

**TP-ST
A3**
CARTOGRAPHIE 1

 COURS : **ST-E, ST-I, ST-J** TP : **ST-A (1 A 5), ST-H**


Une **carte géologique** est une banque de données de la surface de la lithosphère. Elle représente les terrains géologiques qui **affleurent** ou sont présents juste sous une couche de terre.

L'étude d'une carte géologique a plusieurs utilisations possibles :

- En premier lieu, comprendre la structure géologique de la région étudiée (ce qui incluse la compréhension de l'organisation des couches géologiques en profondeur) ;
- Ensuite, analyser l'exploitation humaine et les risques géologiques ;
- Enfin, reconstituer l'histoire géologique de la région, à partir de l'analyse de la structure géologique.

Ces trois aspects sont totalement reliés, car il n'est pas possible de réaliser une reconstitution historique sans avoir compris la structure géologique, et la compréhension de la structure géologique n'est pas dissociable de certains aspects historiques.

En BCPST1, l'étude de la cartographie géologique est répartie dans trois séances de TP :

- TP ST-A3 : Principes généraux
Lecture carte géologique
Pendages
Domaine tabulaire
Coupe #1 (L'Isle Adam 1/50 000)
- TP ST-A4 : Discordances
Domaines plissés, faillés ; plutons et filons
Schéma structural et chronologie
Coupe #2 (Lavelanet 1/50 000)
- TP ST-A5 : Carte de France au 1/1 000 000 et grands ensembles géologiques
Cartographie numérique (MNT et SIG)
Etude cartographie, sédimentaire et isostatique d'un bassin sédimentaire : le Bassin Parisien
Coupe #3 (France 1/1 000 000)



« Carte minéralogique où l'on voit la nature et la situation des terrains qui traversent la France et l'Angleterre ». par Jean-Etienne Guettard. Carte publiée en 1746 par l'Académie des Sciences. Cette carte est considérée comme la première carte géologique jamais publiée



Carte minéralogique des environs de Fontainebleau, Etampes et Dourdan, gravée en 1767.

Le but de ce TP est de comprendre les bases de la cartographie et de la réalisation d'une coupe géologique à main levée.

Programme officiel :

- Réaliser une coupe géologique à main levée en partant de profils topographiques fournis
- Exploiter les informations visibles sur une carte pour établir une histoire régionale simplifiée
- Repérer les indices d'exploitation par l'être humain (forage, mines, carrières)
- (ST-I) Identifier des ressources géologiques lors d'une analyse cartographique

Compétences :

- Utiliser une carte géologique :
 - Identification des principales structures tectoniques et des ensembles pétrologiques
 - Reconstitution d'une histoire géologique régionale
 - Reconstitution d'un paléoenvironnement
 - Identification des risques ou des ressources géologiques
- Traduire l'exploitation d'une carte géologique sous forme d'une coupe géologique (profil topo fourni) ou d'un schéma structural :
 - fidélité, mise en évidence pertinente des objets et structures géologiques et des roches, légendes, titre, échelle
- Exploiter des données cartographiques ou des archives sédimentaires pour reconstituer des variations climatiques

1. Introduction : généralités sur les cartes topographiques

Voir poly 1 - préparation

2. Généralités sur les cartes géologiques

Voir poly 1 - préparation

3. Les terrains sédimentaires : échelle chronostratigraphique, informations apportées

Voir poly 1 - préparation

4. Méthodologie 1 : détermination de pendages

Une couche géologique est définie par son épaisseur, et son pendage.

4.1. Première méthode de détermination du pendage : V sur une colline

On analyse l'intersection des couches avec une colline

Si les limites de couche :

- | | |
|--|--------------------|
| - sont parallèles aux courbes de niveau : | couche horizontale |
| - coupent à l'emporte pièce la colline de manière rectiligne : | couche verticale |
| - dessinent un V sur les courbes de niveau de la colline : | couche oblique |

Comment trouver le sens du pendage ?

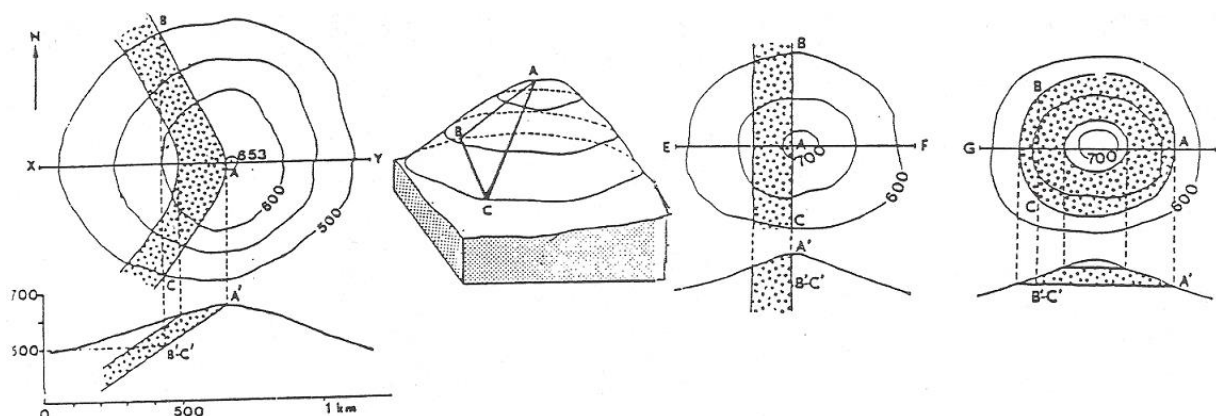
Soient trois points A, B et C, non alignés de cette limite de couche

-A et B sont pris à la même altitude ou presque ; C est d'altitude différente

-à eux 3, ils définissent un plan : le plan de la couche

-on visualise le plan ainsi formé : le sens du pendage nous apparaît

Bilan : le « V » indique le pendage : la pointe du V est opposée au sens du pendage.



4.2. Deuxième méthode de détermination du pendage : V dans les vallées

On analyse ici l'intersection d'une couche avec une vallée.

Si les limites de couche :

- | | |
|--|--------------------|
| - dessinent un V parallèle aux courbes de niveau : | couche horizontale |
| - coupent de manière rectiligne, verticale les courbes de niveau : | couche verticale |
| - dessinent un V non parallèle : | couche oblique |

Comment trouver alors son pendage ?

La même méthode des trois points est appliquée, on obtient :

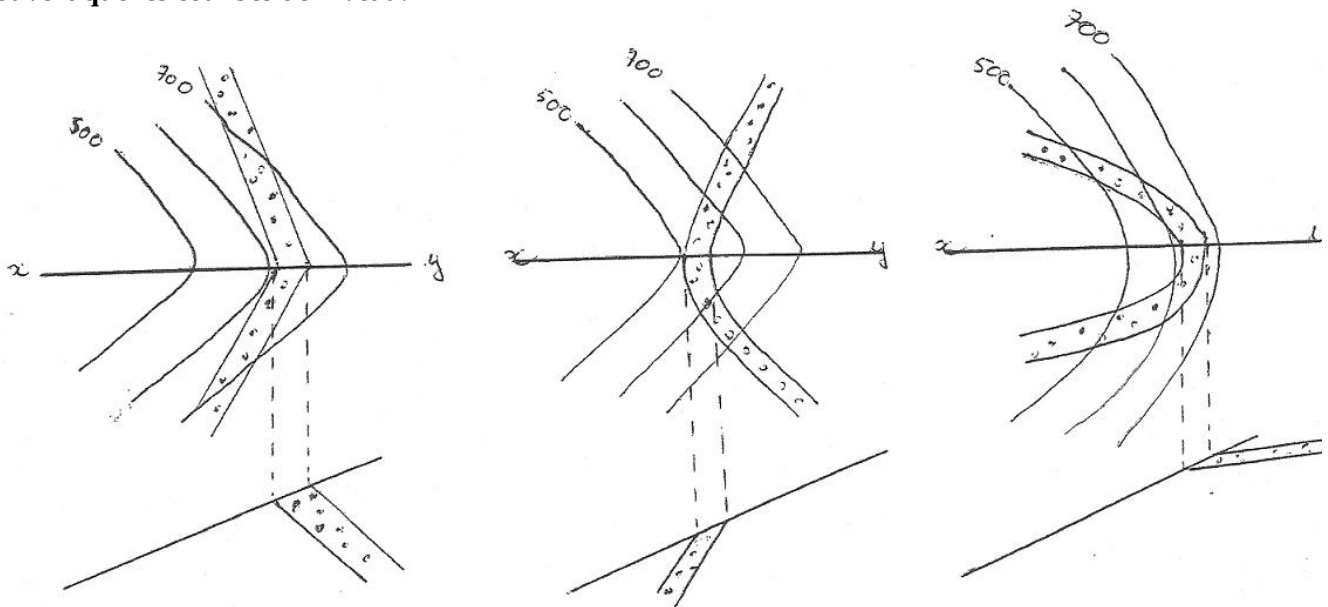
-si le V de la couche est plus ouvert que ceux des lignes de niveau : la pointe du V dans la vallée indique le sens du pendage.

Ceci s'observe quand le pendage est plus fort que la pente

-si le V de la couche est plus fermé que les lignes de niveau : la pointe du V dans la vallée est en sens inverse du pendage.

Ceci s'observe quand le pendage est plus faible que la pente.

Bilan : le V dans les vallées indique le pendage : la pointe du V dans la vallée indique le sens du pendage si le V est plus ouvert que les courbes de niveau.

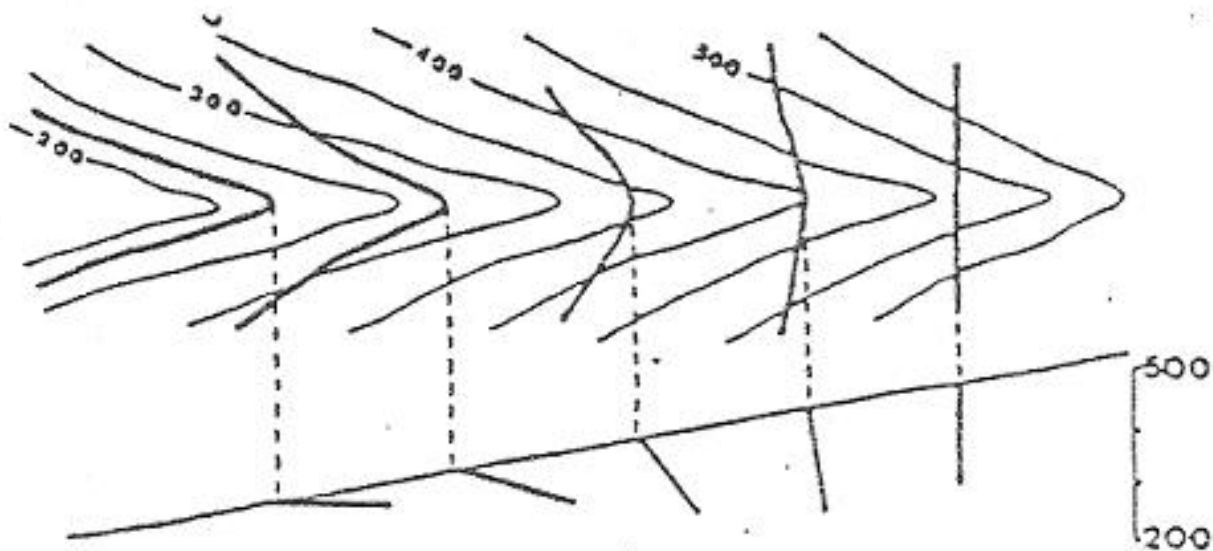


Comment donner une évaluation quantitative du pendage ?

On voit que l'ouverture dans la vallée varie fortement en fonction du pendage.

On peut donc évaluer rapidement l'ordre de grandeur du pendage :

- V parallèle aux courbes de niveau : pendage horizontal
- V de plus en plus ouvert : pendage de plus en plus fort
- ligne droite : pendage vertical



4.3. Détermination de l'épaisseur d'une couche géologique

L'épaisseur réelle d'une couche est celle mesurée perpendiculairement à la stratification :

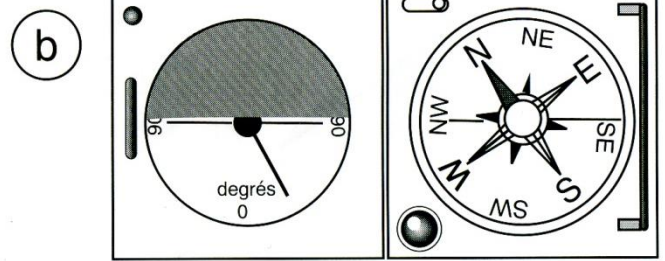
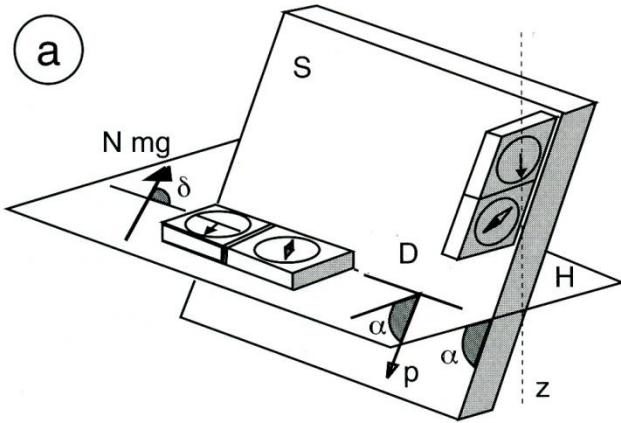
- elle est parfois donnée par la notice
- on peut la déterminer dans certains cas :
 - si la couche est verticale, la largeur d'affleurement donne l'épaisseur
 - si la couche est horizontale, la différence d'altitude entre son sommet et sa base donne l'épaisseur.

On admet en général que les couches ne varient pas d'épaisseur mais cela n'est pas toujours vrai.

Remarques importantes :

- sur une carte, les couches affleurent plus ou moins largement ; cette largeur d'affleurement dépend de trois facteurs indépendants : épaisseur, pendage, pente topographique
- sur une même trace d'affleurement, en région déformée, le pendage d'une couche peut varier ; il faut faire attention de ne pas exagérer l'épaisseur de la couche.

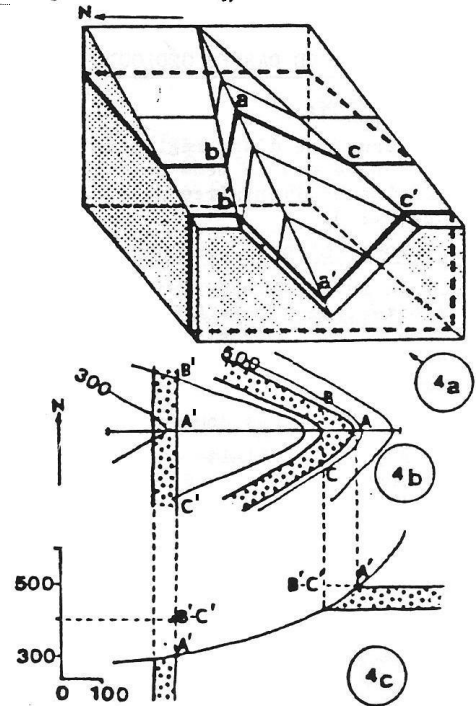
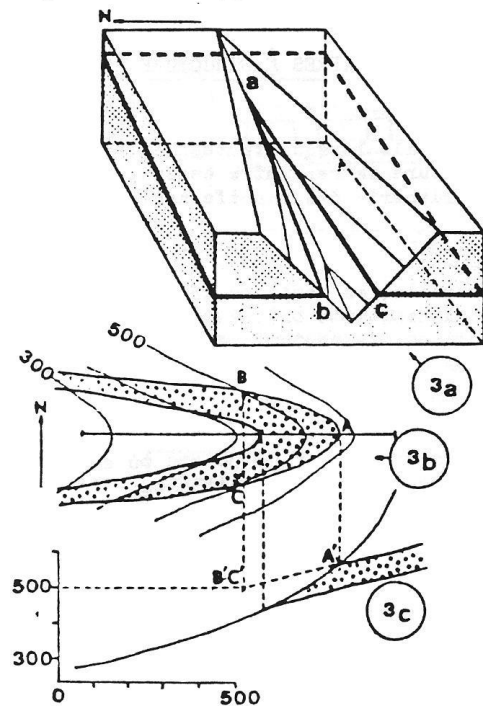
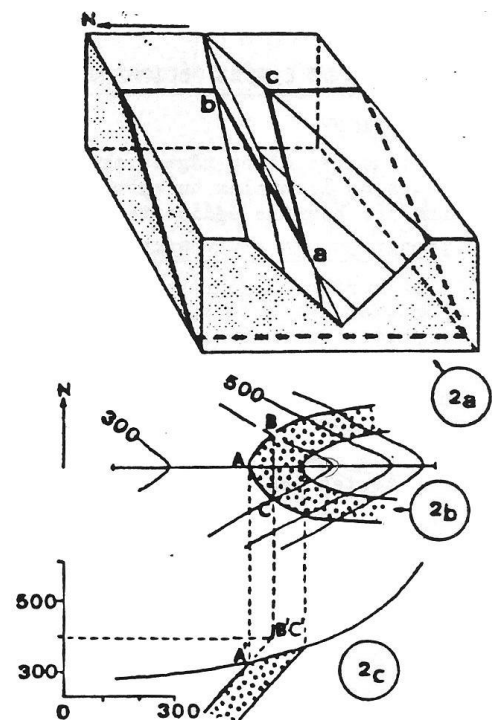
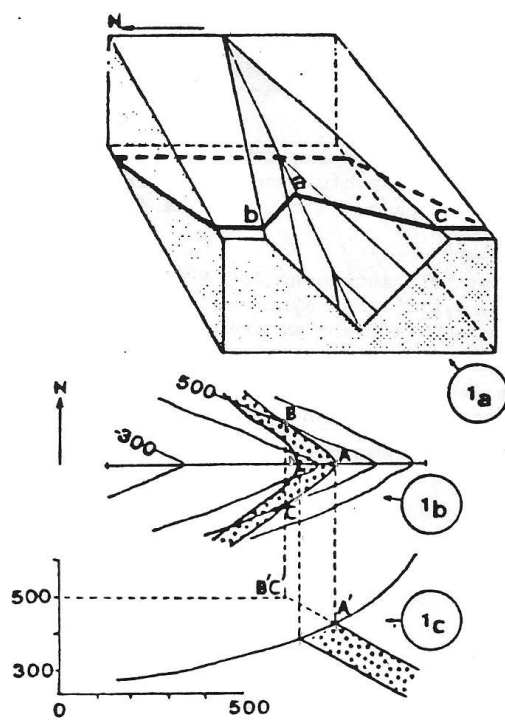
Compléments sur les pendages



Clinomètre

Boussole

✂ Mesure d'un pendage : utilisation d'un clinomètre et d'une boussole ✂



5. Méthodologie 2 : réalisation d'une coupe géologique

L'objectif est de déterminer et montrer l'agencement des différents terrains géologiques en profondeur. On procède en deux étapes :

5.1. Réaliser un profil topographique

On peut construire un profil topographique de différentes manières :

- en réalisant un profil topographique précis. Ce travail demande un certain temps;
- en réalisant une **coupe à main levée**. Ce procédé beaucoup plus rapide est souvent demandé à l'oral. Il faut en quelques coups de crayon représenter la géométrie des terrains vus en coupe.

➤ Choix d'une échelle :

→ échelle des longueurs : comme sur la carte

→ échelle des hauteurs : comme sur la carte (pour les régions plissées) ou multipliée (si relief faible et couches horizontales)

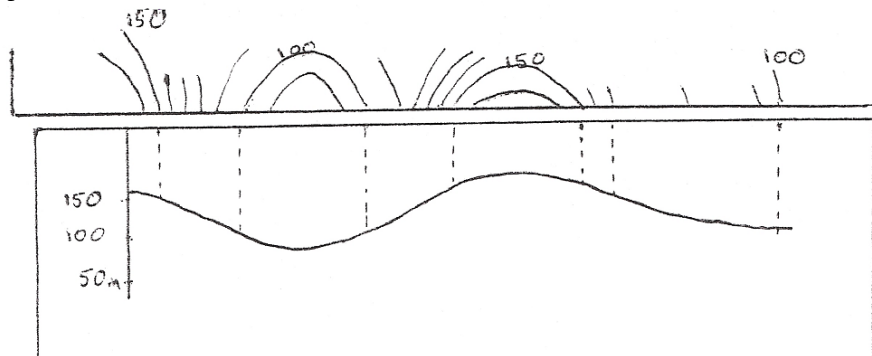
➤ repérer le point le plus haut et le plus bas du tracé et **construire l'échelle des hauteurs**

➤ appliquer une **bande de papier millimétré** contre le trait de coupe

➤ **projeter l'altitude** des différents points situés sur le trait de coupe

➤ **réunir les points** par une ligne continue retraçant le relief réel

➤ **orienter** le profil



Dans le cas d'une coupe à main levée, réaliser très rapidement ce profil topographique en notant le point le plus et le point le plus bas.

En BCPST, le profil topographique est censé être fourni.

5.2. Construire la coupe : représenter les relations des terrains en profondeur

① **Repérer** les couches et **projeter** sur le profil topographique.

② **Relier** les couches mur à mur et toit à toit en **respectant l'épaisseur**

③ **Habiller** la coupe

On complète les couches avec des figurés qui respectent la lithologie relevée dans la notice.

On place :

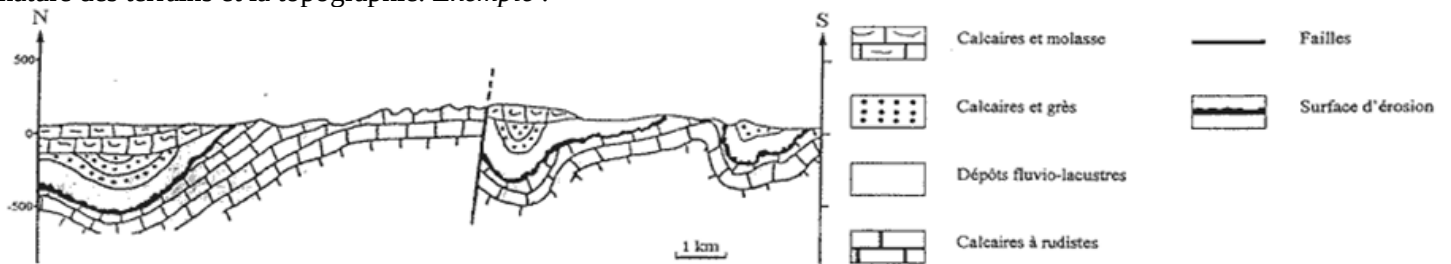
- une **toponymie** (quelques noms de lieu);
- une **orientation**
- des **légendes avec des cartouches** qui représentent les différentes couches
- un **titre**
- une **échelle** horizontale et verticale
- **nom**

Principaux figurés lithologiques conventionnels			
Roches sédimentaires			
	calcaires massifs		argile ou marne
	"		"
	"		sable fin
	calcaires		sable grossier
	calcaires dolomitiques		grès fin
	dolomies		grès grossier
	calcaires marneux		grès à ciment calcaire
	"		grès argileux
	calcaire oolitique		conglomérat
	calcaire à silex		brèche
	calcaire gréseux		évaporites
Roches endogènes et volcaniques			
	granite		basalte
	gneiss, roches métamorphiques		roches volcaniques massives
			cendres et projections volcaniques

remarque : on peut regrouper les couches peu épaisses d'âges voisins, d'origine voisine.

5.3. Le résultat

Les grands ensembles géologiques et les principales structures doivent apparaître et, le cas échéant, les relations entre la nature des terrains et la topographie. *Exemple :*



6. Structures tabulaires et monoclinales et cartes géologiques

6.1. Définitions

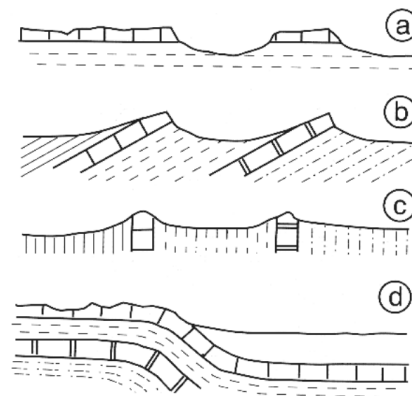
Dans certaines régions, les couches sont disposées **horizontalement** les unes au dessus des autres, dans leur position de mise en place → ces régions ont une **structure tabulaire**.

Lorsque la direction et le pendage des couches sont constants et réguliers, la structure est dite **monoclinale**. Elle peut être monoclinale verticale, si les couches sont verticales.

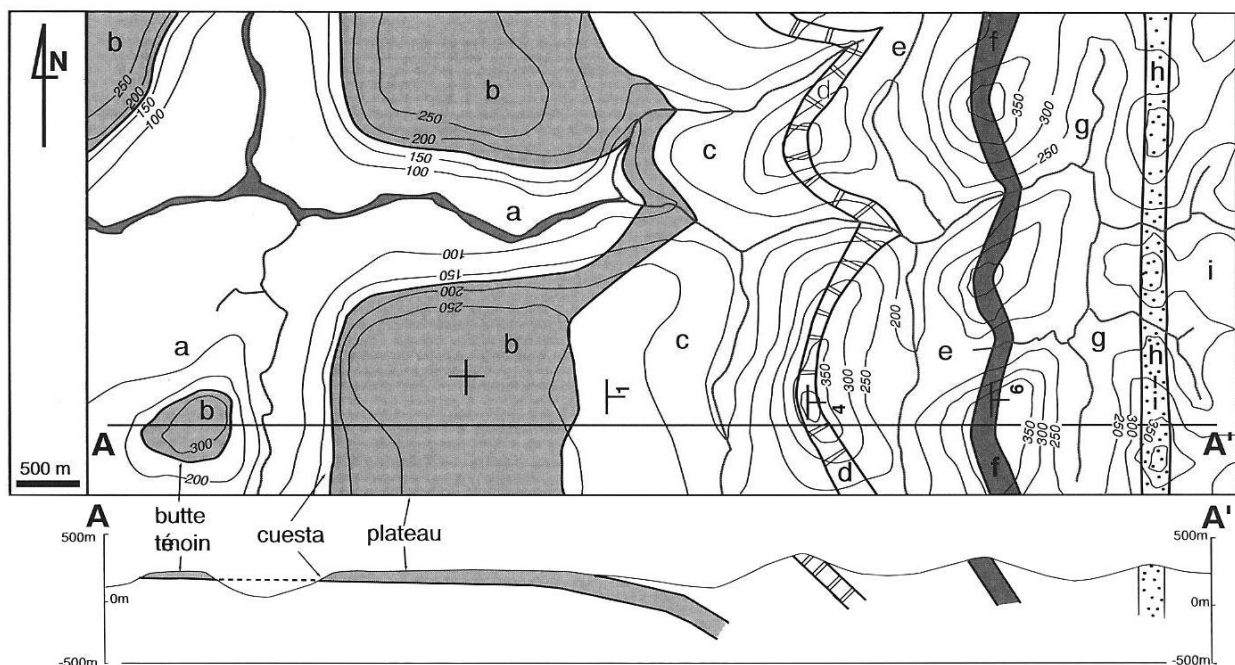
Dans certains cas, on peut passer sur une même carte d'une structure tabulaire à une structure monoclinale : on parle alors de **flexure**, ou **pli monoclinal**.

exemples de structures tabulaires et monoclinales

- A : structure tabulaire
B : structure monoclinale
C : structure monoclinale verticale
D : flexure (pli monoclinal)



6.2. Sur une carte



Les structures tabulaires et monoclinales se caractérisent par un même pendage, avec peu de variations, sur l'ensemble de la structure géologique. *Attention, tout de même : sur une même carte, différents types de structures tectoniques peuvent être présentes ; la présence d'une zone avec une structure tabulaire n'implique pas que l'ensemble de la carte présente cette structure !*

Dans le cas d'une structure tabulaire, si la surface était parfaitement plane, on n'observerait qu'une seule couche géologique à l'affleurement. Mais l'érosion a modelé les terrains, faisant apparaître les terrains plus profond (= plus anciens) au fond des vallées et permettant ainsi de reconstituer la structure d'ensemble.

Il faut repérer que :

- Lorsque les couches ont un pendage nul, leurs limites suivent le contour des courbes de niveau;
- Lorsque les couches ont un pendage incliné, leurs limites montrent une inflexion en V au passage des vallées et en ^ au passage des crêtes.
- Lorsque les couches ont un pendage vertical, leurs limites restent rectilignes quelle que soit leur direction.

6.3. Relation avec la morphologie

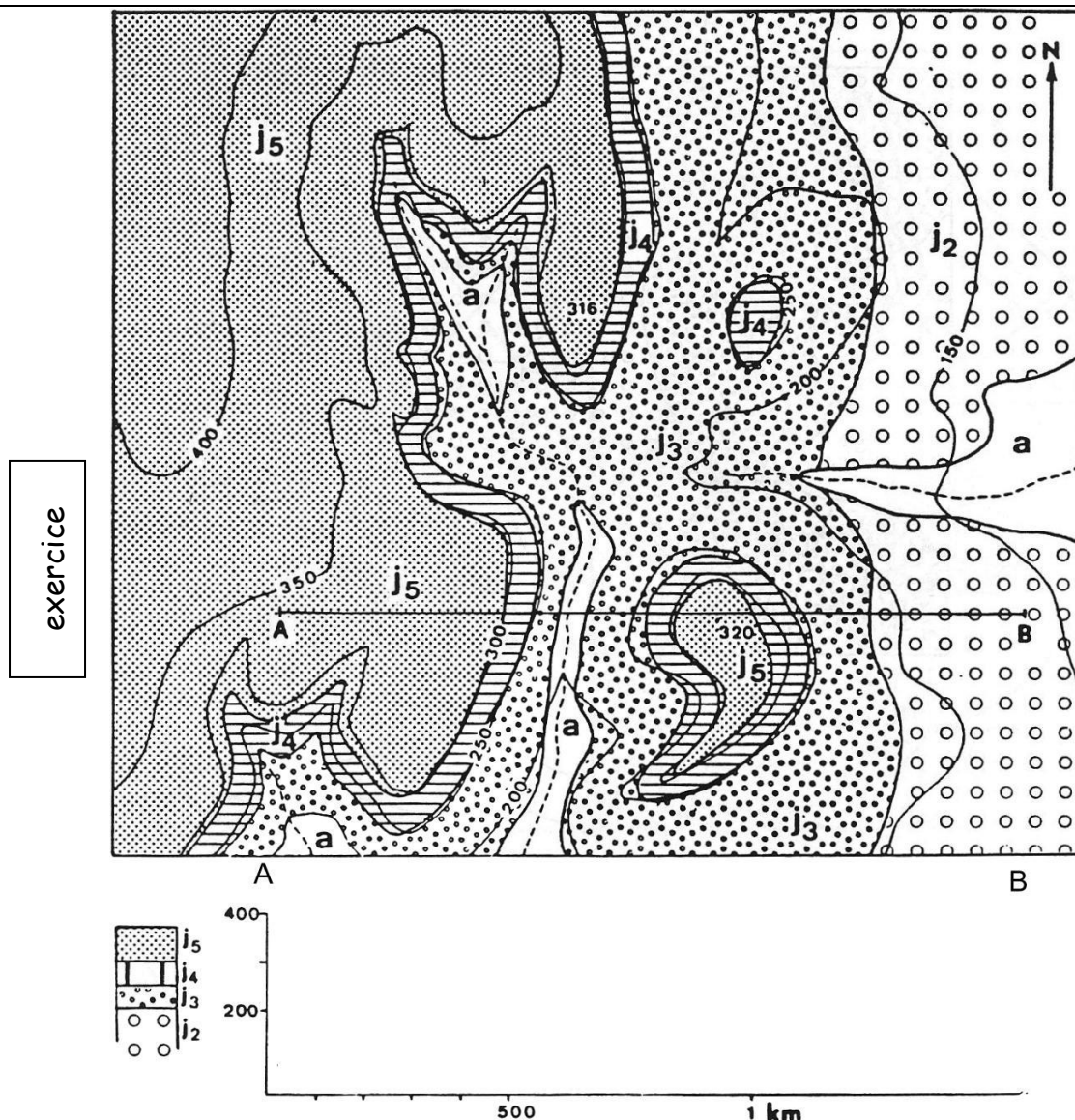
Relief associé à la structure tabulaire :

- Les reliefs tabulaires forment des plateaux
- L'érosion dégage parfois une butte témoin
- Le rebord du plateau est appelé cuesta, ou côte

Cette morphologie est liée à la nature résistante à l'érosion de la couche superficielle du plateau.

Relief associé à la structure monoclinale :

- Succession de collines asymétriques : d'un côté, pente faible de même sens que le pendage ; de l'autre, pente plus forte.



ANNEXE : LES RESSOURCES GEOLOGIQUES

La Terre recèle une diversité d'éléments ou d'énergies qui sont recherchés et utilisables par l'Homme : ils correspondent à autant de ressources naturelles, donc l'exploitation est fondée sur les connaissances théoriques de la structure de la Terre et de l'évolution et comportement de ses enveloppes (fluides comme solides).

Une ressource naturelle est une substance ou un objet présent naturellement et qui peut faire l'objet d'une exploitation pour satisfaire des besoins humains, animaux ou végétaux. Cette exploitation peut concerner l'utilisation d'une substance, ou une conversion énergétique.

Il existe ainsi une très grande diversité de ressources géologiques, que l'on peut rattacher à toutes les enveloppes terrestres :

- Enveloppes fluides : l'eau, ressource vitale aux êtres vivants ; les mouvements atmosphériques ou de l'hydrosphère, qui sont exploitables d'un point de vue énergétique ; etc.
- Croûtes terrestres : minerais et matériaux divers peuvent être extraits.
- Enveloppes solides profondes : leur exploitation directe n'est pas possible, mais le dégagement d'énergie peut être exploité, et elles peuvent donner lieu à la formation de gisements spécifiques dans la croûte, accessibles à l'Homme.

Le travail du géologue est indispensable dans toute utilisation des ressources géologiques :

- Il peut intervenir dans l'**exploitation** en elle-même (mines...)
- Par ses compétences techniques (sismique, reconstitutions historiques...) il joue un rôle majeur dans la **prospection** : ce sont les connaissances sur les formations rocheuses, leurs conditions de formation et d'évolution, qui permettent de localiser les gisements d'intérêt.

Sans être forcément décisionnaire, le géologue apporte ainsi les connaissances nécessaires aux prises de décision.

A. L'eau

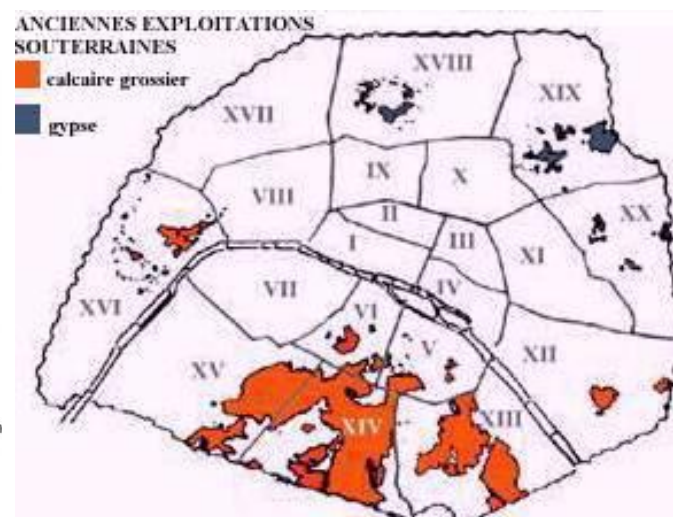
L'eau douce ne représente qu'une part très minoritaire de l'eau sur Terre, mais son importance est fondamentale pour les êtres vivants. Un être humain est censé, par exemple, boire 1,5 L d'eau par jour.

On peut noter que l'eau douce est présente avec une abondance très variable, aussi bien géographiquement que temporellement.

L'Homme réalise des **équipements spécifiques** permettant de **puiser** l'eau (ou de la dessaler), éventuellement de la **traiter**, de la **conduire** vers les lieux de consommation (aqueducs), et de la **retraiter** afin de limiter sa pollution.



Exemple de ressource en eau : l'approvisionnement en eau de Paris



Exemple de matériaux exploités : les anciennes carrières de gypse et de calcaire grossier à Paris

B. Les matériaux

Les roches peuvent être utilisées comme matériaux de diverses manières :

- Pour permettre la **fabrication d'un matériau transformé** :
 - Sable : fondu, donne du verre ; peut être utilisé comme filtre ; etc.
 - Pouzzolane : scories volcaniques permettant la fabrication de parpaings (par exemple)
 - Gypse : broyé et cuit, donne du plâtre
- En tant que **matériau de construction** : par exemple, les calcaires grossiers du Lutétien ont été exploités en Ile de France jusqu'au début du XXème siècle afin de fournir des pierres de tailles et des moellons utilisés en construction. De même, on peut noter que les trottoirs parisiens sont historiquement formés de grès de Fontainebleau et de granite (roches résistantes).

!!! liste non exhaustive !!!

C. Les minerais

Un minerai (du latin *minera*, mine) est une roche contenant des **minéraux utiles en proportion suffisamment intéressante pour justifier l'exploitation**, et nécessitant une **transformation** pour être utilisés par l'industrie. Par extension, le terme « minerai » peut également désigner directement les minéraux exploités.

Un gisement minéral est donc un endroit où l'on peut extraire un élément déterminé, dans des conditions économiques satisfaisantes liées à un contexte économique donné. Il est important de noter que le contexte économique varie au cours du temps, ce qui fait qu'une même formation rocheuse peut être ou n'être pas considérée comme un gisement exploitable selon la situation !

Les éléments, pour être exploitables, doivent être concentrés (plus que les teneurs moyennes). Cette **concentration** peut être réalisée par des processus magmatiques et/ou des circulations hydrothermales, dans une grande diversité de contextes.

Quelques exemples de gisements métallifères et d'abondance crustale. ★

A. les plus grands gisements de cuivre, plomb et zinc

gisement	métal	Tonnage (10 ⁶ tonnes)
Braden (Chili)	Cuivre	> 35
Chuquibambilla (Chili)	Cuivre	34
Brocken Hill (Australie)	Plomb	17,8
Bingham (USA)	Cu + Pb + Zn	13,8

B. abondance crustale et teneur exploitable de quelques substances minérales

substance	Abondance moyenne dans la croûte %	Teneur moyenne exploitée	Facteur de concentration
Aluminium	8		3-4
Fer	5	30-70%	5-10
Cuivre	0,007	1-7%	80-100
Zinc	0,013	3-11%	300
Nickel	0,008	3-10%	150
Plomb	0,00015	3-11%	200
Uranium	0,0004	0,1-0,4%	1 000
Or	0,0000005	7-30 g.t ⁻¹	40 000

C. composition d'un granite « moyen »

Un massif granitique de taille moyenne (20x5x3 km) pèse en moyenne 75.10¹⁰ tonnes, contiendrait les tonnages moyens suivants :
Cuivre (0,007 %) : 52,5 millions de tonnes (Mt) Plomb (0,0016 %) : 12 Mt Zinc (0,0132 %) : 99 Mt

Malgré ces quantités « impressionnantes », les concentrations sont tellement faibles que ces éléments sont totalement inexploitable !
Un gisement minéral ne peut donc exister que si un phénomène géologique a permis la concentration des éléments recherchés.

D. Les énergies

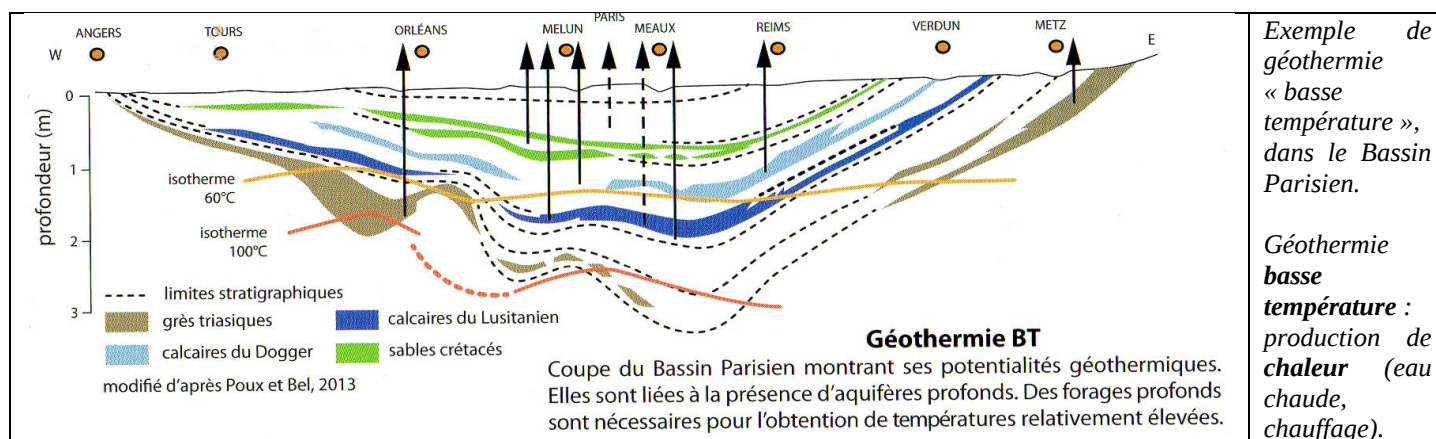
Divers types d'énergies constituent des ressources géologiques.

C'est le cas aussi des **énergies fossiles** : gaz, pétrole et charbon. Ces roches se forment par une accumulation d'un sédiment riche en matière organique, dans des conditions anoxygéniques favorisant la préservation puis l'évolution de cette matière organique.

Dans le cas des pétroles et gaz, une migration peut être réalisée entre la roche mère (à grains fins, dans laquelle la diagenèse s'est déroulée) et le gisement (formé d'une roche réservoir à grain moyen, d'un dispositif structural –anticlinal, diapir, discordance, faille- et d'un toit imperméable. → Les énergies fossiles sont en quantité fixe sur Terre. Les autres formes d'énergie sont dites 'renouvelables'.

C'est le cas de l'**énergie cinétique** liée aux mouvements de enveloppes fluides, converties sous forme électrique en général : éoliennes, hydroliennes, usine marémotrice, barrages hydroélectriques...

L'**énergie interne de la Terre** conduit à l'existence d'un **gradient géothermique**. Celui-ci peut être exploité pour réchauffer un fluide, soit à but de chauffage, soit afin de produire aussi de l'électricité : c'est la géothermie.



Géothermie **haute température**, en contexte de **fort gradient** géothermique (ex : Alsace) : possibilité de production d'électricité.