

TRAVAUX PRATIQUES DE CARTOGRAPHIE



Pr. Dr. SARA VANDYCKE
Faculté Polytechnique de Mons
Géologie Fondamentale et Appliquée
Année académique 2007-2008



TRAVAUX PRATIQUES DE CARTOGRAPHIE

Introduction générale à la cartographie géologique

Notes aux étudiants

La cartographie, et la cartographie géologique en particulier, est une discipline des sciences de la terre à part entière. Réussir sur un seul document plan à intégrer des données aussi diverses que la topographie, la lithologie des roches, leur structure et leur agencement, ainsi que parfois l'histoire entropique de la région par l'emplacement des mines et carrières, demande une large connaissance généraliste des sciences de la terre comme de savoir jongler avec les concepts pointus de la pétrographie, de la tectonique, de la géométrie, du génie minier. Il est ainsi clair que ces quelques pages ne sont pas un cours exhaustif de cartographie géologique mais quelques notes qui doivent permettre, au terme des travaux pratiques de savoir lire et interpréter une carte géologique.

Les travaux pratiques de cartographie en 3^{ème} Bachelier Mines s'intègrent dans une continuité entre les cours de géologie générale, de pétrographie, de tectonique, mais aussi faisant appel à des notions de géométrie et de topographie, pour aboutir, au cours du stage ou camp de terrain dans les Alpes au début du premier Master Mines, à ce que l'étudiant réalise lui-même un esquisse d'une carte géologique. Ensuite, au cours de ces études et de son parcours professionnel, l'Ingénieur des Mines sera souvent confronté à ce type de document de cartographie géologique. Savoir lire, comprendre vite, de manière pragmatique un tel document complexe sera toujours un plus, même si l'on ne devra sans doute plus jamais s'y attarder autant que pendant ces quelques heures de travaux pratiques !

Les notes des travaux pratiques de cartographie géologique suivent globalement le déroulement des 7 séances prévues à l'horaire. Des notions élémentaires de lecture de cartes topographiques seront revues. Des coupes topographiques qui permettent de déterminer le relief, et par là de lire le paysage seront effectuées. Les diverses manières de mesurer les structures sont explicitées ainsi que l'utilisation des projections stéréographiques et des rosaces directionnelles. La meilleure manière de se plonger dans une carte géologique est d'effectuer des coupes directionnelles, en commençant par des structures simples tabulaires et des séries monoclinales, pour passer à des séries géologiques affectées par quelques failles, pour ensuite aborder les structures plissées, et finalement se confronter aux structures en nappe de charriage. Lorsque ces diverses figures géologiques auront été abordées progressivement dans leur difficulté, la lecture de cartes plus complexes est envisagée. Les travaux pratiques se termineront ainsi par la lecture de cartes géologiques réelles, dans des contextes structuraux variés. Quelques figures illustrent ces notes mais ce sont les propres travaux des étudiants qui les complètent au mieux.

Si les techniques de cartographie géologique sont globalement les mêmes pour tous, les représentations, les philosophies de représentation diffèrent parfois selon les pays, les continents, la culture (francophile ou anglo-saxonne) ou le niveau de difficulté des cartes. Quelques exemples seront abordés. Des références bibliographiques sont proposées pour une utilisation plus approfondie.

Sommaire

Introduction générale à la cartographie géologique	2
Notes aux étudiants.....	2
1. La carte topographique.	4
1.1. Définition.	4
1.2. Projection cartographique.	5
1.3. Principaux éléments représentés sur la carte topographique :	5
1.4. Echelle et orientation.....	6
1.4.1. Echelle numérique	6
1.4.2. Echelle graphique.....	6
1.4.3. Orientation et localisation	6
1.5. Le relief.....	7
1.5.1. Hachure et tons foncés	7
1.5.2. Les courbes de niveaux.....	7
1.5.3. Les pentes du relief.	8
1.5.4. Les formes particulières du relief	9
2. Mesure et représentation d'une structure.....	9
2.1. Mesure d'une structure.....	9
2.2. La boussole à la main	10
2.3. Projection stéréographique.....	10
2.4. Utilisation du canevas de Schmidt.....	11
2.4.1. Utilité du canevas.....	13
2.4.2. Description du canevas de Schmidt.....	13
2.5. Rosace de direction (Rosace directionnelle)	14
3. Les coupes géologiques	15
3.1. Coupe géologique : Définition.....	15
3.2. Structures tabulaires	15
3.3. Structure monoclinale.	15
3.3.1. Détermination du pendage.	16
3.3.2. Dessin de la coupe géologique.	17
3.3.3. Présence d'une faille.	18
3.3.4. Signes du pendage sur la carte géologique.....	19
3.4. Structures plissées	19
3.5. Chevauchement et nappes de charriage.....	21
3.6. Plutonisme, volcanisme, ... terrils et remblais.....	21
4. La carte géologique	23
4.1. Définition.....	23
4.2. Lecture d'une carte géologique.....	24
4.2.1. Le cadre	24
4.2.2. La légende	24
4.2.3. Les couleurs et les indices des cartouches	24
4.2.4. Les tracés et contours géologiques	24
4.2.5. La notice des cartes géologiques	25
4.3. Chronologie des événements	25
Références bibliographiques	25

1. La carte topographique.

1.1. Définition.

La carte topographique est la projection sur un plan horizontal, celui d'une feuille de papier par exemple, d'une partie de la surface terrestre.

- Justification : → La carte géologique est représentée en surimposition sur un fond topographique, qui permet de localiser géographiquement les indices géologiques et de reconnaître le relief de la région, afin notamment de « lire » le paysage géologique.

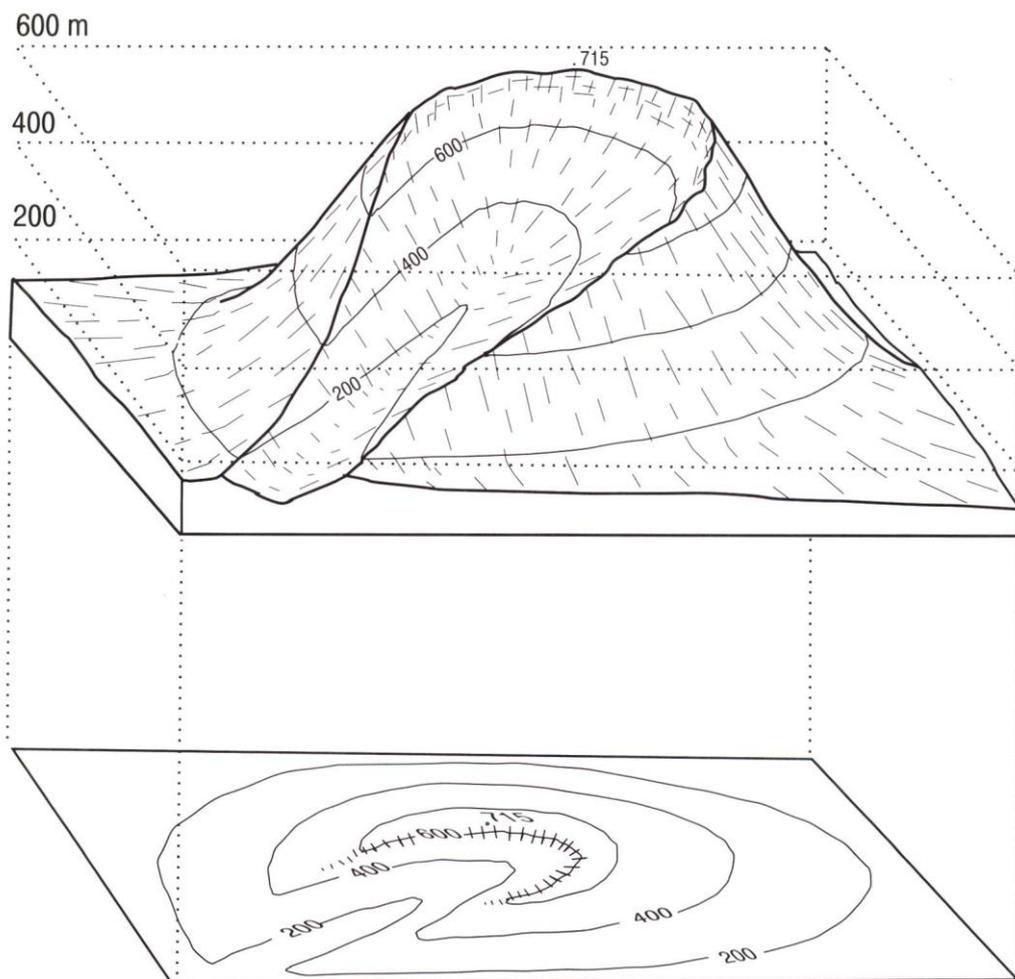


Figure 1. Exemple représentatif de projection de courbes de niveau sur un plan d'égalé altimétrie (modifié à partir de Sorel et Vergely, 2004).

1.2. Projection cartographique.

Il existe de nombreux types de projection topographique, pour divers types de cartes, à différents endroits de la planète. La projection dépend de la surface couverte et du type de relief. Aucune n'est parfaite, chacune a ses défauts et ses qualités. Sur un planisphère, le globe est recouvert de réseaux de méridiens N-S et de parallèle E-W orthogonaux, qui présentent de fortes distorsions près des pôles notamment.

A faible échelle, deux cartes voisines présentent de faibles distorsions et peuvent se juxtaposer. La carte topographique au 1/25000 de l'IGN en France et en Belgique est de type Lambert conique conforme. Tout point de la planète peut se repérer par la latitude et sa longitude sur une carte plane. Cette projection s'appelle la planimétrie.

L'orographie est la représentation sur la carte de l'altitude de ces points, c'est à dire le relief ou topographie.

La réalisation d'une carte topographique est réalisée grâce à la géodésie, la planimétrie aidée par des processus de triangulation. Les cartes topographiques sont réalisées aujourd'hui par restitution et analyse de photographies aériennes ou satellites. La reconstitution du relief se fait par stéréographie.

1.3. Principaux éléments représentés sur la carte topographique :

- Les éléments d'origine humaine (ville, infrastructure).
- Toponymie : en noir.
- Hydrographie : en bleu (source, rivières, lacs,...).
- La végétation : en vert.
- Des symboles pour des lieux ou points repérés (églises, mégalithes, chapelle, ruines, points géodésiques).
- Les courbes de niveaux qui expriment le relief.
- Les points de même altitude sont sur des isohypses.
- Points cotés remarquables (sommets, croisements, ponts, col, etc...).
- L'impression de relief est donnée par un ombrage, par un éclairage oblique venant du NW (incidence d'une lampe de bureau mais pas réelle sous nos latitudes occidentales).

La carte géologique utilise une carte topographique simplifiée.

Sur la carte géologique, chaque formation lithologique est représentée par une couleur : le but est de ne pas altérer ces couleurs. Il n'y a pas de représentation de la végétation. Les reliefs ne sont pas ombragés. L'hydrographie (rivières, fleuves, lac, canaux, ...) est représentée en bleu.

1.4. Echelle et orientation.

1.4.1. Echelle numérique

L'échelle (E) d'une carte est définie par le rapport entre une distance d sur la carte et la distance correspondant réelle D sur le terrain.

$$E = d/D$$

Différentes échelles sont usitées.

Cartes Topo 1/10.000, 1/25.000, 1/50.000, 1/100.000, 1/200.000 (Cartes routières).

Echelle ainsi donnée est appelée une échelle numérique. Le fond topographique des cartes géologiques dépend des pays et de leur historique.

France 1/50.000 (BRGM)

Belgique :

U.K :

1.4.2. Echelle graphique

L'échelle d'une carte, d'une coupe, d'une figure, d'un dessin, d'un document peut être donnée sous forme graphique :

→ Segment gradué en km, hm, m, cm, etc...

Cette échelle graphique est recommandée pour les coupes géologiques pour une meilleure visualisation des dimensions.

En outre, cette échelle graphique se conserve lors de la reproduction des documents (scanning, photocopies, etc...).

1.4.3. Orientation et localisation

Les bords latéraux de la carte sont parallèles aux méridiens terrestres et indiquent le N géographique. Le Nord géographique sur une carte de localisation sera indiqué aussi par une flèche orientée verticalement vers le haut. Le Nord magnétique, donné par la boussole diffère du N géographique. Cette différence appelée déclinaison magnétique évolue avec le temps. Elle est indiquée sur la carte topographie (en général au 1/50.000). La déclinaison magnétique est presque nulle aujourd'hui, en 2008, en Belgique.

Sur les bords de la carte, sont annotés les longitudes et latitudes terrestres principales. Ces annotations sont utiles pour la localisation de points géologiques principaux.

L'orientation d'une coupe géologique doit être donnée par les lettres des points cardinaux principaux.

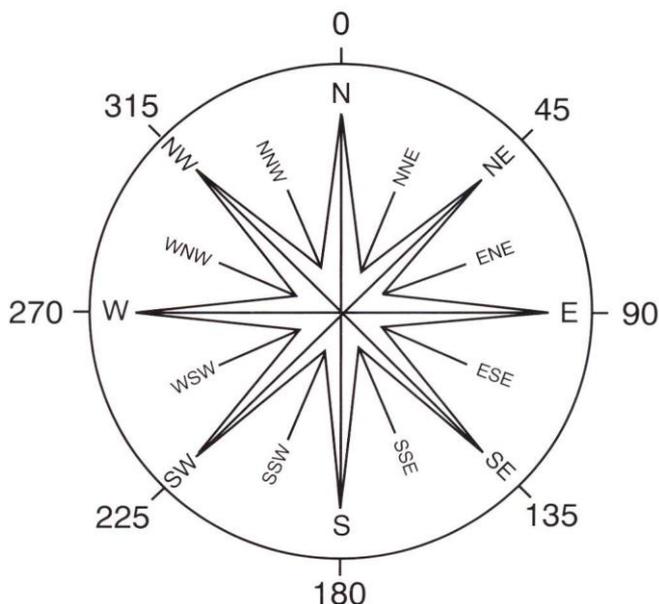


Figure 2. Rose des vents. Orientation des principaux points directions à l'aide des points cardinaux.

1.5. Le relief.

1.5.1. Hachure et tons foncés

Sur les anciennes cartes ou encore sur certaines cartes topographiques de montagne, les hachures ou des teintes foncées sont utilisées (étaient utilisées) par données du « relief » au paysage en utilisant le principe de l'ombrage.

1.5.2. Les courbes de niveaux

Sur les cartes topographiques et sur les cartes géologiques, le relief est figuré par des courbes de niveau.

Une courbe de niveau représente l'intersection du relief par un plan horizontal.

- Tous les points d'une courbe de niveau ont la même altitude.
- La différence d'altitude entre deux courbes de niveau normales successives est dite équidistance.

Elle est de 10 m dans les zones de faible relief de 20 m en montagne.

Tous les 50 m (ou 100 m en montagne), des courbes maîtresses sont figurées par un trait plus épais ; l'altitude est indiquée par un chiffre. Dans les paysages très plats, des courbes intercalaires, tous les 5 m, peuvent être ajoutées en trait en tireté.

1.5.3. Les pentes du relief.

La distance horizontale appelée écartement ou espacement entre deux courbes de niveau sur la carte permet d'apprécier et de calculer la pente du relief ou pente topographique.

Plus les courbes sont espacées, plus la distance est grande pour monter ou descendre la hauteur d'une équidistance : la pente est dite faible.

Inversément, plus les courbes de niveau sont serrées, plus la pente est forte.

La pente est donnée en ° et peut être calculée, pour des reliefs relativement accentués, par la méthode de la triangulation.

Un écartement constant des courbes de niveau indique une pente constante, le versant est régulier. C'est le cas par exemple sur les volcans ou les terrils.

En général, la variation de la pente est plus complexe, résultant de l'érosion différentielle des terrains sous-jacents.

Lorsque la pente d'un versant diminue vers le bas, sa forme est dite concave. (fig.3b)

Lorsque la pente diminue vers le haut, le versant est dit convexe (fig.3c).

S'il y a un changement brutal de pente, on parle de rupture de pente. Il y a un point d'inflexion dans la courbe (fig.3.d). En géologie, cela signifie souvent un changement de lithologie ou la présence d'un accident tectonique (!).

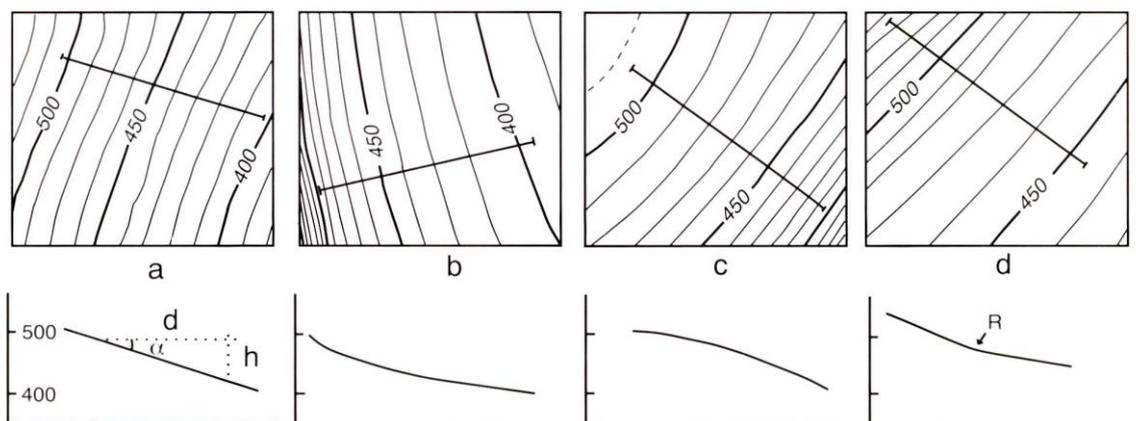


Figure 3. Courbe de niveaux et relief. a : calcul de la pente, b : relief concave, c : relief convexe, d : rupture de pente.

1.5.4. Les formes particulières du relief

a) Les crêtes :

Les crêtes se caractérisent par des courbes de niveau qui se referment sur elles-mêmes en forme allongées. Sur une crête aigue (arête), les fermetures des courbes de niveau sont pointues. Une crête dont les deux versants sont différents est dite dissymétrique.

Lorsque la montagne est très dissymétrique : un sommet doux se prolongeant par un plateau est un versant abrupt, on parle de corniches sommitales.

b) Les vallées :

Même si un cours d'eau n'y est pas figuré, une vallée se reconnaît par les fermetures des courbes de niveau à l'amont. Si le vallon est sec, on parle aussi de talweg. La forme des courbes de niveau indique la forme de la vallée et son type. Une fermeture en V indique une vallée incisée, érosive. Une fermeture en U, un creusement de vallée par un glacier, un éboulement, un laar (coule de boue massive), avec parfois colmatage par des alluvions.

c) les falaises :

Les abrupts, les falaises et parois rocheuses à forte pente sont marquées par des figurés de rochers. Les courbes de niveau n'y sont pas marquées parce que trop rapprochées.

Pour connaître la hauteur de la paroi, il suffit de faire la différence d'altitude entre la courbe de niveau passant à la base et la courbe passant au sommet du relief. Le regard d'une paroi est la direction géographique vers laquelle elle fait face.

d) Les cuvettes et les dépressions.

Les pays glaciaires et les contrées calcaires présentent des cuvettes ou dépressions.

Pour ne pas confondre avec des collines, le plus souvent les courbes de niveau sont tracées en tireté et une flèche est dirigée vers le fond de la cuvette.

2. Mesure et représentation d'une structure.

2.1. Mesure d'une structure

Type de structures. Rappel :

La majorité des structures qui définissent l'agencement tectonique d'une région peut se représenter par des éléments géométriques droites et plan, associé l'un à l'autre.

En exemple, une linéation (une droite) peut représenter une direction de schistosité, des pics stylolithiques, une direction de striation, une orientation minérale, des fibres de tension, l'engorgement d'un pli... Un plan peut représenter un joint, une faille, un axe de pli, une stratification. Une faille avec stries sera représentée par un plan adjoint d'une linéation.

Dans un ensemble complexe, on définira :

S0 : stratification. Pendage des flancs du pli.

S1 : axe du pli. Direction pendage – Ennoyage. Direction

S2, S3 : les structures annexes (Riedel, etc..)

2.2. La boussole à la main

Une mesure à la boussole doit être cohérente. Avant de mesurer, il est utile de repérer de manière globale les points cardinaux. Les erreurs grossières seront ainsi évitées. Il est important de prendre les mesures de références d'une structure en un même point (pendage, direction, stries). Il existe en effet des effets de dysharmonie lors de la mise en place de la structure au cours des temps géologiques.

La lecture se fait selon le type de graduation, à la précision de celle-ci (à l'unité ou à 5°). Il faut tenir compte de l'erreur sur la lecture mais aussi de toute erreur systématique. Ainsi, on considérera une erreur moyenne de 5° à 7°. Attention à l'influence du magnétisme près de roches influençable mais aussi évitons la mesure à la boussole près d'un marteau, d'une rambarde métallique, d'un moteur de voiture, etc..

2.3. Projection stéréographique.

Principe : La projection stéréographique est une construction géométrique consistant à reporter sur un plan (2D) (un cercle en réalité), l'orientation d'objets situés dans l'espace (3D) indépendamment de leur situation d'origine (position géographique). C'est un moyen visuel rapide de résoudre bien des problèmes en géologie structurale. Deux types de canevas sont couramment utilisés : le Canevas de Wulff et le Canevas de Schmidt. Le canevas de Wulff est surtout dédié à la cristallographie car le type de projection fait que la définition aux pôles, c'est-à-dire aux arêtes est meilleure. Le Canevas de Schmidt conserve les angles et les surfaces. On l'appelle aussi canevas Lambert à aire égale. La projection se fait par rapport au pôle inférieur.

Par les pôles, un plan avec linéation peut être représenté par un point. Ceci permet des traitements quantitatifs et une visualisation directe d'un ensemble de structure, ainsi que les relations potentielles entre les structures.

Par exemple, en tectonique ductile, la croisée de la stratification (pendage) – flanc du pli et l'axe de pli permet de calculer l'ennoyage de l'axe du pli. Cette technique est très usitée par les géologues cartographes en domaine plissé.

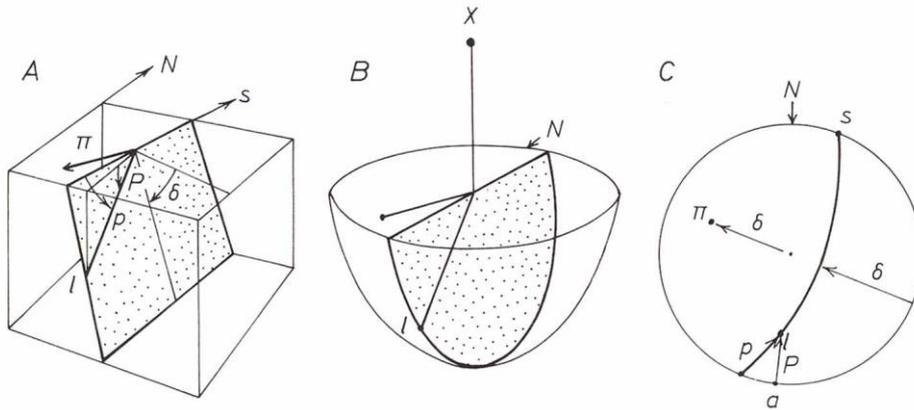


Figure 4. Principe de la projection stéréographique selon les pôles.

2.4. Utilisation du canevas de Schmidt

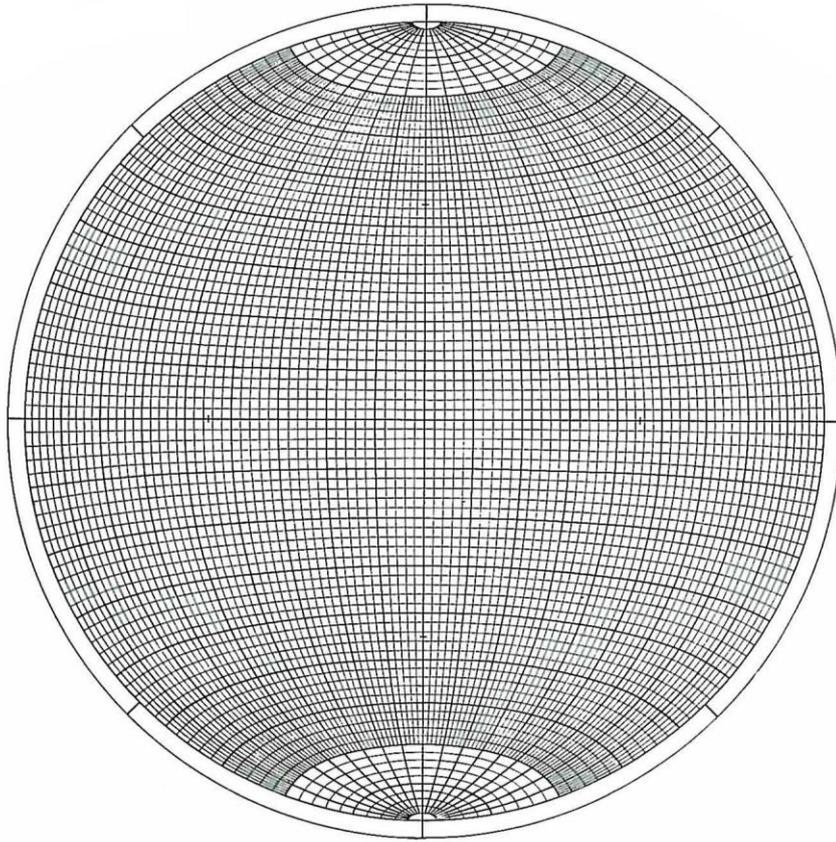


Figure 5. Canevas de Schmidt

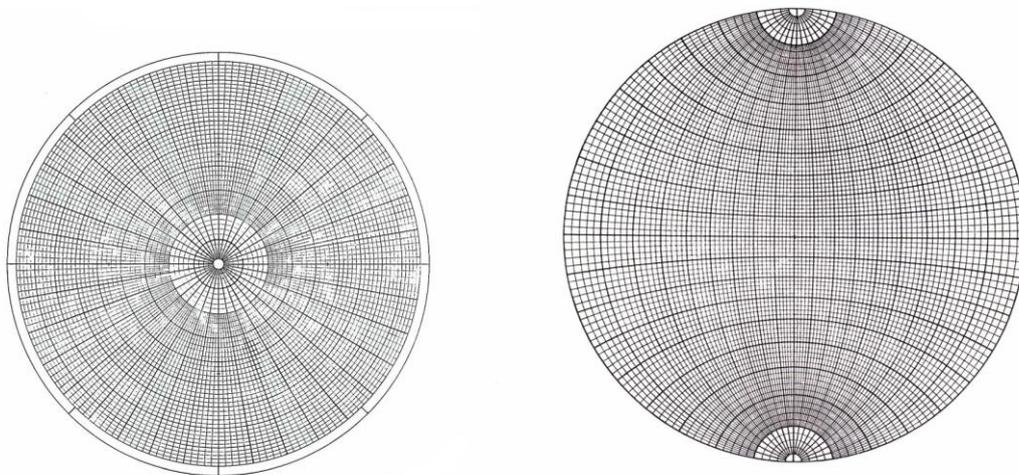


Figure 6. Canevas de projection par rapport au pôle et Canevas de Wulff.

2.4.1. Utilité du canevas.

Les projections stéréographiques nécessitent des repères situés dans l'espace (hémisphère et intersections dans les trois dimensions). Le but de cette projection est de revenir sur un seul plan.

Le canevas est un support gradué, provenant de la projection de toute ligne et de tout plan de l'espace permettant la transformation (la projection) directement sur le support de toute mesure, immédiatement à partir de la mesure de terrain.

2.4.2. Description du canevas de Schmidt

Le canevas comporte tout d'abord le cercle fondamental, gradué et orienté, le N en haut, avec deux diamètres gradués, l'un Nord-Sud et l'autre Est-Ouest. Un faisceau de grands cercles recoupe les points Nord et Sud du cercle fondamental. Ces grands cercles sont obtenus par projection stéréographique d'un ensemble de plans tous orientés N-S avec un pendage variant de 0 à 90° par incrément de 2°.

Les autres lignes représentent les petits cercles.

Ils sont obtenus par l'intersection sur l'hémisphère d'une série de plans verticaux E-W, se répartissant sur le demi-cercle N-S de la demi-sphère selon les mêmes graduations unitaires choisies pour les grands cercles.

Exercices.

1. Projeter les plans et linéations suivantes

Plan + Pôle

- N 80W 30N 20W
- N 50^E 80N 30W
- N 000 00 N46W
- N 5^E 10^E 40S
- N 72^E 20S 80W

2. Donner la lecture des 3 points et lignes dessinées sur notre diagramme

2.5. Rosace de direction (Rosace directionnelle)

La construction d'une rosace de direction se fait par rapport à un canavas polaire ou plus simplement selon le principe d'un variogramme autour d'une rose de vents. Ce type de représentation permet une visualisation directe des principales caractéristiques géométriques des structures analysées.

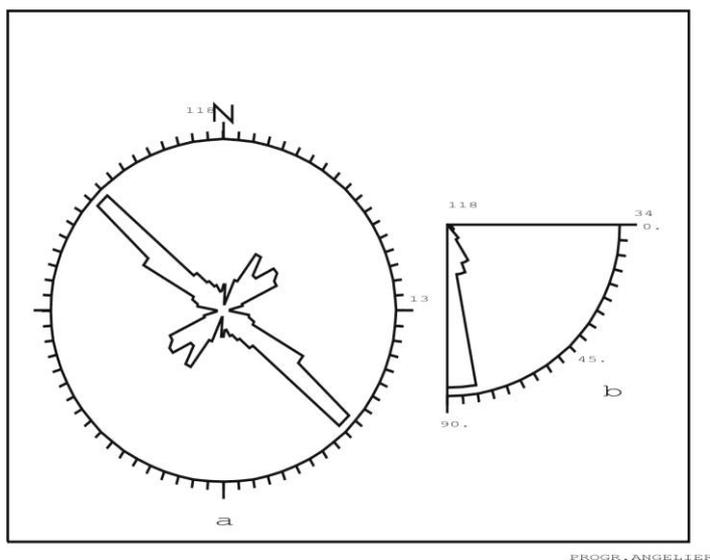


Figure 7. Exemple de représentation d'une rosace de direction (à gauche) et de pendage (à droite). Cette figure montre un ensemble de plans (failles ou joints) dont l'orientation principale est NW-SE et secondaire NE-SW. Le pendage est vertical à sub-vertical de 90° à 80°

Visualisation directe de la répartition statistique des structures étudiées.

3. Les coupes géologiques

3.1. Coupe géologique : Définition.

La carte géologique est un document plan. L'examen de la disposition des terrains sur la carte permet d'y localiser les structures majeures.

La construction d'une coupe géologique dans des plans verticaux est une technique qui permet de restituer les structures en profondeur ainsi que l'allure des couches géologiques en profondeur.

La coupe géologique se définit par :

- Trait de coupe sur la carte avec son orientation.
- Le profil ou coupe topographique.
- La toponymie.
- La colonne stratigraphique associée ou échelle stratigraphique pour identifier les terrains (lithologie).
- Echelle verticale et horizontale.

3.2. Structures tabulaires

Sur la carte géologique, la structure tabulaire se reconnaît par les limites de couches horizontales qui suivent les courbes de niveau. Les limites d'affleurement longent les courbes de niveaux. Les limites des formations sont donc à altitude constante.

Dans une coupe en structure tabulaire, une limite de couche se trace simplement en reliant, par une droite sur le profil topographique que, les points où cette limite affleure en surface.

Dans ce texte de contexte, des coupes précises sont faciles à exécuter.

3.3. Structure monoclinale.

La structure monoclinale est caractérisée par des couches inclinées dans la même direction. La valeur du pendage peut rester constante ou varier localement, formant une flexure ou un repli monoclinale.

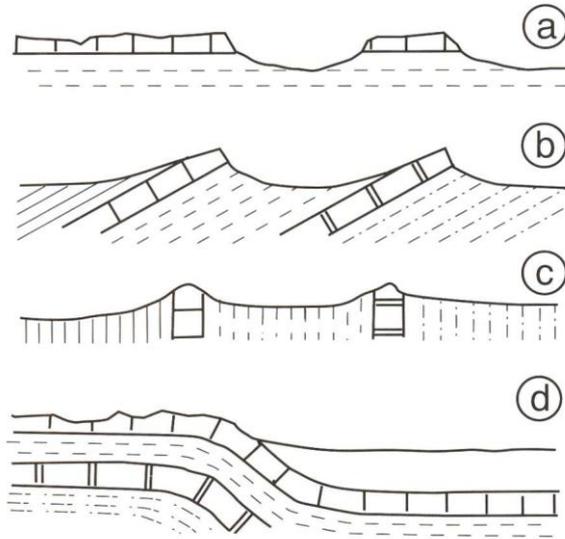


Figure 8. a. Structure tabulaire ; b. Structure monoclinale ; c. structure redressée, pendage vertical ; d. Flexure.

3.3.1. Détermination du pendage.

La valeur du pendage peut être donnée sur la carte.

Si, non indiquée, sans connaître l'épaisseur des couches, dans un relief assez marqué, la valeur du pendage peut se calculer par triangula en utilisant trois points à l'intersection des limites de la couche géologique.

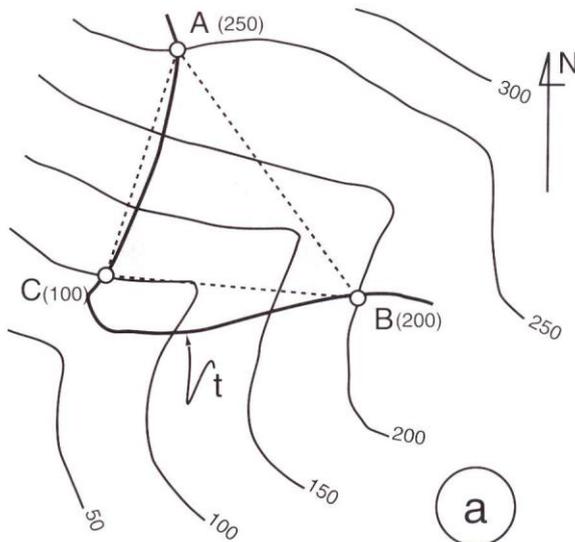


Figure 9. Détermination du pendage d'une coupe par la méthode de la triangulation basée sur l'intersection de la limite de couche avec des courbes de niveau d'altitude connue (d'après Sorel et Vergely, 2004).

Si l'épaisseur d'une couche ou des couches est connue, sur le profil topographique, connaissant la limite inférieure ou supérieure d'une couche, on peut déduire le pendage.

A l'aide d'un compas, à la limite d'une couche, sur le profil, on trace un cercle de rayon égal à l'épaisseur (fig. 10 b). La droite tangente ou cercle passent par un point du cercle, et l'autre limite de la couche. Le sens du pendage doit être cohérent avec le tracé global de la carte géologique étudiée.

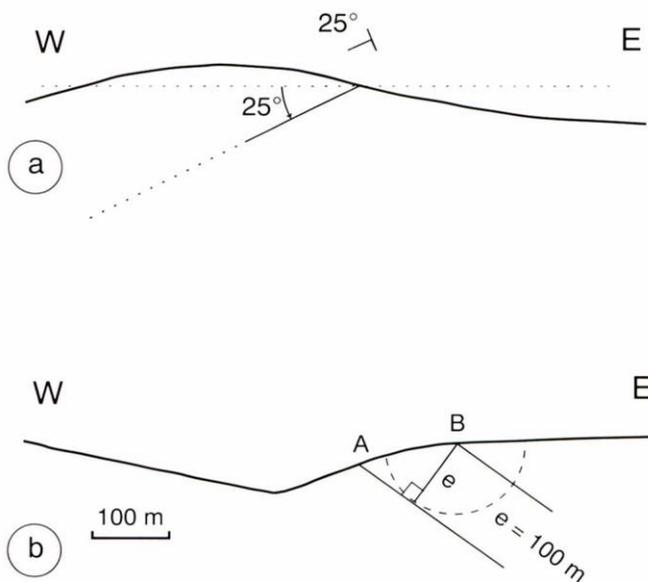


Figure 10. Détermination du pendage d'une couche. (a) Lorsqu'il est donné sur la carte géologique, (b) par connaissance de l'épaisseur de la couche et les limites de l'affleurement.

3.3.2. Dessin de la coupe géologique.

Sur le profil topographique correspondant, on place les points d'affleurement significatifs et en particulier, les limites de couche et les failles éventuelles.

Après avoir déterminé le pendage, on trace l'esquisse du tracé. Attention, à l'échelle relative (horizontale et verticale utilisée) qui doit conserver la valeur du pendage.

Un figuré coloré, correspondant aux colorations de la carte géologique accompagne la carte, ainsi que le lettrage symbolique des formations géologiques.

3.3.3. Présence d'une faille.

Il n'est pas incongru, d'imaginer la présence de faille en série monoclinale, car le contexte structural est le plus souvent du niveau structural supérieur. Une faille se marque par un trait noir accentué continu. Le pendage des failles, rarement directement mesurable, est rarement donné sur les cartes géologiques. Il faut ainsi le déterminer, autant qu'il est possible par l'intersection du tracé de la faille avec les courbes de niveau. Sinon, il faut choisir le pendage en fonction du type de tectonique régionale exprimée sur la carte. En contexte compressif, on privilégiera un profil de faille inverse. En contexte distensif ou extensif, un profil de faille normale. Sans savoir, une faille à pendage vertical est préconisée.

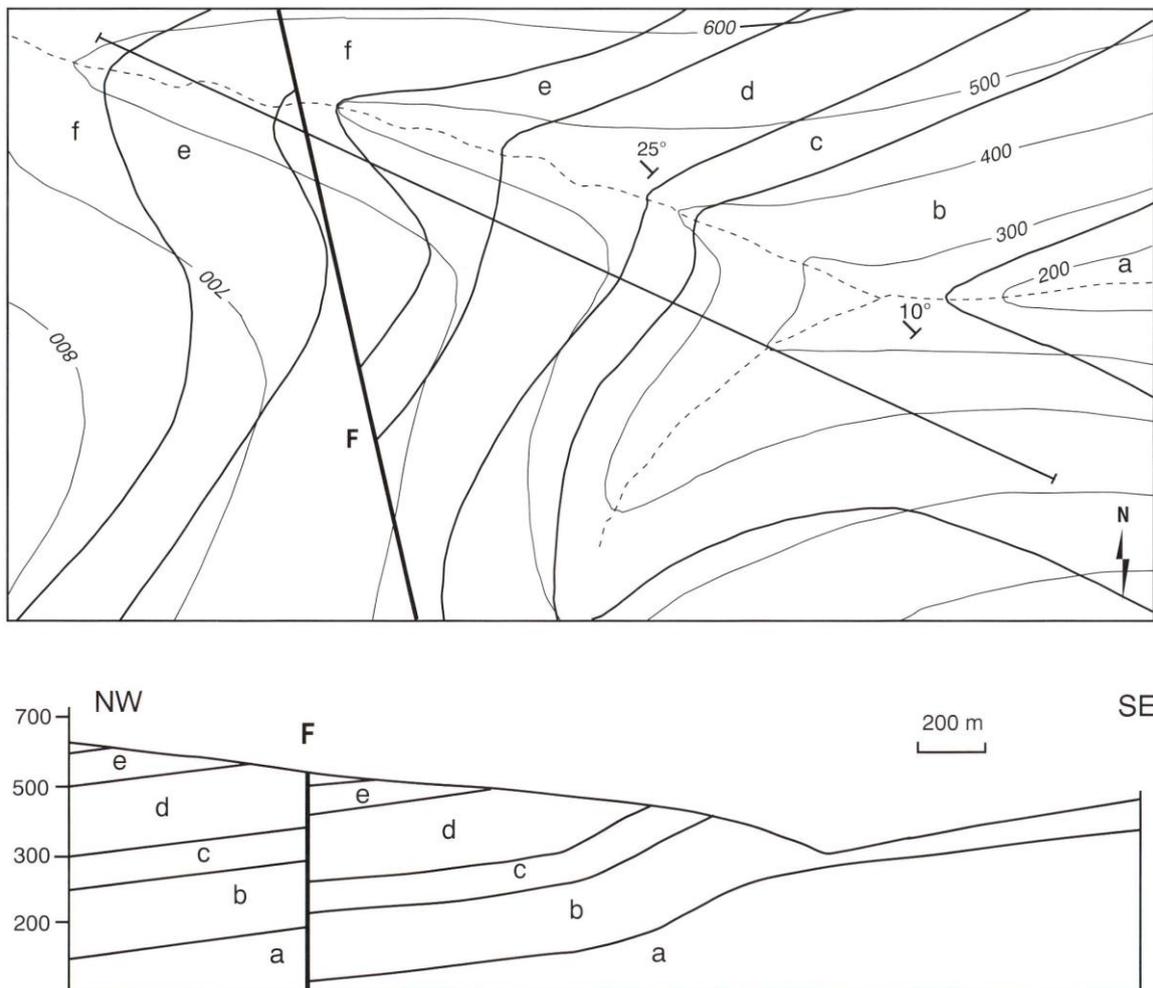


Figure 11. Exemple de dessin de coupe géologique dans une série monoclinale segmentée par une faille.

3.3.4. Signes du pendage sur la carte géologique

Signes de pendage	
	Pendage incliné de la stratification
	Pendage vertical
	Pendage horizontal
	Pendage de série renversée
	Schistosité métamorphique
Signes de plissement	
	Anticlinal
	Synclinal
	Replis
	Axe de pli et son plongement

Figure 12. Indice et marquage du pendage sur une carte géologique.

3.4. Structures plissées

Les régions ayant été soumises à des forces en compression, se sont déformées en se plissant, et en créant des structures plicatives ou plissées, ductiles, de forme concave ou convexe, au détriment des surfaces planes, dans le cas des séries sédimentaires notamment. Ces structures généralement appelées plis, définissent selon leur concavité des synclinaux ou des anticlinaux. Lorsque les déformations sont homogènes, il est possible de définir pour chaque zone plissée, un axe de pli ainsi que des orientations et des pendages privilégiés des flancs des plis. Une série de plis marquent morphologiquement le paysage et la topographie. Lorsque les anticlinaux correspondent à des parties hautes (collines ou crêtes), on dira que le relief est conforme. Les synclinaux correspondent alors aux vallées, aux combes et aux dépressions.

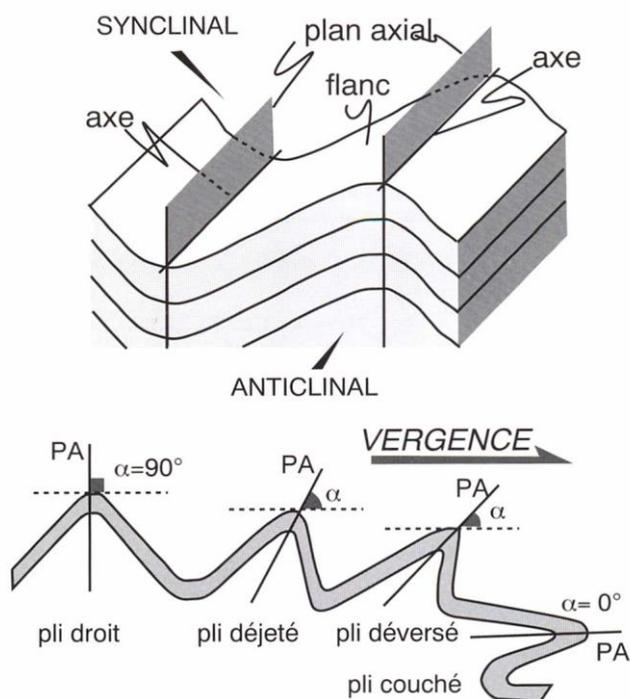


Figure 13. Structure d'un pli. Nomenclature

Lorsqu'une région est ainsi soumise à de fortes contraintes tectoniques, elle peut aussi se casser sous forme de compartiments séparés par des failles. Des structures faillées accompagnent alors les structures plissées.

Sauf indication contraire visible sur la carte ou signifiée dans la légende, on extrapole les plis sur la coupe géologique considérant que le plissement des séries sédimentaires est isopaque, c'est-à-dire que l'épaisseur des couches reste constante. Dans les synclinaux, c'est en surface que le pli est le plus serré, son rayon de courbure en haut, est le plus grand. En profondeur, la charnière devient plus anguleuse et il est impossible de garder l'épaisseur des couches constantes.

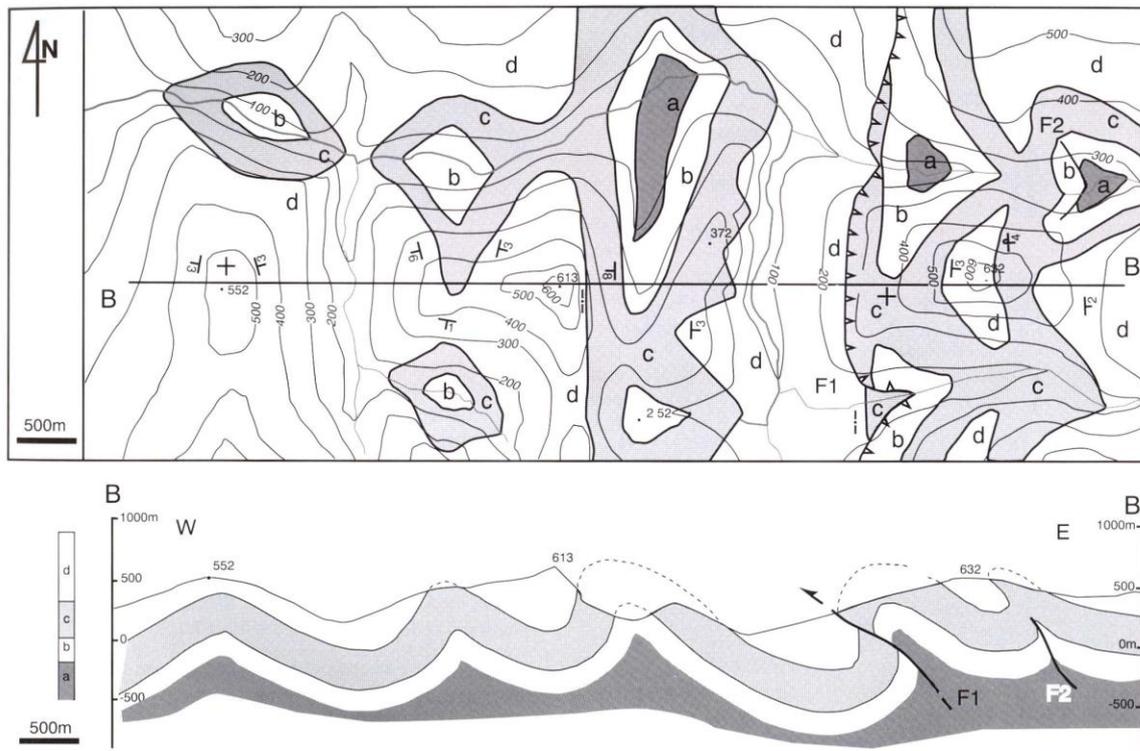


Figure 14. Exemple schématique d'une carte géologique avec sa coupe géologique correspondante en domaine plissé, avec quelques failles ou chevauchement à l'ouest.

3.5 Chevauchement et nappes de charriage

Les chevauchements sont des failles inverses à faible pendage (inférieur à 30°), parfois subhorizontaux. Sur la carte géologique, on les reconnaît par un tracé dû à un faible pendage. Les chevauchements amènent le plus souvent des terrains plus anciens à recouvrir des terrains plus récents. Dans les chaînes de montagnes, anciennes ou récentes, on trouvera des chevauchements sur de grandes distances. On parlera alors de charriage ou de nappe de charriage. L'intersection entre l'ensemble géologique charrié et l'ensemble géologique en place ou possiblement en place est parfois appelée discordance.

3.6. Plutonisme, volcanisme,...terrils et remblais

L'activité interne de la Terre s'exprime en surface par du volcanisme ou du plutonisme. Les structures qui en découlent sont intrusives par rapport au contexte géologique régional.

Autour des intrusions, il peut exister des auréoles de métamorphisme de contact.

Théoriquement, les terrils et remblais d'origine entropique, liés à l'activité minière notamment, ne sont pas figurés sur les coupes et les cartes géologiques. Néanmoins, ils peuvent être indiqués, pour comprendre, par exemple, l'organisation de la topographie locale.

4. La carte géologique

La cartographie géologique est une discipline complète des Sciences de la Terre. Le géologue cartographe doit avoir, pour réaliser au mieux les cartes géologiques, une connaissance globale de la géologie, mais aussi de la géomorphologie, si pas de la pédologie et la géographie physique, de la région investiguée. Ces quelques pages ne sont qu'une aide substantielle à une lecture rapide d'une carte géologique.

4.1. Définition

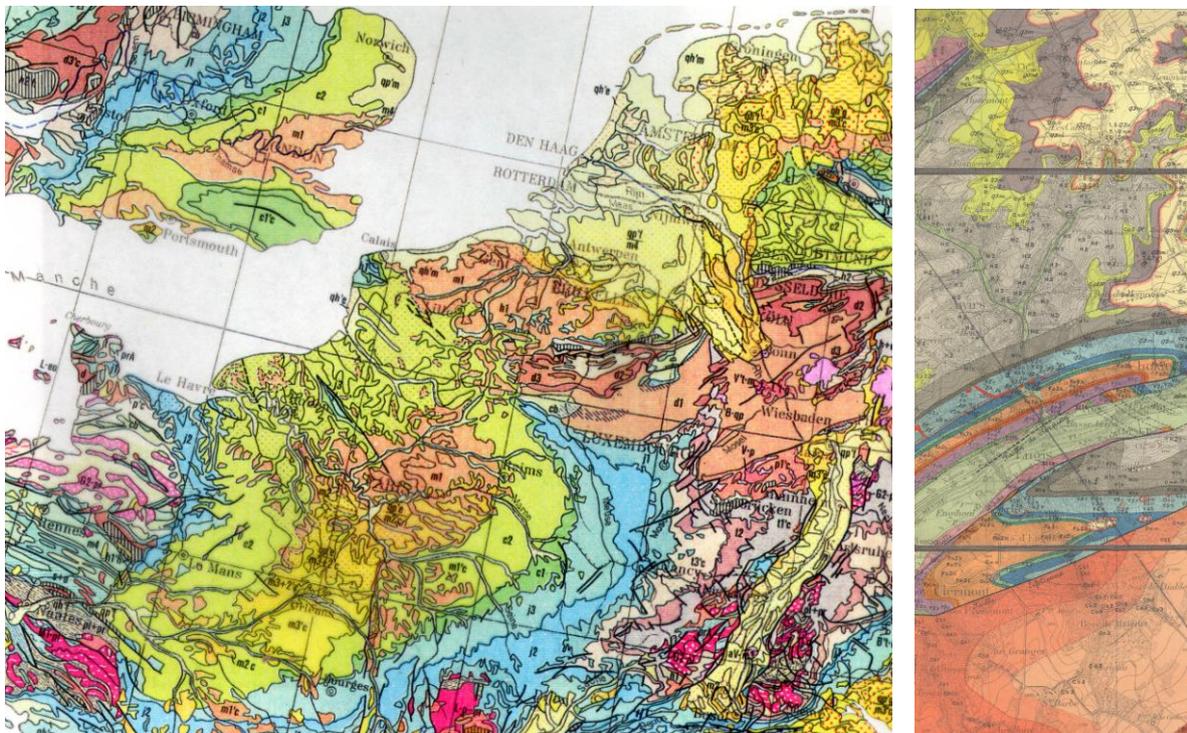


Figure 15. Exemples d'extrait de cartes géologiques

La carte géologique est une représentation plane, en deux dimensions, des informations relatives au sous-sol d'une région, superposée à un fond topographique simplifié. Sur le terrain, le fond topographique permet de se localiser et de se diriger. Il permet aussi de se représenter le relief de la région investiguée. Une manière simple d'aborder la carte géologique est de considérer que les couleurs et les tracés correspondent au sous-sol directement accessible sous les pieds, le sol effacé. Pour le praticien, l'ingénieur qui doit creuser un tunnel ou effectuer un sondage, cela

ne suffit pas. Lire la carte géologique, c'est savoir tirer le maximum d'informations concernant l'agencement des structures et des séries géologiques entre elles !

4.2. Lecture d'une carte géologique

Quelques points importants d'information sont relevés ci-dessous.

4.2.1. Le cadre

Le cadre de la carte géologique présente plusieurs graduations de longitude et de latitude. Ces repères permettent de restituer un point sur une carte. Aux coins de la carte sont précisés le type de projection cartographique, ainsi que l'organisme éditeur de la carte. Le nom des auteurs et l'année de réalisation de la carte y sont également indiqués. Sous le cadre, une échelle graphique peut être indiquée, ainsi qu'une coupe schématique.

4.2.2. La légende

A la marge de la carte géologique, se trouve la légende des terrains. Cette information est indispensable à la lecture du type de roches rencontrées. Parfois, un schéma structural est proposé. Certaines conventions, comme celle des pendages sont parfois explicitées.

4.2.3. Les couleurs et les indices des cartouches

Près de 10 % de la population ont des problèmes de vision des couleurs qui rendent difficile la lecture correcte d'une carte géologique. Un indice alphanumérique est associé à chaque cartouche et reporté sur les secteurs colorés correspondants. Les couleurs et les indices donnent une indication sur le type de roches, ainsi que leur l'âge de leur sédimentation ou formation. D'ordinaire, pour des roches intrusives ou métamorphiques, on utilisera des couleurs froides, sombres, plus vives. Pour des roches sédimentaires, des couleurs plus chaudes. Ceci afin de donner une indication concernant la structure géologique générale de la région.

4.2.4. Les tracés et contours géologiques

Les limites de couches ou aussi appelées « contour géologique » sont des tracés fins, parfois en tiretés en cas d'incertitude. Les failles, les discordances ou autre limite structurale marquante

sont figurés en trait noir épais continu. Le trait peut être en tireté si la structure est cachetée par un éboulis ou des formations superficielles.

4.2.5. La notice des cartes géologiques

A chaque carte, est associé un livre que l'on appelle notice. Dans cette notice, on retrouvera une description détaillée des roches ou couches géologiques qui constituent la carte géologique. On y trouvera aussi des indications sur la structure tectonique. Des informations concernant l'hydrogéologie et les activités minières sont aussi parfois renseignées. Quelques aspects historiques de l'évolution de l'interprétation de la carte par divers auteurs sont aussi parfois mentionnés.

4.3. Chronologie des événements

La carte géologique est la synthèse d'une longue histoire qui s'étale sur de très longues périodes. Il existe des événements brefs, parfois catastrophiques mais le plus souvent, il s'agit d'événements lents et successifs dans la longueur, depuis la sédimentation jusqu'à l'érosion en passant par la diagénèse et la tectonique. Chaque limite de couleur, de figuré, exprime un changement. Entre deux couches, deux couleurs, il s'agira d'un changement de type de dépôt et donc de conditions de sédimentation. Un tracé plus dense, noir, indiquera une faille, un Charriage ou une discordance, et donc un changement dans l'environnement dynamique ou tectonique de la région. Le cartographe aura donné son empreinte et son interprétation. Néanmoins, ces limites seront l'expression de l'histoire géologique de la carte qui sera lue.

Références bibliographiques

Un livre de référence en français :

Initiation aux cartes et aux coupes géologiques, Denis Sorel et Pierre Vergely, Ed. Dunod, Sciences Sup, 1^{er} cycle/Licence. Préparation CAPES, 2004. ISBN 2100484230

Un livre de référence, de poche, pour le terrain, en anglais :

The mapping of geological structures, Ken Mc Clay, Geological Society of London, ISBN0471 932434.

Un cours en ligne :

<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/carto/carto.htm>

<http://www2.ulg.ac.be/geolsed/carto/rapport.htm>

Pour en savoir plus :

Les structures géologiques, Jacques Debelmas et Georges Mascle, Dunod editions, Sciences sup, cours, Master, CAPES, Agrégation, ISBN 2 10 0082108

Tectonique, Jacques Mercier et Pierre Vergely, Editions Dunod, Master, CAPES, Agrégation, ISBN 2 10 048642 X

Déformation des roches et transformation de leurs minéraux. Initiation à la tectonique, Paul Nougier, Editions Ellipses, Science de la Vie et de la Terre. ISBN 2 7298-4992-0

Structural geology. An introduction to geometrical techniques, Donal M. Ragan. Editions John Wiley & Sons

Sans oublier:

Dictionnaire de Géologie, Foucault et Raoult, Editions Masson, France

Dictionnaire des Sciences de la Terre, Anglais-Français, J.P. Michel et R.W.Fairbridge, Editions Masson, France

Où se procurer les cartes géologiques ?

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartegeologique/>

<http://www.brgm.fr/>

<http://environnement.wallonie.be/cartosig/cartehydrogeo/>

<http://www.bgs.ac.uk/>

<http://www.infomine.com/maps/>

<http://www.usgs.gov/>