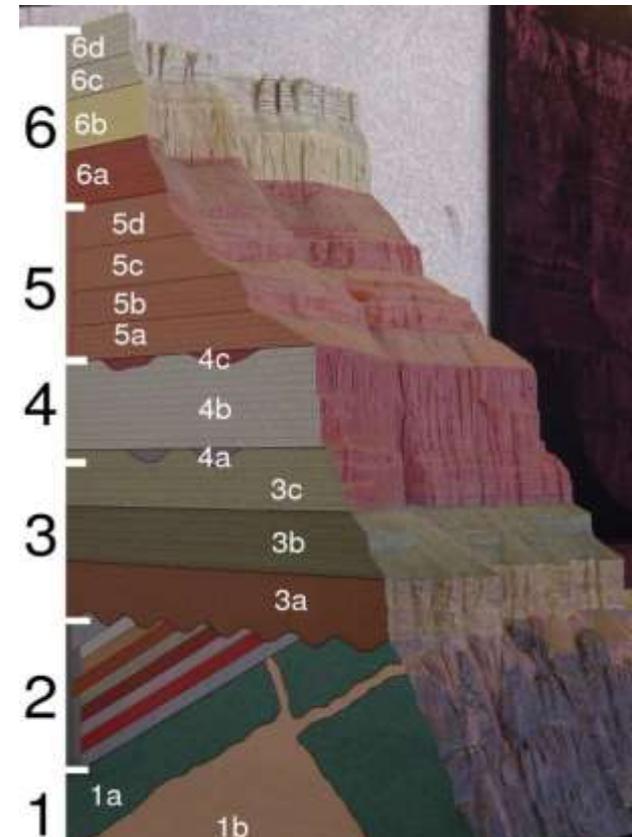
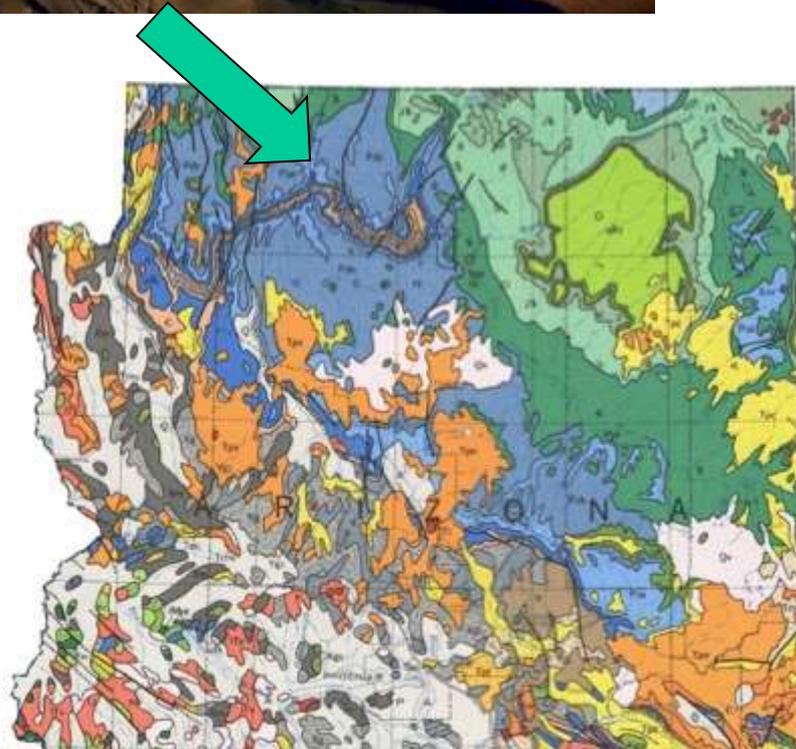




Les cartes géologiques

Le Grand Canyon



Les cartes géologiques

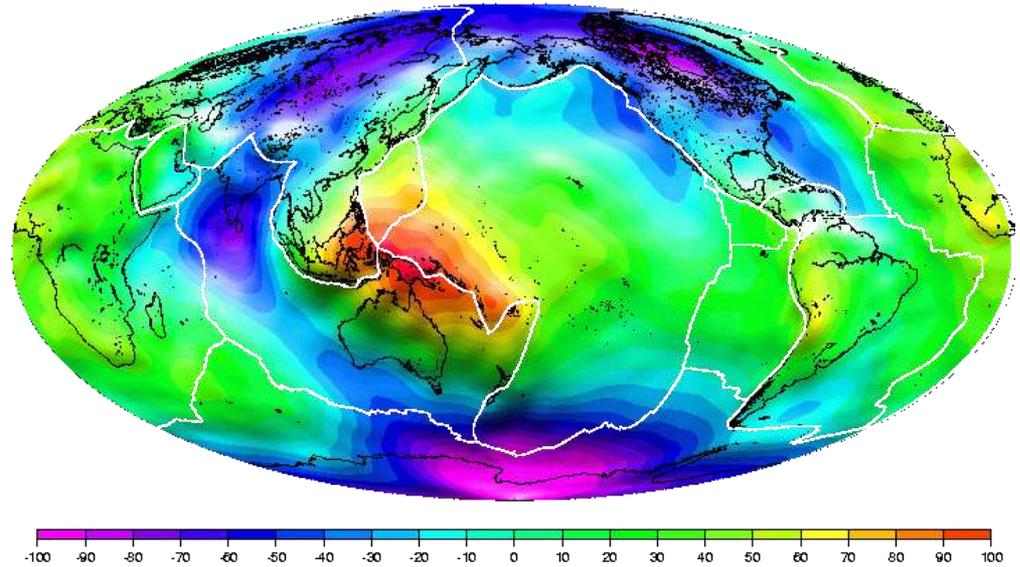


PREMIERE PARTIE : **Principes de cartographie**

La forme de la Terre



Image satellite de la Terre (Apollo 17, 1972)



Géοide, modèle GEM-T1 (Reigber et al., 1985).
<http://www.geologie.ens.fr/~vigny/cours/chp-gphy-3.html>

La Terre a une forme irrégulière.

Pour l'appréhender, une surface théorique a été définie : le géοide. Il correspond à une équipotentielle du champ de gravité terrestre, choisie de manière à coller au plus près à la « surface réelle ».

Le modèle mathématique le plus proche du géοide est l'ellipsoïde de révolution.

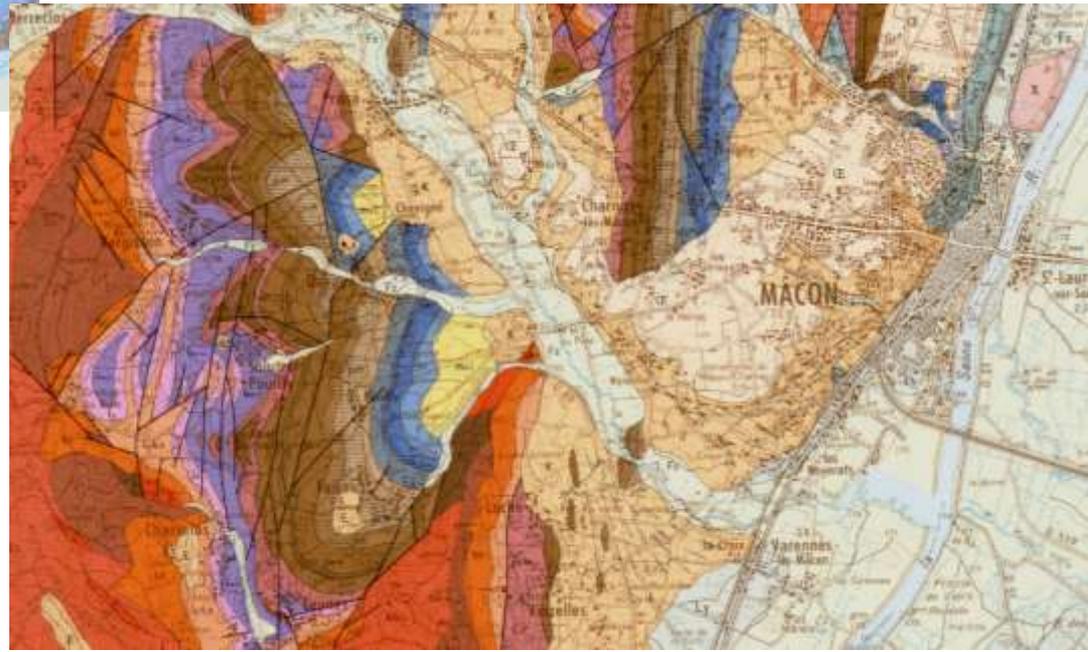
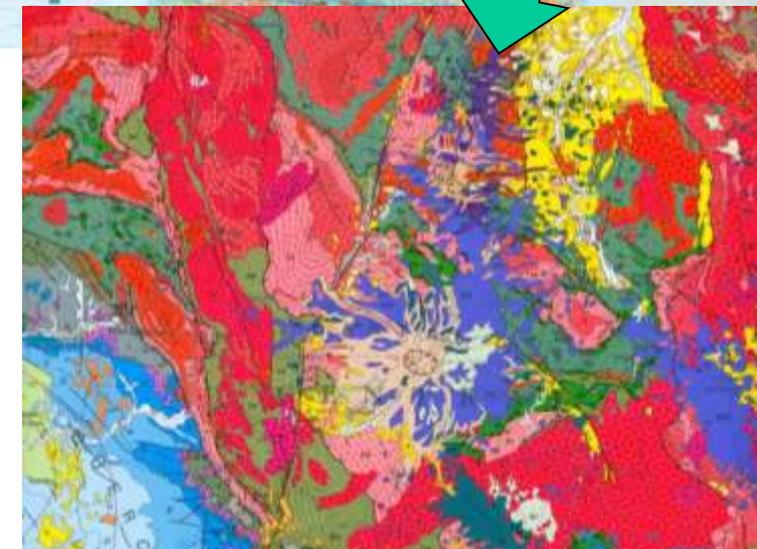
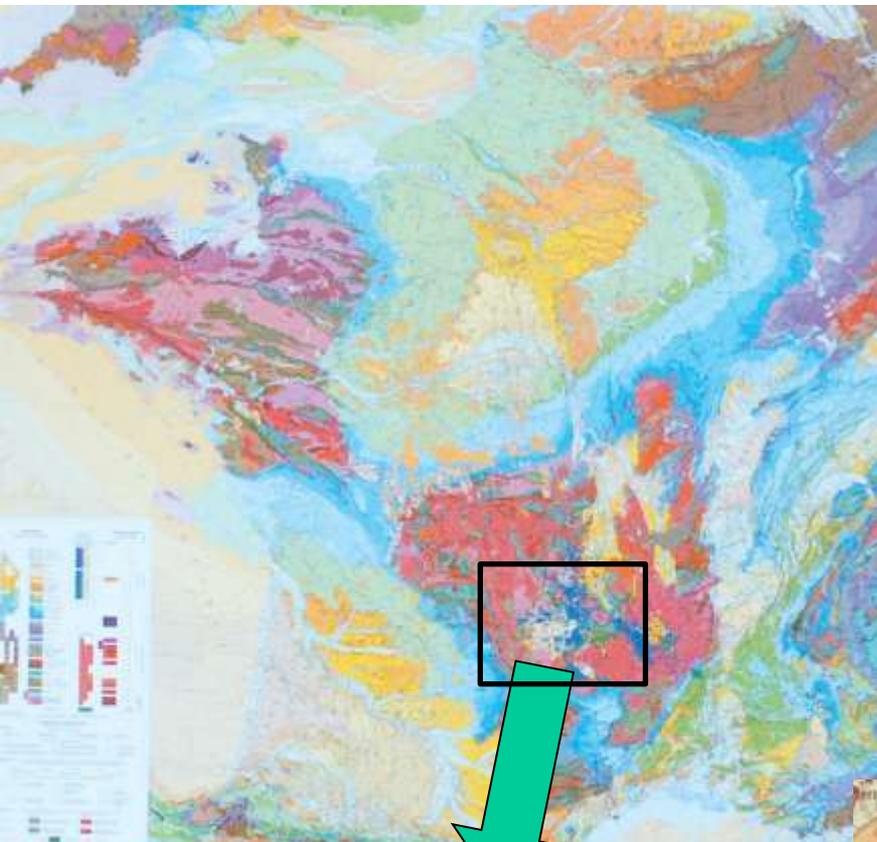
Distorsion liée à une projection plane



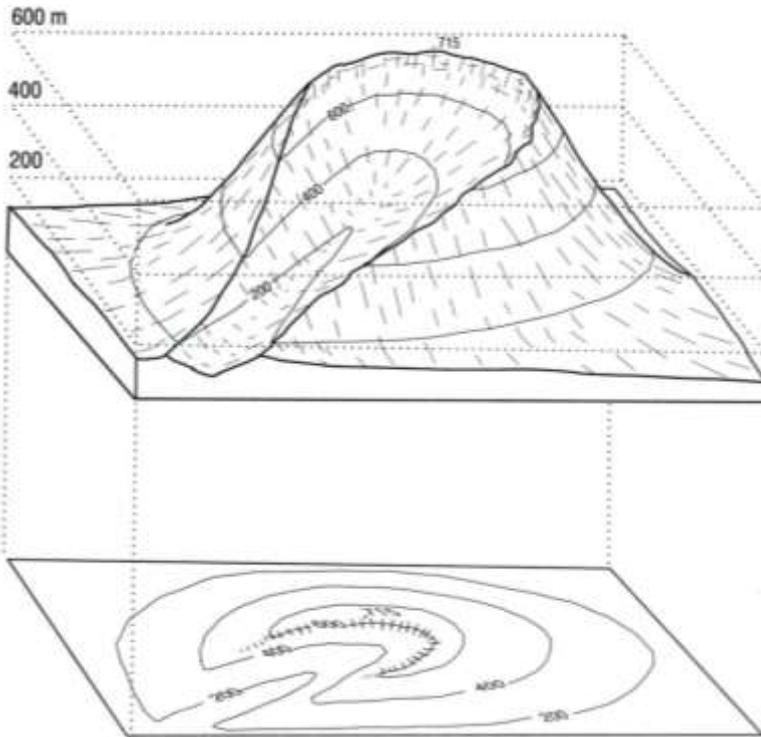
Différentes échelles

La France au 1/1 000 000e

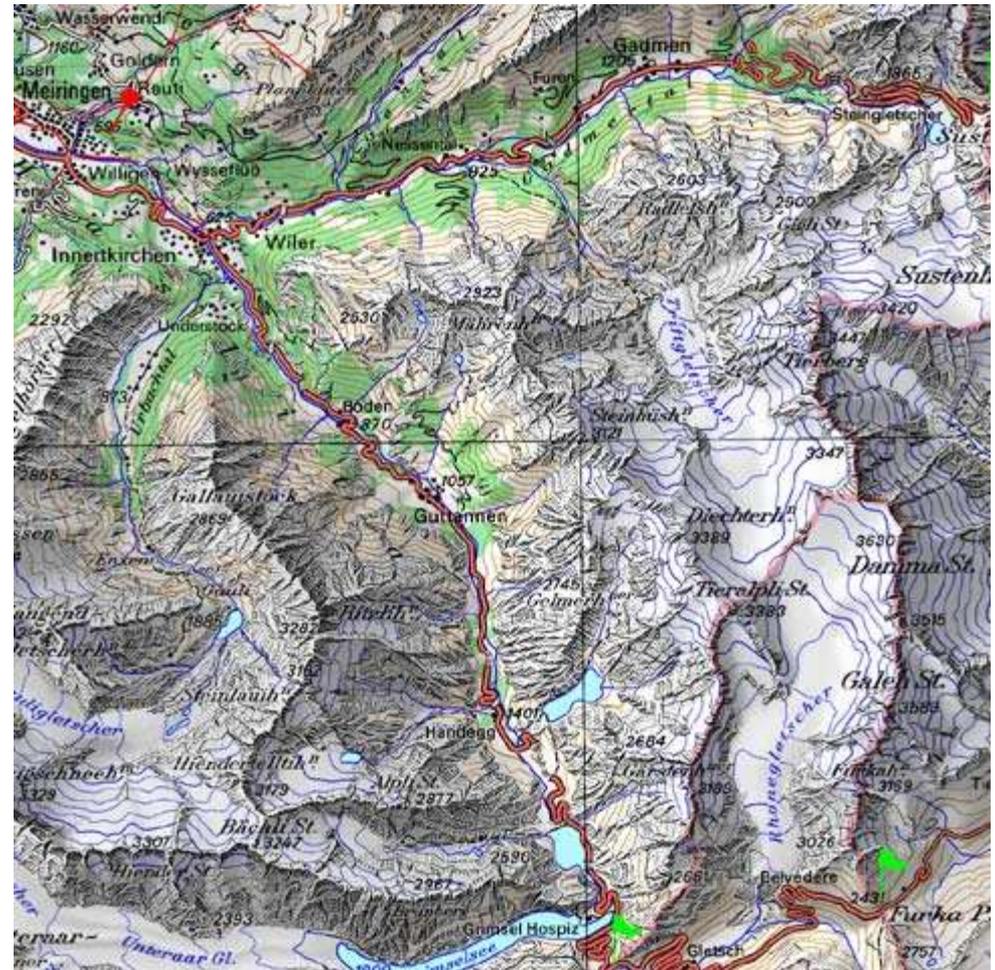
Mâcon au 1/50 000e (extrait)



La carte topographique



Atlas d 'initiation aux cartes et coupes géologiques - DUNOD



La carte hydrogéologique

DOMINIERENDER AQUIFERTYP
 TYPE D'AQUIFÈRE PRÉDOMINANT
 TIPO DI ACQUIFERO PREDOMINANTE
 MAIN AQUIFER TYPE

Lockergesteinsaquifer
 Aquifère en roche meuble
 Acquifero in sedimenti sciolti
 Unconsolidated aquifer

Porengrundwasser
 Poreux
 Poroso
 Porous

Festgesteinsaquifer
 Aquifère en roche consolidée
 Acquifero in roccia consolidata
 Consolidated aquifer

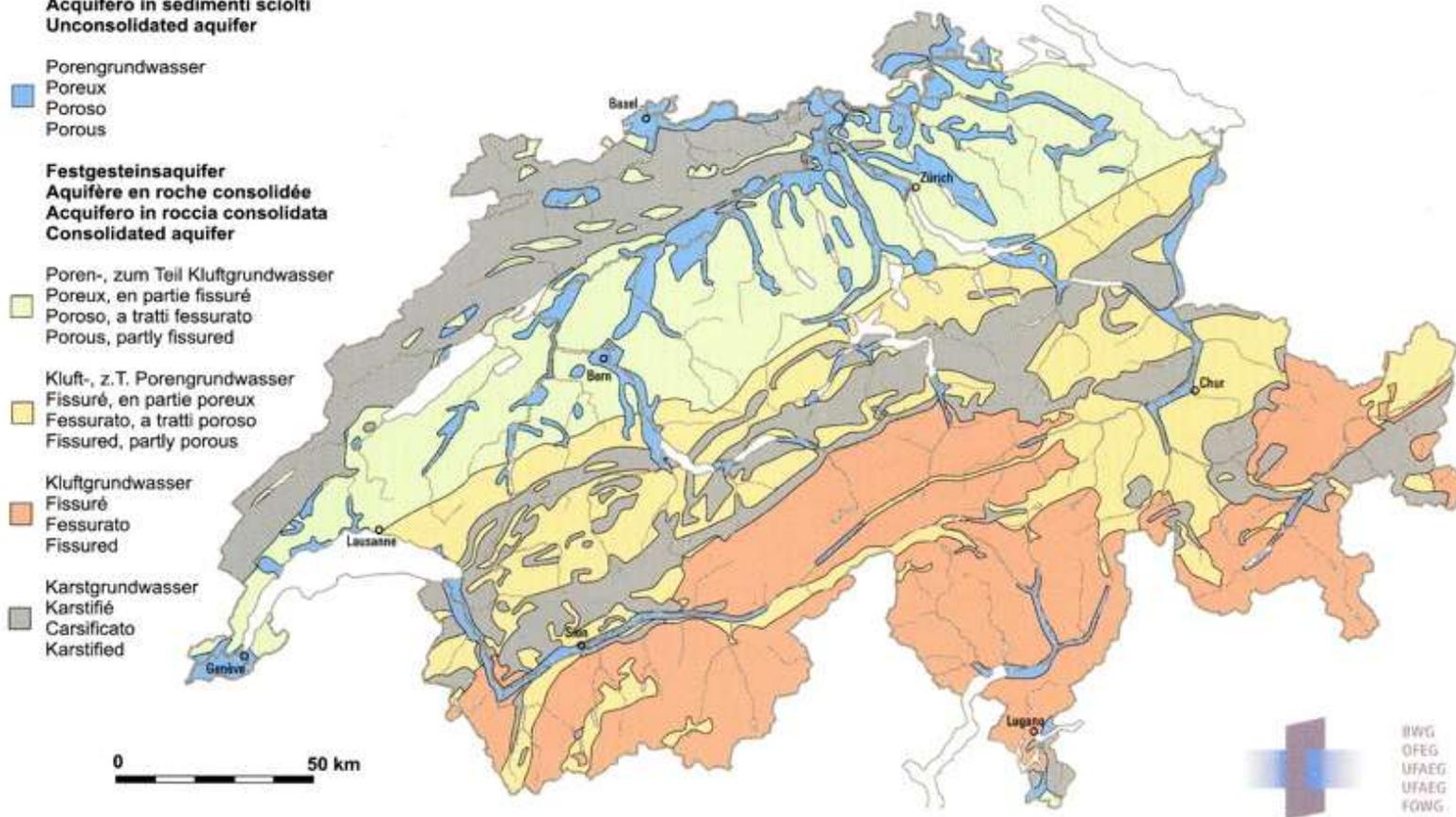
Poren-, zum Teil Kluffgrundwasser
 Poreux, en partie fissuré
 Poroso, a tratti fessurato
 Porous, partly fissured

Kluft-, z.T. Porengrundwasser
 Fissuré, en partie poreux
 Fessurato, a tratti poroso
 Fissured, partly porous

Kluffgrundwasser
 Fissuré
 Fessurato
 Fissured

Karstgrundwasser
 Karstifié
 Carsificato
 Karstified

Hydrogeologische Übersichtskarte der Schweiz
 Esquisse hydrogéologique de la Suisse
 Schizzo idrogeologico della Svizzera
 Skizza idrogeologica da la Svizra
 Hydrogeological sketch of Switzerland



L'élaboration d'une carte géologique : du travail de terrain au travail numérique



Les photographies aériennes

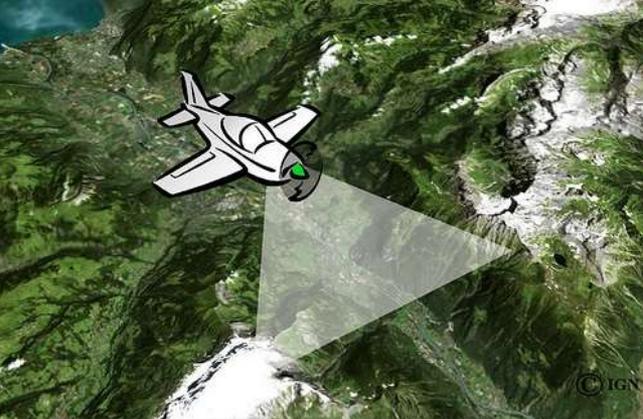
La faille de San Andrea (Californie)



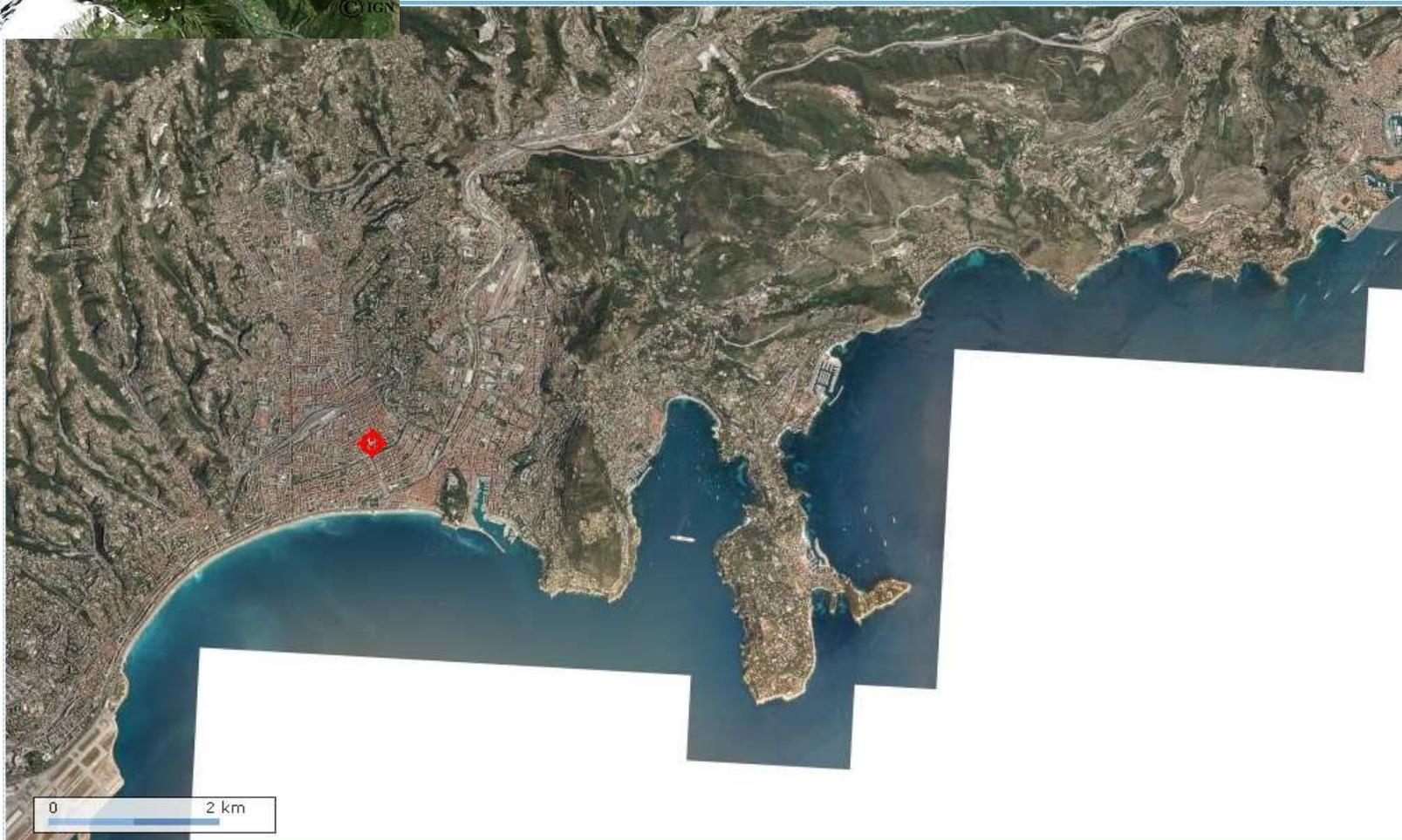
<http://absy.tv/>



La faille traverse la photo de gauche à droite.
La photo est prise en direction du Sud-Ouest.
Au premier plan, la plaque nord-américaine. Au
deuxième plan, la plaque Pacifique.

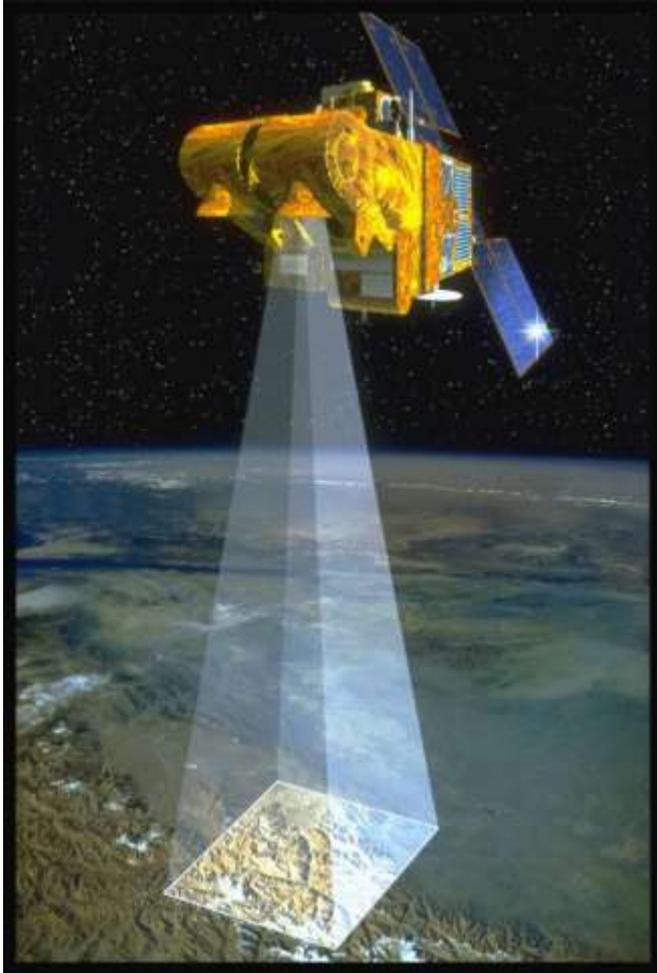


Campagnes de photographie aérienne de l'IGN



Réseau Géodésique Français 1993 - coordonnées géographiques
Longitude : 07° 25' 24.4" E Latitude : 43° 41' 24.4" N

◀ Satellite SPOT



▼ Delta du Rhône, image SPOT



Cannes, image Pléiades



Un **Modèle Numérique de Terrain (MNT)** est une modélisation du territoire sous forme de maillage, qui permet de connaître facilement l'altitude de chaque point du territoire.

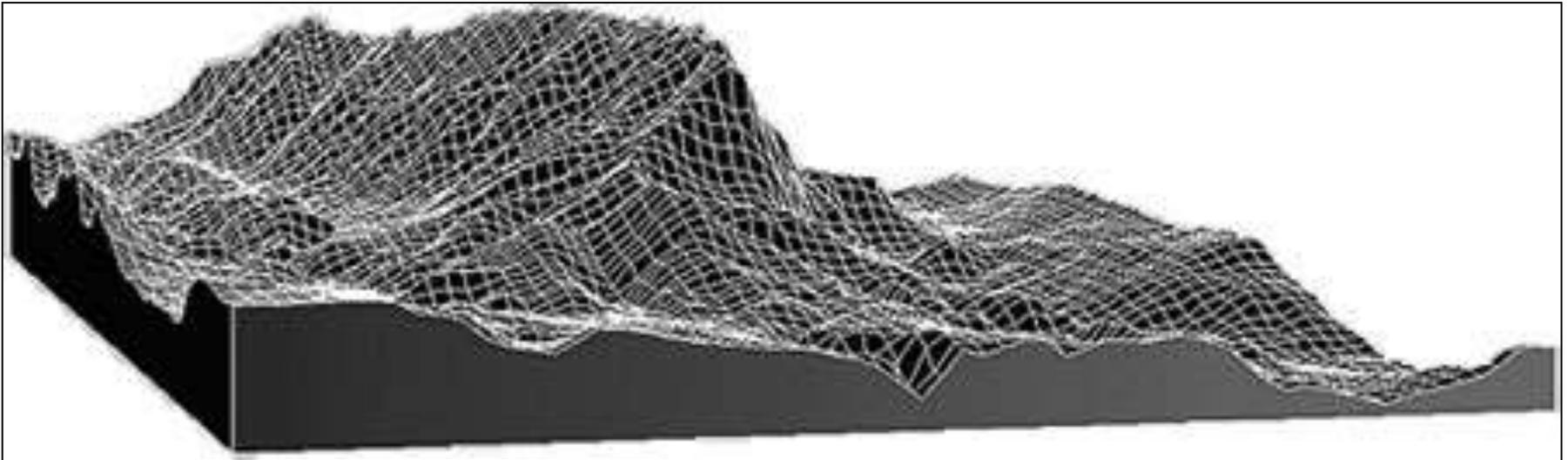
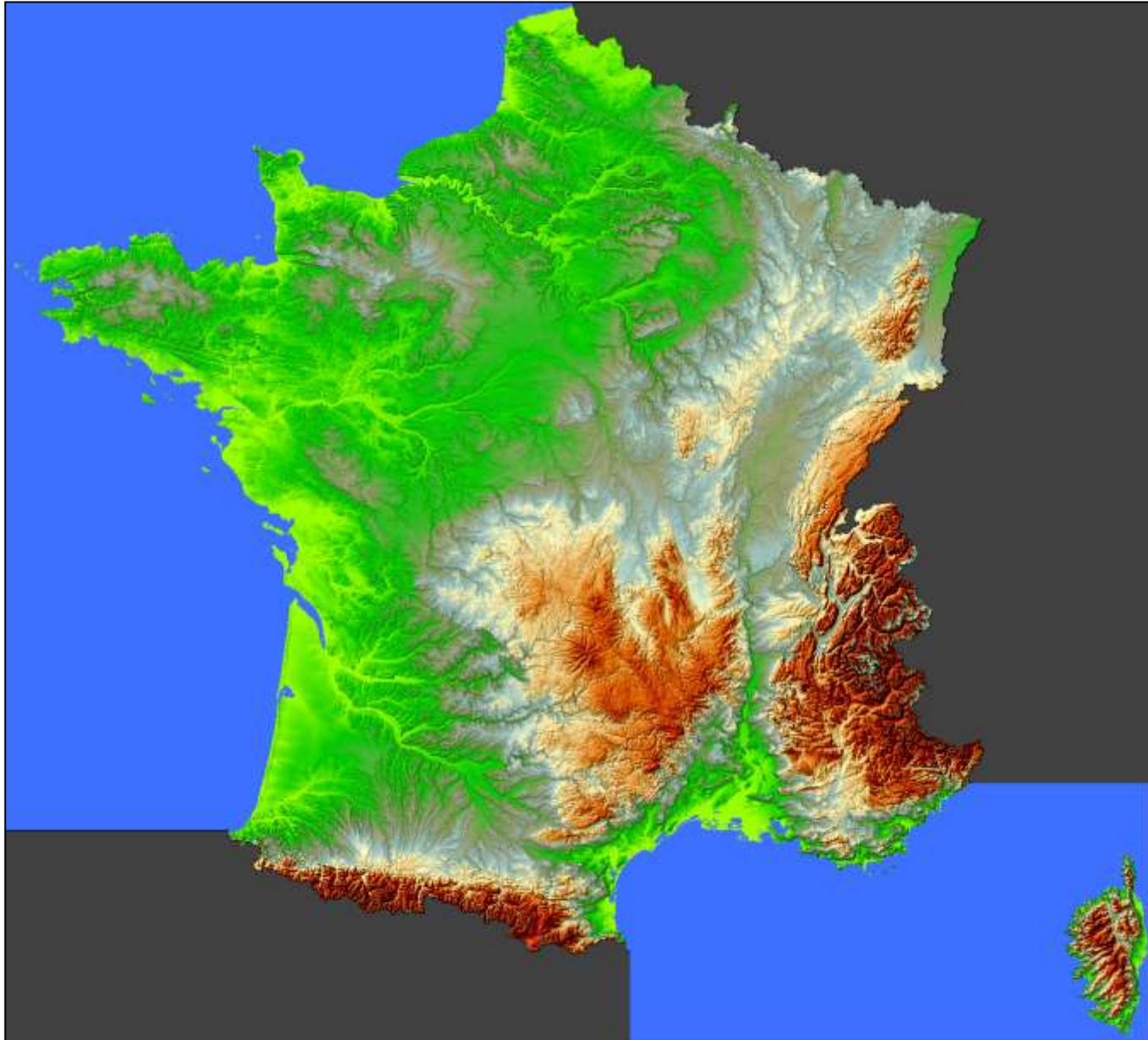


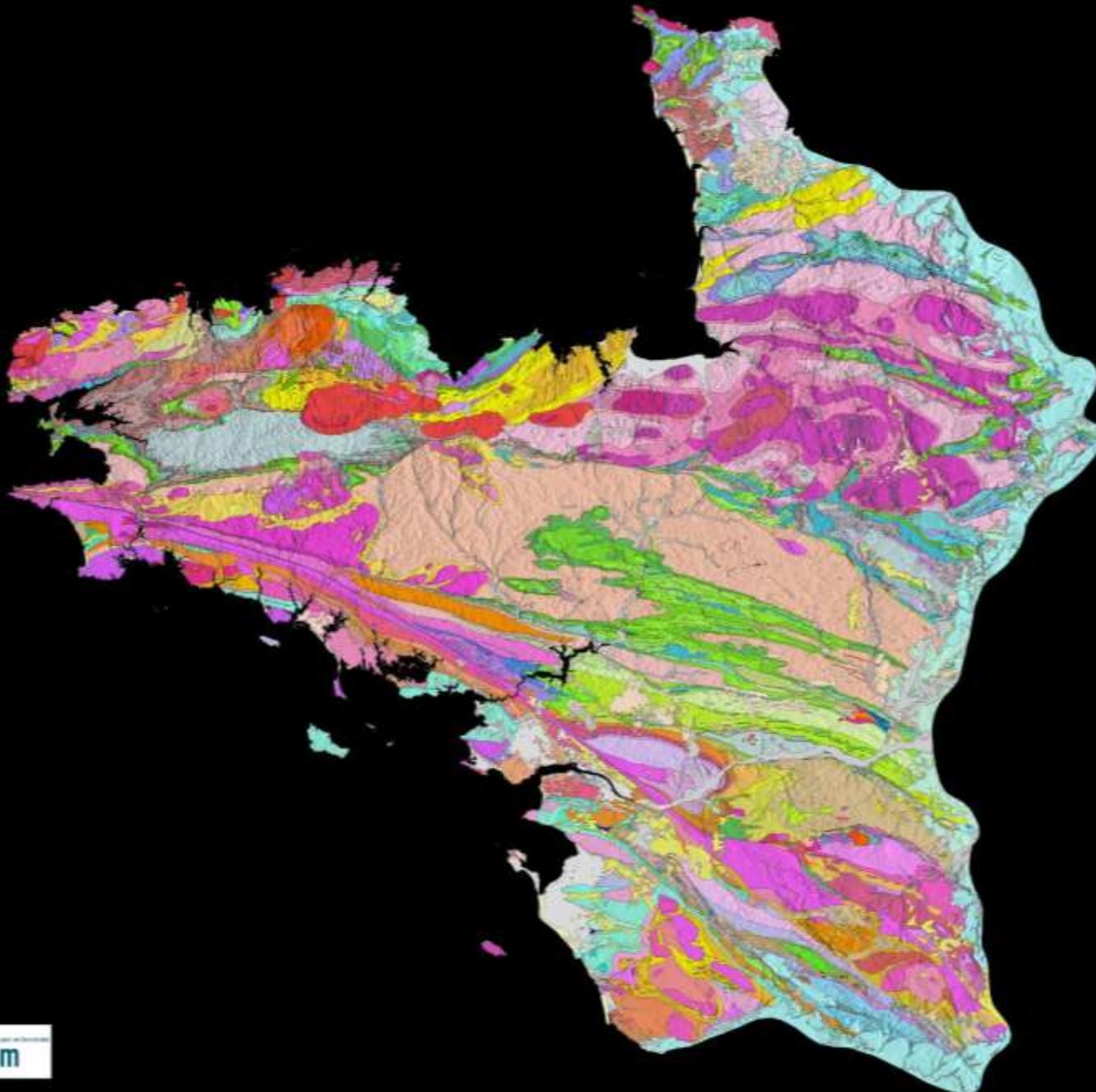
Image 3D de la France métropolitaine à partir du MNT BD ALTI (résolution 250m)



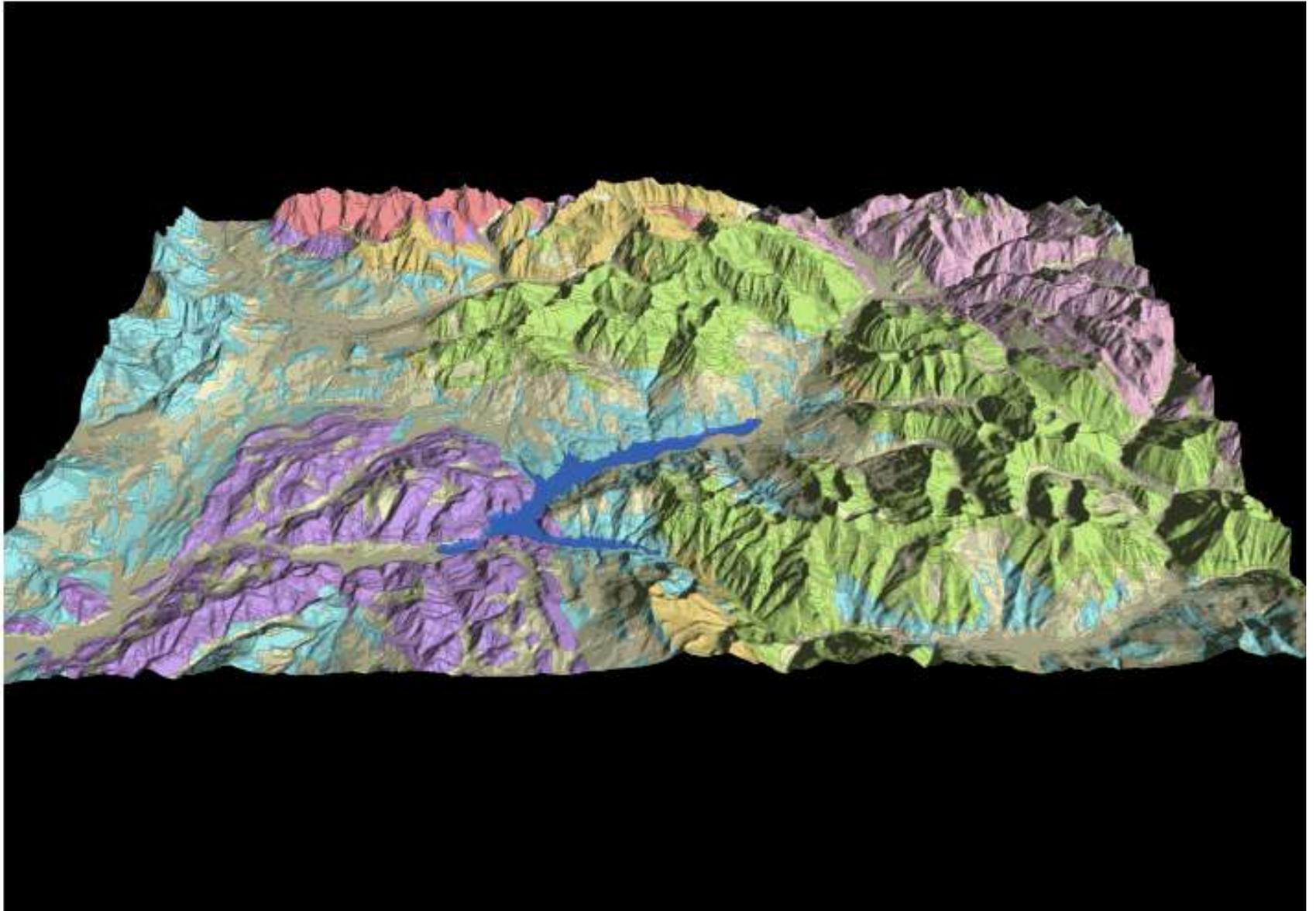
Carte géologique numérique du Massif Armoricain

(réalisée par Jean
Chantraine, Dominique
Rabu et François
Bechenec).

Cette carte géologique
drapée sur un Modèle
Numérique de terrain
ombré est issue d'une
extraction thématique
d'une carte
géologique au
1/250000 renseignant
les aspects
compositions,
structures, âges,
dénominations ... des
terrains constitutifs du
Massif Armoricain.



**Drapage du secteur du lac de Serres-Ponçon
de la carte géologique numérique au 1/250 000 des Alpes
sur un MNT ombré.**



Les cartes géologiques



DEUXIEME PARTIE :

Éléments de lecture d'une carte géologique



INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Epoch	Series	Stage	Age (Ma)	GSSP		
Phanerozoic	Quaternary*	Holocene	0.0117			
		Upper				
	Pleistocene	"Ionian"	0.126			
		Calabrian	0.781	👉		
		Gelasian	1.806	👉		
		Piacenzian	2.588	👉		
		Zanclean	3.600	👉		
	Neogene	Pliocene	Messinian	5.332	👉	
			Tortonian	7.246	👉	
		Miocene	Serravallian	11.608	👉	
			Langhian	13.82	👉	
			Burdigalian	15.97	👉	
			Aquitanian	20.43	👉	
			Chatthian	23.03	👉	
			Rupelian	28.4 ± 0.1	👉	
		Paleogene	Oligocene	Priabonian	33.9 ± 0.1	👉
				Bartonian	37.2 ± 0.1	👉
	Eocene		Lutetian	40.4 ± 0.2	👉	
			Ypresian	48.6 ± 0.2	👉	
			Thanetian	55.8 ± 0.2	👉	
Paleocene	Selandian		58.7 ± 0.2	👉		
	Danian		- 61.1	👉		
	Maastrichtian		65.5 ± 0.3	👉		
	Campanian		70.6 ± 0.6	👉		
	Santonian		83.5 ± 0.7	👉		
Mesozoic	Upper	Coniacian	85.8 ± 0.7	👉		
		Turonian	- 88.6	👉		
		Cenomanian	93.6 ± 0.8	👉		
		Albian	99.6 ± 0.9	👉		
		Aptian	112.0 ± 1.0	👉		
	Lower	Barremian	125.0 ± 1.0	👉		
		Hauterivian	130.0 ± 1.5	👉		
		Valanginian	- 133.9	👉		
		Valanginian	140.2 ± 3.0	👉		
		Berriasian	145.5 ± 4.0	👉		

Epoch	Series	Stage	Age (Ma)	GSSP	
Phanerozoic	Jurassic	Tithonian	145.5 ± 4.0		
		Upper			
		Kimmeridgian	150.8 ± 4.0		
		Oxfordian	- 155.6		
		Callovian	161.2 ± 4.0		
		Bathonian	164.7 ± 4.0		
		Bajocian	167.7 ± 3.5		
		Aalenian	171.6 ± 3.0	👉	
		Toarcian	175.6 ± 2.0	👉	
		Triassic	183.0 ± 1.5	👉	
	Triassic	Lower	Pienstachian	189.6 ± 1.5	👉
			Sinemurian	196.5 ± 1.0	👉
			Hettangian	199.6 ± 0.6	👉
		Upper	Rhaetian	203.6 ± 1.5	👉
			Norian	216.5 ± 2.0	👉
		Middle	Carmanian	- 228.7	👉
			Ladinian	237.0 ± 2.0	👉
			Anisian	- 245.9	👉
		Lower	Olenokian	- 249.5	👉
			Induan	251.0 ± 0.4	👉
Permian	Lopingian	Changhsingian	253.8 ± 0.7	👉	
		Wuchiapingian	260.4 ± 0.7	👉	
	Guadalupian	Capitanian	265.8 ± 0.7	👉	
		Wordian	268.0 ± 0.7	👉	
	Roadian	Kungurlian	270.6 ± 0.7	👉	
		Artinskian	275.6 ± 0.7	👉	
	Cisuralian	Sakmarian	284.4 ± 0.7	👉	
		Asselian	294.6 ± 0.8	👉	
	Paleozoic	Carboniferous	Gzhelian	299.0 ± 0.8	👉
			Kasimovian	303.4 ± 0.9	👉
Pennsylvanian		Middle	Moscovian	307.2 ± 1.0	👉
		Lower	Bashkirian	311.7 ± 1.1	👉
Mississippian		Upper	Serpukhovian	318.1 ± 1.3	👉
		Middle	Viséan	328.3 ± 1.6	👉
Lower		Viséan	345.3 ± 2.1	👉	
		Tournaisian	359.2 ± 2.5	👉	

Epoch	Series	Stage	Age (Ma)	GSSP	
Phanerozoic	Devonian	Upper	Famennian	359.2 ± 2.5	👉
		Frasnian	374.5 ± 2.8	👉	
		Givetian	385.3 ± 2.6	👉	
		Eifelian	391.8 ± 2.7	👉	
		Emsian	397.5 ± 2.7	👉	
		Pragian	407.0 ± 2.8	👉	
	Silurian	Ludlow	Lochkovian	411.2 ± 2.8	👉
			Pridoli	416.0 ± 2.8	👉
		Wenlock	Ludfordian	418.7 ± 2.7	👉
			Gorstian	421.3 ± 2.6	👉
		Llandovery	Homerian	422.9 ± 2.5	👉
			Sherwoodian	426.2 ± 2.4	👉
	Ordovician	Upper	Telychian	428.2 ± 2.3	👉
			Katian	438.0 ± 1.9	👉
		Middle	Aeronian	439.0 ± 1.8	👉
			Rhuddanian	443.7 ± 1.5	👉
		Lower	Hirnantian	445.6 ± 1.5	👉
			Sandbian	455.8 ± 1.6	👉
	Cambrian	Furongian	Darwillian	460.9 ± 1.6	👉
			Dapingian	468.1 ± 1.6	👉
Series 3		Floian	471.8 ± 1.6	👉	
		Tremadocian	478.6 ± 1.7	👉	
Series 2		Stage 10	488.3 ± 1.7	👉	
		Stage 9	- 492 *	👉	
Terreneuvian	Stage 8	- 496 *	👉		
	Stage 7	- 499	👉		
Fortunian	Stage 6	- 503	👉		
	Stage 5	- 506.5	👉		
Fortunian	Stage 4	- 510 *	👉		
	Stage 3	- 515 *	👉		
Fortunian	Stage 2	- 521 *	👉		
	Fortunian	- 528 *	👉		
Fortunian	Fortunian	542.0 ± 1.0	👉		

Epoch	Series	Stage	Age (Ma)	GSSP	
Precambrian	Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	542	👉
			Cryogenian	- 635	👉
			Tonian	850	👉
		Meso-proterozoic	Stenian	1000	👉
			Ectasian	1200	👉
	Paleo-proterozoic	Calymmian	Calymmian	1400	👉
			Statherian	1600	👉
		Orosirian	Orosirian	1800	👉
			Rhyacian	2050	👉
			Siderian	2300	👉
	Archean	Neoproterozoic	Neoproterozoic	2500	👉
			Mesoarchean	2800	👉
		Paleoarchean	Paleoarchean	3200	👉
			Eoarchean	3600	👉
			Hadean (informal)	4000	👉
Hadean (informal)	Hadean (informal)	- 4600	👉		

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (-542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Standard Section and Point (GSSP) (👉), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon international agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

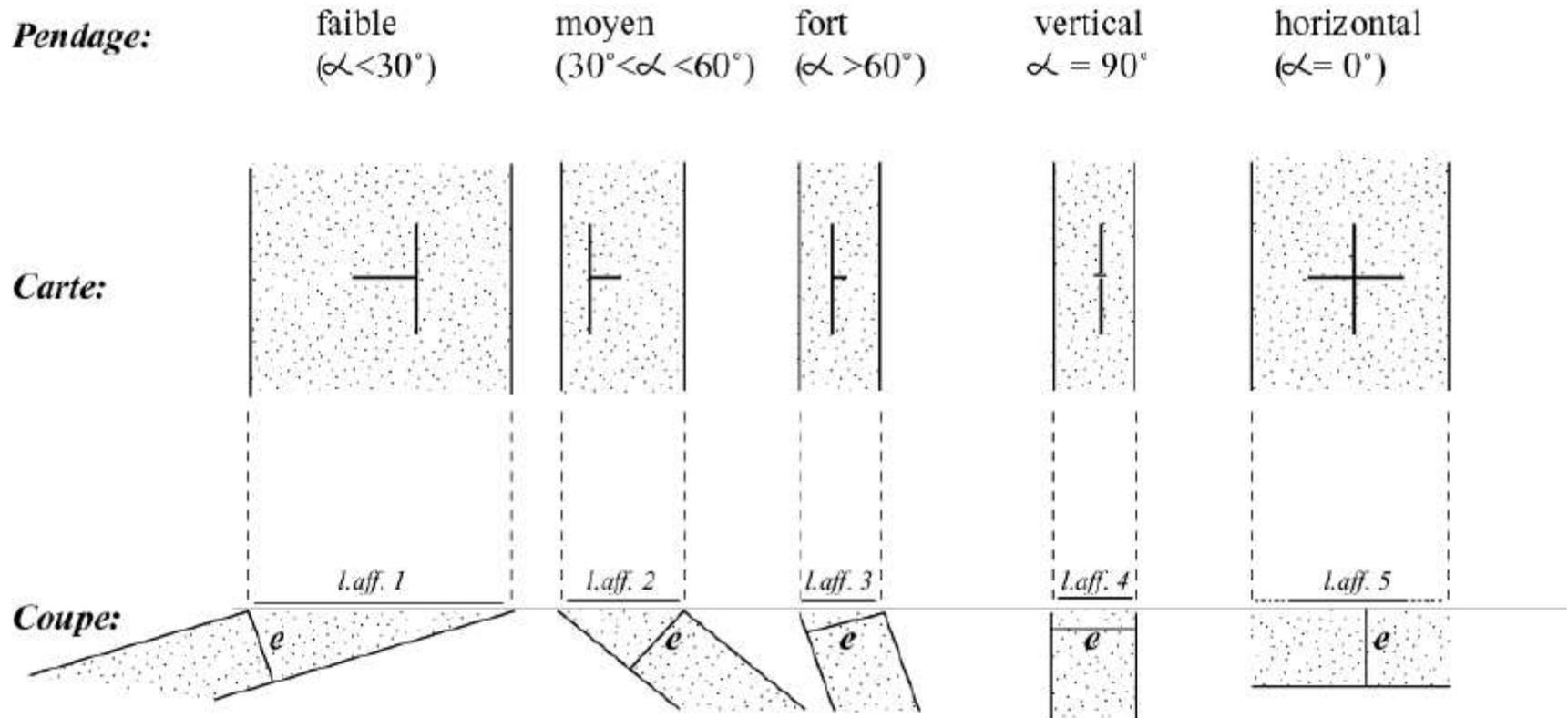
Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org).

The listed numerical ages are from 'A Geologic Time Scale 2004', by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and 'The Concise Geologic Time Scale' by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (in press)

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are informal, and awaiting ratified definitions. Copyright © 2008 International Commission on Stratigraphy

* The status of the Quaternary is not yet decided. Its base may be assigned as the base of the Gelasian and extend the base of the Pleistocene to 2.6 Ma. The "Tertiary" comprises the Paleogene and Neogene and has no official rank.

Pendages et signes de pendage



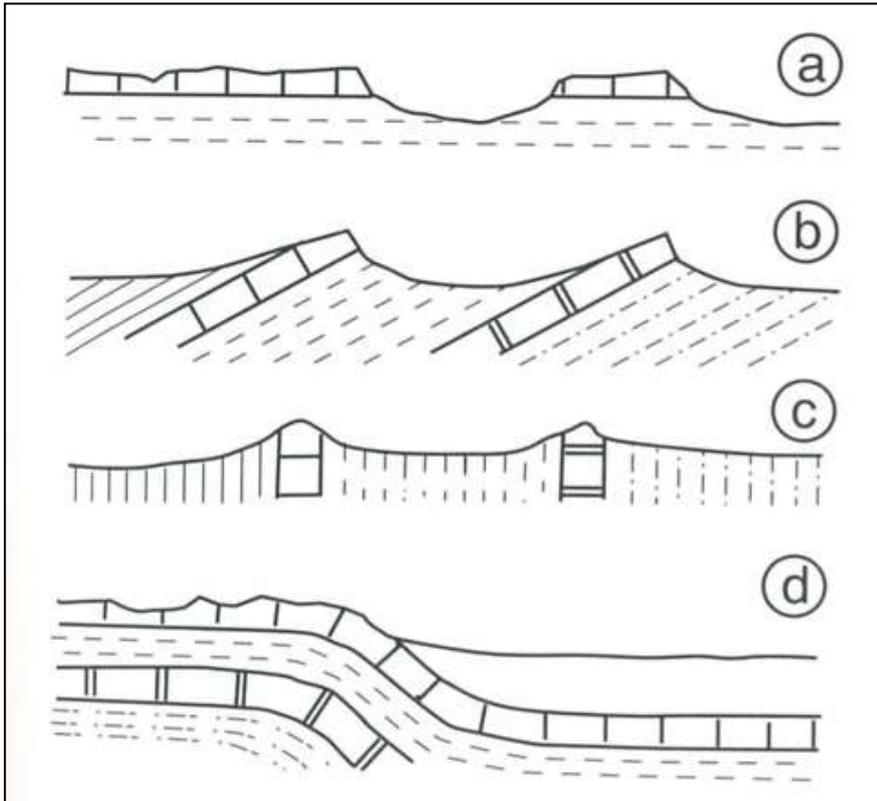
e: épaisseur de la couche; L.aff: sa largeur d'affleurement

Les cartes géologiques



TROISIEME PARTIE :
Les principales structures
sur les cartes géologiques

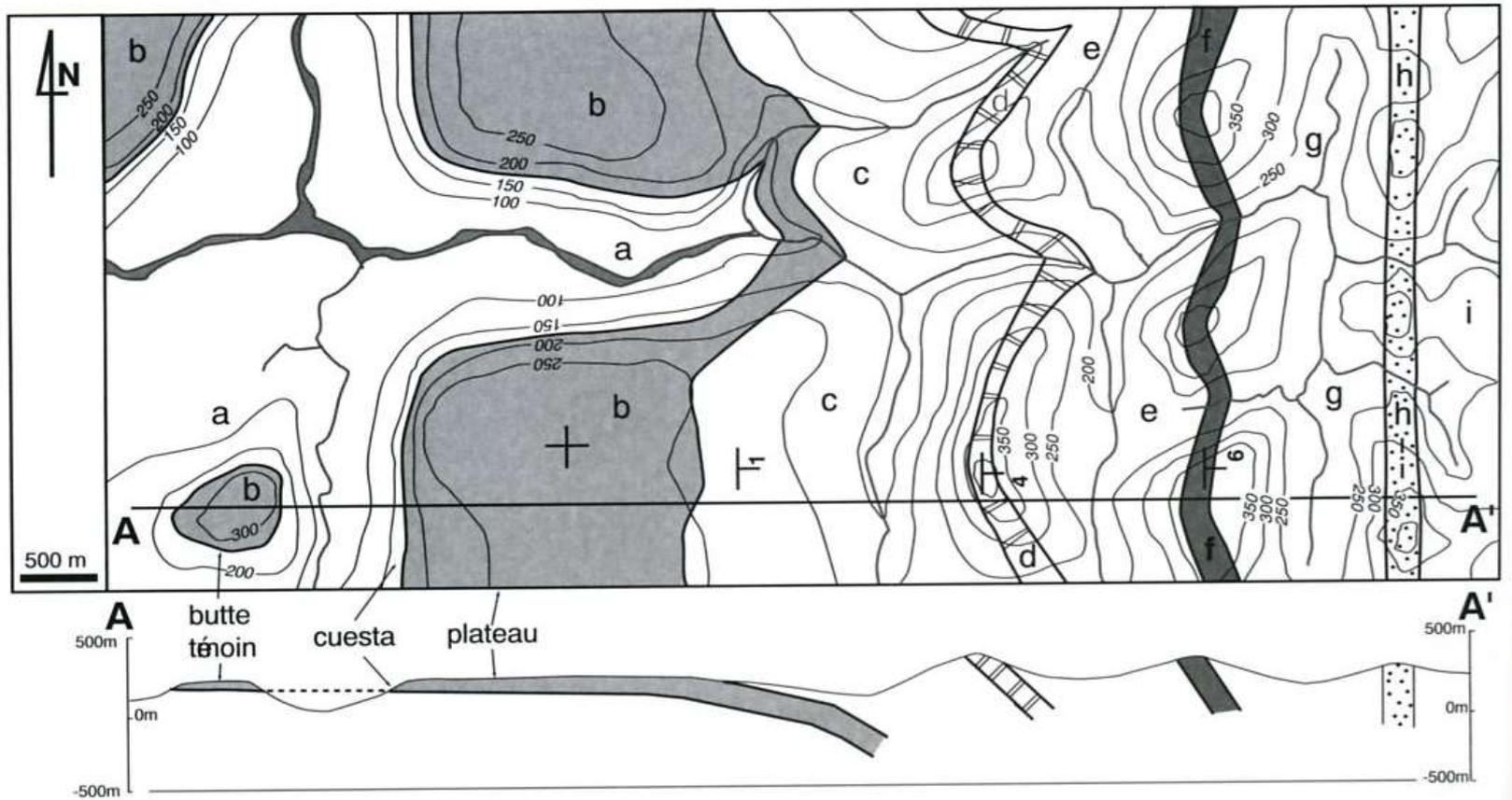
Les principales structures géologiques à l'échelle de la carte



Exemples de structures tabulaires et monoclinales :

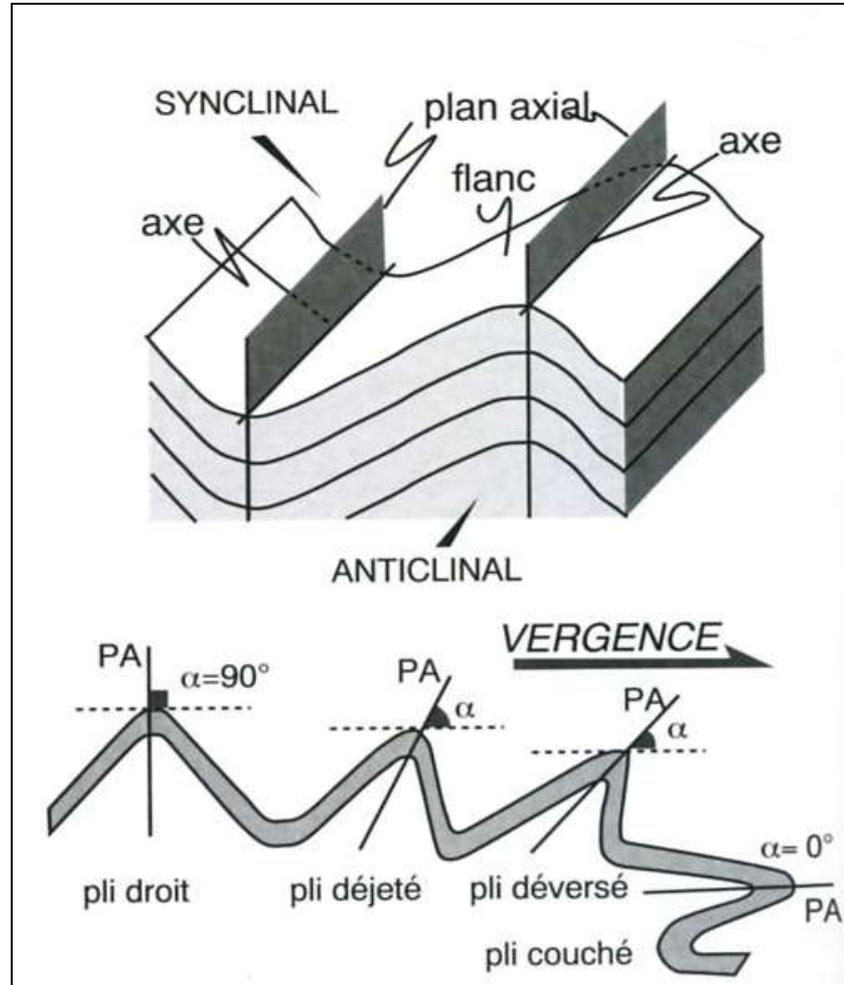
- a. Structure tabulaire
- b. Structure monoclinale.
- c. Structure monoclinale verticale.
- d. Pli monoclinal.

Les principales structures géologiques à l'échelle de la carte



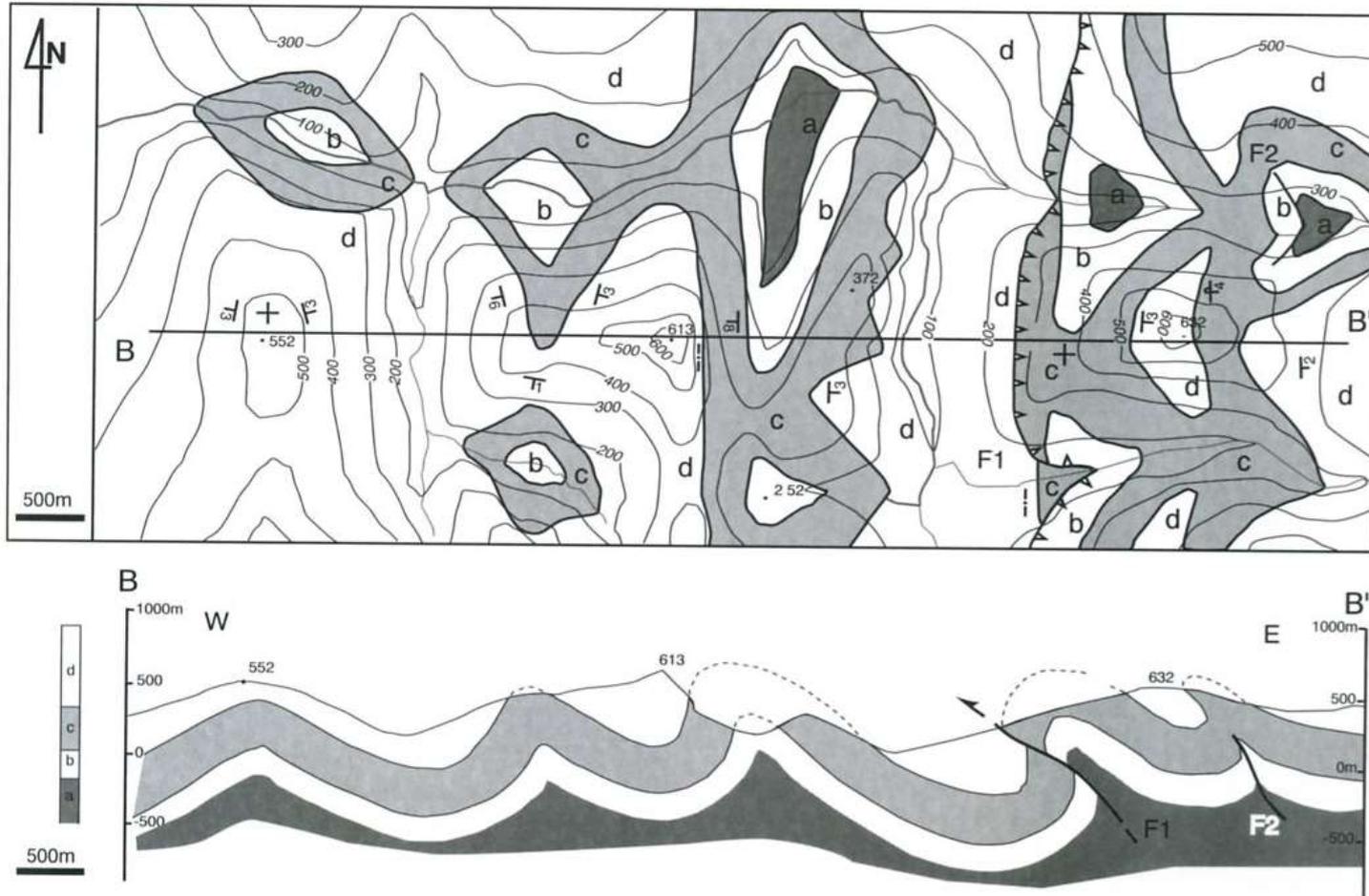
Structures tabulaires et monoclinales : carte et coupe schématiques.

Les principales structures géologiques à l'échelle de la carte



Structures plissées : terminologie

Les principales structures géologiques à l'échelle de la carte

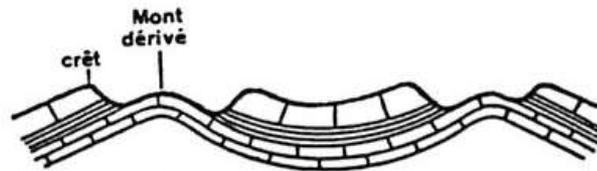


Structure plissée : carte et coupe schématique

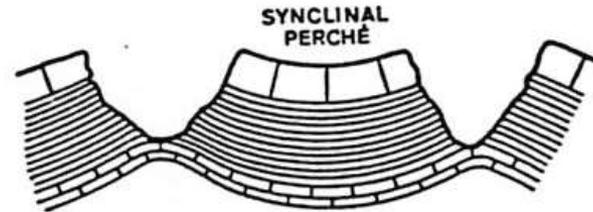
Les formes du relief en structure plissée :

relief jurassien et subalpin,

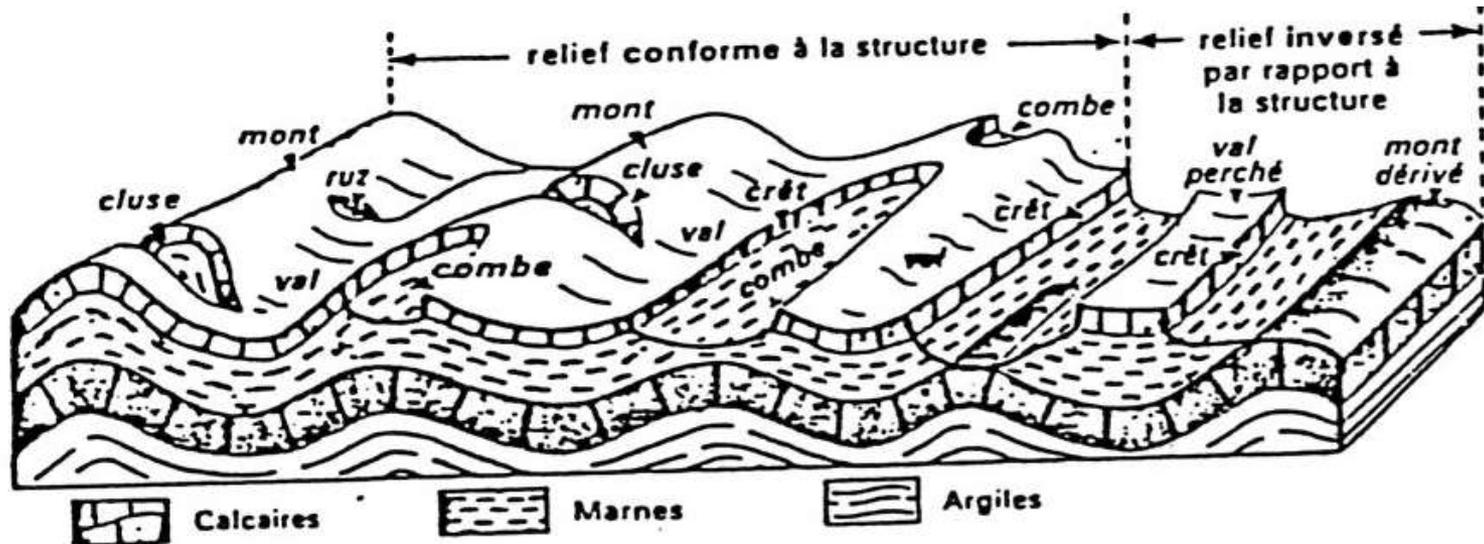
relief conforme et relief inversé par rapport à la structure

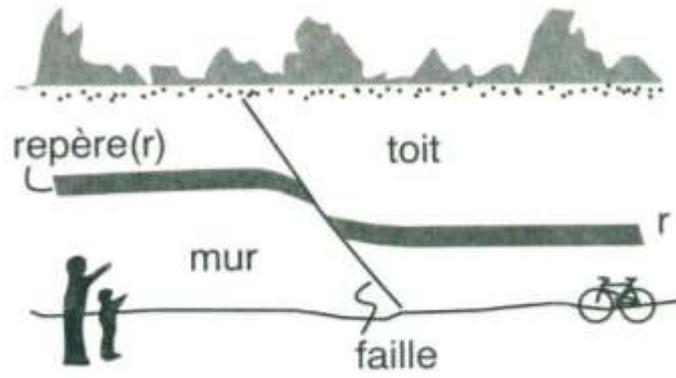


A. Relief jurassien

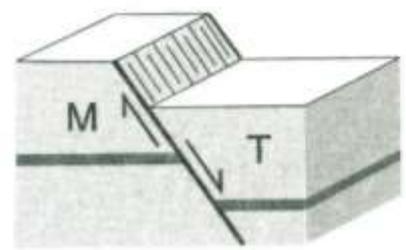


B. Relief subalpin

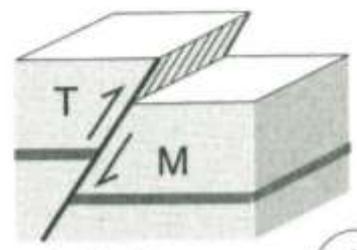




a

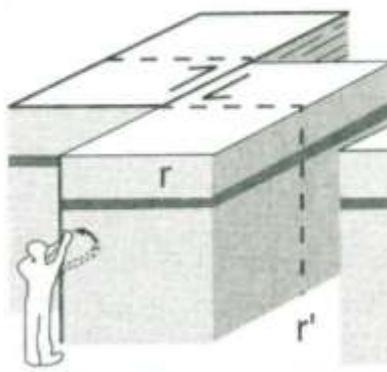


faille normale

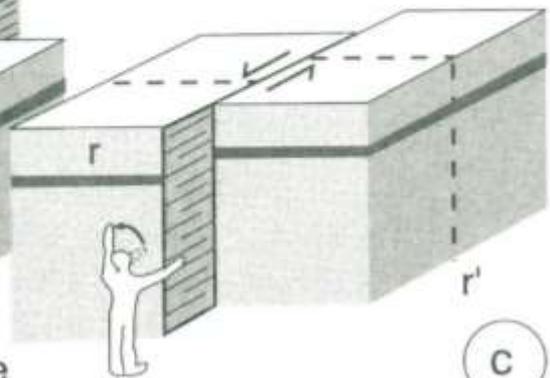


faille inverse

b



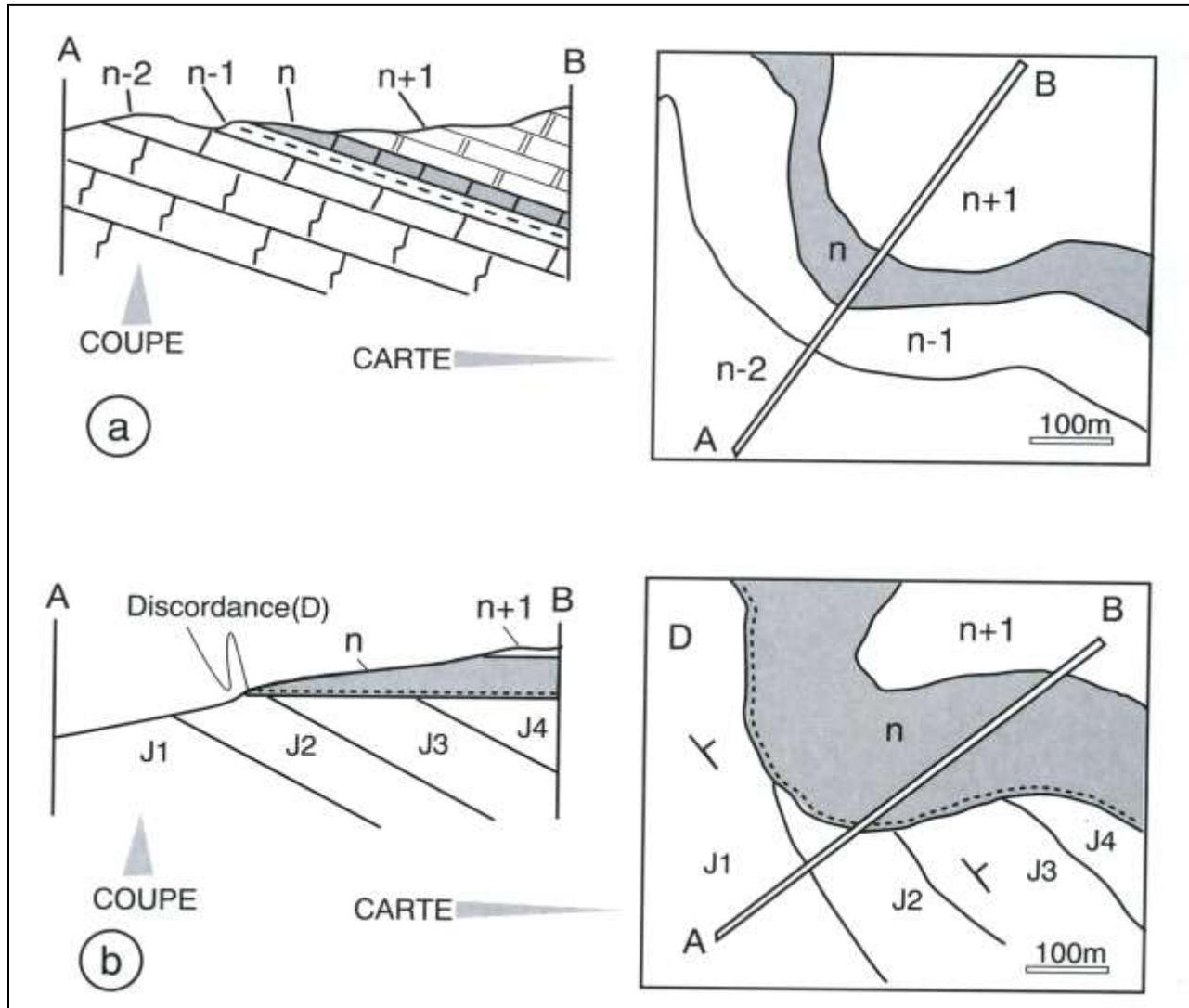
faille décrochante
dextre



sénesstre

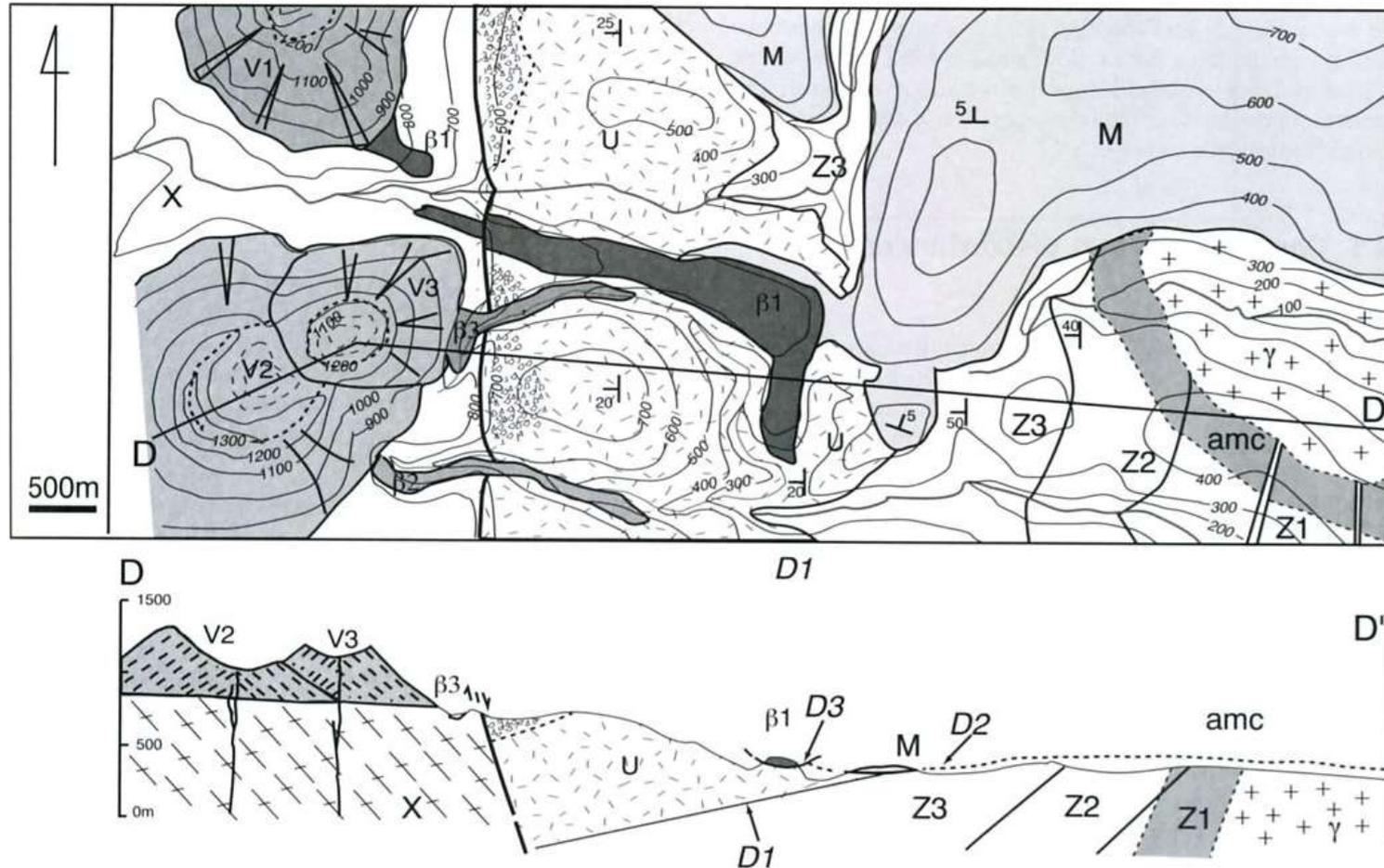
c

Failles : terminologie



Concordances et discordances : carte et coupe schématique

Les principales structures géologiques à l'échelle de la carte



Structure plutonique et volcanique : carte et coupe schématique

Les cartes géologiques



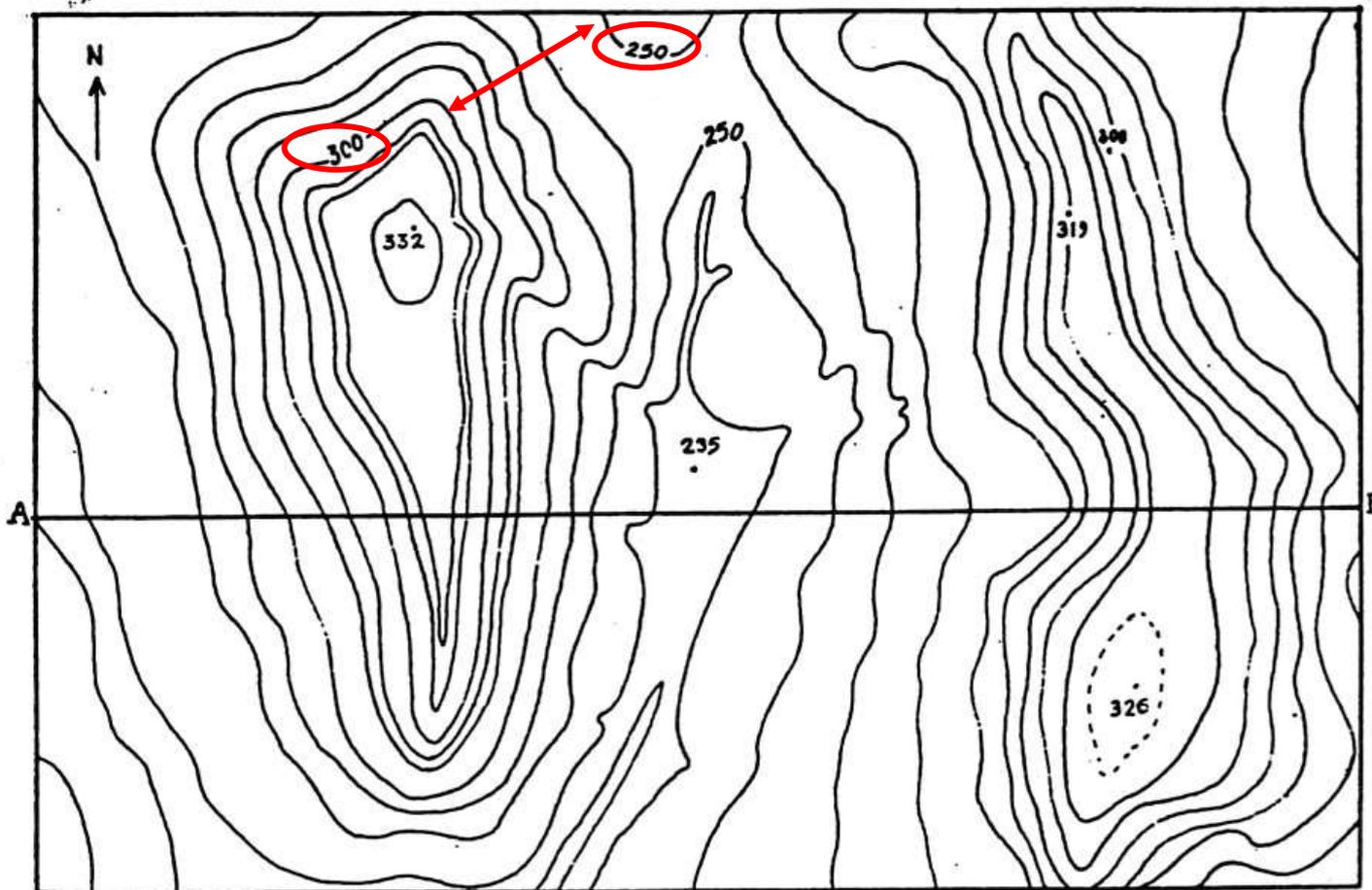
Exercices d'entraînement

Exercice 1.

Coupe géologique : exemple

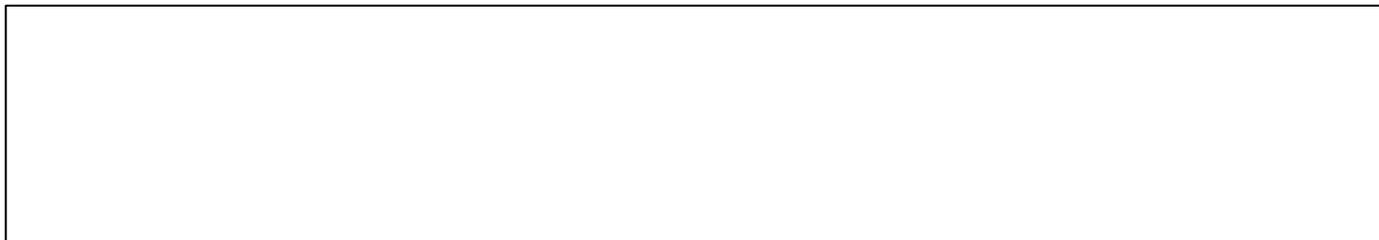
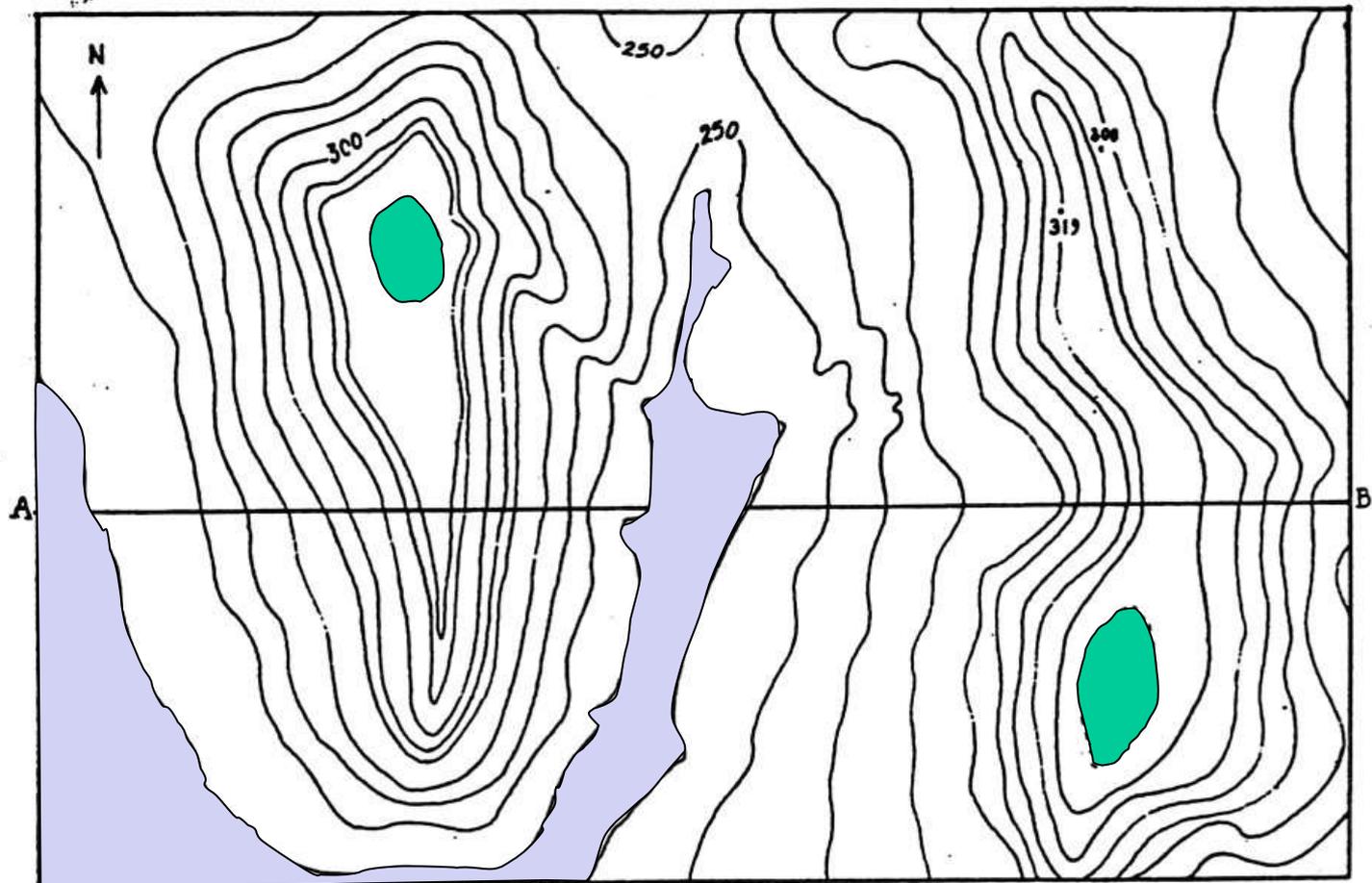
Cadre topographique au 1/10.000

50 m de dénivelé ↔ 5 intervalles entre courbes de niveau



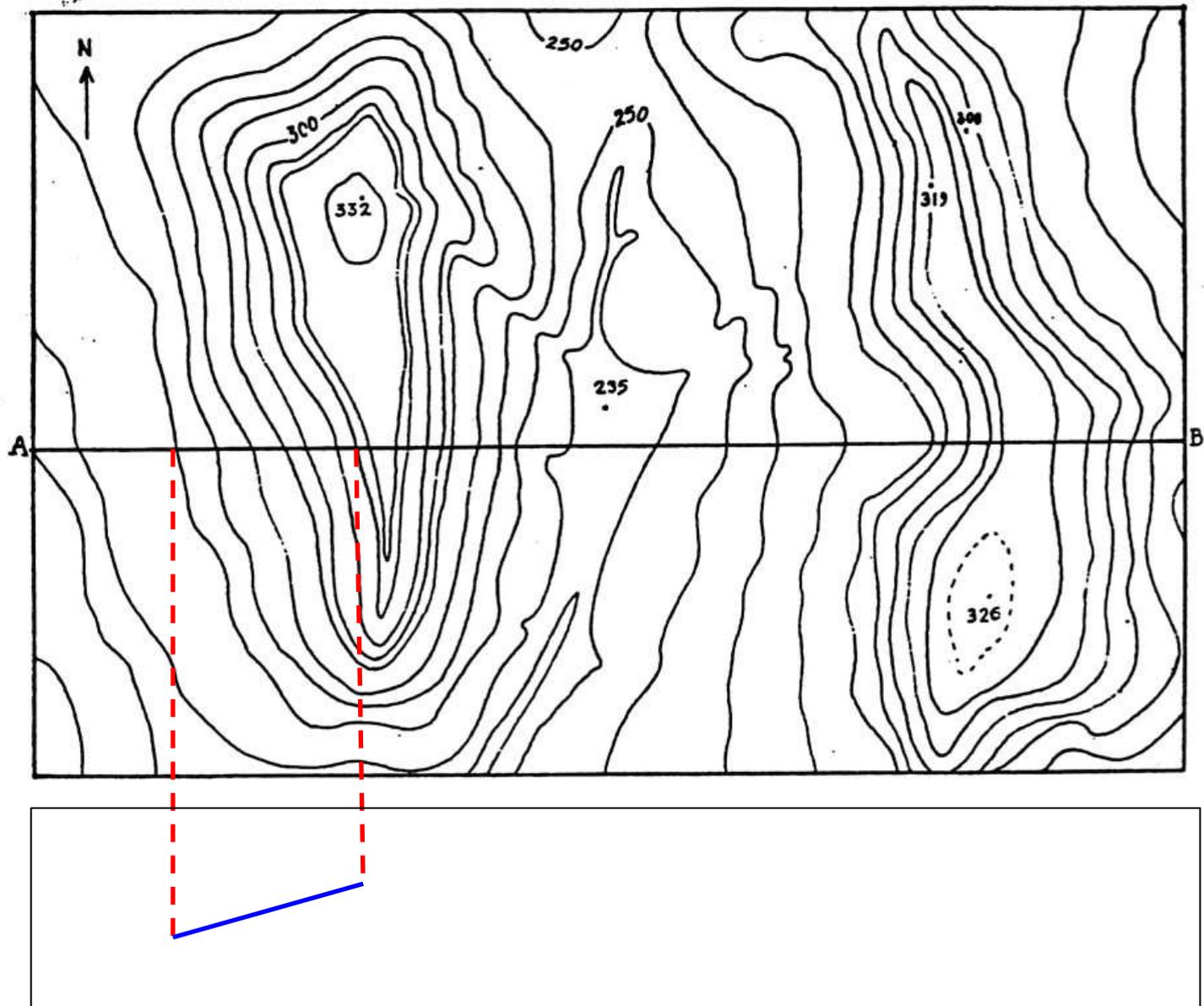
Coupe géologique : exemple

Cadre topographique au 1/10.000



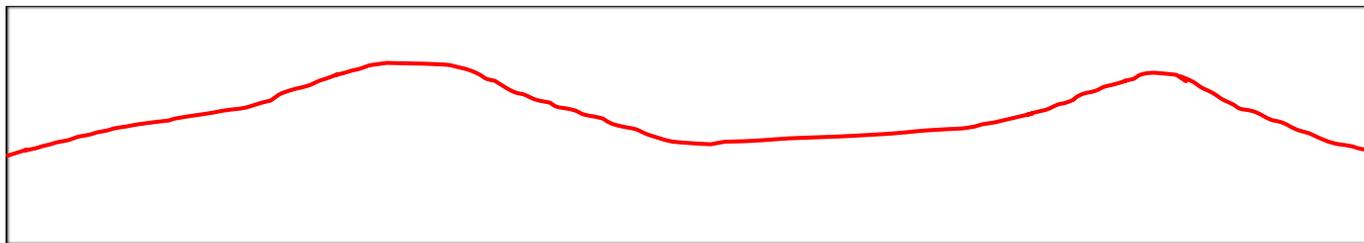
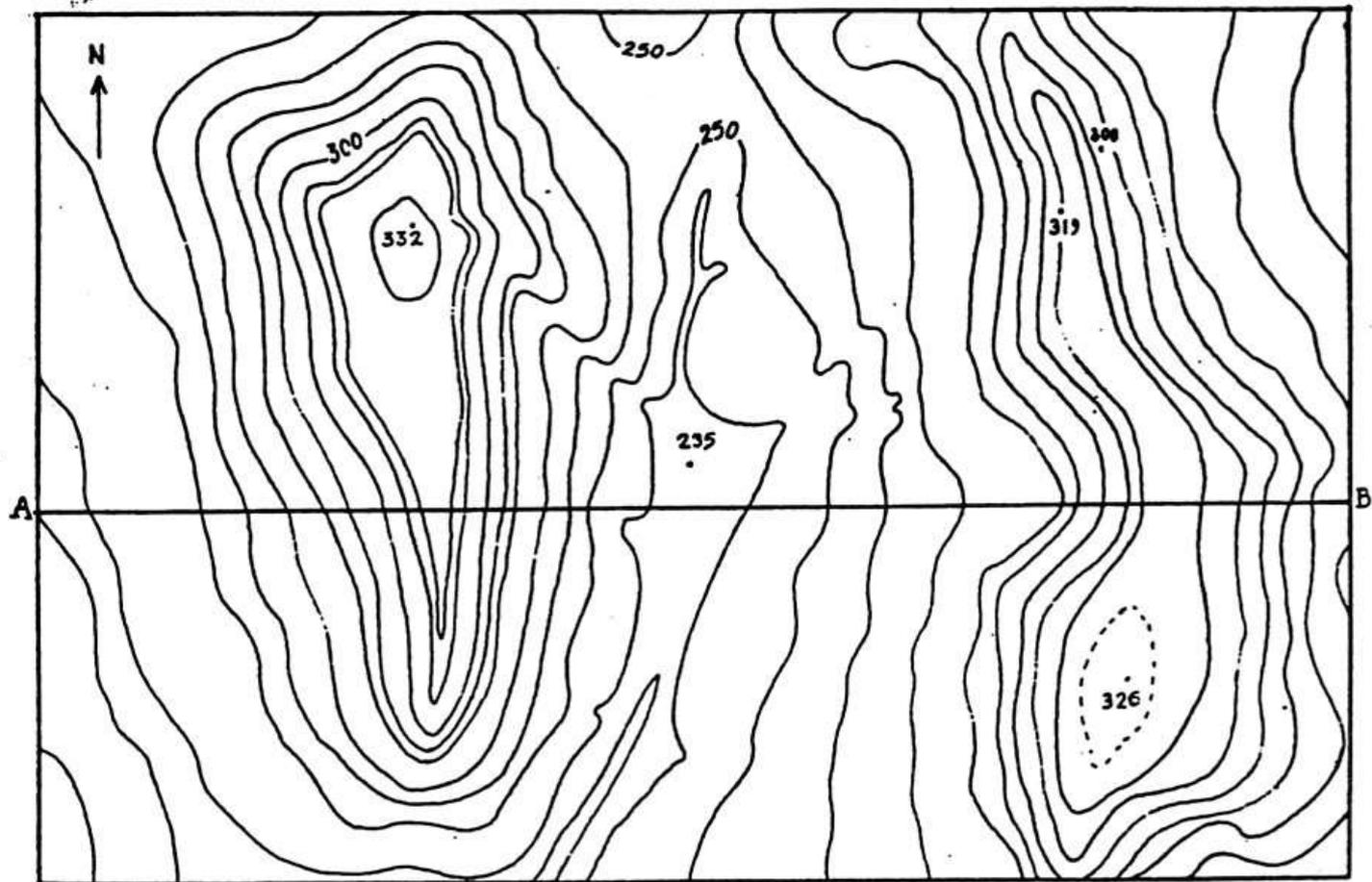
Coupe géologique : exemple

Cadre topographique au 1/10.000



Coupe géologique : exemple

Cadre topographique au 1/10.000



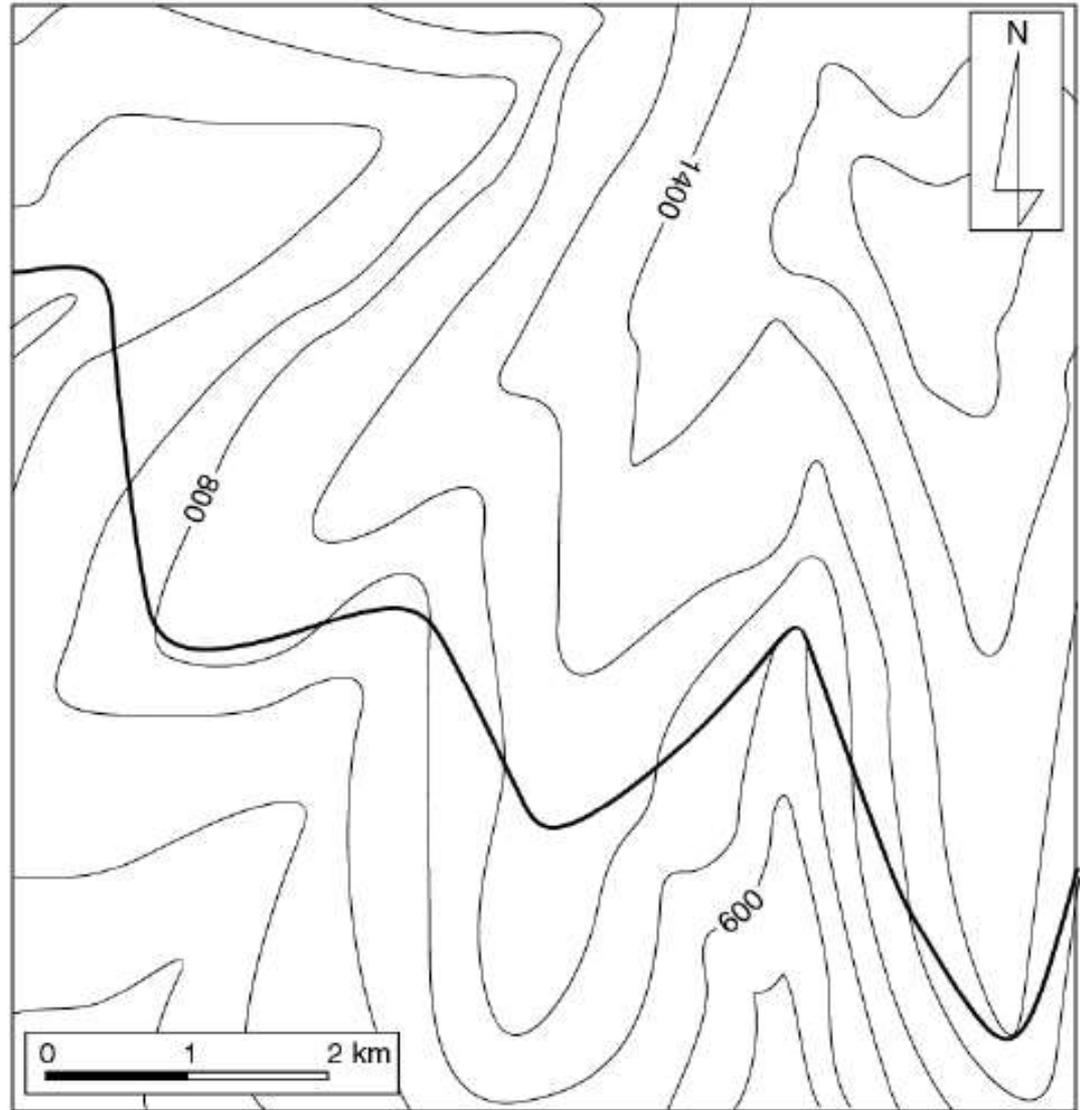
Exercice 2.

Sur la carte topographique ci-contre :

→ repérer les talwegs en bleu et les lignes de crête en noir,

→ donner l'équidistance des courbes de niveau,

→ déterminer la direction et le pendage du plan indiqué en gras.



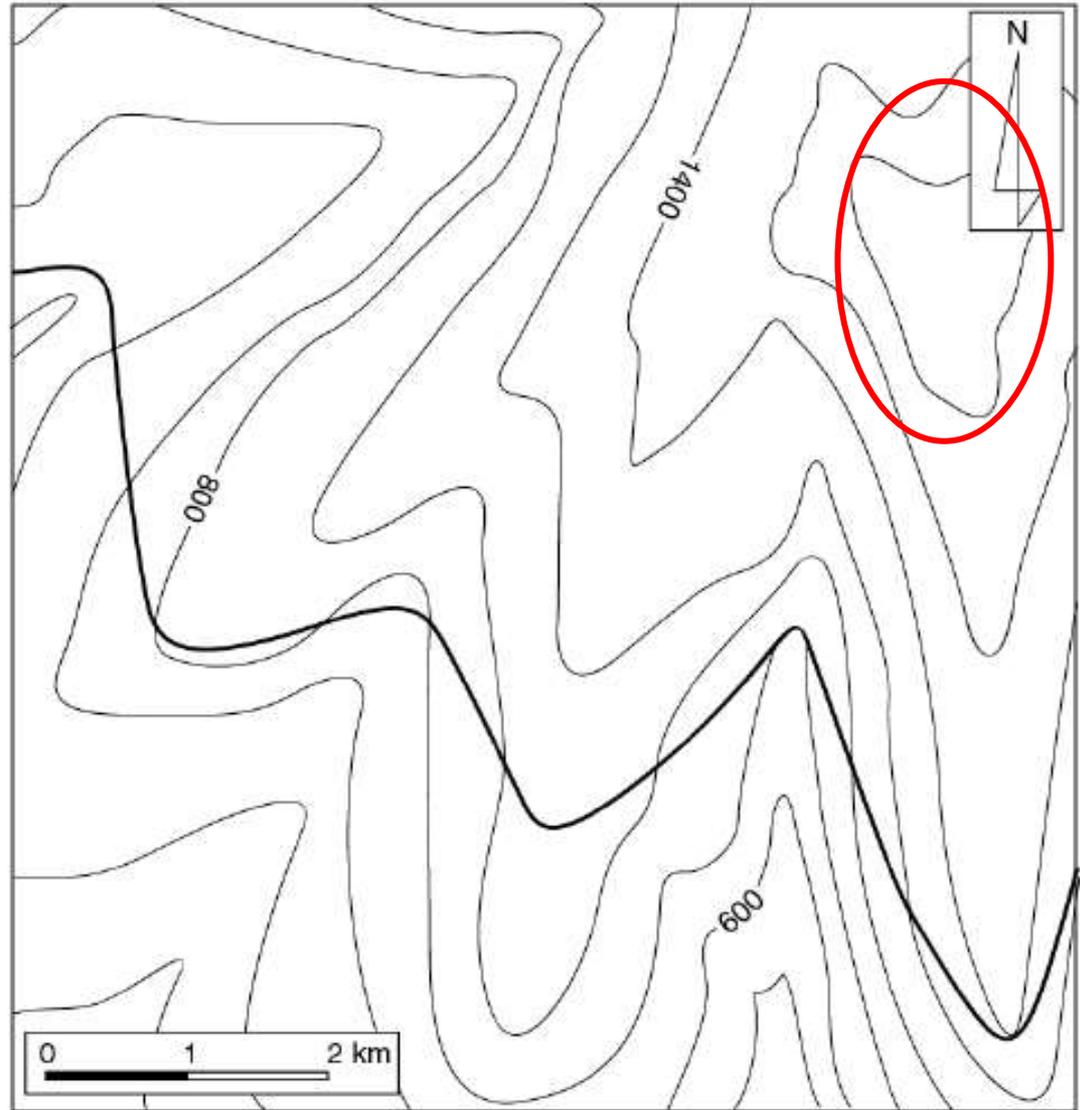
Exercice 2.

Sur la carte topographique ci-contre :

→ repérer les talwegs en bleu et les lignes de crête en noir,

→ donner l'équidistance des courbes de niveau,

→ déterminer la direction et le pendage du plan indiqué en gras.



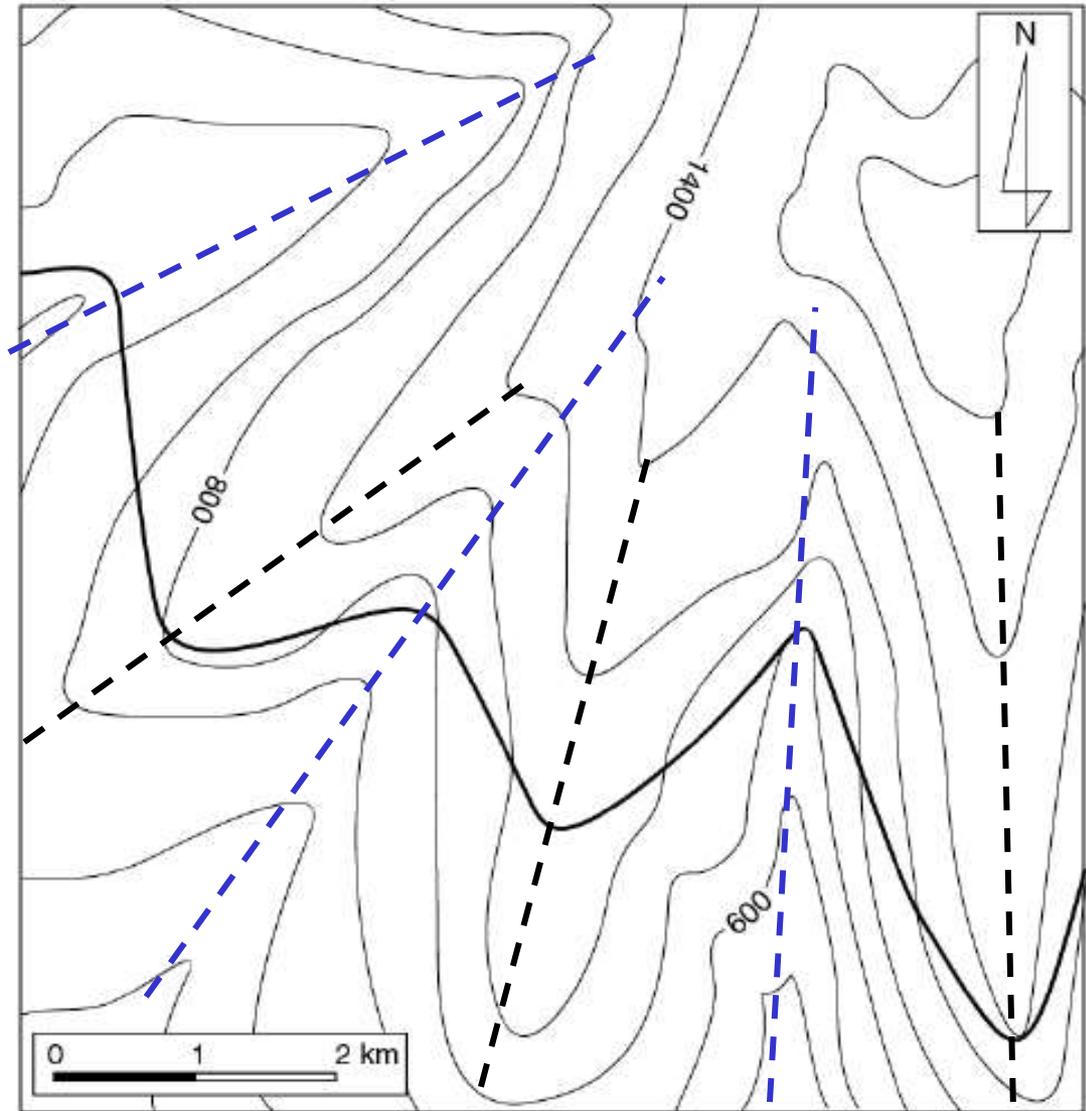
Exercice 2.

Sur la carte topographique ci-contre :

→ repérer les talwegs en bleu et les lignes de crête en noir,

→ donner l'équidistance des courbes de niveau,

→ déterminer la direction et le pendage du plan indiqué en gras.



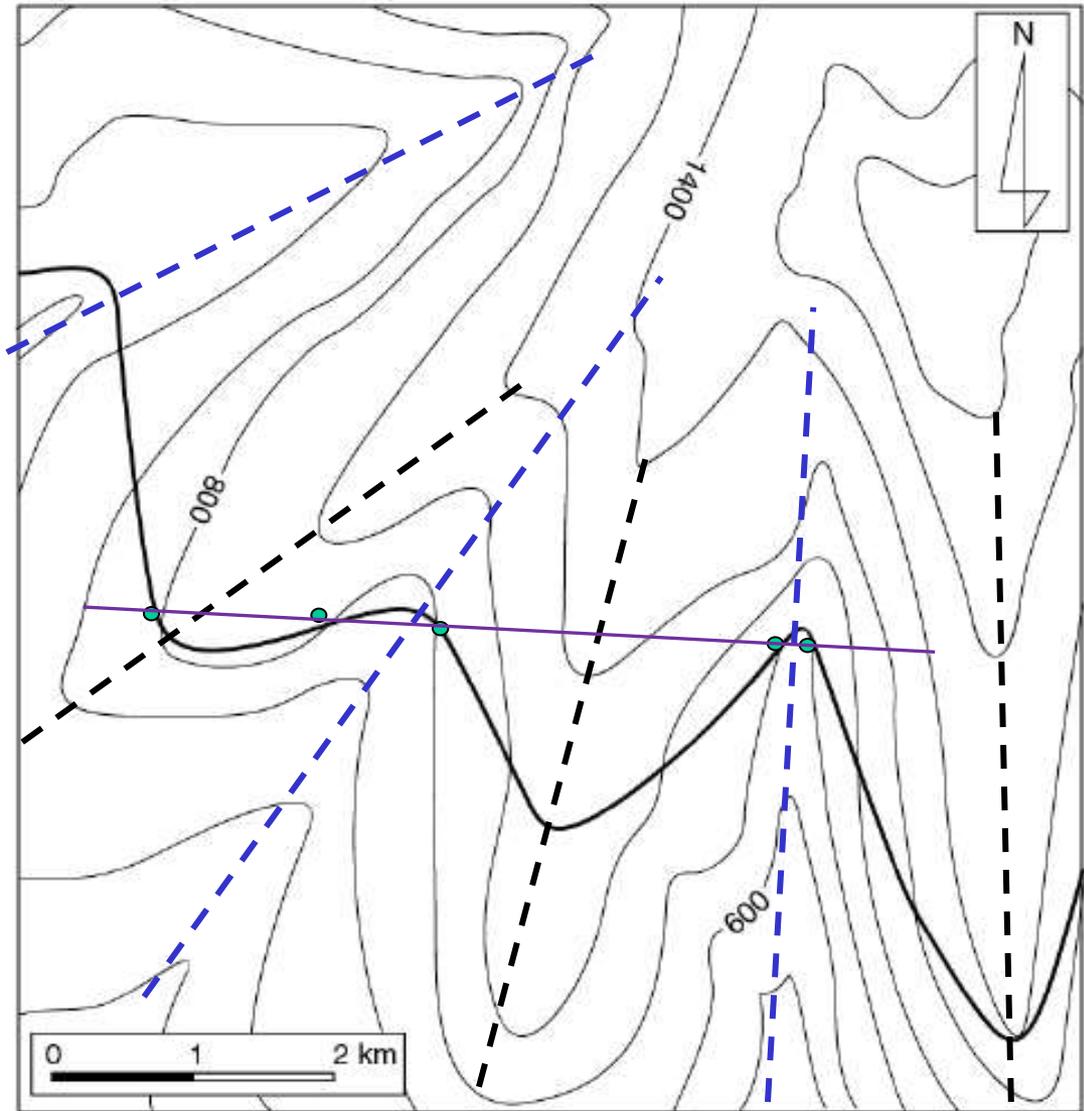
Exercice 2.

Sur la carte topographique ci-contre :

→ repérer les talwegs en bleu et les lignes de crête en noir,

→ donner l'équidistance des courbes de niveau,

→ déterminer la direction et le pendage du plan indiqué en gras.



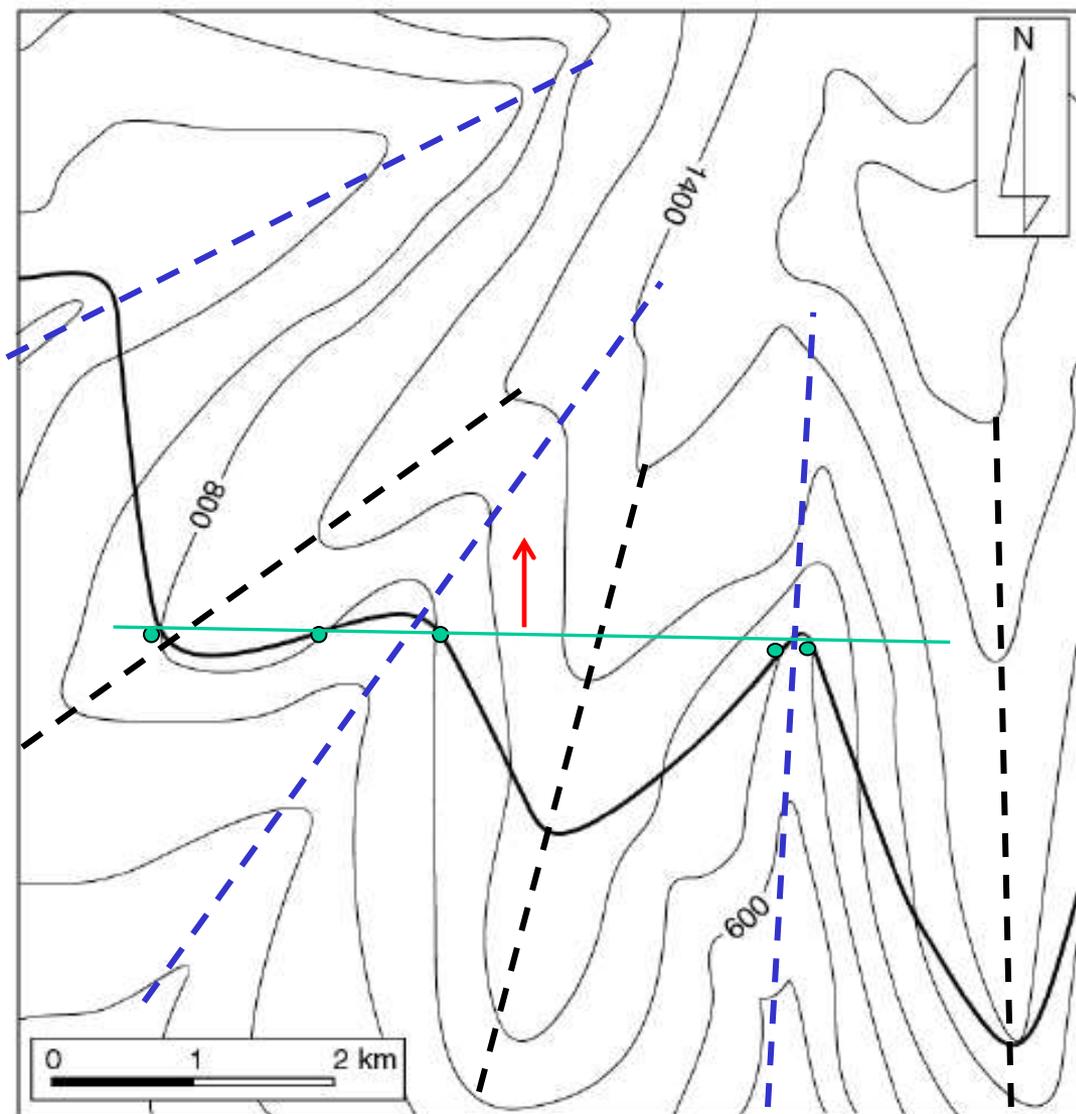
Exercice 2.

Sur la carte topographique ci-contre :

→ repérer les talwegs en bleu et les lignes de crête en noir,

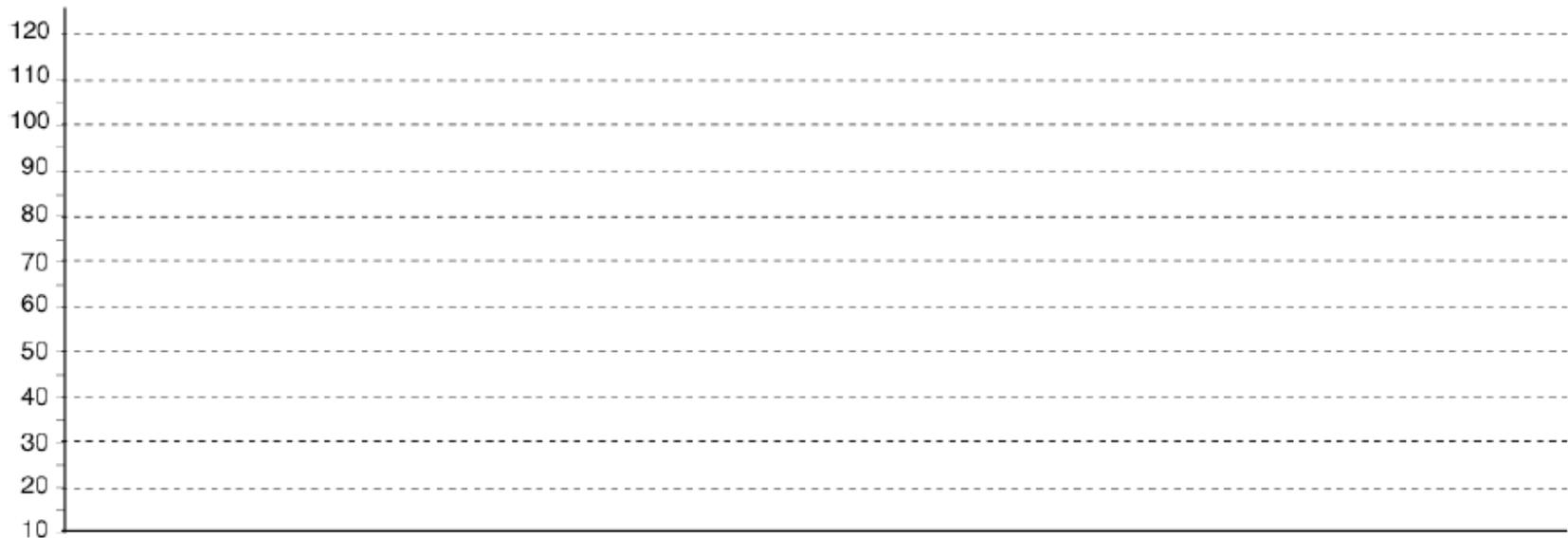
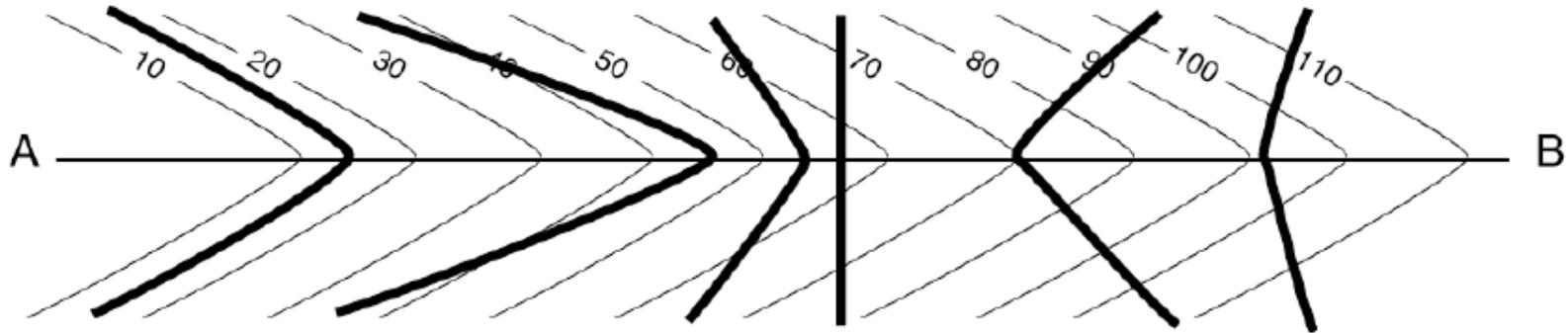
→ donner l'équidistance des courbes de niveau,

→ déterminer la direction et le pendage du plan indiqué en gras.



Exercice 3.

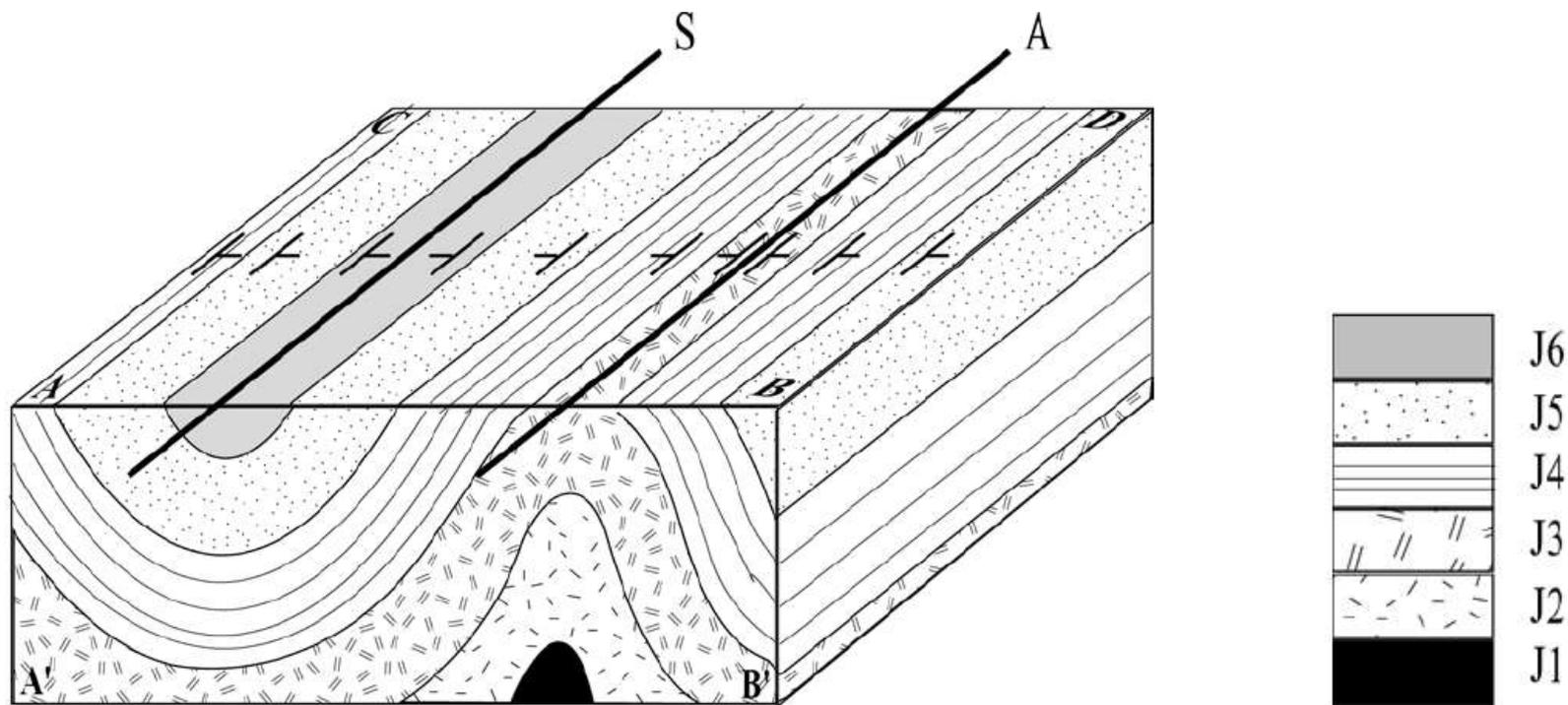
→ Représenter en coupe les plans correspondant au pendage de chaque couche dont le contour figure ci-dessous :



Exercice 4.

On considère la structure plissée représentée sur la figure ci-contre. Les traits S et A matérialisent l'intersection entre l'horizontale (surface topographique ici) et un plan vertical passant au cœur de chaque pli.

→ **Comparer les caractéristiques des deux plis à partir des informations données par la représentation cartographique** (portées en surface sur le bloc-diagramme).

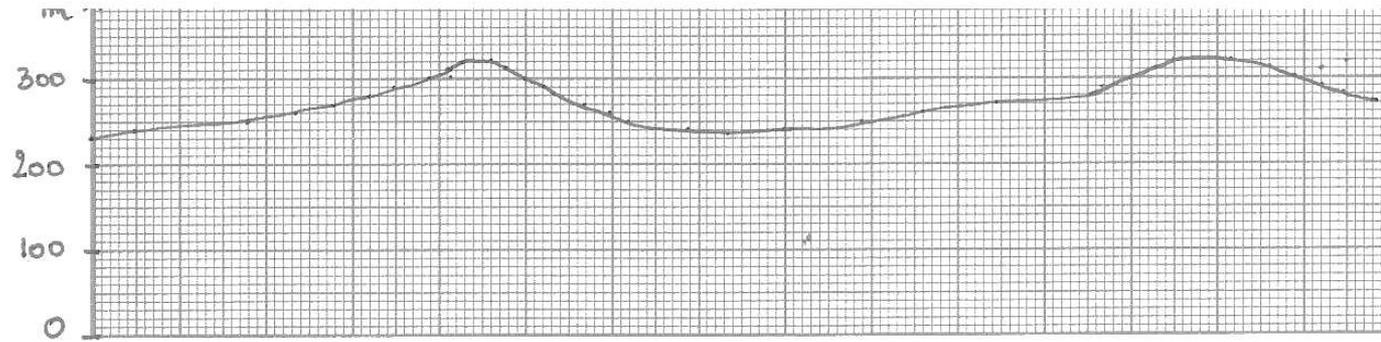
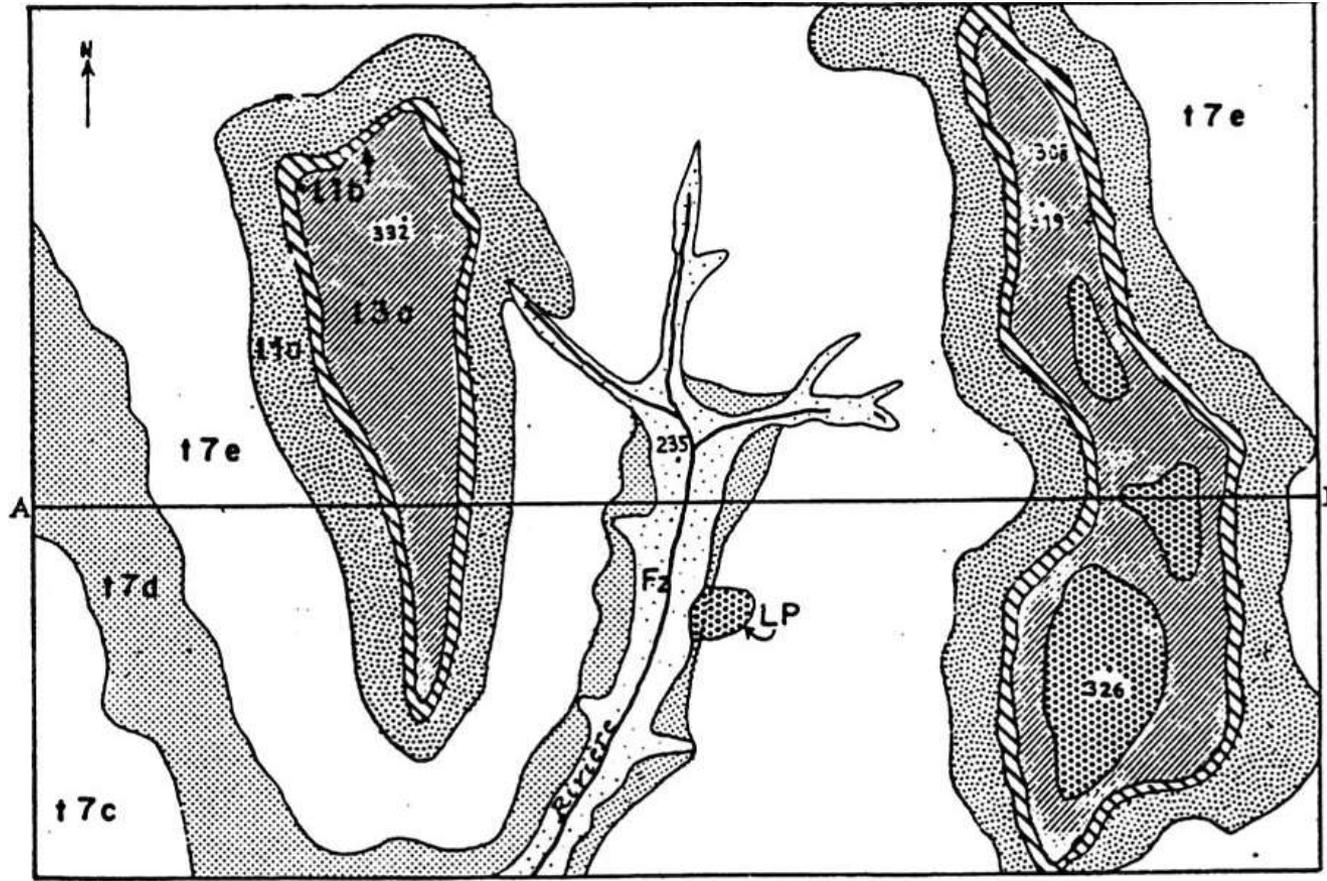


S est placé sur un **pli synclinal**, A sur un **pli anticlinal**

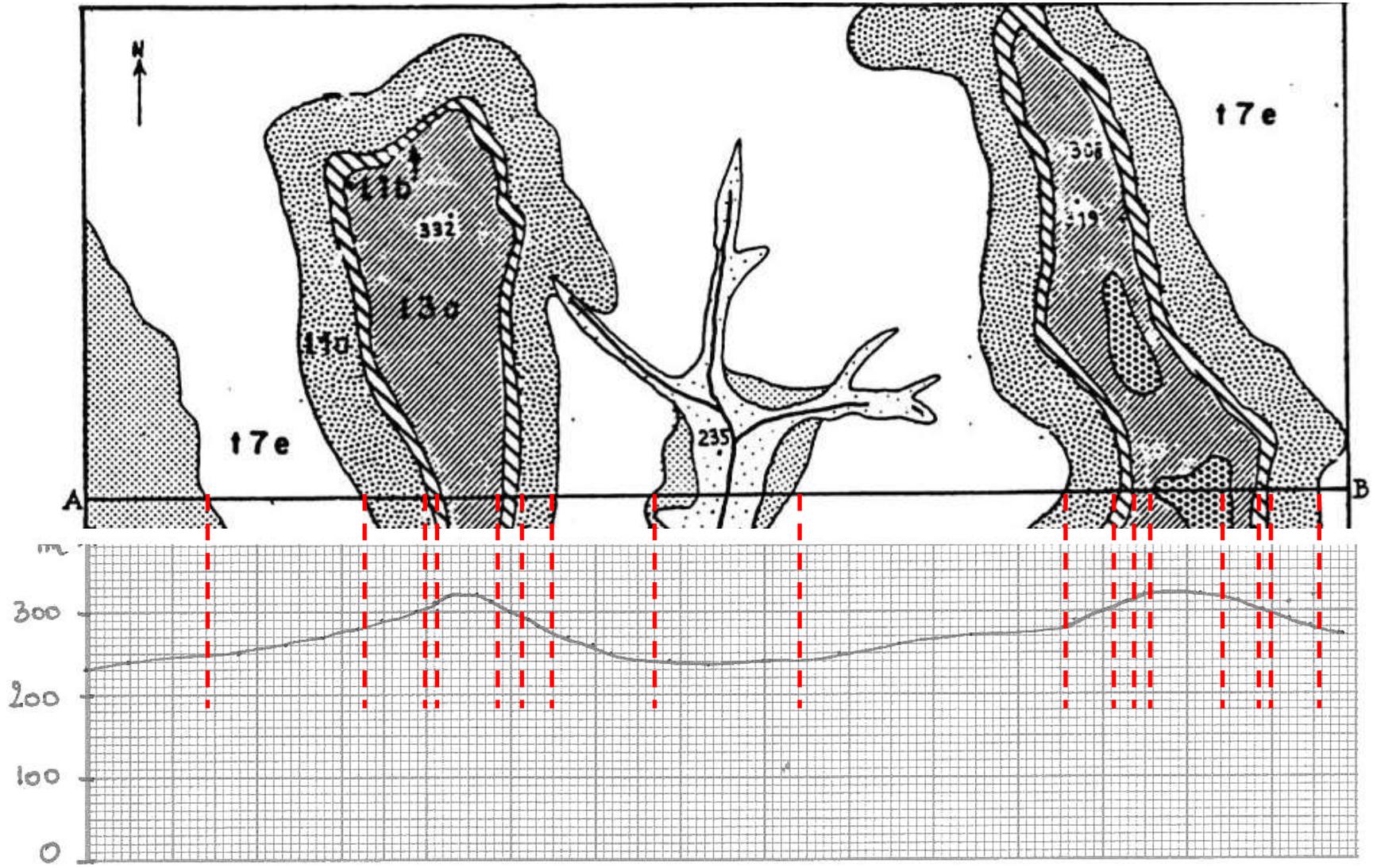
→ **Comment repèrerez-vous désormais un pli sur une carte géologique ?**

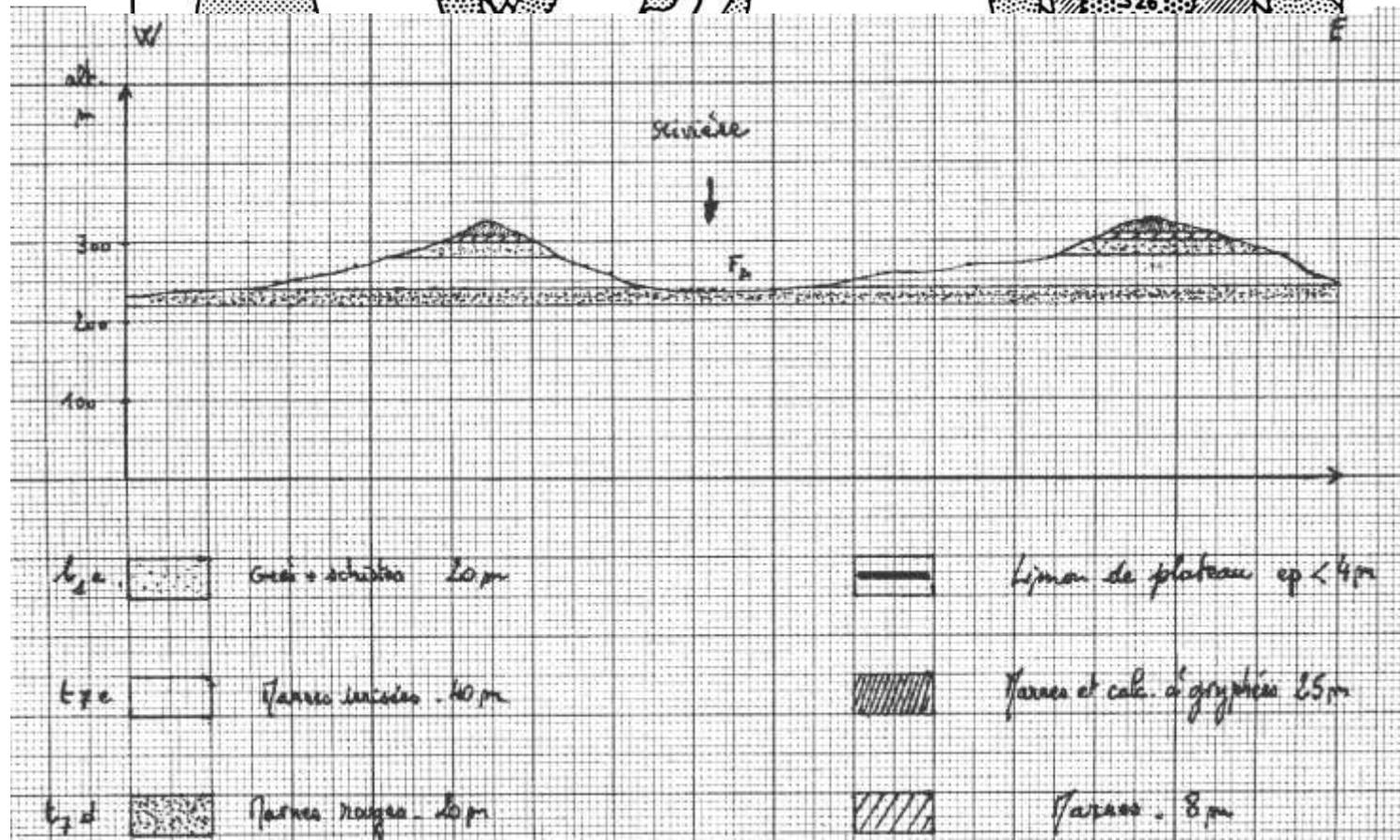
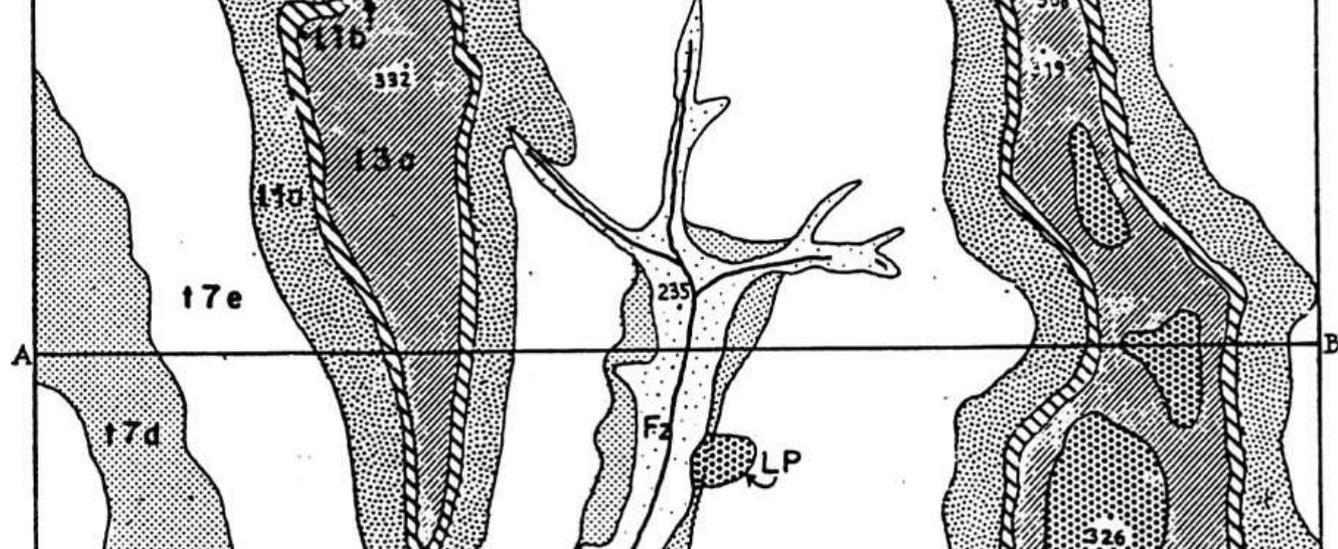
→ **Comment déterminerez-vous s'il s'agit d'un pli anticlinal ou synclinal ?**

Exercise 5.

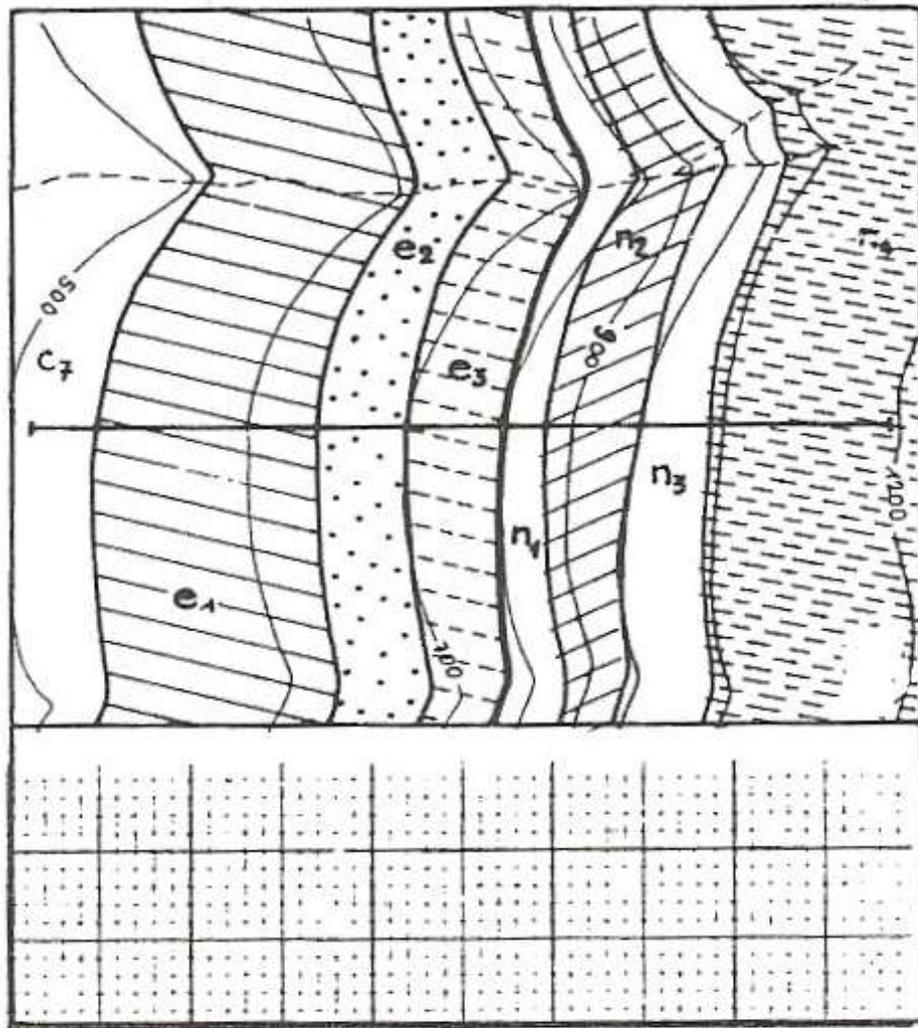


Exercise 5.





Exercice 6.



Epaisseur des couches :

n_4 : 300 m

n_3 : 150 m

n_2 : 200 à 250 m

n_1 : 100 m

e_3 : 150 à 180 m

e_2 : 100 m

e_1 : 250 m

c_7 : 200 m

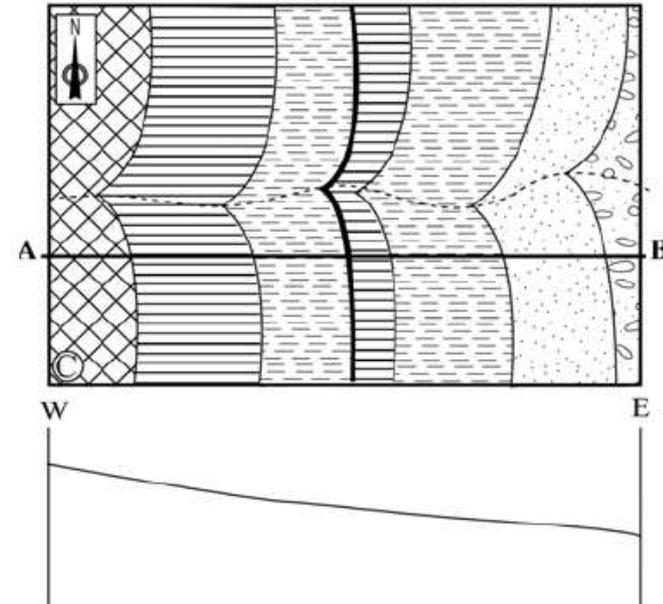
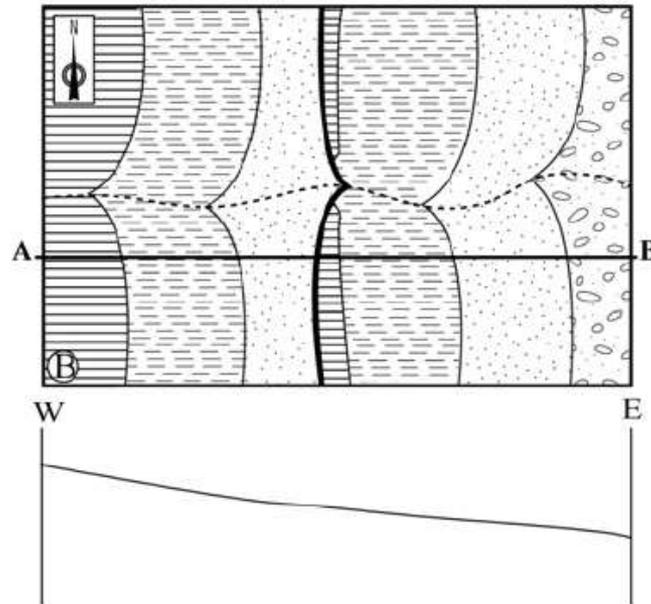
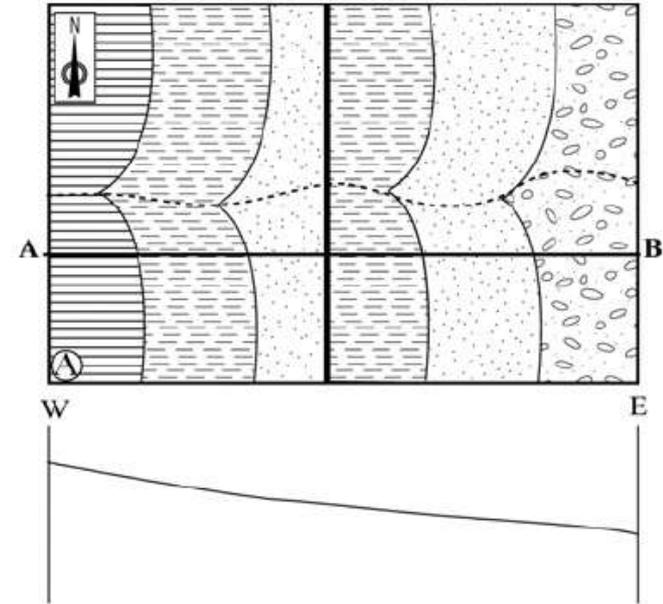
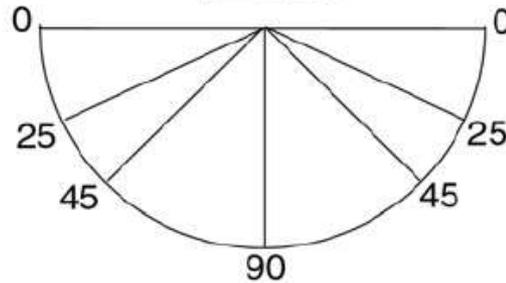
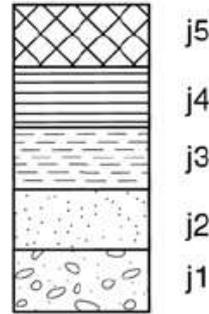
Exercice 7.

Pour chaque extrait de carte suivant :

→ **Construire la coupe AB**

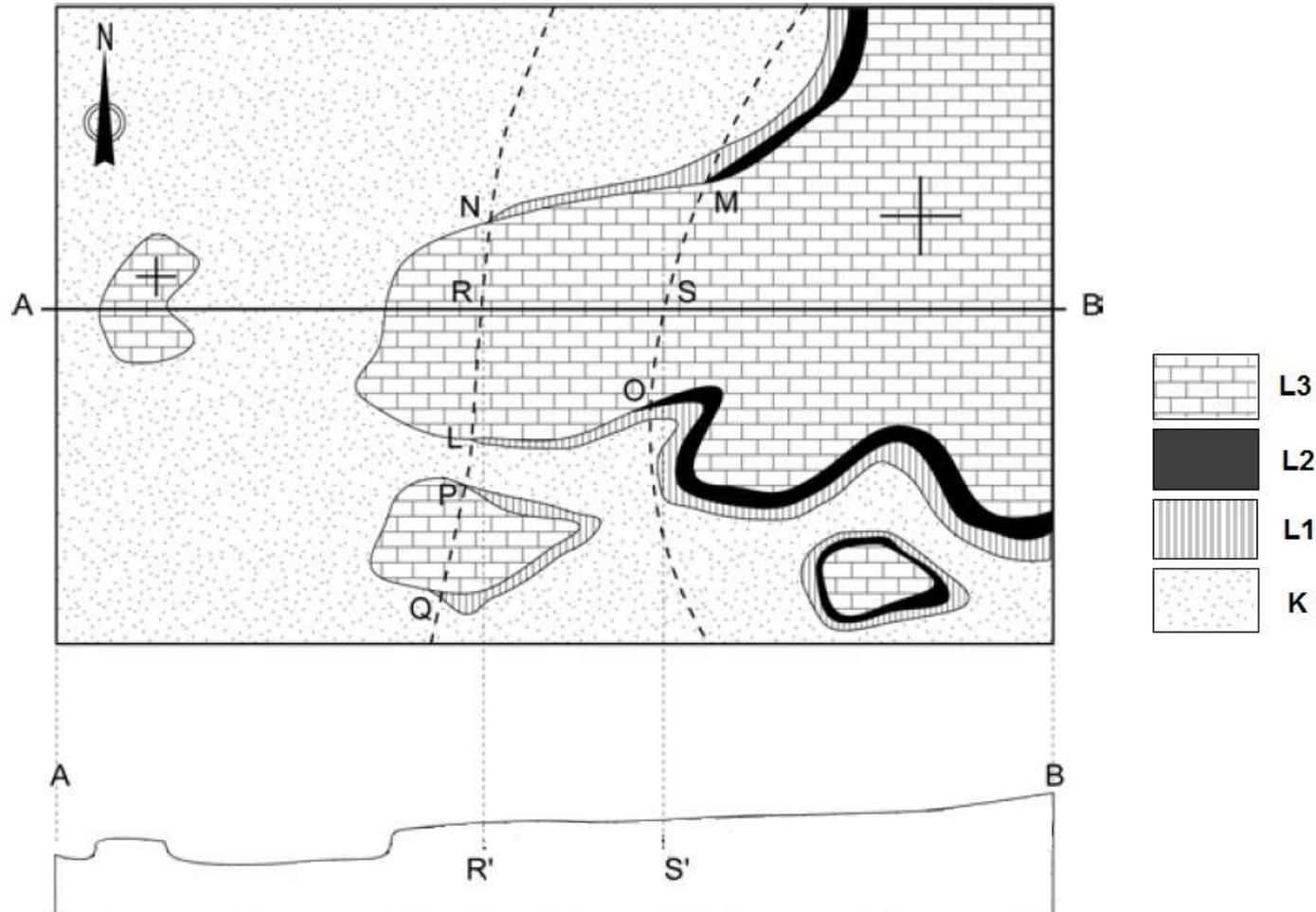
(considérer un pendage des couches de 25° , et s'il y a lieu un pendage de 45° pour le plan de faille)

→ **En déduire la nature de la faille dans chacun des cas.**



Exercice 8.

- Sur l'extrait de carte ci-contre, que représentent les points L à Q ?
- Comment a-t-on déterminé l'emplacement des points R et S ?
- Utilisez le profil topographique pour construire la coupe AB.

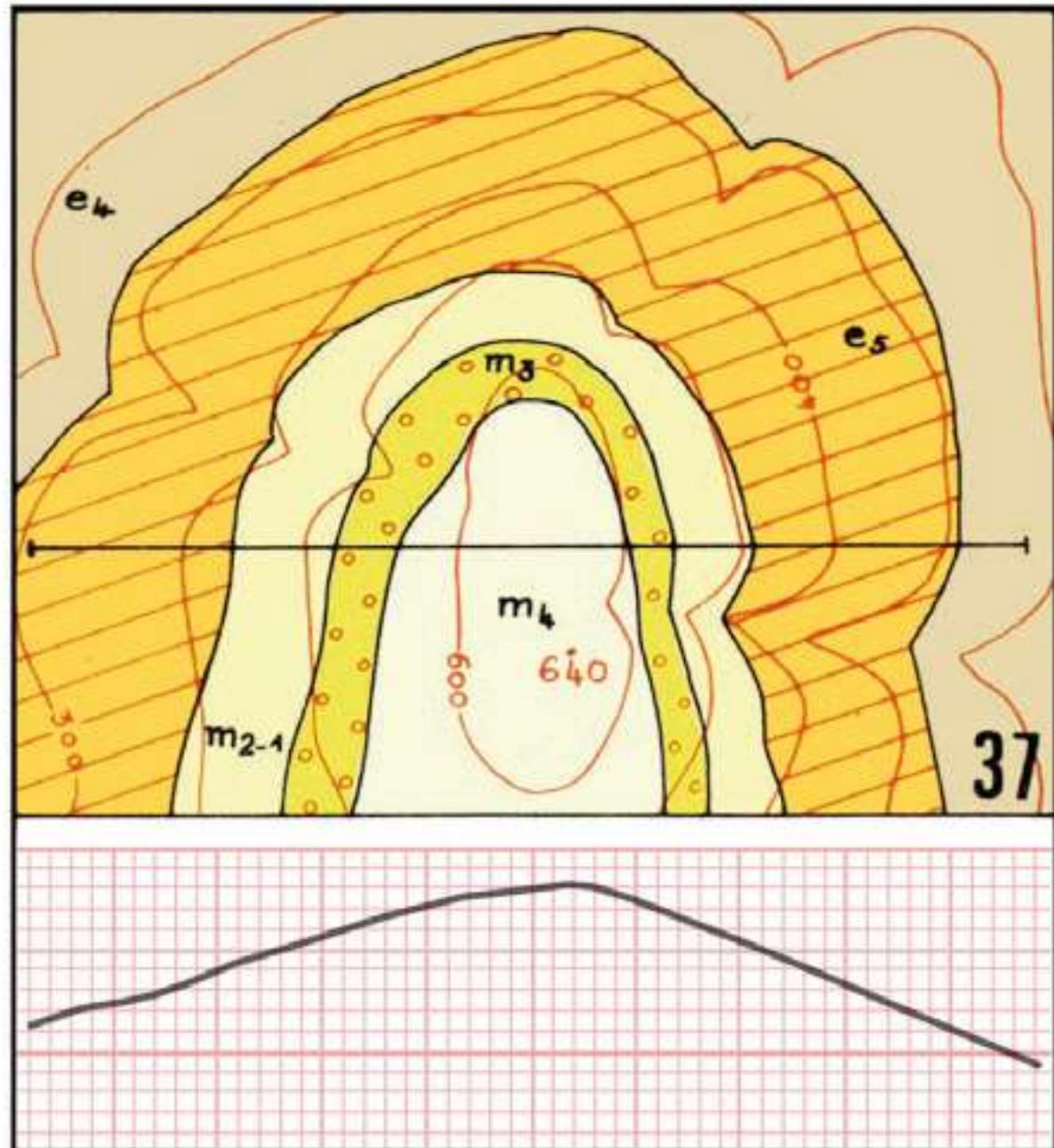


Exercice 9.

→ Analysez la topographie sur l'extrait de carte ci-contre : justifiez l'allure du profil topographique proposé.

→ A partir de l'analyse des relations géométriques entre les contours des formations géologiques et la topographie, identifiez la structure.

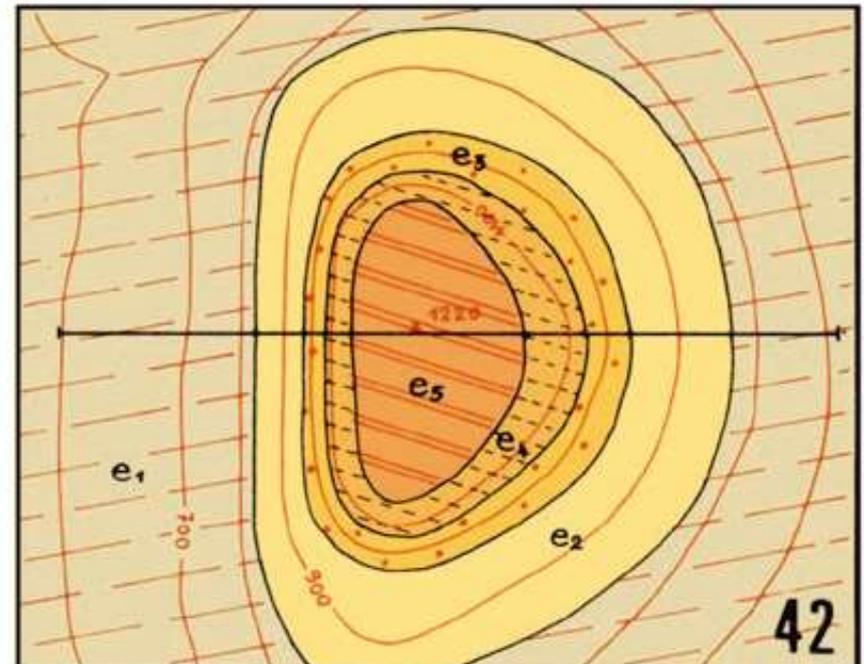
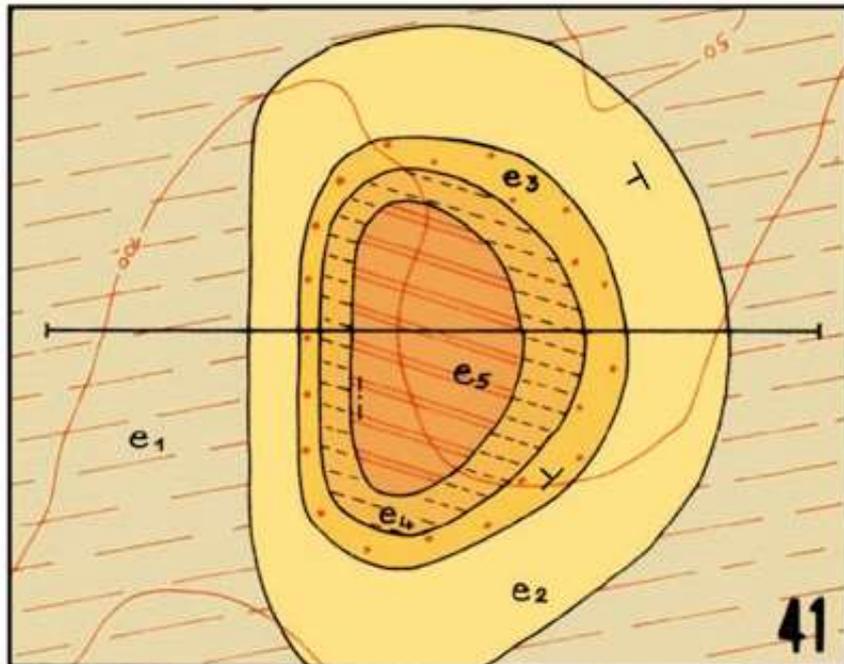
→ Utilisez le profil topographique fourni pour construire la coupe géologique selon le segment représenté sur la carte.



Exercice 10.

→ Comparez ces deux cartes : s'agit-il de la même structure ? Justifiez votre réponse.

→ Construire la coupe géologique correspondant au segment de droite pour la carte 41.



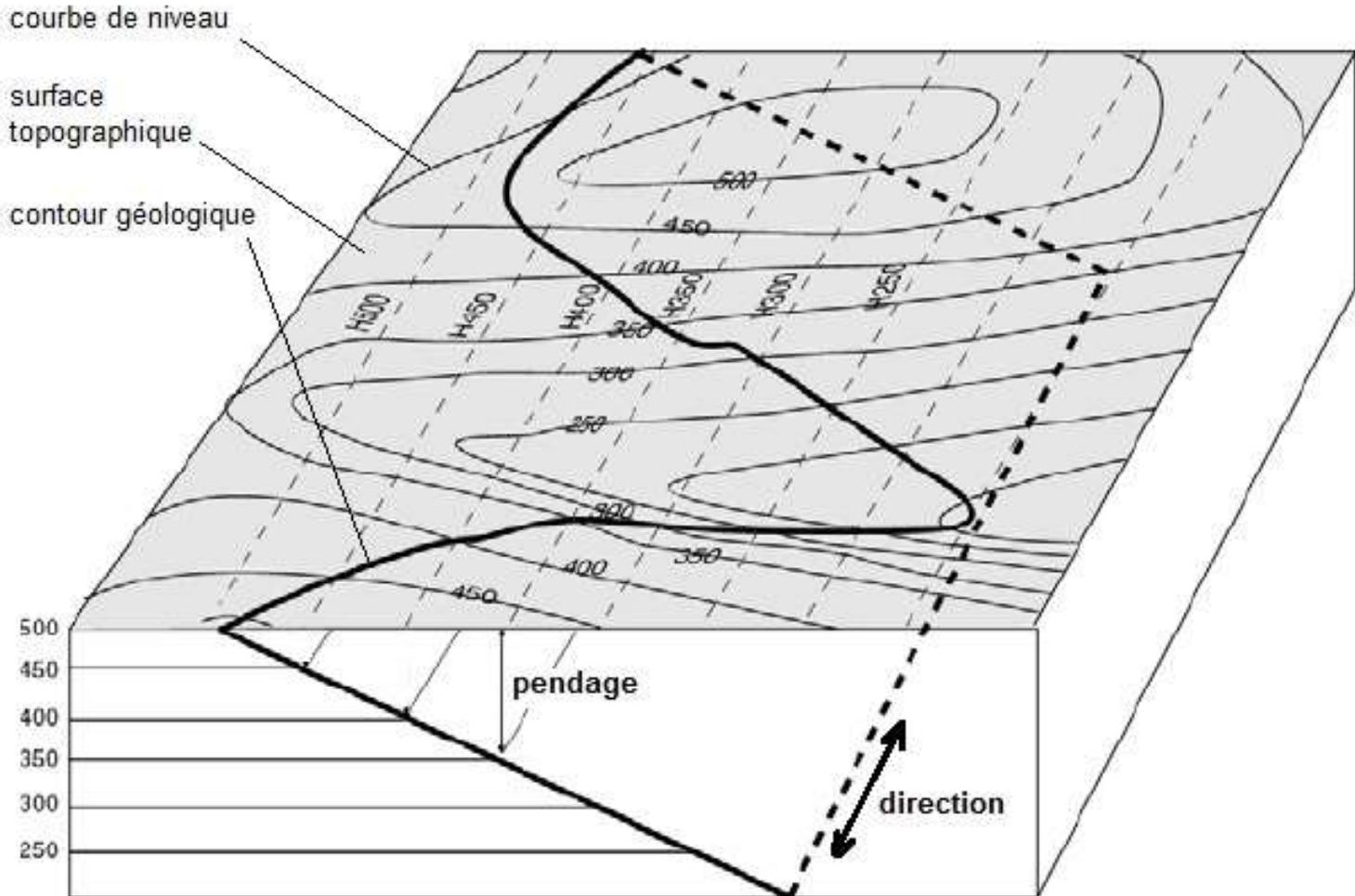
Les cartes géologiques



Guide d'exploitation

Méthodologie de la coupe et du schéma structural

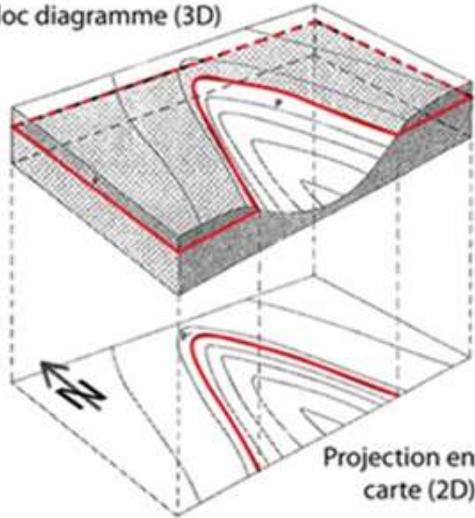
Les contours géologiques d'une couche, sa direction et son pendage



Détermination du pendage d'une couche par intersection

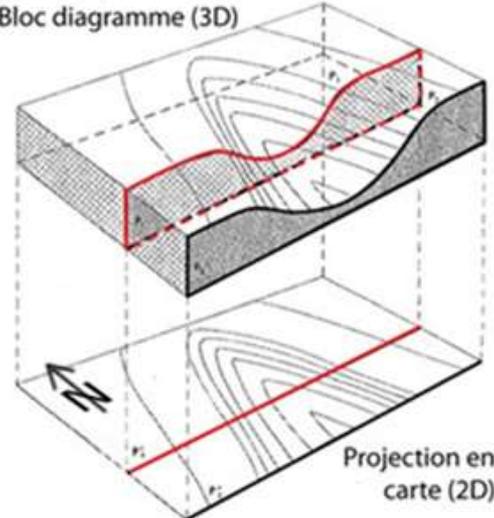
avec une vallée : règle du « V dans la vallée »

Bloc diagramme (3D)



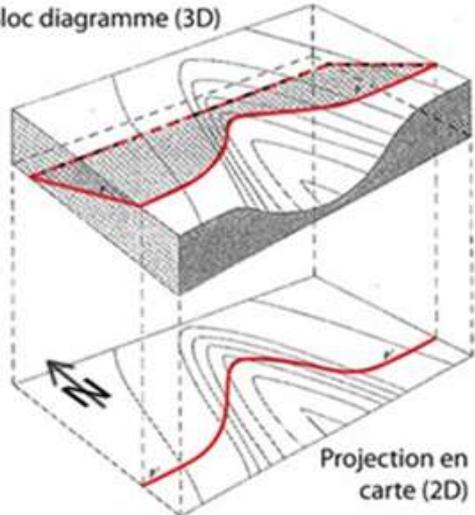
En carte, la limite de couche est parallèle aux courbes de niveaux. Dans ce cas, la couche géologique est horizontale.

Bloc diagramme (3D)



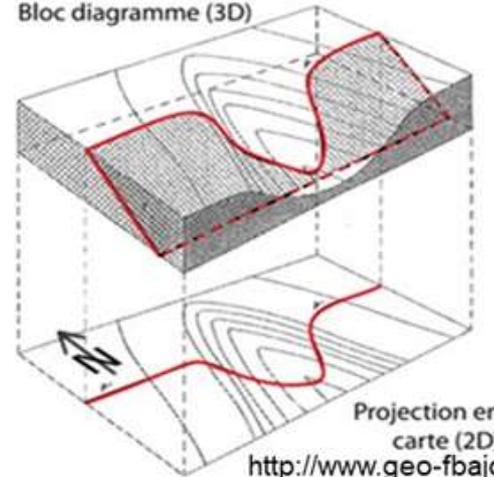
En carte, la limite de couche est droite et n'est pas affectée par les courbes de niveaux. Dans ce cas, la couche géologique est verticale.

Bloc diagramme (3D)



En carte, la limite de couche dessine une courbe qui recoupe les courbes de niveaux. La couche pend dans la direction indiquée par la pointe de son "V" : ici le Sud.

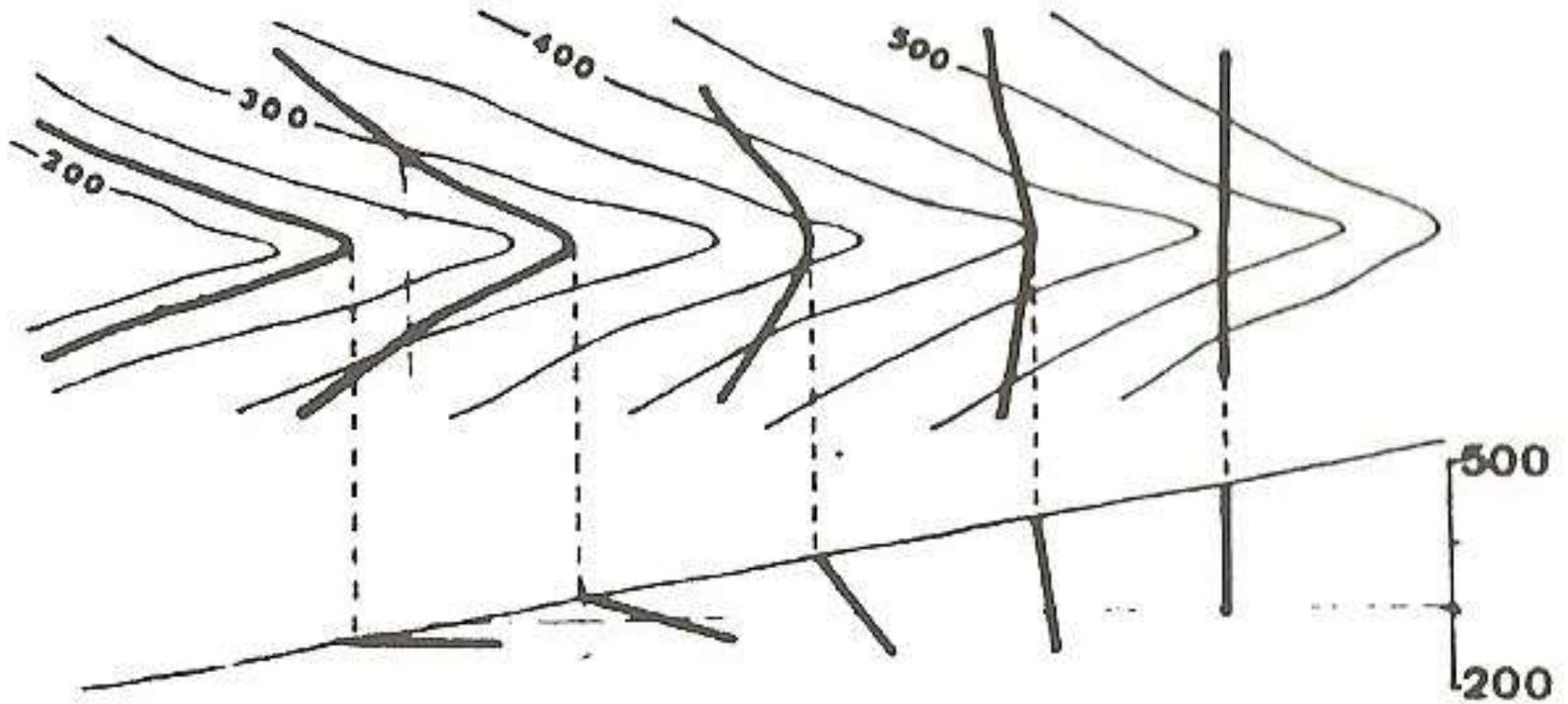
Bloc diagramme (3D)



En carte, la limite de couche dessine une courbe qui recoupe les courbes de niveaux. La couche pend dans la direction indiquée par la pointe de son "V" : ici le Sud.

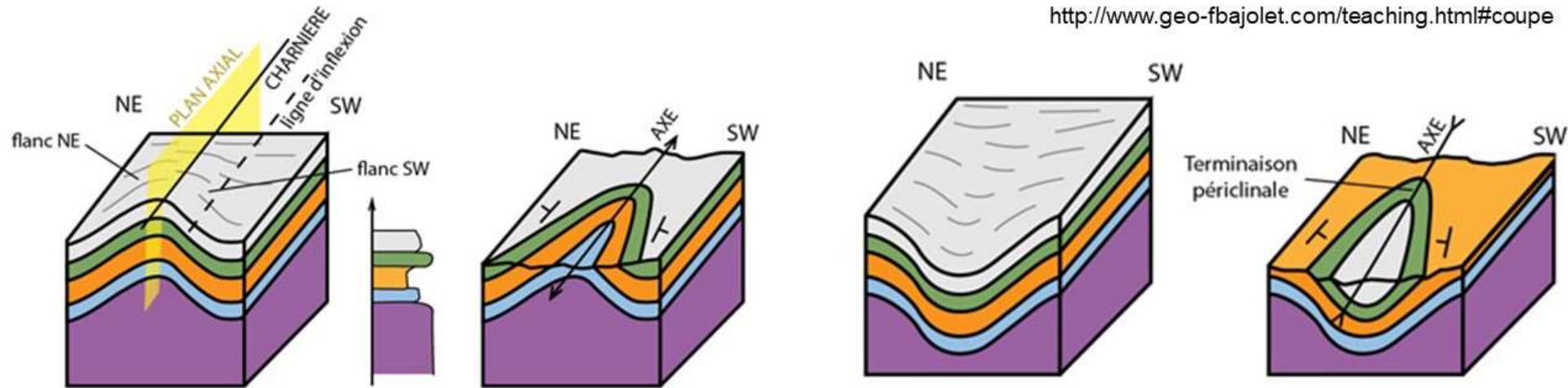
<http://www.geo-fbajolet.com/teaching.html#coupe>

Relations entre ouverture du V et pendage (pour une couche ou un plan de faille)



Détermination de la nature d'un pli : anticlinal ou synclinal

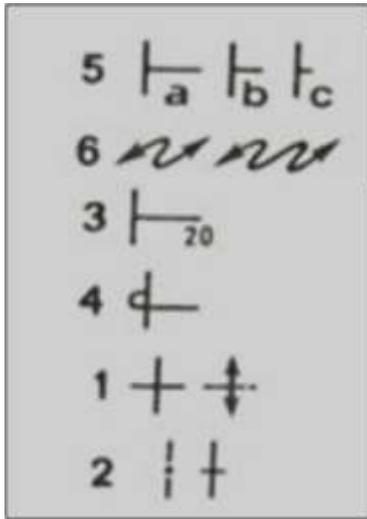
<http://www.geo-fbajolet.com/teaching.html#coupe>



Le pli a une forme convexe vers le haut (il forme une "bosse"). En carte, les formations au centre (couches bleues, voir le log stratigraphique) sont plus vieilles que les formations à l'extérieur du pli. Il s'agit d'un **pli anticlinal**.

Le pli a une forme concave vers le haut (il forme un « creux »). En carte, les formations au centre (couches blanches) sont plus jeunes que les formations à l'extérieur du pli. Il s'agit d'un **pli synclinal**.

Pour vérifier le pendage des flancs du pli, **utiliser les figurés de pendage**,
ou la règle du « V dans la vallée »



Les signes de pendage :

- 1 : couches horizontales
- 2 : couches verticales
- 3 : pendage avec valeur (ici 20° vers la droite)
- 4 : pendage de couches en série renversée
- 5 : signes de pendage variables selon l'inclinaison de la couche (a : faible, b : moyenne, c : forte)
- 6 : couches plissotées



Les signes de plissement :

anticlinal

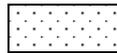


synclinal

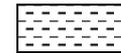
Les figurés lithologiques conventionnels :



calcaire

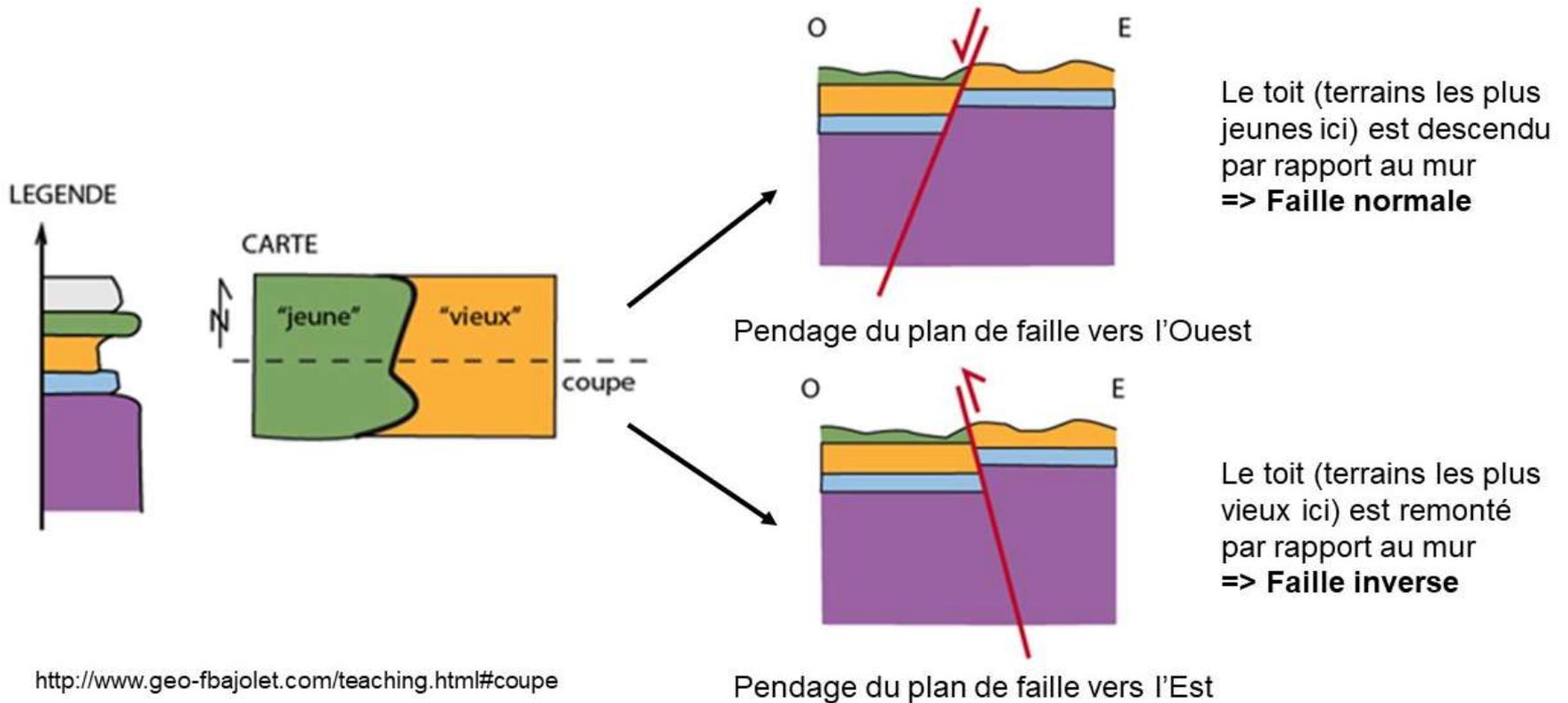


sable

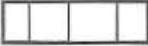
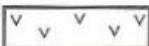
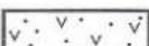
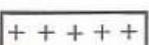


marne ou argile

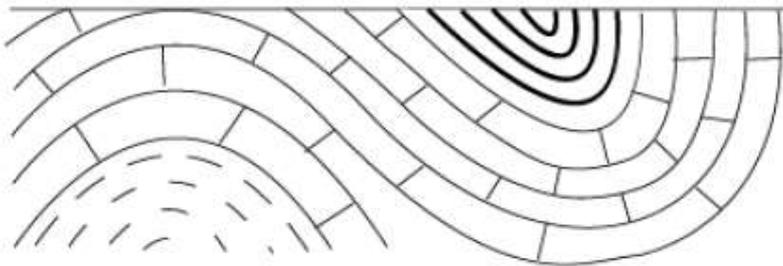
Détermination du type de faille : normale ou inverse



Principaux figurés conventionnels

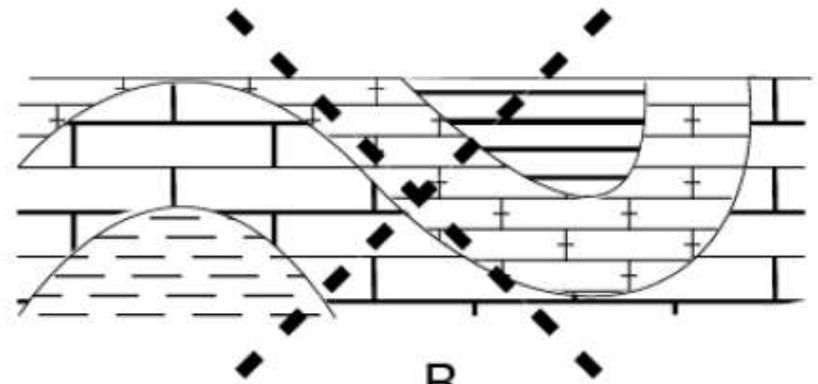
	calcaires		sable		basalte
	calcaires massifs		grès		roches volcaniques
	calcaires marneux		conglomérat		cendres et projections volcaniques
	argile ou marne		granite		gneiss, roches métamorphiques

Le dessin des figurés doit être réalisé **soigneusement**, en rapport avec les limites des couches, parallèlement ou perpendiculairement (*figure 5A*) et non par rapport à l'horizontale de la coupe (*figure 5B*).



A

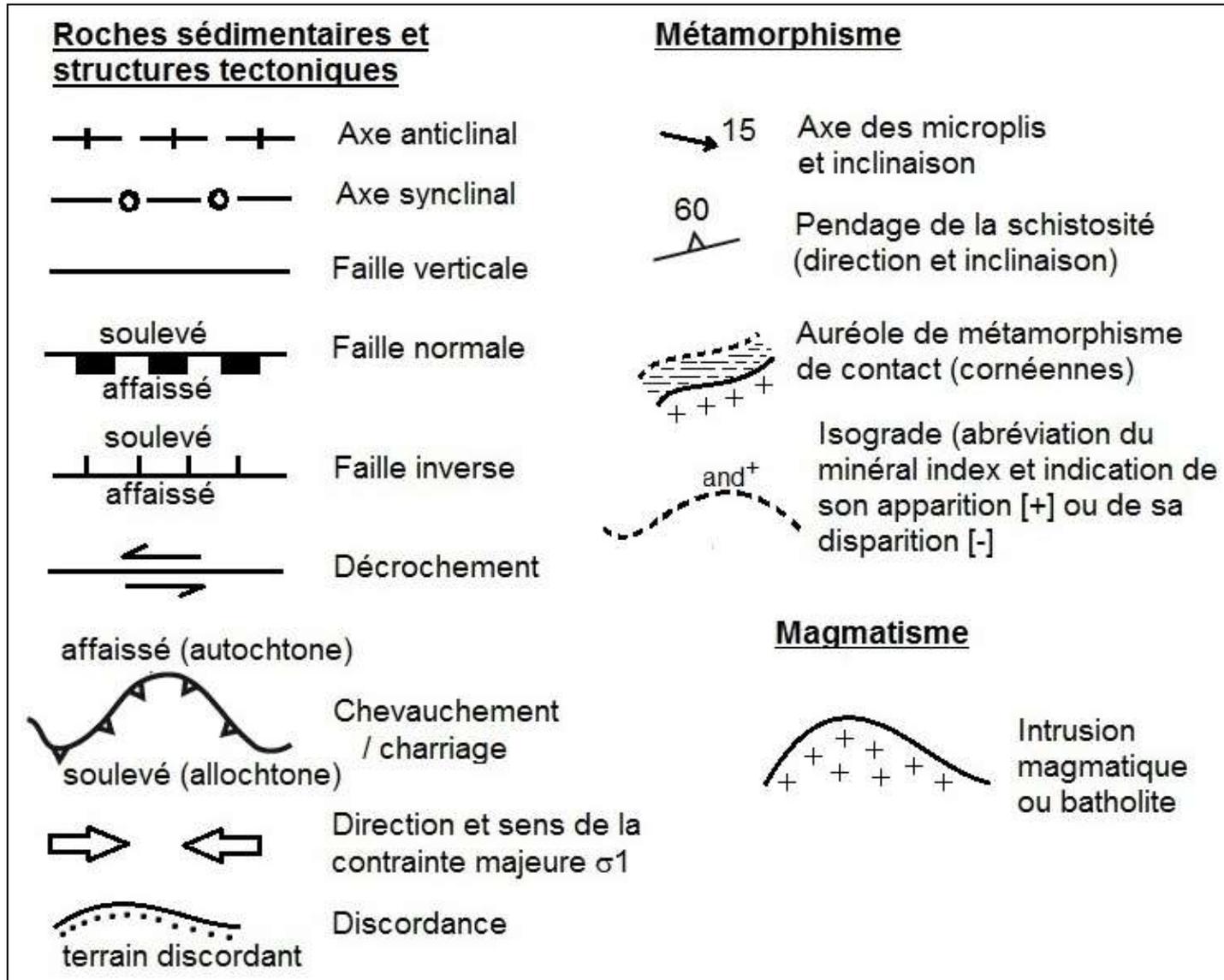
A : présentation des figurés correcte ;



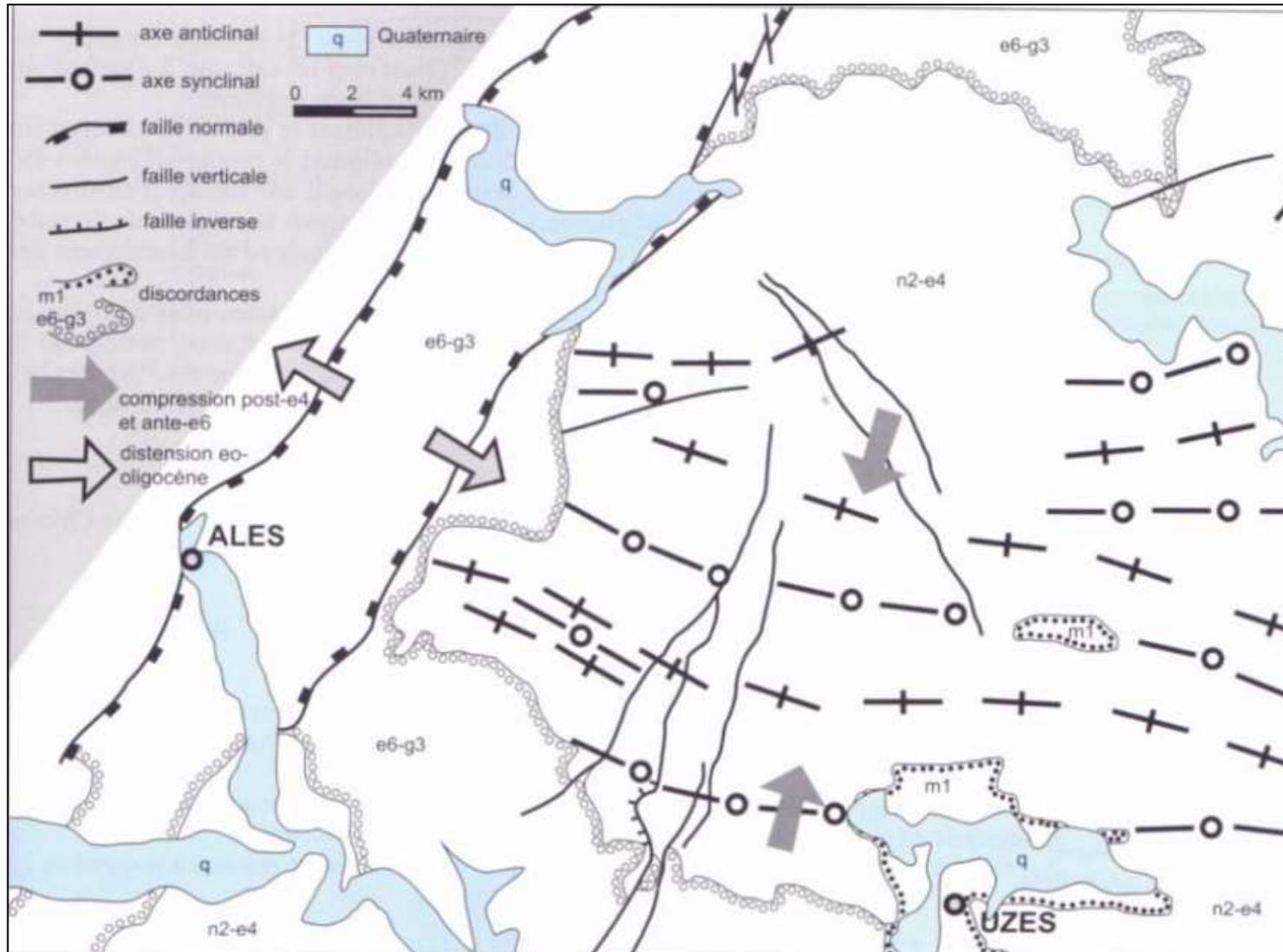
B

B : représentation incorrecte.

Quelques figurés pour la construction d'un schéma structural



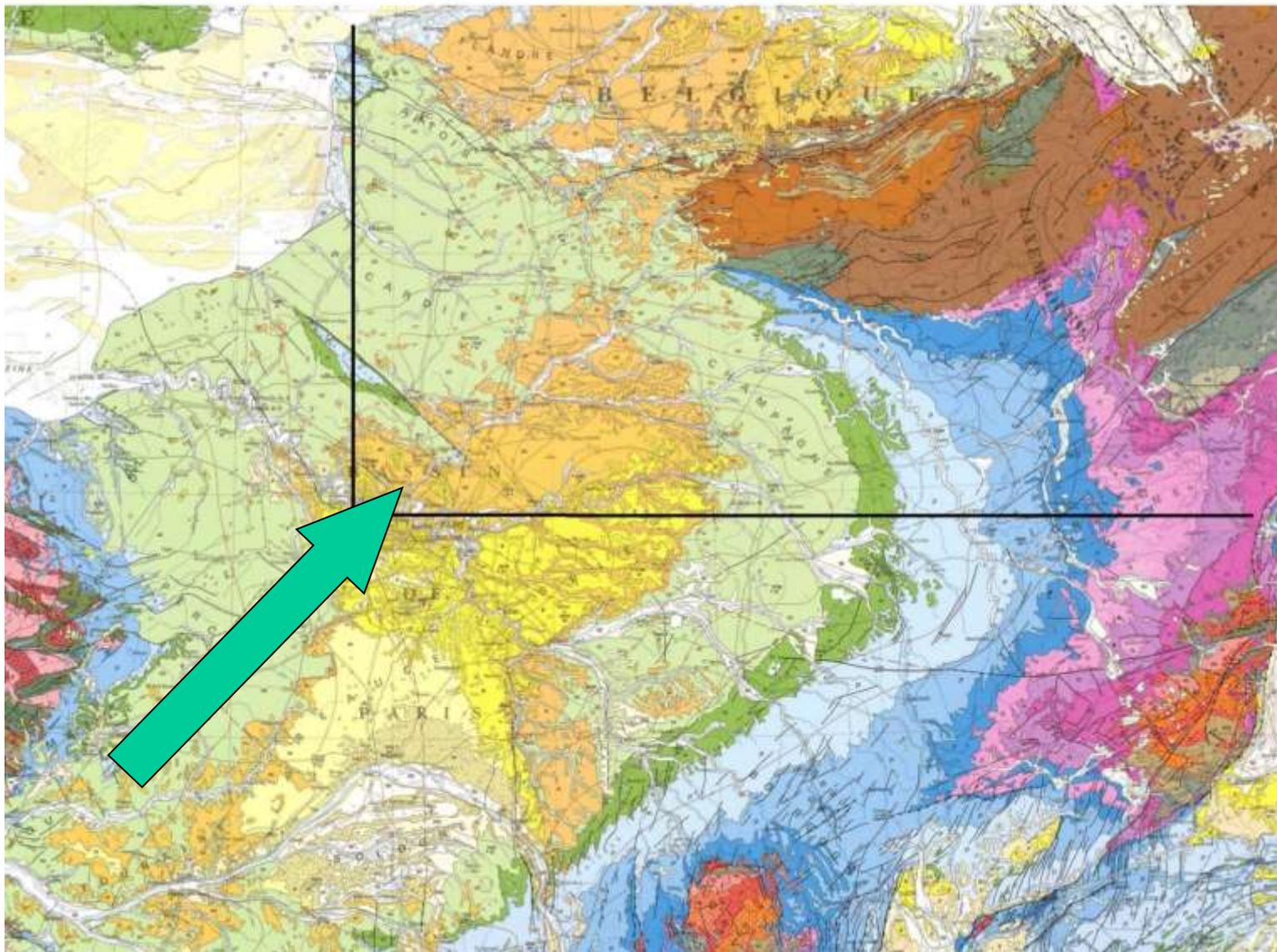
Un exemple : schéma structural de la région d'Alès – Uzès (Gard)



Les cartes géologiques



**Etude des cartes de Pontoise
et de l'Isle Adam au 1 / 50 000^e**

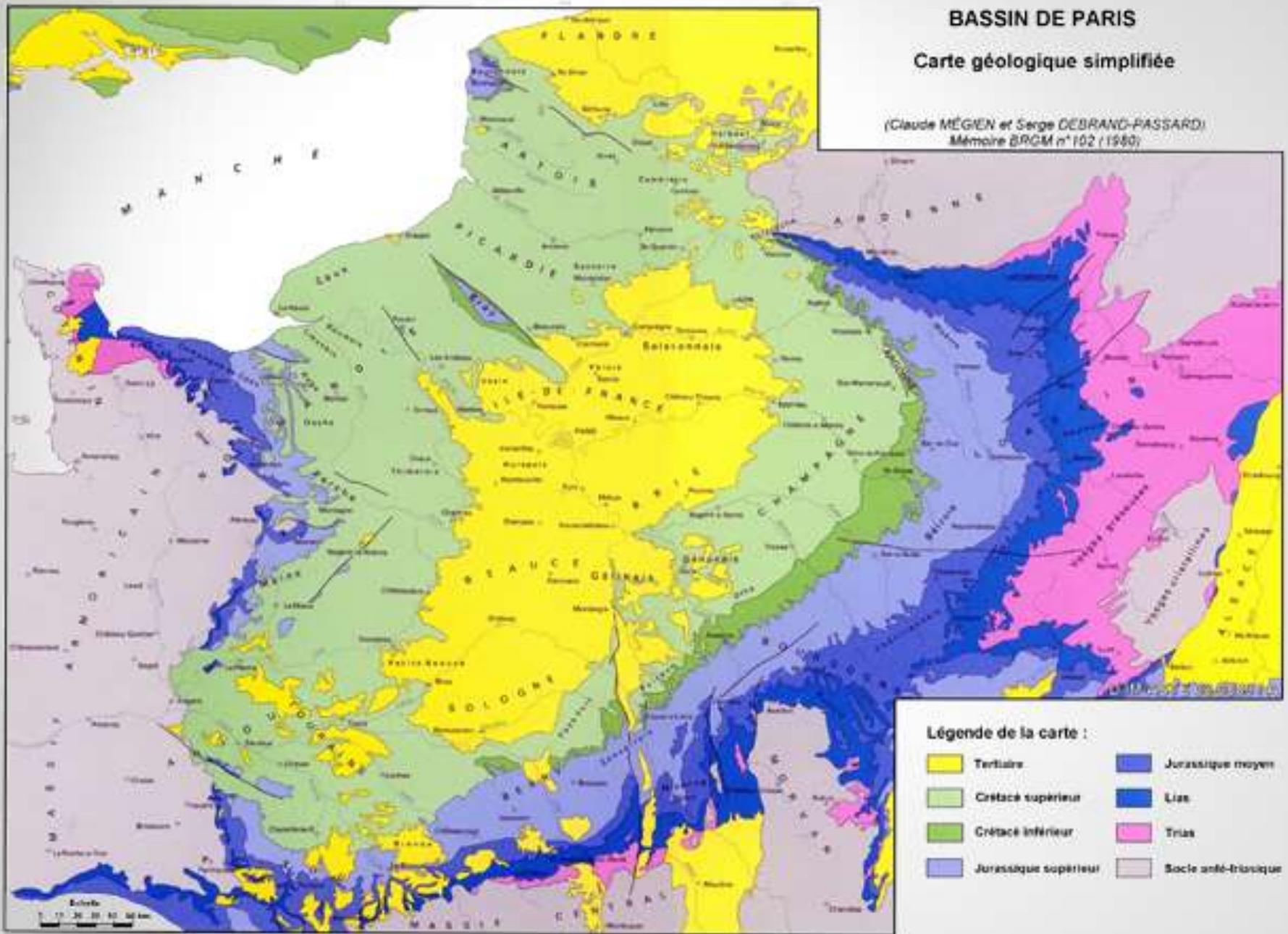


Localisation des feuilles de Pontoise et l'Isle Adam

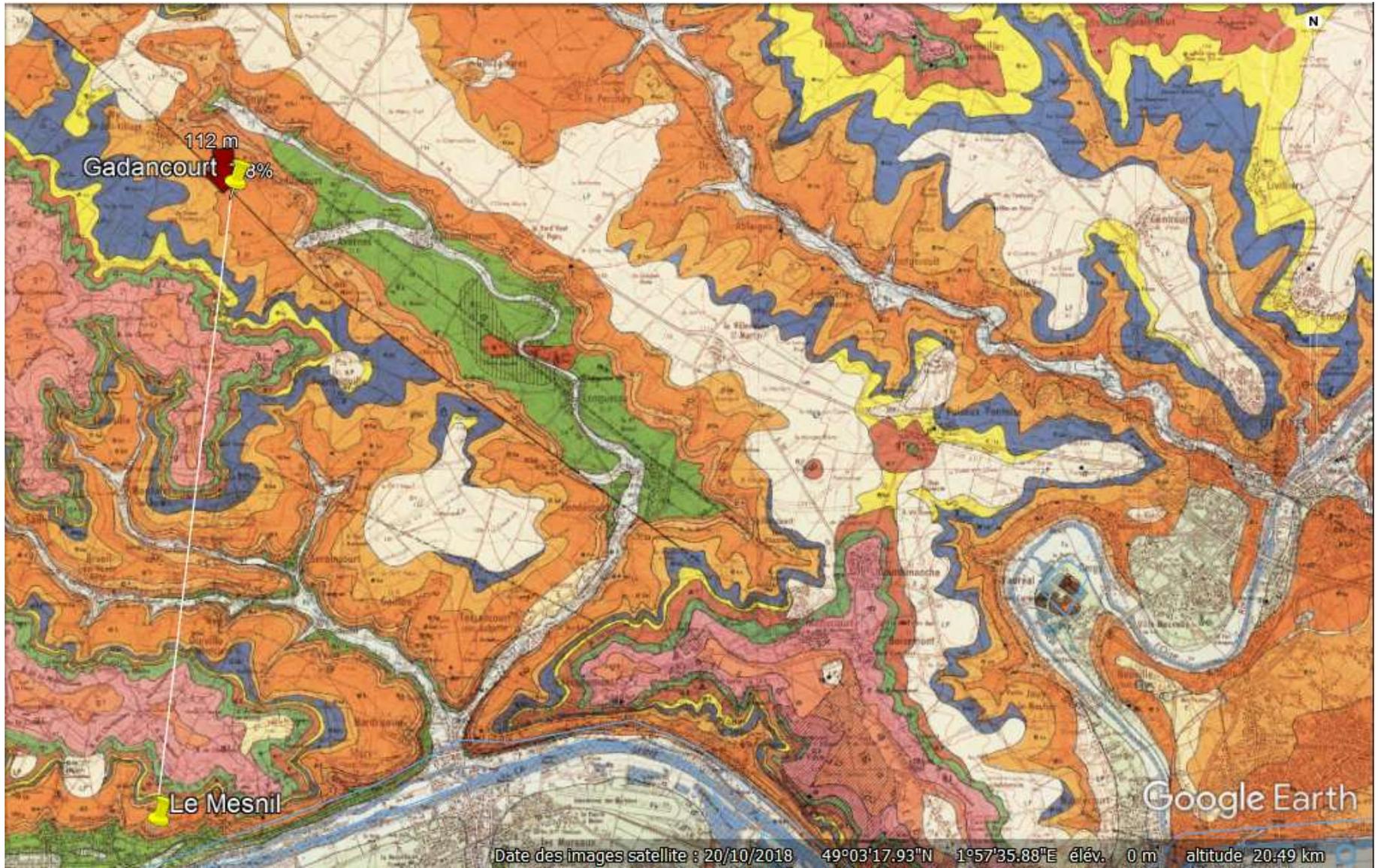
BASSIN DE PARIS

Carte géologique simplifiée

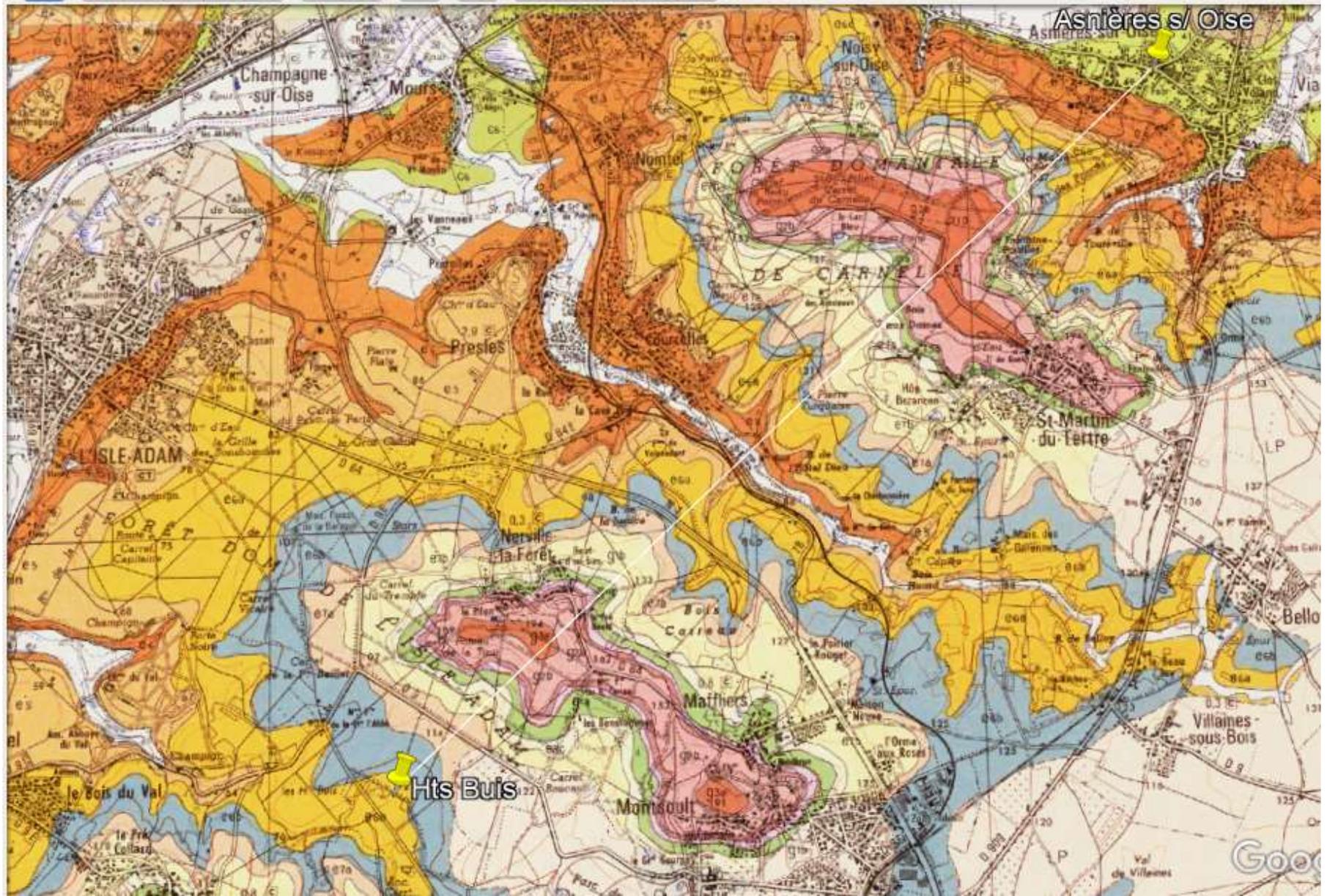
(Claude MÉGIEN et Serge DEBRAND-PASSARD)
Mémoire BRGM n°102 (1980)

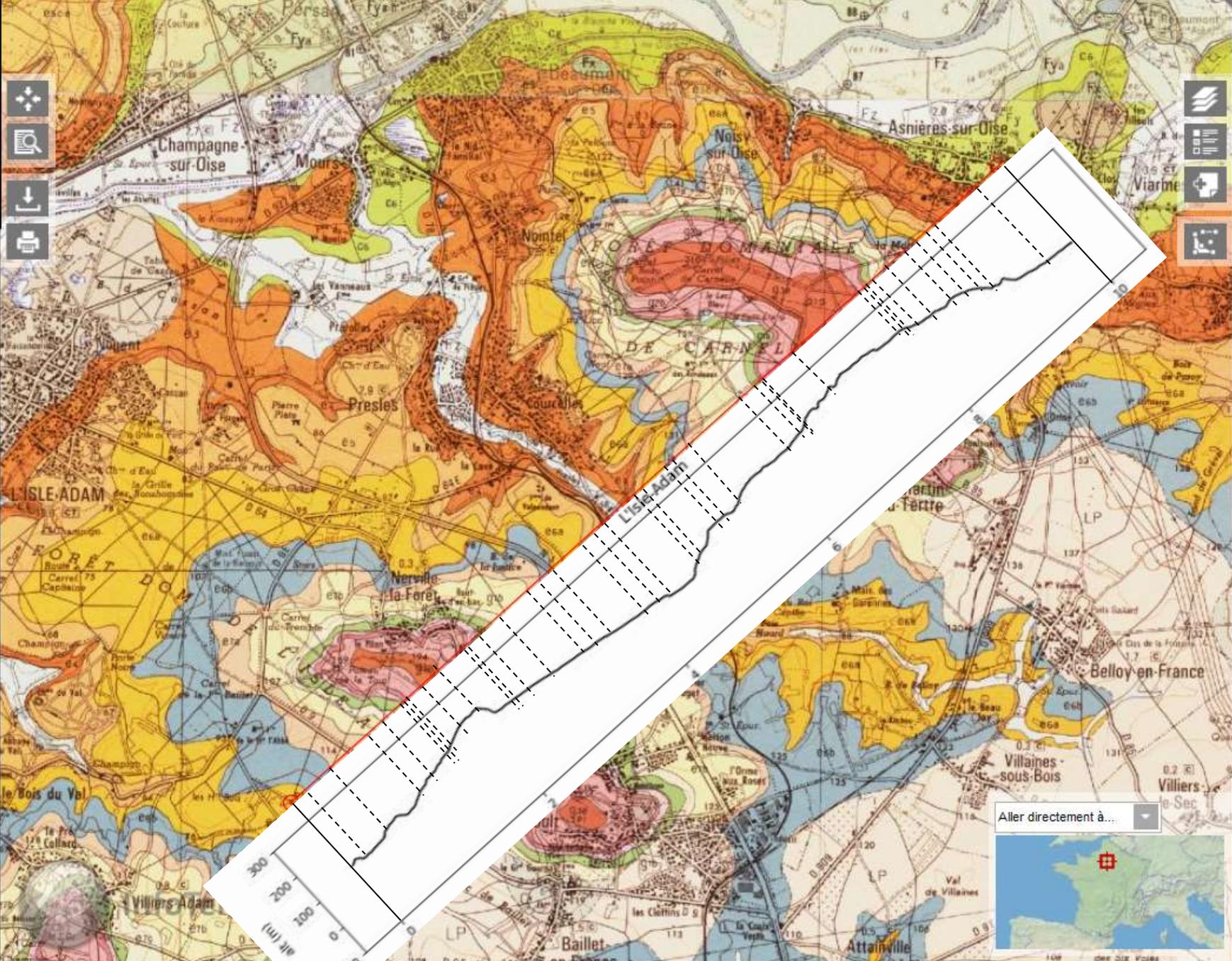


Localisation de la coupe sur la feuille de Pontoise



Localisation de la coupe sur la feuille de l'Isle Adam





Aller directement à...



Echelle : 1 / 50 000

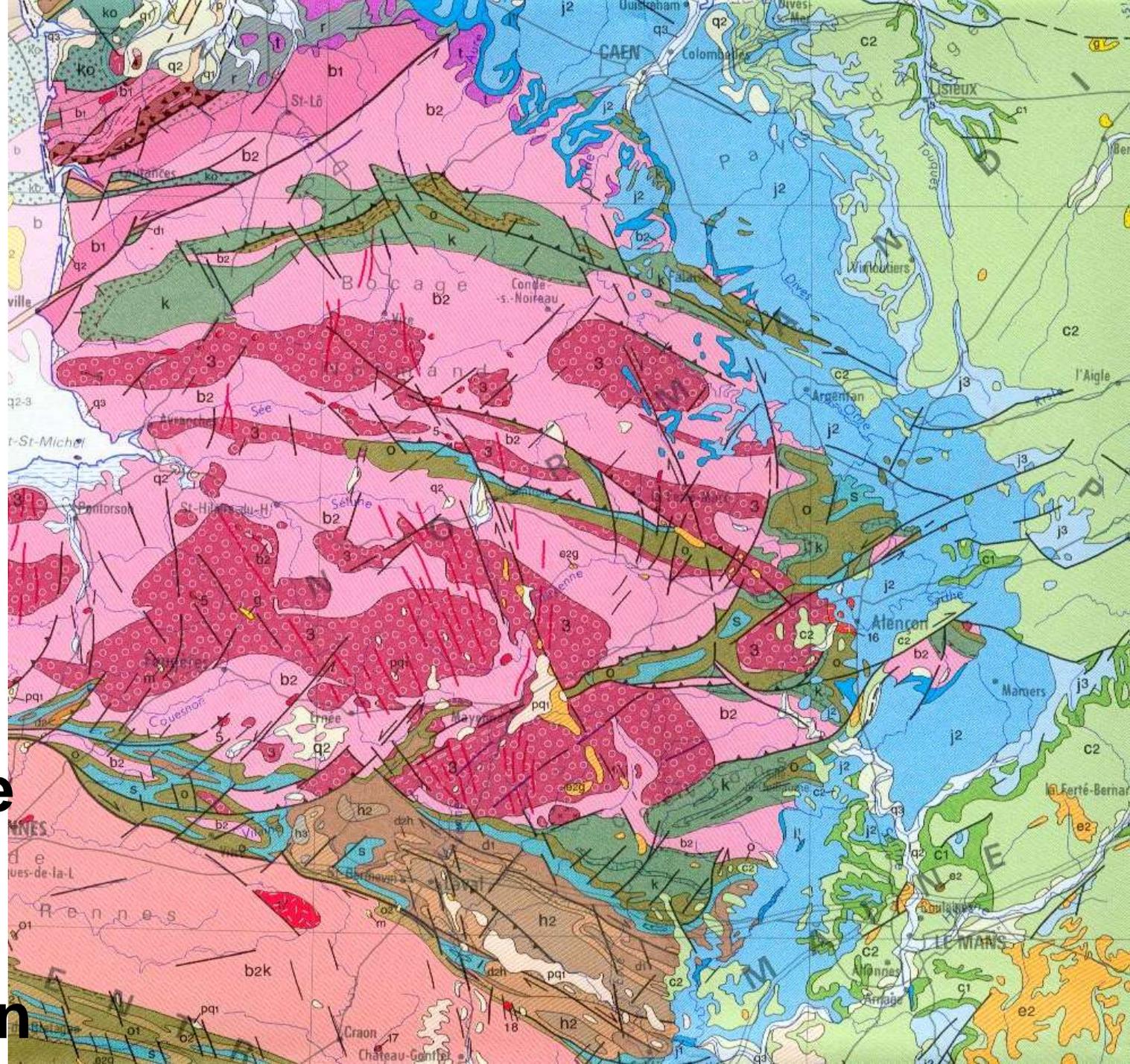


SRS : Lambert 93

X : 655393.08 Y : 6889825.68



**Bordure
Ouest du
Bassin de
Paris et
Massif
Armoricain**

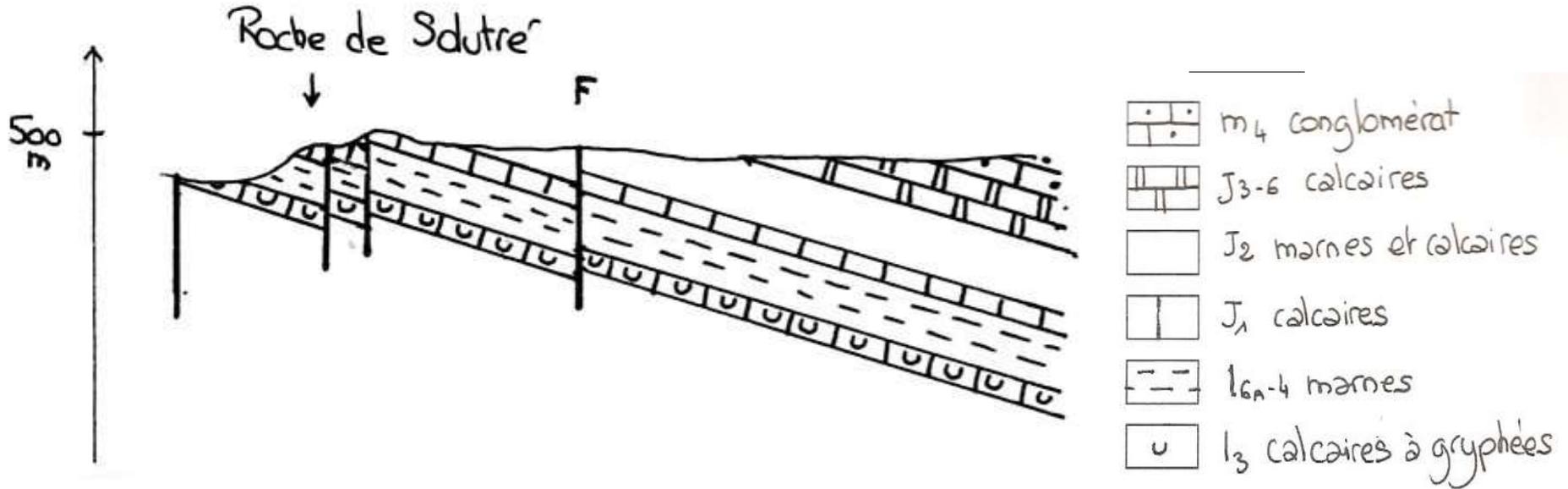


Les cartes géologiques



**Etude de la carte de Mâcon
au 1 / 50 000^e**

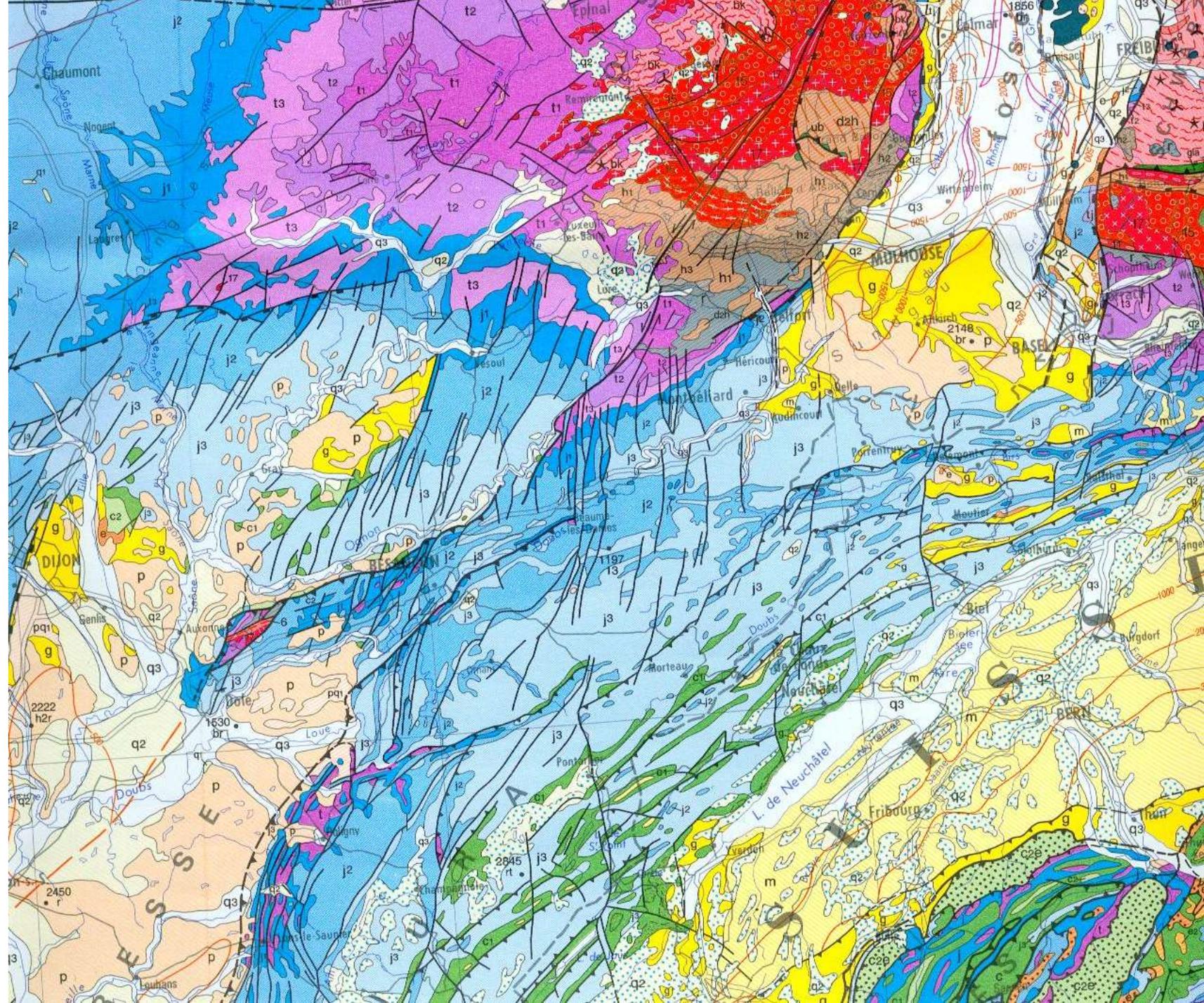
Coupe à main levée Gorge au Loup - La Patte d'Oie

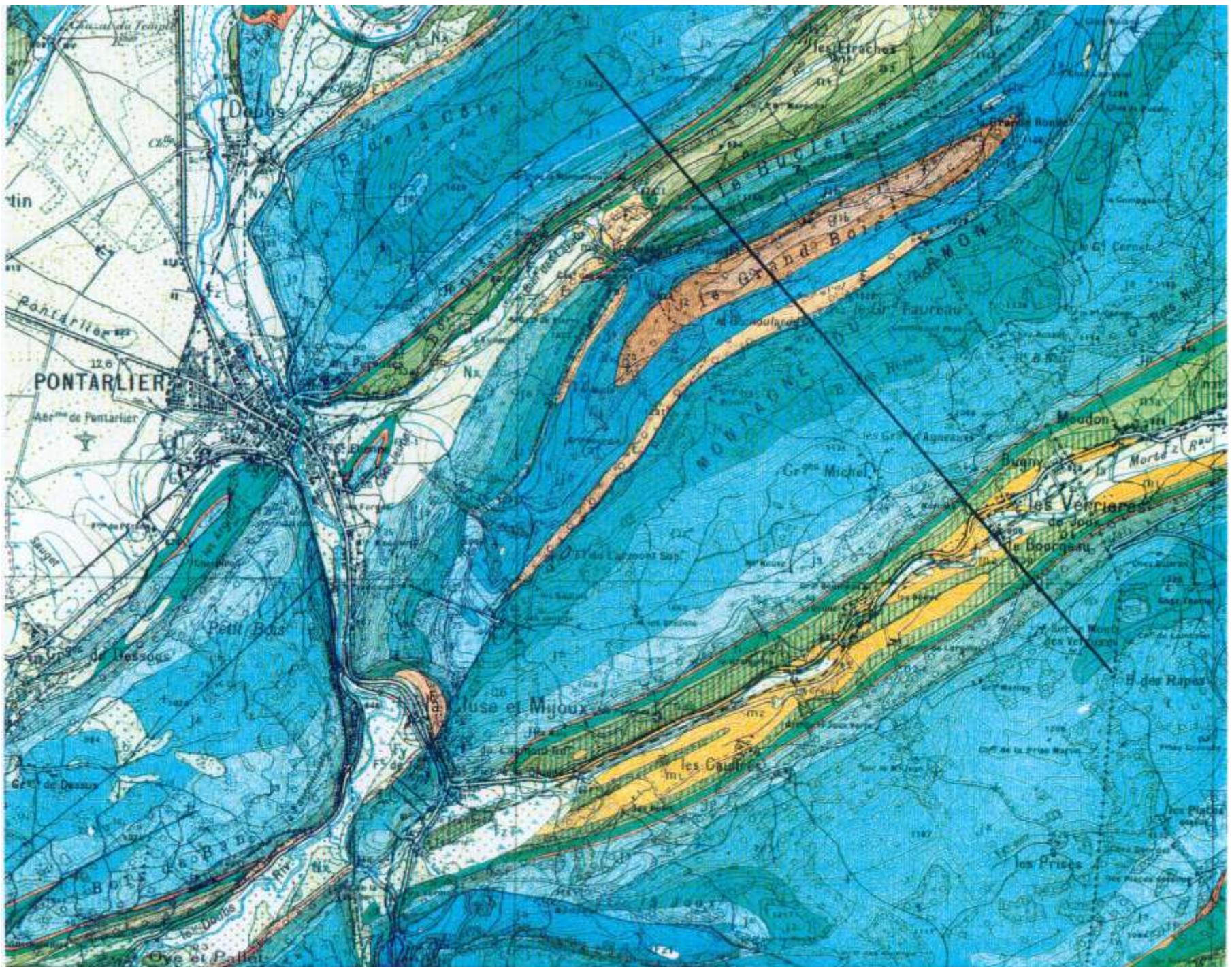


Les cartes géologiques



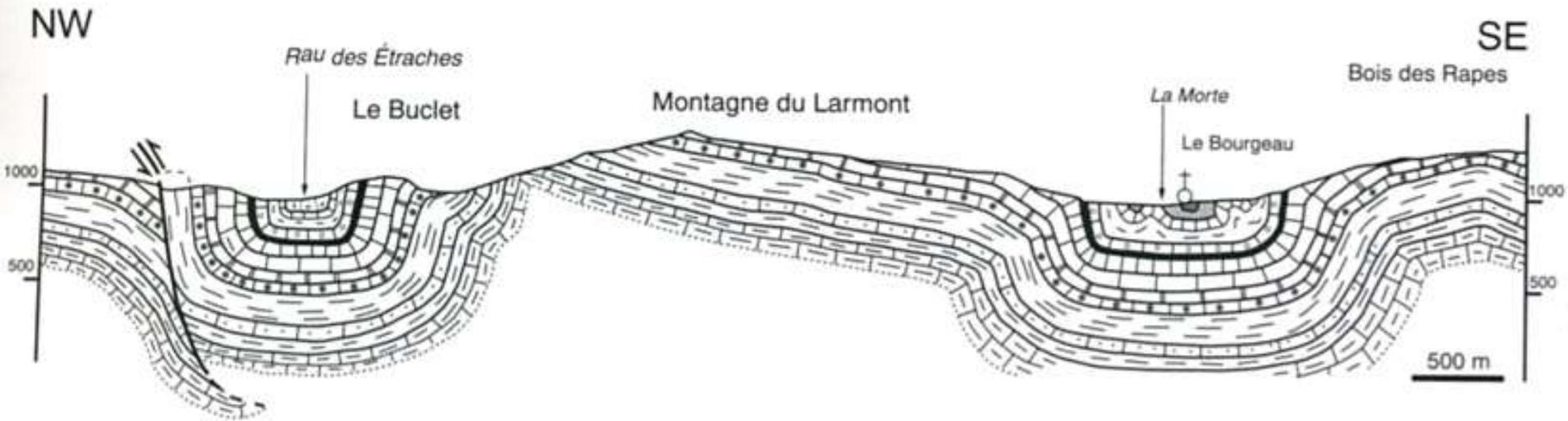
**Etude des cartes de Pontarlier et
Condé s/ Noireau au 1 / 50 000^e**







Coupe NW-SE dans la région de Pontarlier, sur la carte au 1 / 50 000^e



	<p>m2 Miocène lacustre</p> <p>m1 Miocène marin</p> <p>n4 Barrémien</p> <p>n3 Hauterivien</p> <p>n2-1 Valanginien</p> <p>jp Purbeckien</p> <p>j9 Portlandien et Kimméridgien sup.</p> <p>j8 Kimméridgien inf.</p> <p>j7 Séquanien</p> <p>j6 Rauracien</p> <p>j5 Argovien</p> <p>j3a Callovien inf.</p> <p>j2 Bathonien</p> <p>j1b Bajocien sup.</p>
--	--