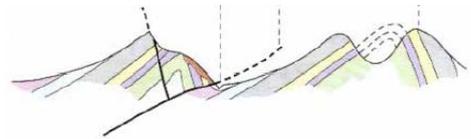


# Chapitre 7

## Cartographie

### Plan

- 7.1 Introduction
- 7.2 Carte topographique
- 7.3 Carte géologique
- 7.4 Coupe géologique
- 7.5 Cartographie géotechnique



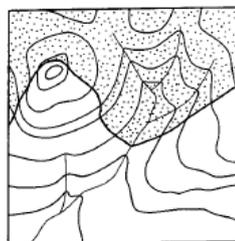
## 7.1 Introduction

- Carte géologique

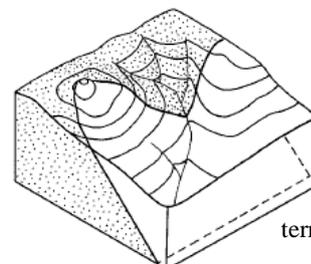
↪ carte topographique comportant des indications géologiques

*des terrains*

tracé des contours géologiques → intersection des limites géologiques avec la surface topographique



carte



terrain

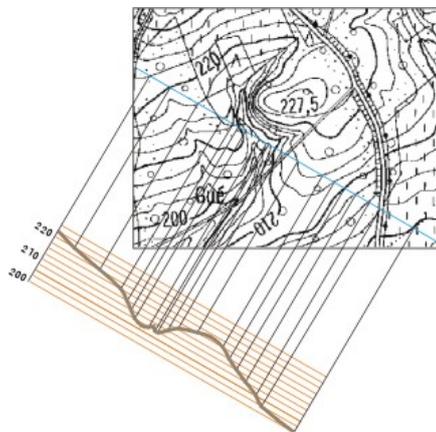
- Exploitation des cartes géologiques

↪ exécution de coupes géologiques

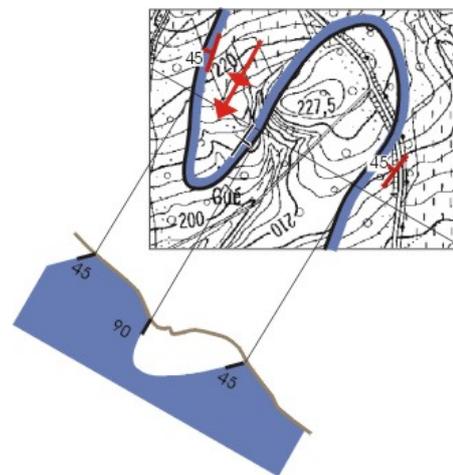
à partir d'indications superficielles →

- esquisse de la structure souterraine
- sur plusieurs dizaines ou centaines de mètres

de la coupe topographique...



... à la coupe géologique



- Importance des cartes géologiques

connaissance du sous-sol avant le démarrage des travaux

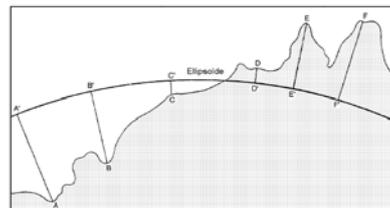
*Des exemples*

- 
- 
- 
- 

## 7.2 Carte topographique

- Définition

- représentation plane à une échelle déterminée d'une partie de la surface terrestre
- éléments du relief situés en latitude et en longitude par rapport à un ellipsoïde de référence
- projection sur une surface plane



- Echelle d'une carte (E)

- rapport de la longueur mesurée sur la carte ( $L_c$ ) à la distance horizontale correspondante sur le terrain ( $L_t$ ) :  $E = L_c/L_t$

- exemples :

(a) 2 points distants de 1 km sur le terrain et de 1 cm sur la carte

$$E = 1 \text{ cm} / 1 \text{ km} =$$

→ carte à l'échelle

(b) 2 points distants de 15 km sur le terrain

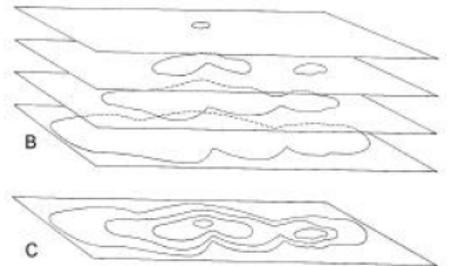
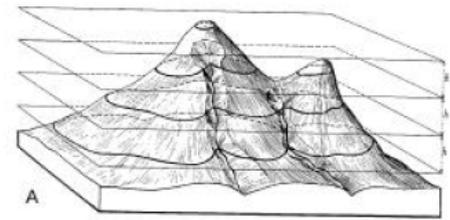
séparés par  
séparés par

cm sur une carte à 1/20 000 (carte à grande échelle)  
cm sur une carte à 1/150 000 (carte à petite échelle)

## 7.2 Carte topographique

- Présentation du relief →

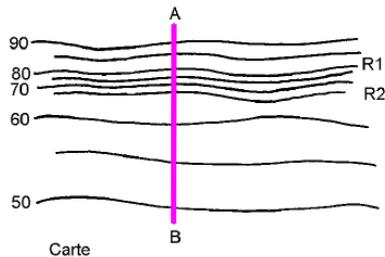
- intersection de plans horizontaux équidistants avec la surface topographique
- courbes d'égale altitude (isohypses ou courbes hypsométriques)



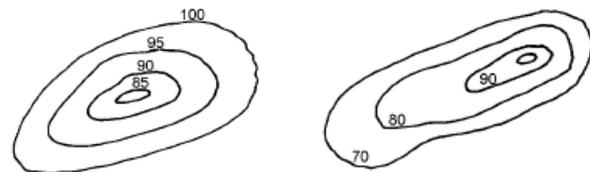
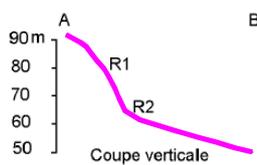
*Le choix de l'équidistance dépend*

- du type de relief à représenter
- de l'échelle de la carte

Versant



Carte

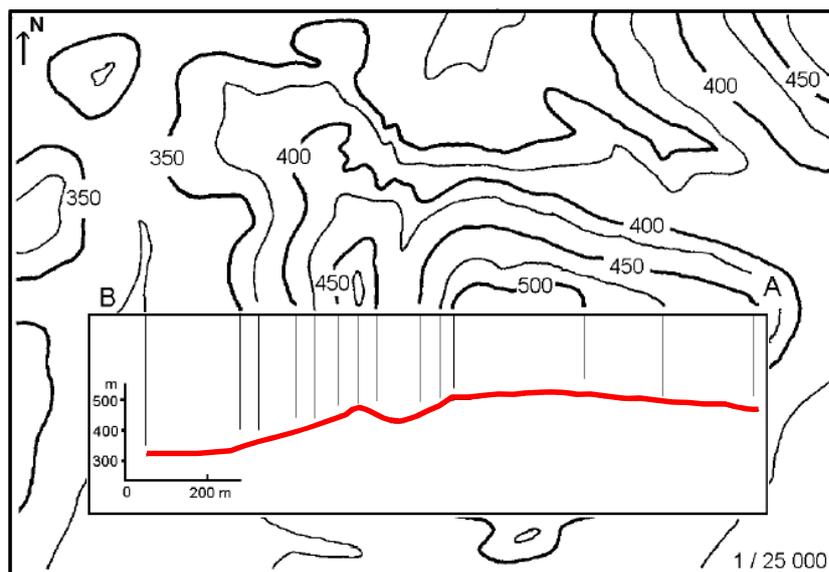


*Collines et dépressions fermées*

## 7.2 Carte topographique

- Profil topographique

- visualisation du relief
- support de la coupe géologique

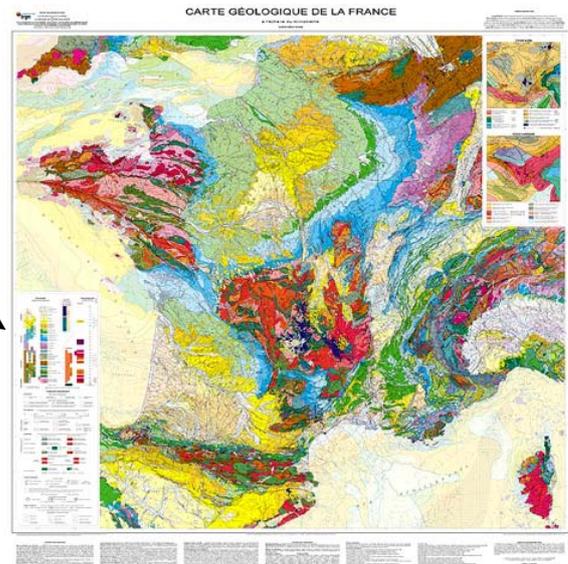


## 7.3 Carte géologique

⊗ La carte géologique comprend deux documents :

- la carte proprement dite, assortie d'une légende géologique et d'une légende technique (matériaux exploités, carrières, sources, etc.)
- la notice explicative
  - aperçu géographique et géologique
  - description détaillée des différents terrains (échelle stratigraphique)
  - résumé de l'histoire tectonique régionale
  - indications sur les ressources du sous-sol (hydrogéologie, mines, carrières)

signification des différentes couleurs et signes employés



## 7.3 Carte géologique

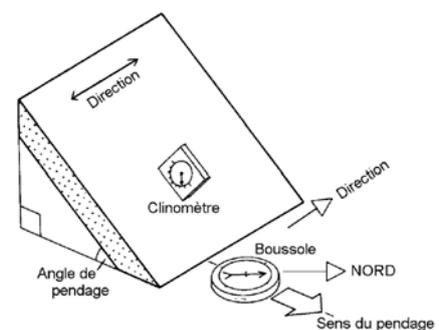
⊗ Information trouvées sur les cartes géologiques

- âge des terrains - couleur  
- notation conventionnelle
- lithologie - nature des terrains
- contours des terrains - traits fins → frontières entre 2 terrains d'âges différents
- indications tectoniques - pendages des couches, failles, etc.

✦ géométrie des couches géologiques : déterminée par la direction et le pendage

direction d'une couche

pendage d'une couche



# principaux symboles utilisés en cartographie géologique

PO IC - Géologie de l'ingénieur

<u>limites d'unités lithostratigraphiques</u>		<u>failles</u>	
contact observé		observée	
contact localisé à x m près (ex: 10 m)		localisée à y m près	
contact localisé à y m près (ex: 20 m)		incertaine	
contact non visible (sous couverture)			

<u>failles</u>		<u>plis</u>	
normale ou inverse (peut être du côté du bloc abaissé)		plan axial	30/075
faille de décrochement		axe d'un synclinal	30/075
faille de charriage (de 1% de côté de la rappe charriée)		plongement/direction de l'axe	
		axe d'un anticlinal	30/075

<u>direction et pendage de plans géologiques</u>			
stratification	clivage (schistosité)	diaclasses	
inclinée	inclinée	inclinée	30/075
verticale	verticale	verticale	075
horizontale	horizontale	horizontale	
renversée			

<u>divers</u>		
doline		carrière en exploitation
chantoir, grotte		carrière abandonnée
perte		carrière remblayée
résurgence		forage

quelques symboles lithologiques:

	calcaire		sable argileux		schiste
	calcaire argileux		sable		charbon
	shale calcaire		grès		anhydrite
	shale		dolomie		halite
	shale à nodules calcaires		conglomérat à matrice gréseuse		gypse

# légende géologique

## 1/3 : stratigraphie

PO IC - Géologie de l'ingénieur

**STRATIGRAPHIE SÉDIMENTAIRE ET VOLCANISME**

**Quaternaire**  
 q2-3, q3: Holocène  
 q2: Pléistocène moyen et supérieur  
 q1-2, q1: Pléistocène inférieur

**Pliocène**  
 p

**Miocène**  
 m

**Oligocène**  
 g

**Éocène moyen et supérieur**  
 e2

**Éocène inférieur**  
 e1

**Paléocène**  
 c

**Crétacé supérieur**  
 c2

**Crétacé inférieur**  
 c1

**Jurassique supérieur**  
 j3

**Jurassique moyen**  
 j2

**Jurassique inférieur**  
 j1

**Trias supérieur**  
 t2-3, t3

**Trias moyen**  
 t2

**Trias inférieur**  
 t1, t1

**Permien**  
 r

**Stéphanien**  
 h2-3, h3

**Namurien-Westphalien**  
 h2

**Viséen supérieur**  
 h1-2

**Viséen inférieur**  
 h1

**Lotharingien**  
 h1-2

**Dévonien moyen et supérieur**  
 d2, dz

**Dévonien inférieur**  
 d1, dt

**Silurien**  
 s

**OrdoVICIEN supérieur**  
 o2

**OrdoVICIEN inférieur et moyen**  
 o1

**Cambrien**  
 k

**Paléoprotérozoïque**  
 b2k, b2, b1

**RADIOCHRONOLOGIE**  
 (en millions d'années)  
 IUGS-UNESCO 2000, modifié

**PLUTONISME**

**ORTHOGNEISS**

**OROGÈSE**

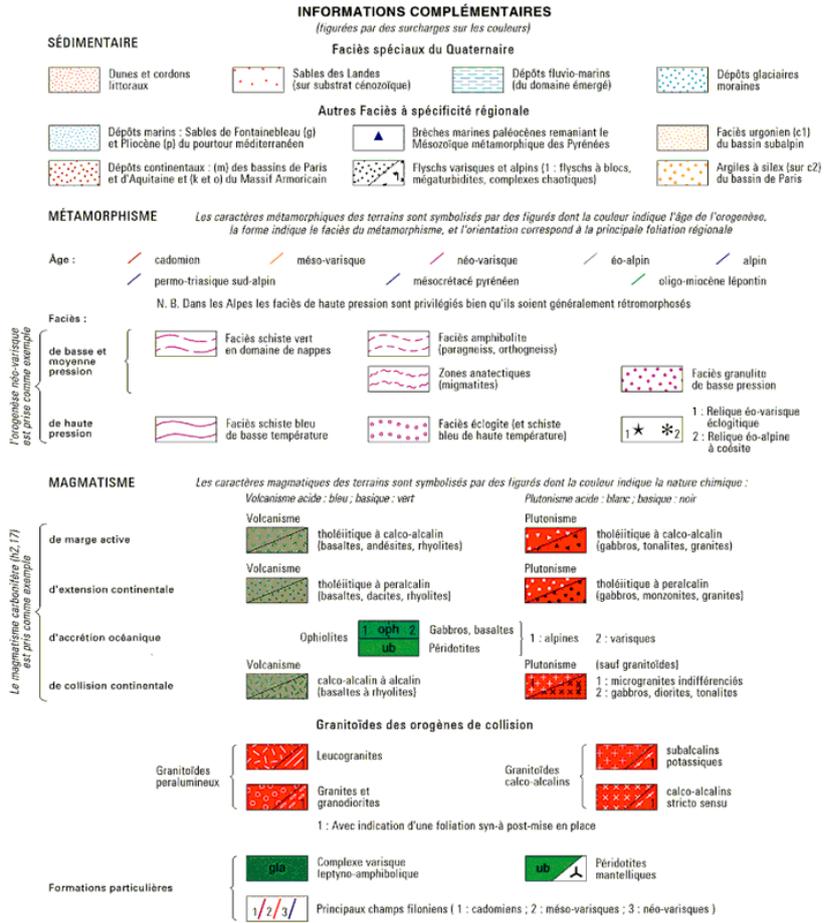
— Actuel  
 — 0,01  
 — 0,75  
 — 1,75  
 — 5,30  
 — 23,5 } néo-orogénèse alpine  
 — 33,7 } 23  
 — 46,0 }  
 — 65 }  
 — 96 }  
 — 135 }  
 — 154 }  
 — 175 }  
 — 203 }  
 — 230 }  
 — 240 }  
 — 250 }  
 — 295 }  
 — 305 }  
 — 335 }  
 — 355 }  
 — 380 }  
 — 410 }  
 — 435 }  
 — 455 }  
 — 500 }  
 — 540 }  
 — 580 }  
 — 610 }  
 — 1800 }  
 — 2100 }  
 — } néo-orogénèse varisque (hercynienne)  
 — } orogénèse cambro-silurienne (paratethysienne)  
 — } orogénèse carthaginoise

N. B. Pour les Pyrénées l'Albien sup. est intégré dans le caisson c2

• 3705  
 br Sondage avec indication de la profondeur (en mètres) et du niveau atteint

## ❁ légende géologique

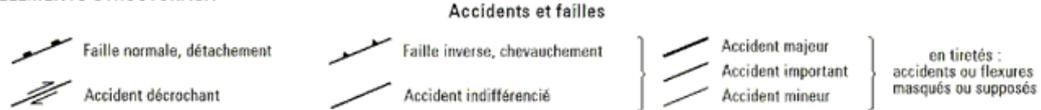
2/3 : informations complémentaires



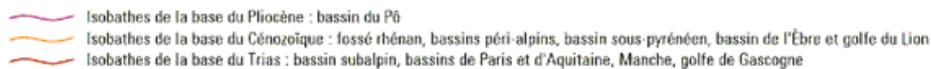
## ❁ légende géologique

3/3 : éléments structuraux

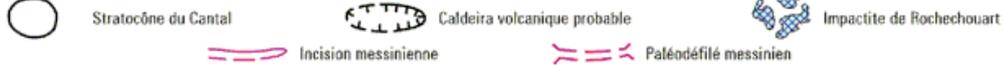
### ÉLÉMENTS STRUCTURAUX



### Isobathes et structures profondes



### Morphologies et autres structures



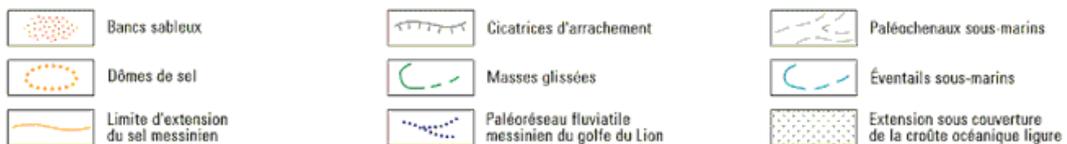
### MARGE CONTINENTALE

Les terrains sont figurés avec leur "couleur chronologique" atténuée ; s'y ajoutent les terrains suivants :



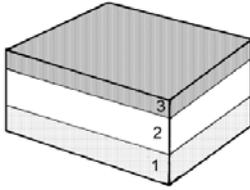
N. B. Les failles et les figurés du métamorphisme et du magmatisme sont portés en teinte grise

### Morphologies et structures sous-marines

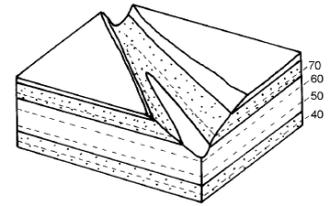


## Différents types de structures vues sur une carte géologique

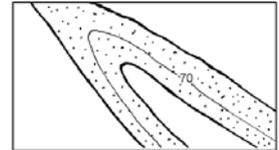
- structure tabulaire → couches horizontales



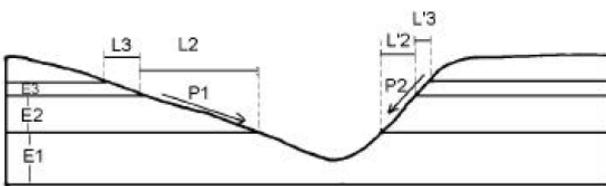
**Relief plat :** dans le cas d'un plateau par exemple, seule la couche la plus jeune affleure et est donc représentée sur une carte géologique



**Vallées :** par le jeu de l'érosion, les couches inférieures affleurent dans les versants de la vallée. Les couches étant horizontales, leurs limites et leurs contours sur carte, sont parallèles aux courbes de niveau



PO IC - Géologie de l'ingénieur



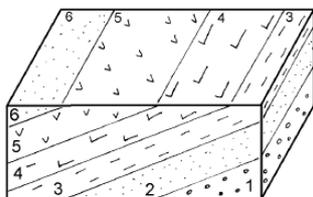
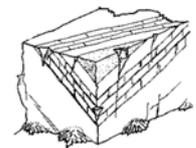
Sur carte, les différentes couches forment des bandes parallèles aux isohypses; leur largeur d'affleurement est directement proportionnelle à l'épaisseur ( $E_i$ ) de la couche et inversement proportionnelle à la pente topographique ( $P_i$ )

$$E_2 > E_3 : L_2 > L_3$$

$$P_1 < P_2 : L > L'$$

L'épaisseur d'une couche horizontale peut se calculer sur carte: elle est en effet égale à la différence d'altitude entre la limite (contour) supérieure et la limite (contour) inférieure.

- structure monoclinale → pendage des formations géologiques dans le même sens



### En relief plat

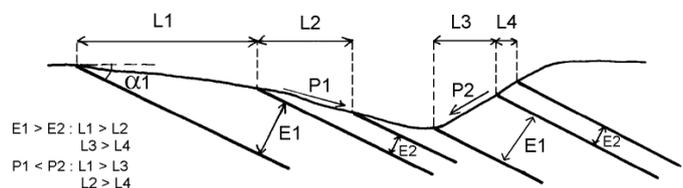
contours géologiques des structures monoclinales

- rectilignes et parallèles les uns aux autres
- direction des couches dont le sens du pendage est indiqué par la stratigraphie : c'est le sens allant des couches anciennes vers les couches plus jeunes

### Relief accidenté

largeur horizontale d'affleurement d'une couche

- de son épaisseur
- fonction - de son pendage
- de la pente topographique
- directement proportionnelle à l'épaisseur stratigraphique de la couche
- inversement proportionnelle au pendage et à la pente topographique
- couche verticale, largeur d'affleurement égale à son épaisseur stratigraphique

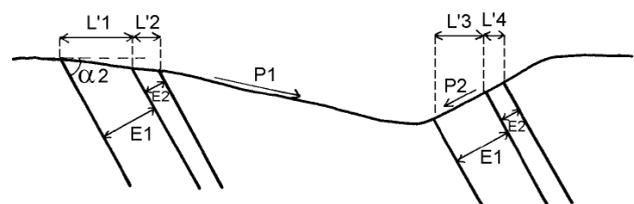


$$E_1 > E_2 : L_1 > L_2$$

$$L_3 > L_4$$

$$P_1 < P_2 : L_1 > L_3$$

$$L_2 > L_4$$

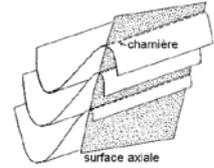
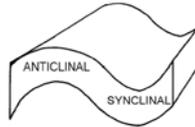


$$\alpha_2 > \alpha_1 : L' < L$$

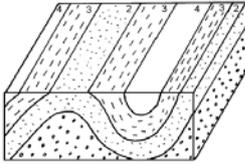
PO IC - Géologie de l'ingénieur

- structure plissée → *déformation des roches sous l'action des contraintes tectoniques*

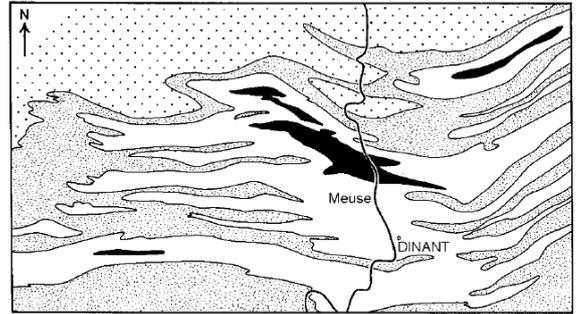
*synclinaux (plis concaves vers le haut)  
anticlinaux (plis convexes vers le haut)*



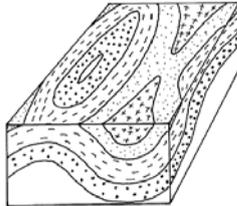
Sur carte, les contours des couches plissées dépendent du relief topographique et du pendage des flancs ainsi que de l'allure de la charnière.



**charnière horizontales**  
*les contours forment des lignes plus ou moins sinueuses (influence du relief), délimitant des bandes parallèles répétées de part et d'autre d'une bande centrale, formée soit par la couche la plus jeune (synclinal) soit par la couche la plus ancienne (anticlinal)*



exemple : Ardennes

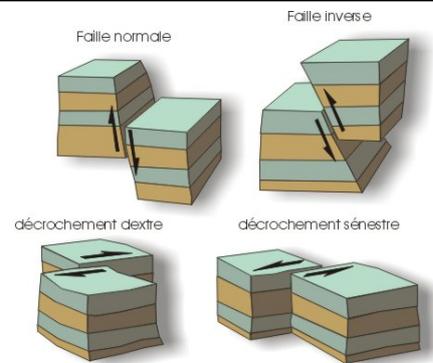


**charnière penchée et plissée**  
*bandes concentriques autour de la couche la plus jeune ou de la couche la plus ancienne*

- structure faillée

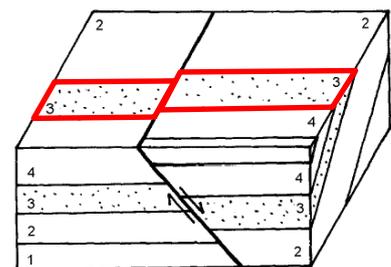
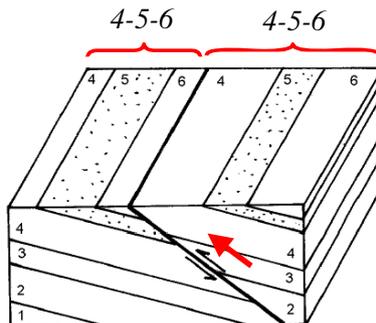
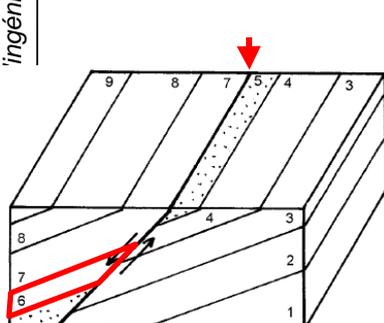
**Faillles** → assimilées à des plans

*Leur tracé sur carte répond aux mêmes règles que celui des plans de stratification : influence de la direction et du pendage de la faille ainsi que du relief.*

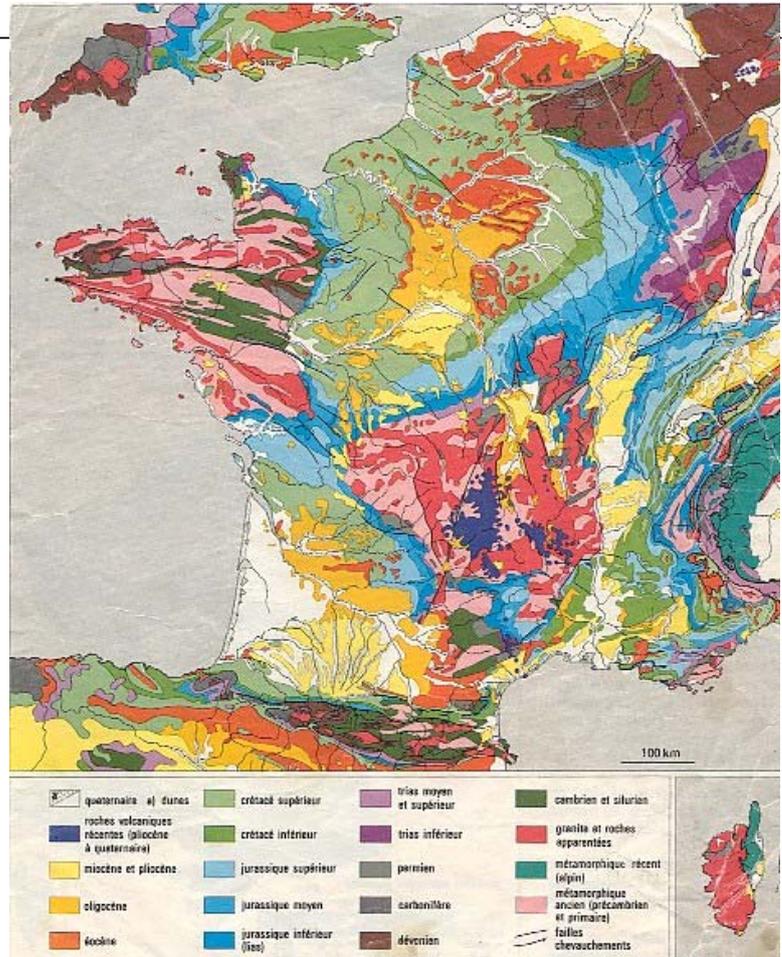


Sur une carte

- anomalies ↗ dans les contours des couches recoupées (faillles transversales et décrochements)
- suppression ✂ d'une partie des couches affectées (faillles longitudinales)
- répétition ✂

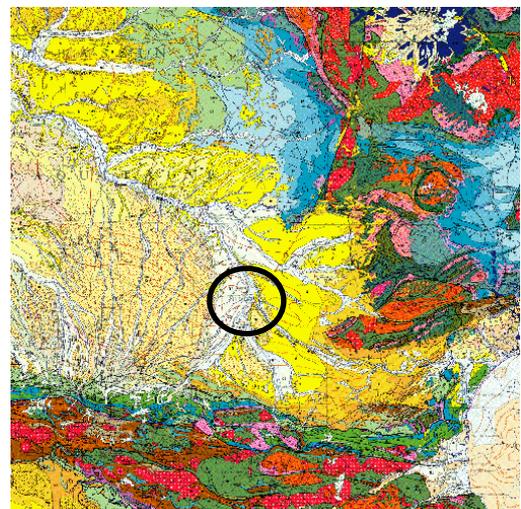
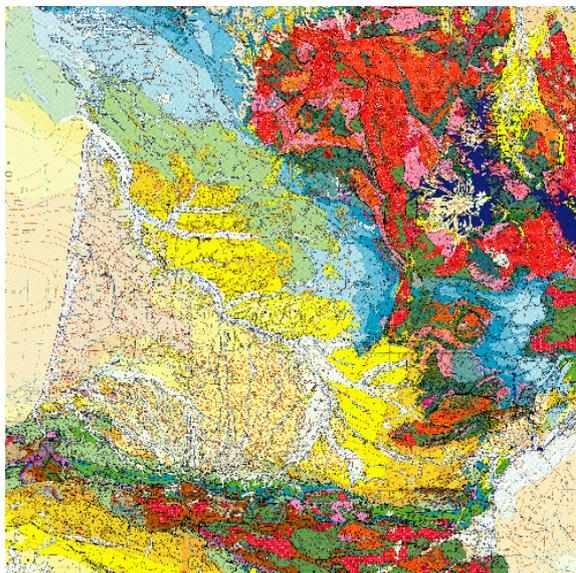
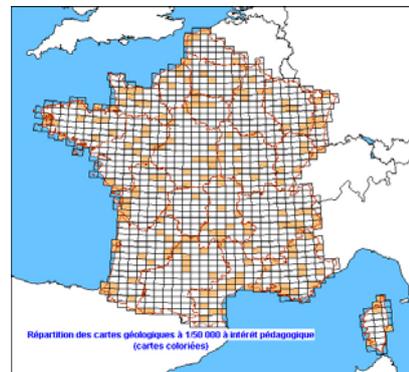


## La France géologique



## La France géologique

- cartes à l'échelle publiées par le BRGM  
(Bureau de recherches géologiques et minières)



## 7.4 Coupe géologique

- Essai de restitution de la disposition des terrains tels qu'ils apparaîtraient sur les parois d'une tranchée verticale creusée suivant la ligne de coupe choisie
- Carte géologique : travail d'interprétation et d'interpolation du géologue à partir des affleurements

→

PO IC - Géologie de l'ingénieur

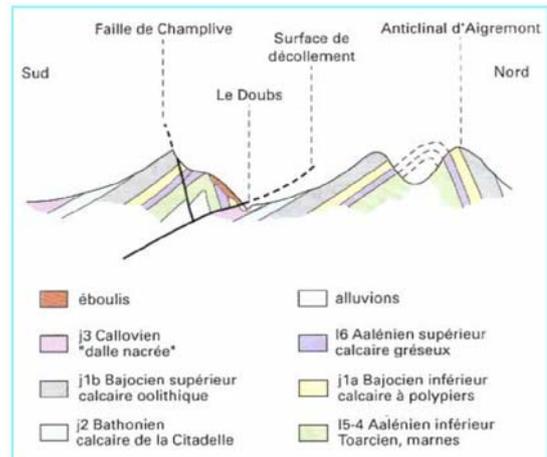
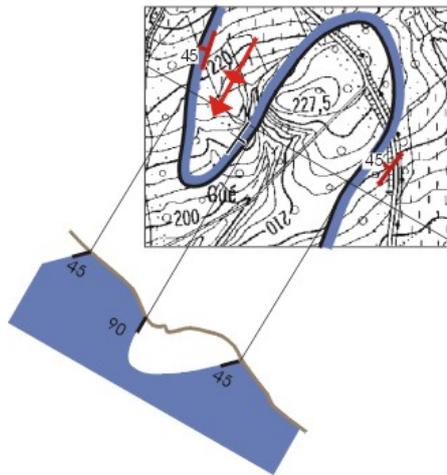


Figure 18 - Coupe géologique schématique nord-sud dans l'anticlinal du Doubs au droit de Laissey (Doubs)

## Exemples de coupe géologique

- Tunnel sous la Manche

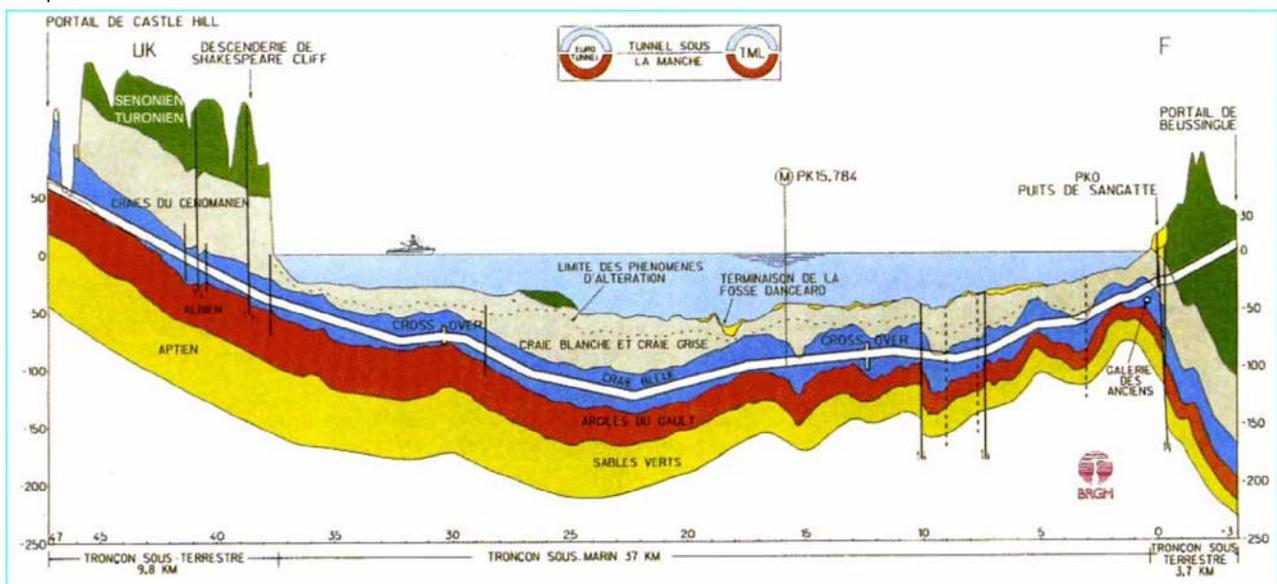


Figure 22 - Profil géologique simplifié le long du tunnel sous la Manche, voie Sud (doc. BRGM)

## Exemples de coupe géologique

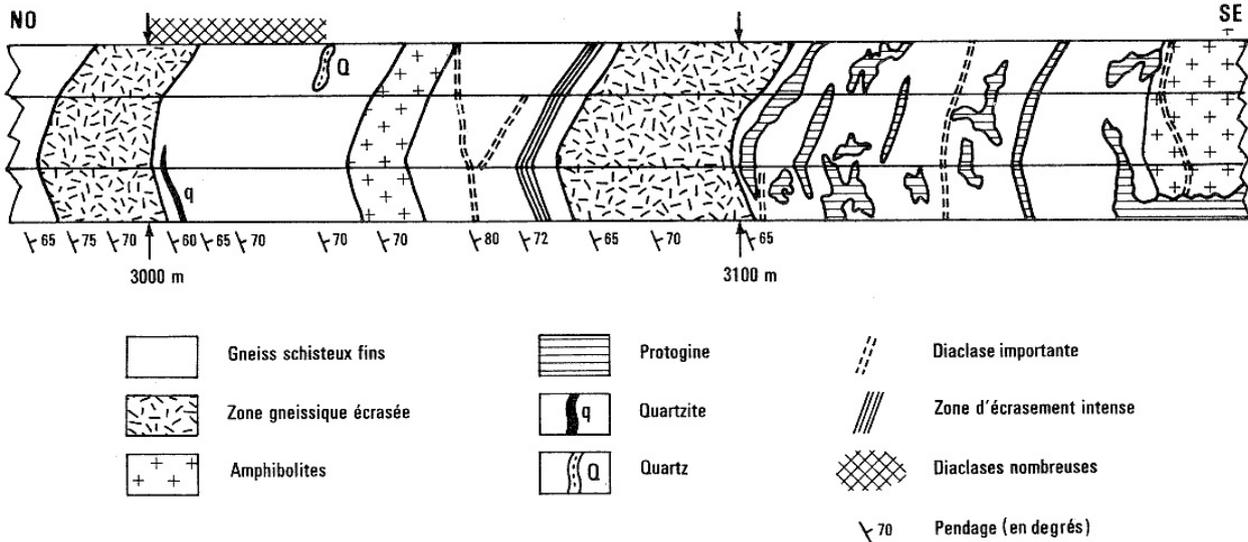


Fig. 1-1. — RELEVÉ DÉTAILLÉ DU TUNNEL DU MONT BLANC (PARTIE FRANÇAISE, FRAGMENT)

Du point de vue pétrographique, le PK 3,100 marque la fin de la zone des gneiss et le début de la zone de granitisation, à laquelle succédera, au PK 3,525, la zone granitique (protogine). Les deux parements sont représentés rabattus de part et d'autre de la couronne (d'après VITEL, 1965).

## Exemples de coupe géologique

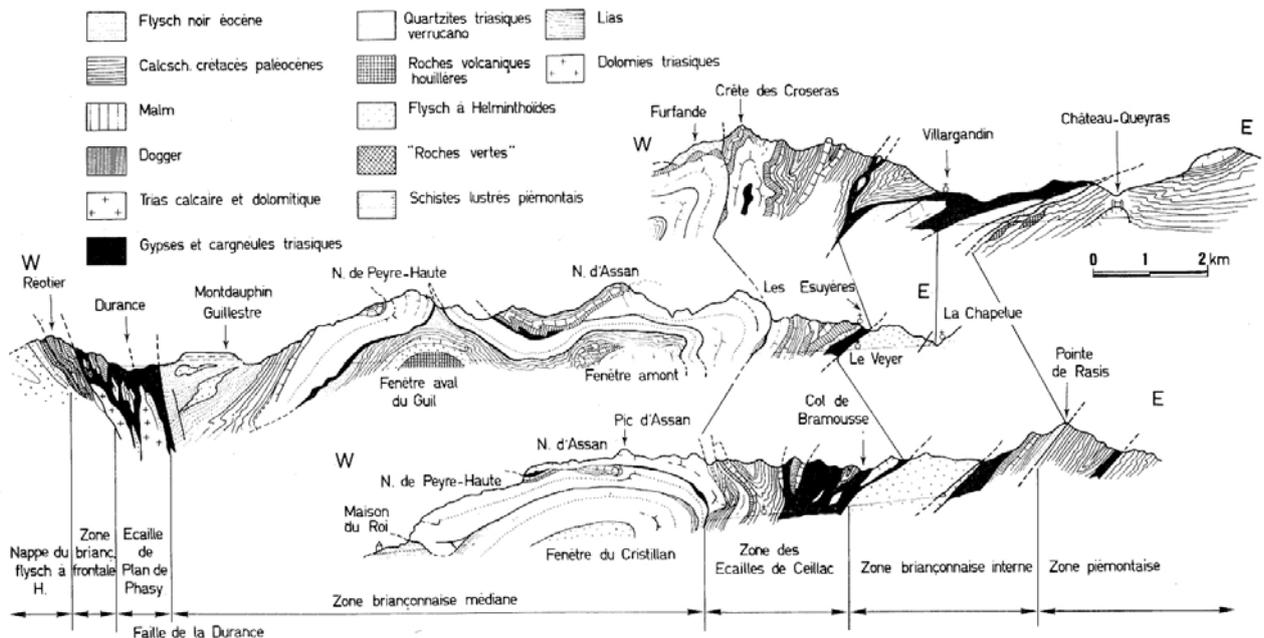


Fig. 125 17. Complexité d'une structure charriée, tardivement replissée. Exemple des nappes du Guil, à l'Est de Guillemestre, Hautes Alpes. (J. DEBELMAS, 1974). Le détail de la superposition des nappes — mises en place vers l'Ouest — n'a pas un grand intérêt. On remarquera plutôt les déformations tardives de l'empilement de ces nappes, notamment des failles — à gauche, faille de la Durance —, des plis (anticlinaux de nappes du Guil, au centre de la coupe), des renversements tardifs et parfois même des charriages à rebours ou rétrocharriages, à droite de la figure. On remarquera également que les gypses triasiques (en noir) giclent abondamment dans certaines grandes structures. (Commentaires de J. DEBELMAS).

- Documents souvent directement exploitables par l'ingénieur civil

Des exemples

-  
-  
-

- Type d'information retrouvée

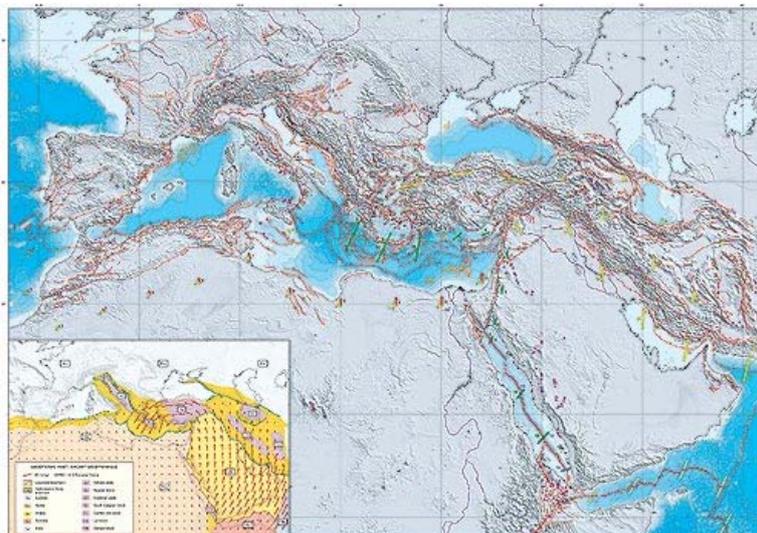
- **relief** : % des pentes, évolution des versants (érosion, glissements...)
- **eau** : niveau de la nappe, drainabilité, ...
- **lithologie du sol et du sous-sol** : nature des terrains, caractéristiques physiques des roches et des sols (dureté, granulométrie, limites d'Atterberg,...)
- **zonages pour la construction**

- **Exemple** : image synthétique moderne de la géodynamique actuelle du bassin de la Méditerranée

Tectonique et Cinématique

La carte montre :

- plusieurs types d'accidents tectoniques (failles, chevauchements, etc.) de la région
- les vecteurs de vitesse du déplacement des plaques
- les 237 centres éruptifs ayant eu une activité volcanique au cours des derniers 150 000 ans



## Exemple : aptitude des terrains à l'urbanisation (Clermont Ferrand est)

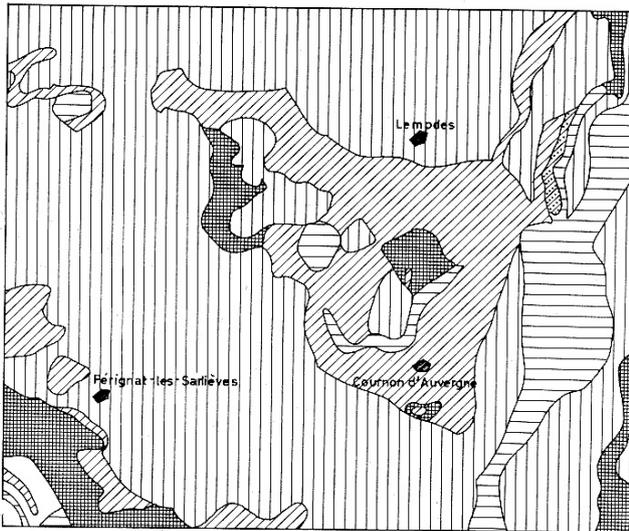


Fig. 1

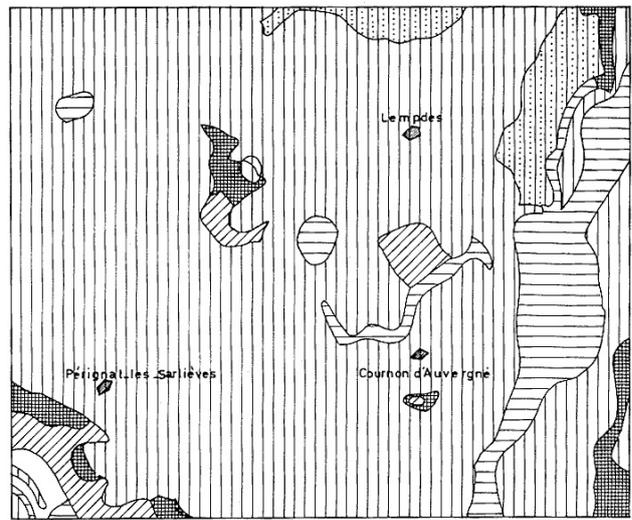
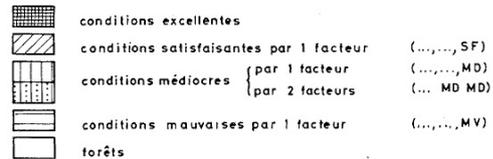
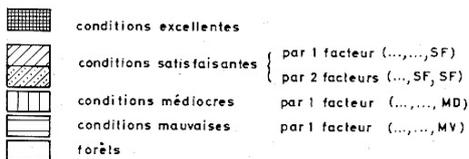


Fig. 2



## aptitude des terrains à l'urbanisation (Clermont Ferrand est)

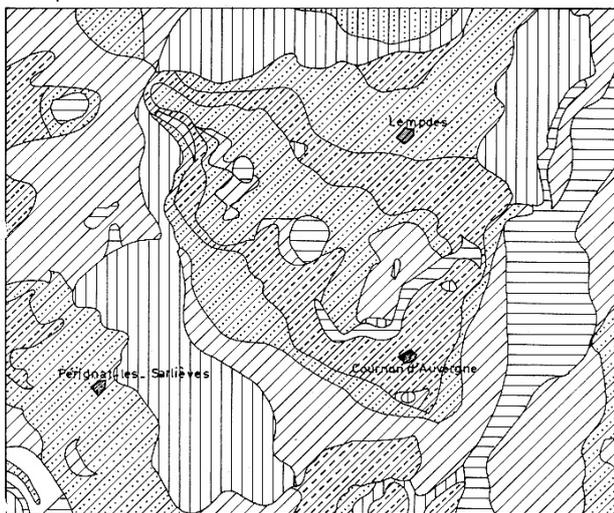


Fig. 3

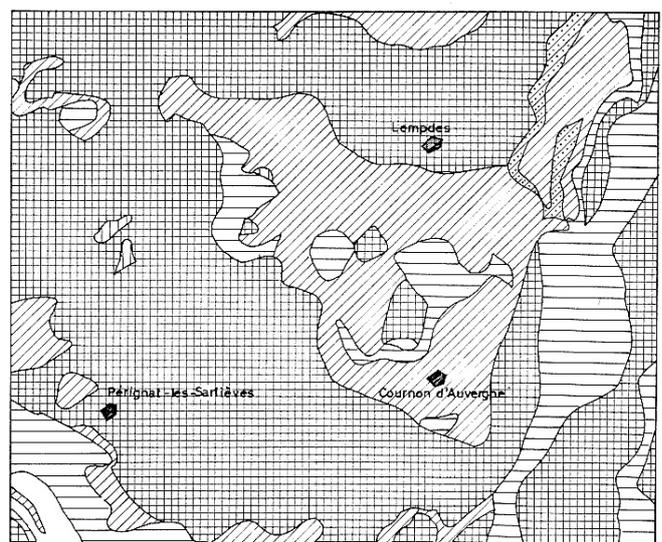
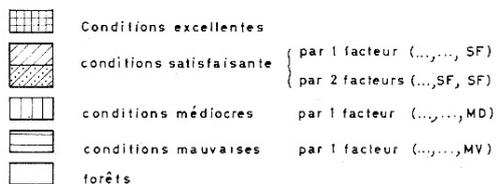
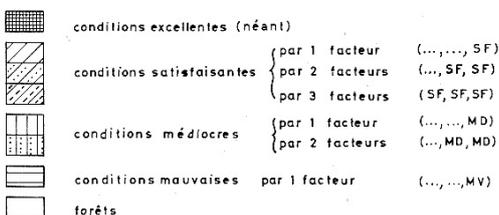
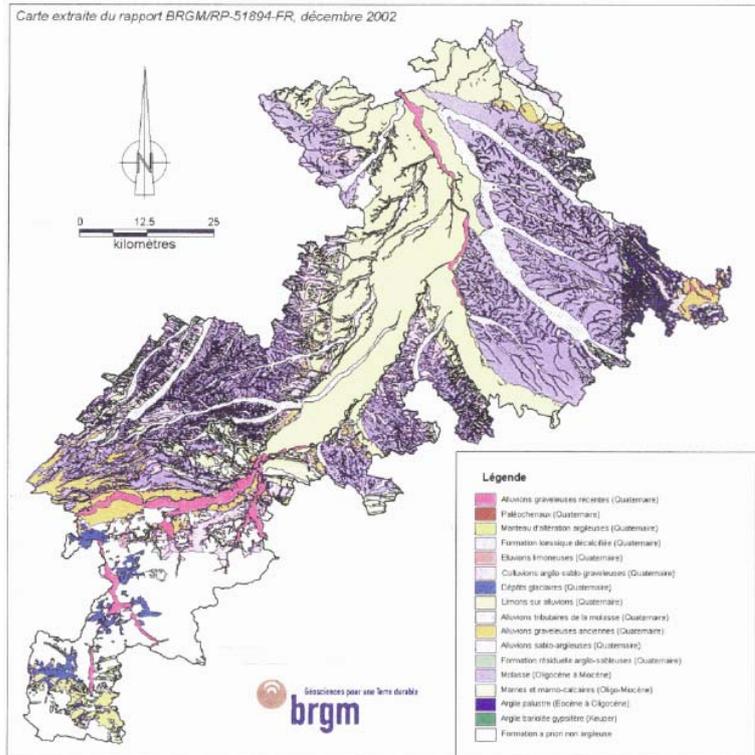


Fig. 4



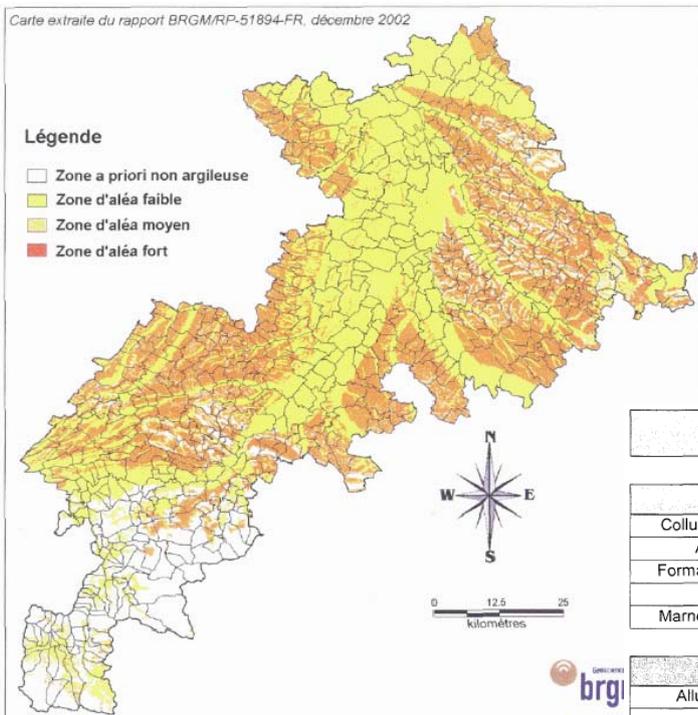
## Exemple : Plan de prévention des risques naturels prévisibles *Mouvements différentiels de terrain liés au phénomène de retrait-gonflement des argiles*

Carte géologique départementale synthétique des formations argileuses et marneuses de la Haute-Garonne



PO IC - Géologie de l'ingénieur

RP-52524-FR.pdf



Carte départementale d'aléa retrait-gonflement des argiles de la Haute-Garonne

Classement des formations géologiques par niveau d'aléa

Formation géologique	Superficie (en % de la surface du département)
----------------------	--

Formations à aléa moyen	
Colluvions argilo-sablo-graveleuses (Quaternaire)	12,06
Alluvions sablo-argileuses (Quaternaire)	0,63
Formation résiduelle argilo-sableuse (Quaternaire)	0,69
Molasse (Oligocène à Miocène)	25,70
Marnes et marno-calcaires (Oligocène à Miocène)	3,68

Formations à aléa faible	
Alluvions graveleuses récentes (Quaternaire)	2,91
Paléochenaux (Quaternaire)	0,04
Manteau d'altération argileuse (Quaternaire)	0,87
Formation lœssique décalcifiée (Quaternaire)	0,01
Eluvions limoneuses (Quaternaire)	0,12
Dépôts glaciaires (Quaternaire)	1,18
Limons sur alluvions (Quaternaire)	21,11
Alluvions tributaires de la molasse (Quaternaire)	10,19
Alluvions graveleuses anciennes (Quaternaire)	4,04
Argile palustre (Eocène à Oligocène)	0,68
Argile bariolée gypsifère (Keuper)	0,02

PO IC - Géologie

- Aléa moyen : 43%
- Aléa faible : 41%
- 16 % du département en zone non argileuse