



Université 8 Mai 1945 – Guelma (Algérie)
TD Géologie L1
La carte et le profil topographique
Enseignante : Mme Djerrab

Sommaire

1. La carte topographique	2
1.1. Définition	2
1.2. Utilité des cartes topographiques	3
1.3. Projection cartographique	3
1.4. Principaux éléments représentés sur la carte topographique	3
1.5. Echelle et orientation	4
1.5.1.1. Echelle verbale	5
1.5.1.2. Echelle numérique	5
1.5.1.3. Echelle graphique	5
1.6. Relief	6
2. Le profil topographique	8
2.1. Définition	8
2.2. Rapport entre l'échelle des hauteurs et celle des longueurs	8
2.3. Savoir reconnaître et dessiner les différents types de reliefs sur un profil topographique	8
2.4. Exemple de l'établissement d'un profil topographique	14
Bibliographie	16
Glossaire Français / Anglais	17

1. La carte topographique

1.1. Définition

La carte topographique (du grec 'topos' = lieu et 'graphein'= l'écriture) est une **représentation plane (ex : une feuille de papier...) d'une partie de la surface terrestre**. On y trouve un ensemble d'informations détaillées sur **des éléments d'origine naturelle** (le relief, les cours d'eau...) ou **humaine** (les routes, les villes...).

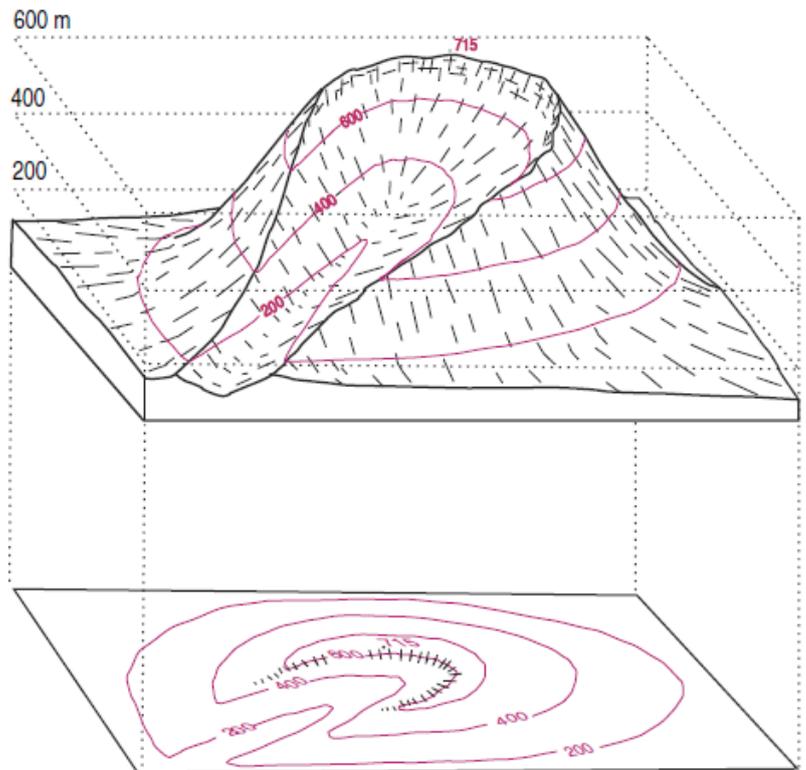


Figure 1 : Exemple de représentation du relief (en haut) sur une carte topographique (en bas) à l'aide de courbes de niveau (Sorel et Vergely, 2010).

Un peu d'histoire ...

Les premières cartes topographiques sont très anciennes, on trouve notamment des cartes établies en Chine il y a plus de 2000 ans, puis des cartes établies par des savants grecs ou romains (par exemple la carte de Ptolémée datée d'environ 150 après J.C.). De nombreux savants arabes ont également établies des cartes détaillées, comme Al-Idrissi au 12^{ème} siècle. Toutes ces cartes comportaient bien sûr de nombreuses erreurs car les scientifiques ne disposaient des techniques modernes (ex : les satellites).

Les premières cartes 'modernes' datent du 16^{ème} siècle (carte de Mercator).



Figure 2 : Anciennes cartes topographiques. A gauche : Al-Idrissi (12^{ème} siècle), A droite : Mercator (16^{ème} siècle).

1.2. Utilité des cartes topographiques

Les cartes topographiques sont employées dans une grande variété d'applications. Elles peuvent par exemple être utilisées par des particuliers dans le **domaine des loisirs** (voyages, randonnées, courses d'orientation), mais également par le **gouvernement et l'industrie** pour aider à la planification urbaine, à l'exploitation minière, à la gestion des urgences et à l'établissement de limites légales et de propriété foncière. Elles sont utiles également pour les **géologues** (pour établir des profils topographiques nécessaires à la réalisation de coupes géologiques).

1.3. Projection cartographique

Problème : La surface de la Terre est en trois dimensions (3D), alors que la feuille de papier est en deux dimensions (2D).

Solution : On utilise une projection cartographique.

La projection cartographique est le processus qui consiste à **transformer et à représenter sur une surface plane** (en 2D) **des points situés sur la surface sphérique de la Terre** (en 3D).

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. Il y a par exemple de fortes distorsions près des pôles. 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**.

1.4. Principaux éléments représentés sur la carte topographique

Sur une carte topographique et tout autour de la carte (dans le cadre), on va trouver différentes informations.

1.4.1. Sur la carte

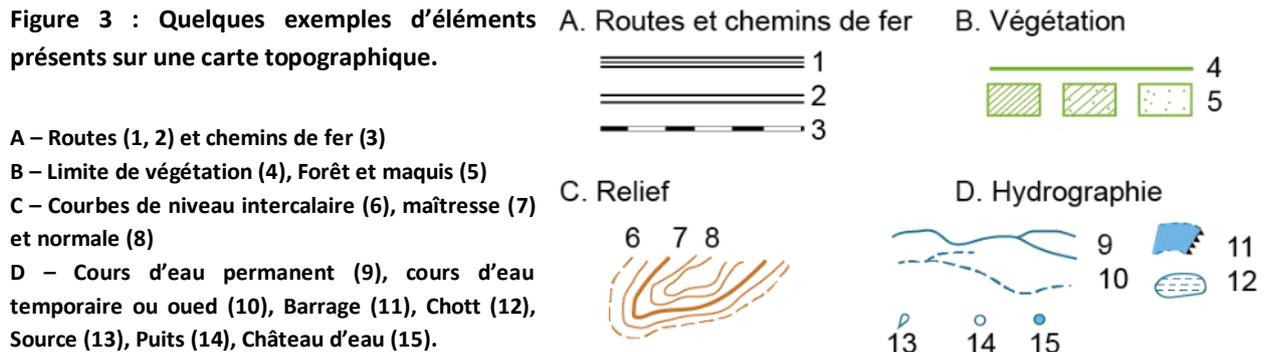
Aujourd'hui, les cartes topographiques sont en couleur et chaque couleur sert toujours à représenter le même type d'information :

Couleur	Type d'information	Exemples
Noir	Planimétrie + toponymie Symboles pour des lieux particuliers	Routes ¹ , villes, noms de lieux Ruines romaines, carrières, sites touristiques, points cotés ² ...
Vert	Végétation	Forêts, cultures...
Bleu	Hydrographie (= tout ce qui se rapporte à l'eau)	Cours d'eau, lacs, sources...
Marron bistre (brun jaune)	Orographie (= représentation du relief)	Courbes de niveaux. La valeur de l'altitude est indiquée sur certaines courbes.

¹ Sur certaines cartes, en plus de la bordure noire, une couleur permet de faire la différence entre les types de routes (nationales, autoroutes...). Ex : routes les plus importantes en rouge, routes secondaires en jaune...

² Points cotés : points sur la carte au niveau desquels on trouve une indication précise sur la valeur de l'altitude.

Figure 3 : Quelques exemples d'éléments présents sur une carte topographique.



1.4.2. Autour de la carte (dans le cadre)

En plus des informations présentes sur la carte, on trouvera toujours :

- Le **titre** et le **numéro** de la carte (généralement indiqués au-dessus de la carte),
- La **légende** : elle donne la signification des principaux signes conventionnels, qui peuvent varier suivant les cartes (il est important de la consulter à chaque fois),
- Les **méridiens** (lignes nord/sud) et les **parallèles** (lignes est/ouest) : ils permettent d'obtenir les **coordonnées géographiques** d'un point,
- Des **systèmes variables de repérage** (exemple : le quadrillage kilométrique Lambert),
- Le **type de projection cartographique** utilisée,
- La **direction du Nord géographique**, ainsi que les variations de la déclinaison magnétique,
- L'**échelle** de la carte,
- L'**équidistance** de la carte.

1.5. Echelle et orientation

1.5.1. L'échelle

Pour représenter la surface de la Terre sur une feuille de papier, il est bien sûr nécessaire de réduire la taille réelle des choses. L'échelle de la carte correspond en fait au taux de réduction appliqué :

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

Echelle E = distance sur la carte d/Distance réelle D

Différentes échelles sont utilisées, parmi les plus fréquentes sur les cartes topographiques, on trouvera : 1/25 000, 1/50 000, 1/100 000, 1/200 000 (cartes routières).

L'échelle de la carte est souvent mal comprise, car plus l'échelle de la carte est petite, plus le numéro de référence est grand, et vice-versa :

- **Quand le rapport est petit** (par ex. : 1/1 000 000), la carte est à **petite échelle** : ce type de carte montre une grande surface mais peu de détail (ex : un pays entier).
- **Quand le rapport est grand** (par ex : 1/10 000), la carte est à **grande échelle** : elle montre une petite surface mais beaucoup de détails (ex : une ville).

Il existe trois types d'échelle : verbale, numérique et graphique.

1.5.1.1. Echelle verbale

Une échelle verbale utilise des mots pour décrire la relation qui existe entre une distance sur la carte et une distance spécifique sur la surface terrestre.

Exemple : 1 cm au 10 km.

1.5.1.2. Echelle numérique

Une échelle numérique, généralement représentée par un rapport (1/50 000 ou 1:50 000), indique qu'une unité (ex : 1 cm) sur la carte représente le deuxième nombre de cette même unité sur Terre (50 000 cm dans l'exemple).

Autre exemple d'échelle numérique : 1 : 10 000 ou 1/10 000

(1 cm sur la carte représente 10 000 cm (= 100m) sur le terrain).

Exemples :

1- Si deux points sont éloignés de 8 km sur le terrain et de 10 cm sur la carte, l'échelle est la suivante :

$$E = 10 \text{ cm} / 8 \text{ km} = 10 / 800\,000 = 1 / 80\,000$$

On dit que la carte est au 80 000^{ème} ou à l'échelle 1/80 000.

2- Sur une carte au 20 000^{ème}, deux points sont distants de 10 cm, leur distance sur le terrain est :

$$D = d/E = 10 \text{ cm} * 20\,000 = 200\,000 \text{ cm} = 2 \text{ km}$$

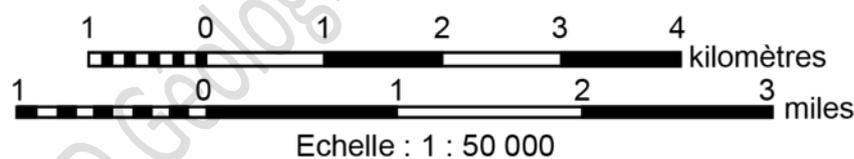
3- Si deux points sont distants sur le terrain de 2 km, la distance sur une carte au 50 000^{ème} est de :

$$d = D * E = 2 \text{ km} * (1/50\,000) = 4 \text{ cm}$$

Echelle	Distance réelle D	Distance sur la carte d
?	8 km	10 cm
1 / 20 000	?	10 cm
1 / 50 000	2 km	?

1.5.1.3. 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 : il s'agit d'un segment gradué en km, hm, m, cm, etc...



1 centimètre sur la carte représente 500 mètres sur le terrain

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

En outre, ce type d'échelle se conserve lors de la reproduction des documents (scan, photocopies, etc...).

1.5.2. Orientation et localisation

Les côtés de la carte sont parallèles aux méridiens terrestres et indiquent le nord géographique.

Le Nord géographique est également indiqué par une flèche orientée verticalement vers le haut.

Le **Nord magnétique** (donné par la boussole) diffère du Nord géographique. Cette différence appelée déclinaison magnétique évolue avec le temps. Elle est indiquée sur la carte topographique (en général au 1/50 000).

Sur les bords de la carte, on trouve les **longitudes et latitudes** terrestres principales.

1.6. Relief

Il existe différentes méthodes de représentation des éléments de relief, comme par exemple les hachures, les courbes de niveau, les ombrages, la coloration des couches, les points cotés, etc. Chaque méthode a ses propres mérites et inconvénients dans la représentation du relief du terrain.

1.6.1. Hachures et tons foncés

Les hachures et les tons foncés étaient utilisés sur les vieilles cartes en noir et blanc pour représenter le relief : Plus la pente est raide, et plus les lignes sont épaisses (les pentes supérieures à 45° sont entièrement représentées en noir). Cette représentation n'est plus utilisée actuellement.

Figure 4 : Extrait d'une vieille carte topographique de la région parisienne. Carte à l'échelle 1/80 000 qui date du XIX^{ème} siècle.



Les hachures sont dessinées à partir des courbes de niveau en trois temps. Le relief est d'abord dessiné en courbes de niveau (1), ensuite on ajoute les hachures (2) et enfin on efface les courbes de niveau (3). En général, les cartes en hachures ne comportent pas d'indication d'équidistance :

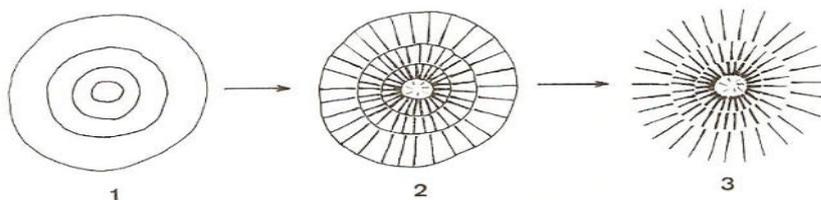


Figure 5 : Principe de l'établissement des hachures.

1.6.2. Courbes de niveaux

Actuellement³, 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.

³ Les courbes de niveau, telles que nous les connaissons aujourd'hui, sont devenues populaires au milieu des années 1800 avec l'essor des industries d'extraction des ressources telles que l'exploitation minière et l'exploitation forestière.

L'équidistance représente la **différence d'altitude entre deux courbes de niveau normales successives** : elle est en général de 10 m dans les zones de faible relief et de 20 m en montagne.

Il existe différentes sortes de courbes de niveau :

a) **Courbes maîtresses** :

Elles sont généralement représentées par un trait épais (———), sur lequel on peut trouver la valeur de l'altitude. L'altitude qui est écrite donne le sens de la pente : le haut des chiffres indique la montée et le bas des chiffres la descente.

b) **Courbes normales** :

Elles se trouvent entre les courbes maîtresses. Elles sont dessinées en trait fin (———).

c) **Courbes intercalaires** :

En certains points d'une carte, il arrive que l'équidistance soit trop grande pour préciser, sur des pentes faibles, des détails importants du terrain. On ajoute alors une courbe dite intercalaire, dessinée en général en tiretés (- - - -).



Figure 6 : Extrait d'une carte topographique montrant des courbes de niveau. Les courbes maîtresses sont en traits épais, et les courbes normales en traits fins. Sur la courbe maîtresse, le haut du chiffre (altitude à 900 m) donne le haut de la pente.

1.6.3. Calcul de la pente

La pente est le rapport entre la **différence d'altitude entre deux points** (notée h) et la **distance qui sépare ces deux points**, appelée **écartement** ou **espacement** (notée D). Elle peut être donnée en **pourcentage (%)** ou en **degrés (°)**.

Plus les courbes sont espacées, et plus la pente est faible. Inversement, plus les courbes de niveau sont resserrées, plus la pente est forte.

Exemple de calcul de la pente (voir la figure 7) :

En pourcentage :

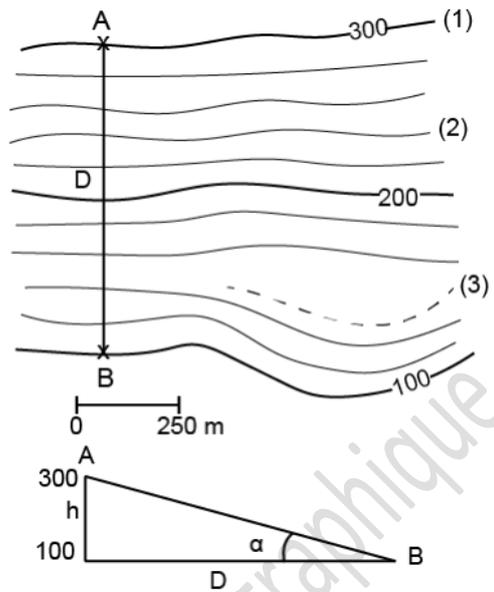
$$P\% = h/D * 100, \text{ soit } P = 200/750 * 100 = 26,6 \%$$

En degrés :

$$\text{tg}\alpha = h/D = P/100 = 0,266 \text{ d'où } \alpha \approx 15^\circ$$

Pour une pente de 100 % on a $\alpha = 45^\circ$; pour $\alpha = 90^\circ$ la pente est infinie.

Figure 7 : Courbes de niveaux et pente topographique (1 : courbe maîtresse, 2 : courbe normale, 3 : courbe intercalaire, α : pente entre A et B, h : différence d'altitude entre A et B, D : distance horizontale entre A et B).



2. Le profil topographique

2.1. Définition

Un profil topographique est la **représentation de la variation du relief sur une feuille de papier**. Il sert de base aux coupes géologiques. C'est donc la section par un plan vertical de la surface topographique.

2.2. Rapport entre l'échelle des hauteurs et celle des longueurs

Dans notre cas, l'échelle des hauteurs et des longueurs sera la même, car le travail sur le profil topographique précède la réalisation d'une coupe géologique.

Mais il n'est pas obligatoire de construire un profil topographique en utilisant la même échelle pour les hauteurs et pour les longueurs (parfois le fait de prendre une échelle des hauteurs plus grande – par exemple 10 fois plus grande – que celle des longueurs aide à mettre en évidence les détails du terrain).

Attention : Multiplier les hauteurs par un certain coefficient multiplie de la même manière la pente exprimée en pourcentage.

En effet si : $P = h/D \times 100$ et $P' = (h \times 10) / D \times 100$, on a $P' = 10 P$.

2.3. Savoir reconnaître et dessiner les différents types de reliefs sur un profil topographique

2.3.1. Les sommets et les cuvettes

Un **sommet** représente un point haut (= zone en relief).

Une **cuvette** ou **dépression** représente un point bas (= zone en creux).

Dans les deux cas, les courbes de niveau sont **concentriques**. Le sommet (ou le point le plus bas) est généralement indiqué par un point (parfois le sommet est indiqué par un petit triangle) :

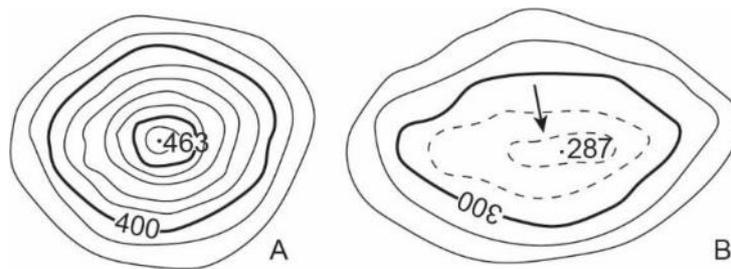


Figure 8 : Sommet (à gauche) et cuvette (à droite).

A : Le point coté 463 est entouré par des courbes de niveau plus basses que lui, c'est un sommet.

B : Le point coté 287 est entouré par des courbes de niveau plus hautes que lui, c'est une cuvette. Ici, la flèche indique le centre de la dépression (n'est pas toujours indiquée).

La forme des sommets peut varier : sommet **symétrique** (la pente est égale de tous les côtés), **dissymétrique** (l'un des flancs du sommet présente une pente plus forte), **anguleux**, **arrondi** ou de forme **complexe** (voir figure suivante).

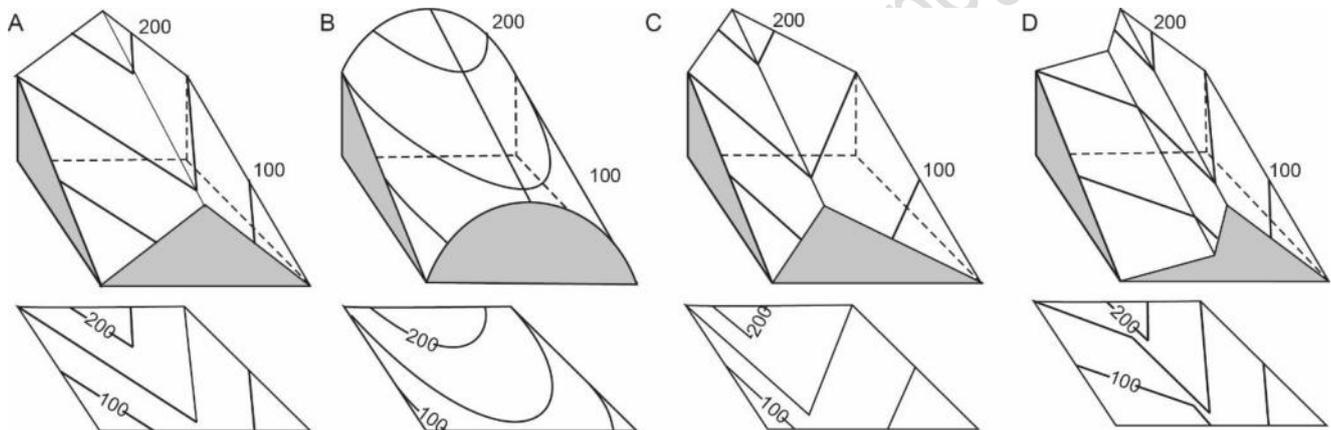


Figure 9 : Types de sommets.

A : Symétrique et anguleux ; B : Symétrique et arrondi ;

C : Dissymétrique et anguleux ; D : Forme complexe.

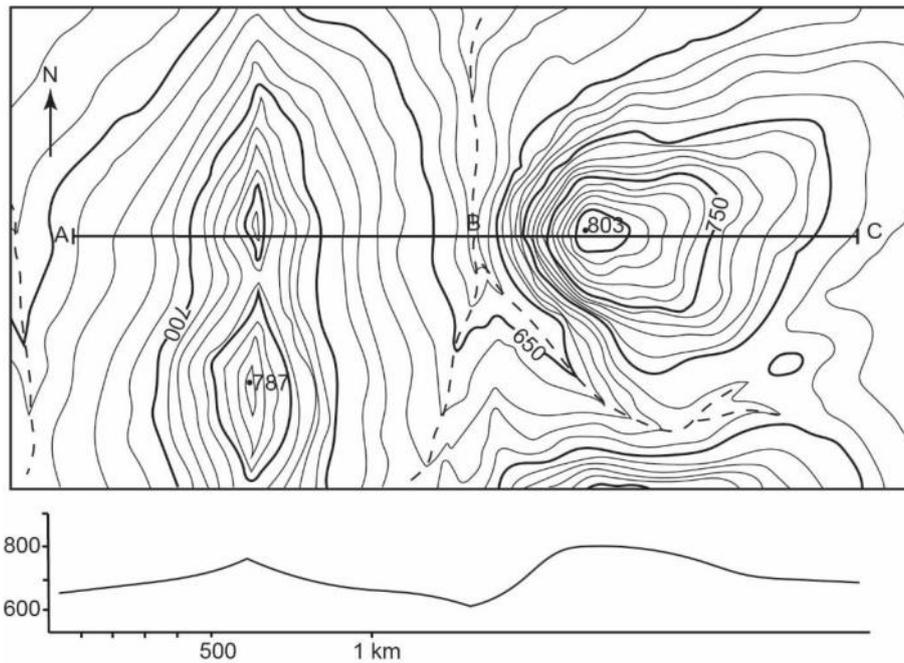


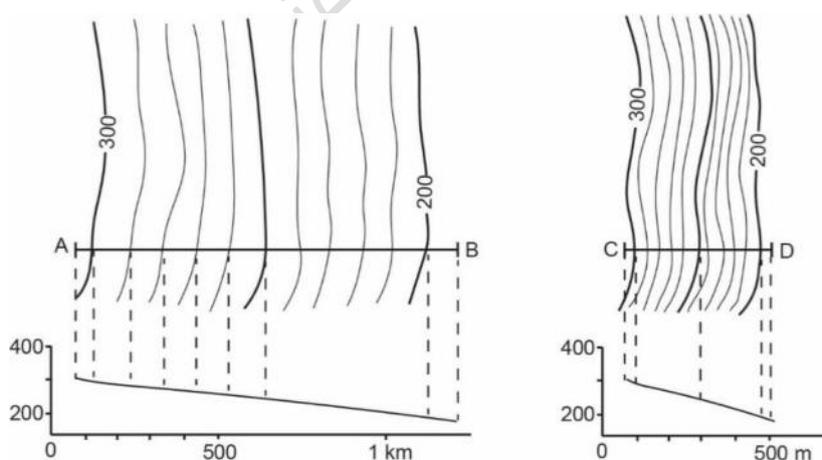
Figure 10 : Reconnaissance de la forme des reliefs sur une carte.
Point coté 787 (à l'ouest) : relief anguleux et sensiblement symétrique
Point coté 803 (à l'est) : relief arrondi et dissymétrique.
ABC : trait de coupe correspondant au profil topographique.

2.3.2. Les versants

Le versant est la surface comprise entre le point le plus haut et le point le plus bas d'une pente, c'est-à-dire entre la crête et le talweg.

Le **talweg** regroupe les points les plus bas d'une vallée : c'est là que coule la rivière quand il en existe une. Le versant peut être de forme diverse :

a) Pente constante

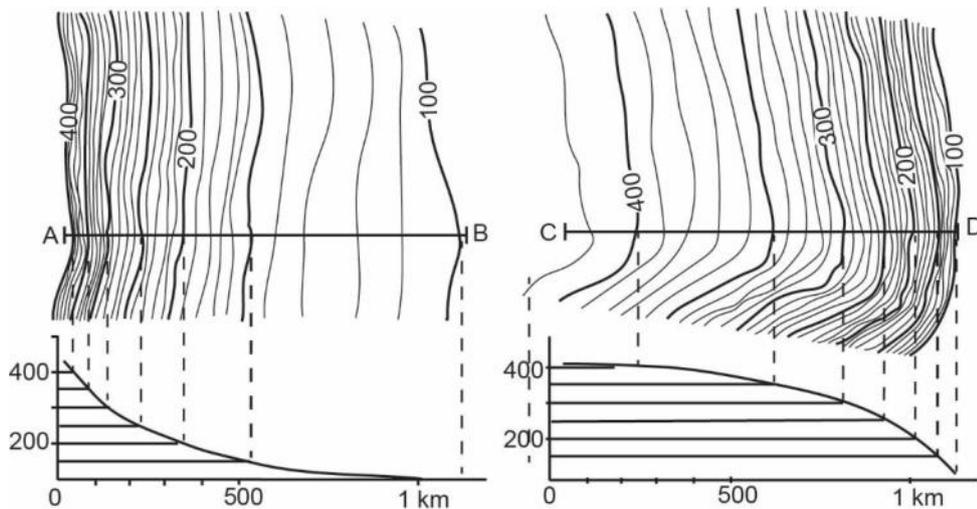


La figure ci-contre montre deux exemples de pentes constantes. Les courbes de niveau présentent toujours entre elles le même écartement.

Figure 11 : Pentes constantes.

Profil AB : courbes de niveau espacées, pente faible. Profil CB : courbes de niveau serrées, pente forte. Pour représenter ces pentes en coupe, il suffit de déterminer les positions des points A et B, ou C et D.

b) Pente régulièrement variable



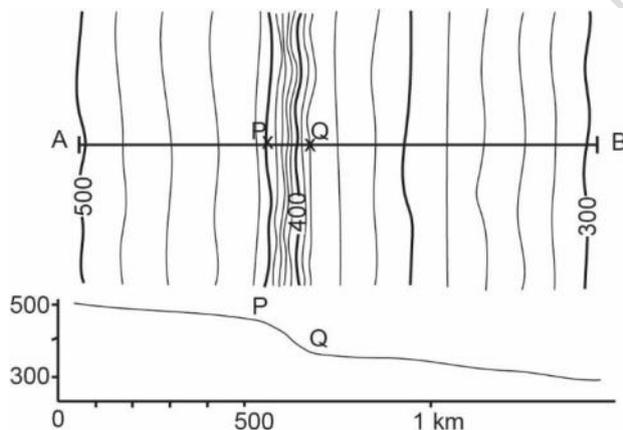
Les courbes de niveau sont de plus en plus serrées ou de plus en plus écartées, mais de façon régulière.

Figure 12 : Pente concave (à gauche) et convexe (à droite).

Pente concave vers le haut : une pente concave est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus écartées en allant vers le bas (figure de gauche).

Pente convexe vers le haut : une pente convexe est caractérisée par des courbes de niveau de plus en plus serrées en allant vers le bas (figure de droite).

c) Rupture de pente

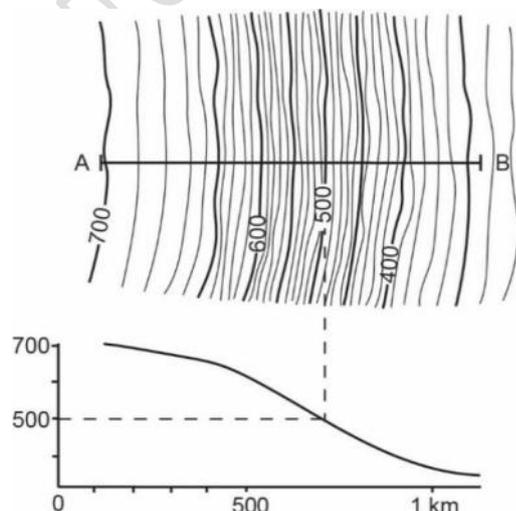


Les ruptures des pentes se voient au fait que les courbes de niveau s'écartent ou se resserrent brusquement. L'exemple ci-contre montre une double rupture de pente.

Figure 13 : rupture de pente.

L'écartement des courbes de niveau change brusquement en P et Q où il y a des ruptures de pente.

d) Profil habituel des versants



Les versants ont fréquemment un profil convexe dans leur partie supérieure et concave dans leur partie inférieure.

Figure 14 : Profil habituel d'un versant (partie haute convexe, partie basse concave).

2.3.3. Falaises et abrupts rocheux

Une **falaise** ou un **abrupt** rocheux correspond à une zone dans laquelle la pente est très forte. Un abrupt correspond à un relief moins marqué qu'une falaise.

Dans certains cas, **les courbes de niveau sont tellement serrées qu'elles deviennent illisibles**. On les remplace alors par un **figuré spécial** qui évoque une falaise rocheuse.

La **hauteur de la falaise ou de l'abrupt** est égale à la différence des altitudes entre le sommet et la base. Par exemple au niveau de la coupe AB de la figure suivante, la hauteur est de $710\text{m} - 550\text{m} = 160\text{m}$.

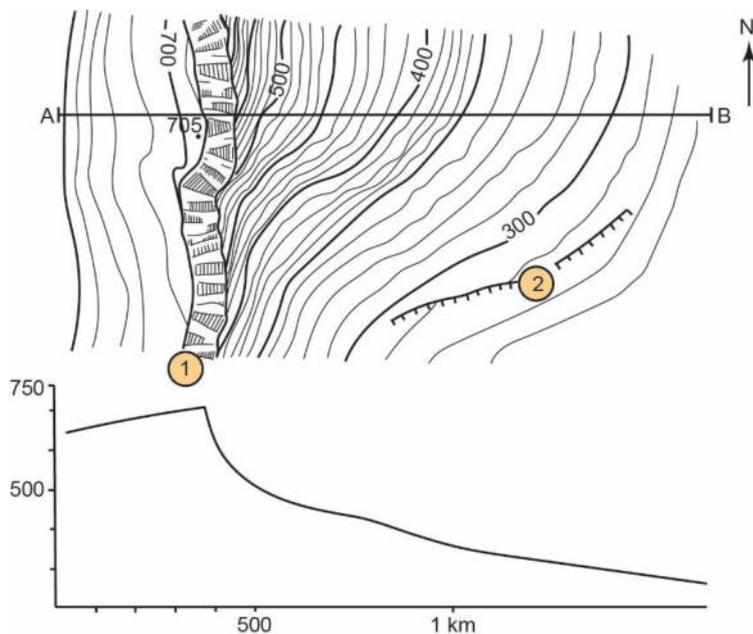


Figure 15 : Abrupt et falaise.

1 : Falaise tournée vers l'E.

Au sommet, l'altitude est maximale et les courbes de niveau sont espacées. On trouve un point côté (indication de l'altitude) / Au pied de la falaise : l'altitude est plus faible et les courbes plus resserrées.

2 : Petit abrupt tourné vers le SSE.

2.3.4. Les crêtes et les vallées

Les **crêtes**, comme les **vallées**, se reconnaissent par des **courbes de niveau qui se referment sur elles-mêmes**.

Le **talweg⁴ (ou thalweg)** est la **ligne joignant les points les plus bas d'une vallée** (qui correspond au lit d'un cours d'eau ou d'un glacier). On reconnaît la présence d'une vallée même si aucun cours d'eau n'est présent. Les courbes de niveaux se referment sur elles-mêmes vers **l'amont** (fig.16). Comme pour les crêtes, la forme de la fermeture donne des informations sur la forme de la vallée : **forme de 'V'** dans le cas où la vallée est incisée (cas d'une vallée fluviale, creusée au milieu), et **forme de 'U'** dans le cas où la vallée est large (cas d'une vallée glaciaire, à fond plat et plus large).

La **ligne de crête** est la **ligne passant par les points les plus élevés du relief**. Les courbes de niveau se referment sur elles-mêmes vers **l'aval**, et elles entourent un sommet (fig. 17). La forme de la fermeture des courbes donne une information sur la forme du sommet (arrondi ou pointu, symétrique ou non).

⁴ Mot d'origine allemande, les deux orthographes sont possibles.

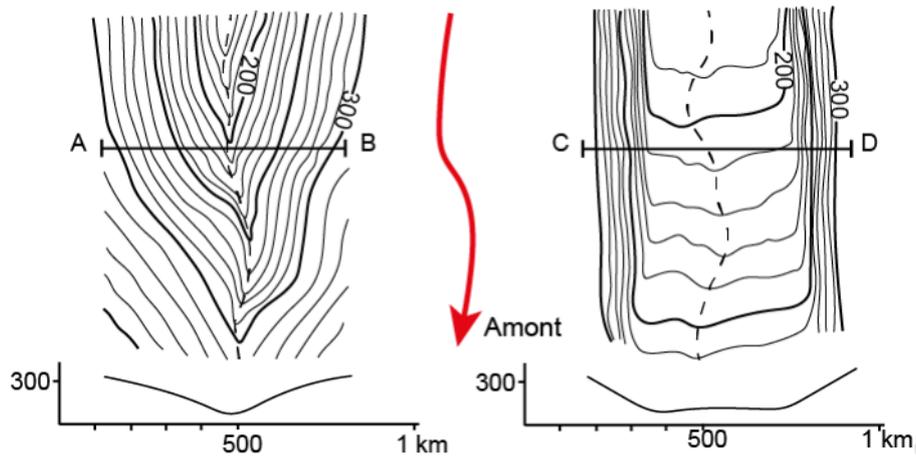
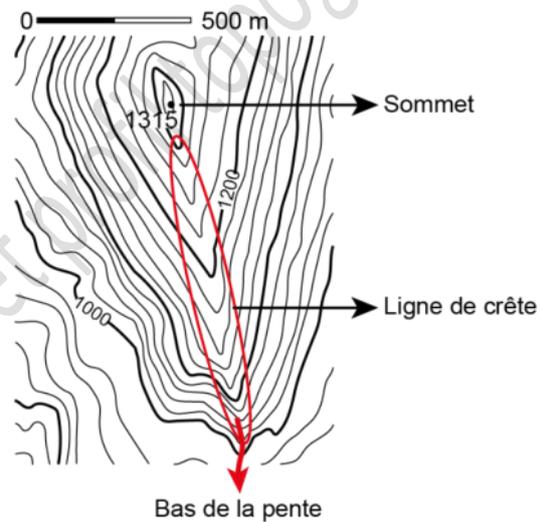


Figure 16 : Forme des vallées. Les courbes de niveaux se referment en direction de l'amont (flèche rouge). Profil AB : vallée en 'V'. Profil CD : vallée à fond plat en 'U'. Le dessin des courbes rappelle la forme de la vallée ; serrées sur les versants, elles sont écartées dans la partie plate où leur tracé est hésitant.

Figure 17 : Ligne de crête. Les courbes de niveaux se referment en direction de l'aval (flèche rouge). Elles entourent un sommet de forme anguleuse et symétrique (point coté à 1315 m).



2.4. Exemple de l'établissement d'un profil topographique

La réalisation d'un profil topographique se fait sur papier millimétré (ou à l'aide de logiciels spécialisés). Les étapes à respecter sont les suivantes :

1. Choisir une ligne imaginaire qui traverse les principaux éléments du relief de la carte et la tracer au crayon (par exemple la ligne AB dans l'exemple ci-dessous).
2. Plier une feuille de papier millimétré et l'appuyer contre cette ligne. Avec un crayon, marquer sur le bord de votre feuille les extrémités du profil (A et B), ainsi que toutes les courbes de niveau (à l'aide de petits tirets).
3. Préparer votre profil en faisant figurer en ordonnée les altitudes (axe vertical, A et B) et en abscisse la distance (axe horizontal). Faire attention à l'échelle de la carte étudiée.
4. Reporter les altitudes (sous forme de points) sur la feuille de papier millimétré.
5. Joindre ces points pour dessiner une courbe.
6. Noter les points importants pour localiser la courbe, l'échelle, l'orientation principale de la courbe, le titre (et éventuellement les coordonnées géographiques).

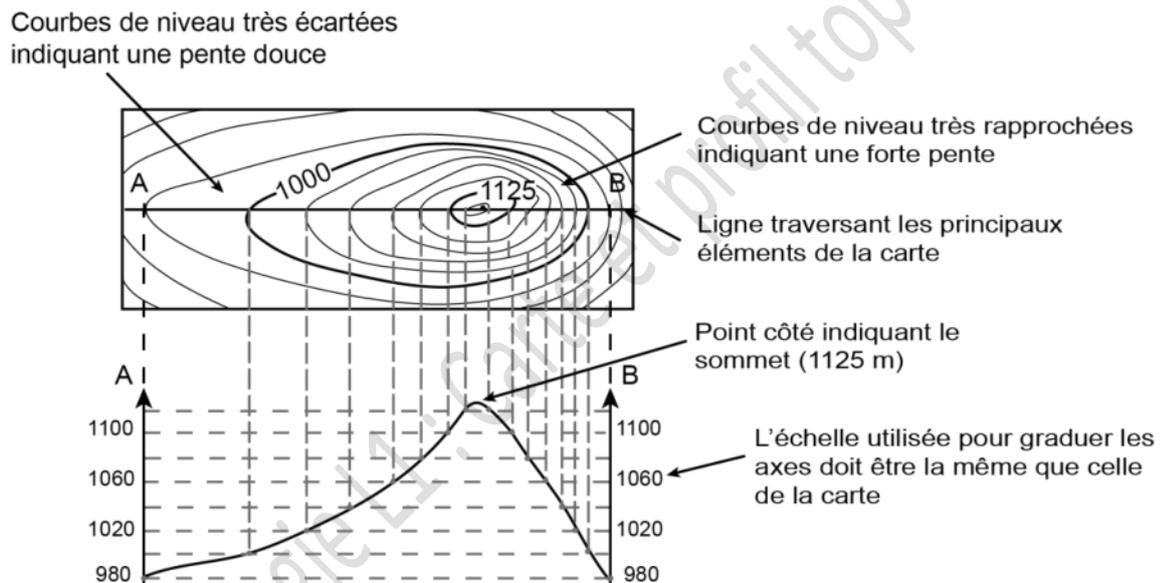


Figure 18 : Carte topographique (en haut) et profil topographique correspondant (en bas) ; et lignes pointillées expliquant comment le profil a été dessiné.

Exemple de profil :

Vous remarquez sur le bord du papier millimétré les tirets qui ont permis de relever les courbes de niveaux. Le titre peut être indiqué au-dessus ou bien en-dessous du profil. Attention le dessin du profil doit être bien centré dans la feuille pour pouvoir noter les informations importantes tout autour.

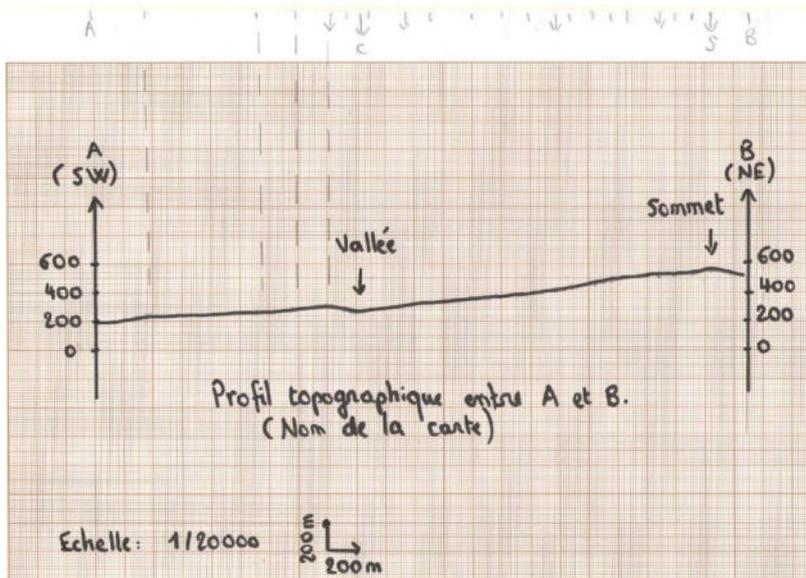


Figure 19 : Exemple de profil topographique.

TD Géologie L1 : Carte et profil topographique

Bibliographie

- FOUCAULT A. & RAOULT J.F., 1966 : *Coupes et cartes géologiques. Travaux pratiques de Géologie de 1^{er} et 2^{ème} cycle*. Société d'édition d'enseignement supérieur, Paris, 146 p.
- SOREL D. & VERGELY P., 2010 : *Initiation aux cartes et aux coupes géologiques*. Edition Dunod, 2^{ème} édition, 120 p.

L'histoire de la cartographie en 30 cartes : publication de l'Institut Géographique National (IGN), France, août 2021 : <https://www.ign.fr/reperes/30-cartes-qui-racontent-lhistoire-de-la-cartographie>

Pour plus d'informations sur les notions vues pendant les TD, rendez-vous sur ma chaîne Youtube '**TP Géologie L2**'. Les informations qui concernent les TD de cartographie de L1 sont à retrouver sur la Playlist '**TD Géologie de 1^{ère} année SNV**'.

Les vidéos utiles que vous trouverez sur cette chaîne :

- Comment réaliser un profil topographique
- Comment calculer la pente topographique
- C'est quoi l'équidistance d'une carte ?
- C'est quoi l'échelle d'une carte ?
- La carte topographique : les éléments importants sur ces cartes
- Comment réaliser une coupe géologique ?

et bien d'autres vidéos ...

Glossaire Français / Anglais

Français	Anglais
Altitude	Elevation
Amont	Upstream
Aval	Downstream
Bassin	Basin
Carte topographique	Topographic map
Colline	Hill
Coordonnées géographiques	Geographic coordinates
Courbes de niveau (maîtresses, normales, intercalaires)	Contour lines (index, intermediate and supplementary)
Crête	Ridge
Crête (ligne de)	Crest (line)
Dépression, cuvette	Depression
Echelle	Scale
Equidistance	Contour interval
Falaise	Cliff
Hachure	Hachure
Hydrographie	Hydrography
Montagne	Mountain
Orographie	Orography
Pente, versant (d'une montagne)	Slope
Pic (sommet d'une montagne)	Peak
Point côté	Spot elevation
Profil topographique	Topographic profile
Projection	Projection
Relief	Relief
Sommet	Summit
Talweg or thalweg	Talweg or thalweg
Vallée	Valley
Vers le bas (dans le sens de la descente)	Downhill
Vers le haut (dans le sens de la montée)	Uphill