés de terrain, photographies aériennes, forages, etc.

2. L'établissement des cartes

2.1. Le recueil de données de terrain

Comme pour les autres cartes, la réalisation d'une carte géologique est l'aboutissement d'un travail d'acquisition et de synthèse de données. Elle commence par la collecte des données consultables dans des archives, des publications et rapports, puis les données de terrain s'y ajoutent.

a) Les levés de terrain

La carte géologique est un document hautement interprétatif : elle est construite à partir de levés de terrains peu denses. Sur une portion de carte topographique, les affleurements étudiés sont localisés précisément (à l'aide de GPS aujourd'hui). Le géologue décrit et analyse chaque affleurement :

- Identification des formations géologiques et des structures de surface :
 - Aspect général de l'affleurement,
 - Observation et identification d'échantillons de roches, des fossiles intégrés
 - Analyse des relations géométriques entre formations (limites de couches, failles...),
- Prélèvement d'échantillons de roches ou de fluides qui seront ensuite analysés en laboratoire,
- Mesure de certains paramètres : pendages de couches, magnétisme naturel du sol, radioactivité naturelle...

Le passage à la carte géologique est une reconstruction intellectuelle à partir d'informations incomplètes : la carte est obtenue par mise en relation de points, par extrapolation raisonnée du non-vu, en s'appuyant sur les connaissances géologiques admises par la communauté. Il s'agit donc de transformer quelques nuages de points (chaque point correspondant à un affleurement étudié) de répartition hétérogène en une surface continue.

b) Les photographies aériennes

Elles complètent les observations réalisées sur le terrain et permettent une observation du milieu géologique à plus grande échelle. Les premières photos aériennes ont été réalisées en ballon par Nadar en 1858 (puis avec des cerf-volants, par Batut en 1888, des avions pendant la 1^{ère} Guerre Mondiale...). Elles ont pris leur essor au 20^e siècle avec les applications militaires. Les applications actuelles des photographies aériennes sont nombreuses : archéologie, environnement, foresterie, géologie, génie civil, sécurité publique, urbanisme...

Les techniques de stéréoscopie permettent la visualisation en 3D. L'analyse du relief, du réseau hydrographique, fournit des renseignements utiles pour l'élaboration de la carte géologique, qui viennent compléter les données recueillies lors des levés de terrain.

c) Les données issues de forages

Pour analyser le milieu géologique (ou pour rechercher et exploiter des ressources naturelles comme l'eau ou le pétrole), on réalise des **forages**. Ceux-ci sont des **puits creusés dans le sol** à l'aide de machines et d'équipements spécifiques. Si leur diamètre mesure quelques dizaines de centimètres au maximum, leur profondeur peut atteindre **plusieurs milliers de mètres** (le plus profond réalisé à ce jour a atteint 12 262 m et a été réalisé en Russie).

Les forages permettent aux géologues :

- de reconstituer l'**empilement des couches géologiques** traversées, afin d'obtenir une description en une dimension de la zone étudiée ;
- d'accéder aux différentes couches géologiques pour **prélever des échantillons** de roches et de fluides qui seront ensuite analysés en laboratoire ;
- de mesurer au moyen de sondes les **propriétés physiques** de chacune des couches géologiques (radioactivité, porosité, conductivité électrique, etc.)...

L'ensemble de ces observations et analyses donne une connaissance précise des différentes formations géologiques traversées par le forage et de leurs propriétés.

2.2. L'apport de données satellitaires

En plus des études sur le terrain, sont collectées des données par les satellites. Les méthodes spatiales ont pour objectif l'étude de la surface de la Terre, ou de l'atmosphère, en utilisant les propriétés des ondes électromagnétiques émises réfléchies ou réfractées par les différents corps observés.

Les méthodes spatiales sont mises en œuvre par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales, France), la NASA (National Aeronautics and Space Administration, USA). Elles utilisent notamment :

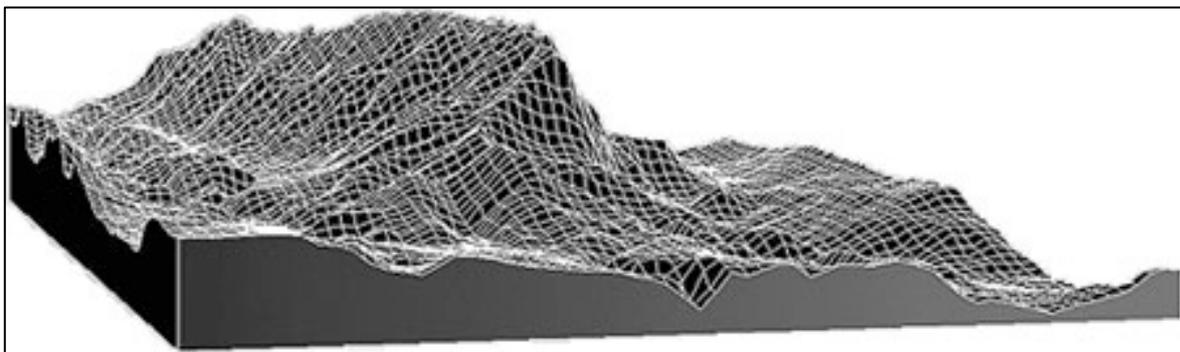
- des satellites optiques (SPOT) enregistrent le rayonnement solaire réémis par la surface terrestre ;
- des satellites radars enregistrent l'écho renvoyé par la surface terrestre d'une onde électromagnétique émise par le satellite, qui donne l'altitude du point convertie en « image » : mission de 11 jours en février 2000 d'une navette qui a pu réaliser « l'observation » topographique de la quasi-totalité des terres émergées.

2.3. Le traitement des données

Actuellement, les données sont numérisées et traitées par des SIG (Systèmes d'Information Géographique), systèmes informatiques de représentation des données sur l'espace spatial terrestre réel en associant coordonnées géographiques et données récoltées.

Au-delà des données topographiques et géologiques, toutes sortes de données peuvent être représentées grâce aux SIG, généralement organisées par calques thématiques (données climatiques, données démographiques...) d'où leurs nombreuses applications.

Ces données sont exploitées par des logiciels (Google Earth, Géoportail pour le grand public, d'autres plus performants existent pour les professionnels). La plupart des logiciels permettent de construire des cartes (2D), mais certains logiciels SIG 3D permettent de prendre en compte l'altitude et de construire des MNT (Modèles Numériques de Terrain).



Le Modèle Numérique de Terrain (MNT),

modélisation du territoire sous forme de maillage, permet de connaître facilement l'altitude en tout point.
D'autres données peuvent être « nappées » sur le MNT, comme par exemple une carte géologique numérique.

Les cartes géologiques, autrefois dessinées à la main, sont aujourd'hui produites à la fois en format papier et en format numérique. L'ensemble des cartes numériques est mis à disposition sur le site du BRGM (Bureau de Recherche Géologiques et Minières), organisme qui, en France, publie les cartes géologiques.

CONCLUSION

Les cartes représentent l'état des connaissances au moment de leur réalisation.

Les cartes spécialisées sont complémentaires et fournissent des renseignements de géophysique, de ressources... Grande utilité des cartes géologiques pour connaître l'histoire d'une région, trouver des ressources, envisager une conséquence de pollution, trouver un site de stockage de déchets, estimer des risques de sismicité...