

CHAPITRE III

Géotechnique routière

La géotechnique routière

La géotechnique routière est définie comme étant une science qui étudie d'une part , les sols sur lesquels reposent les chaussées , et d'autre part , les matériaux qui constituent les différentes couches de ces chaussées sans autant oublier la fiabilité des ouvrages construits . Elle représente 95% de la réussite d'un projet de génie civil .

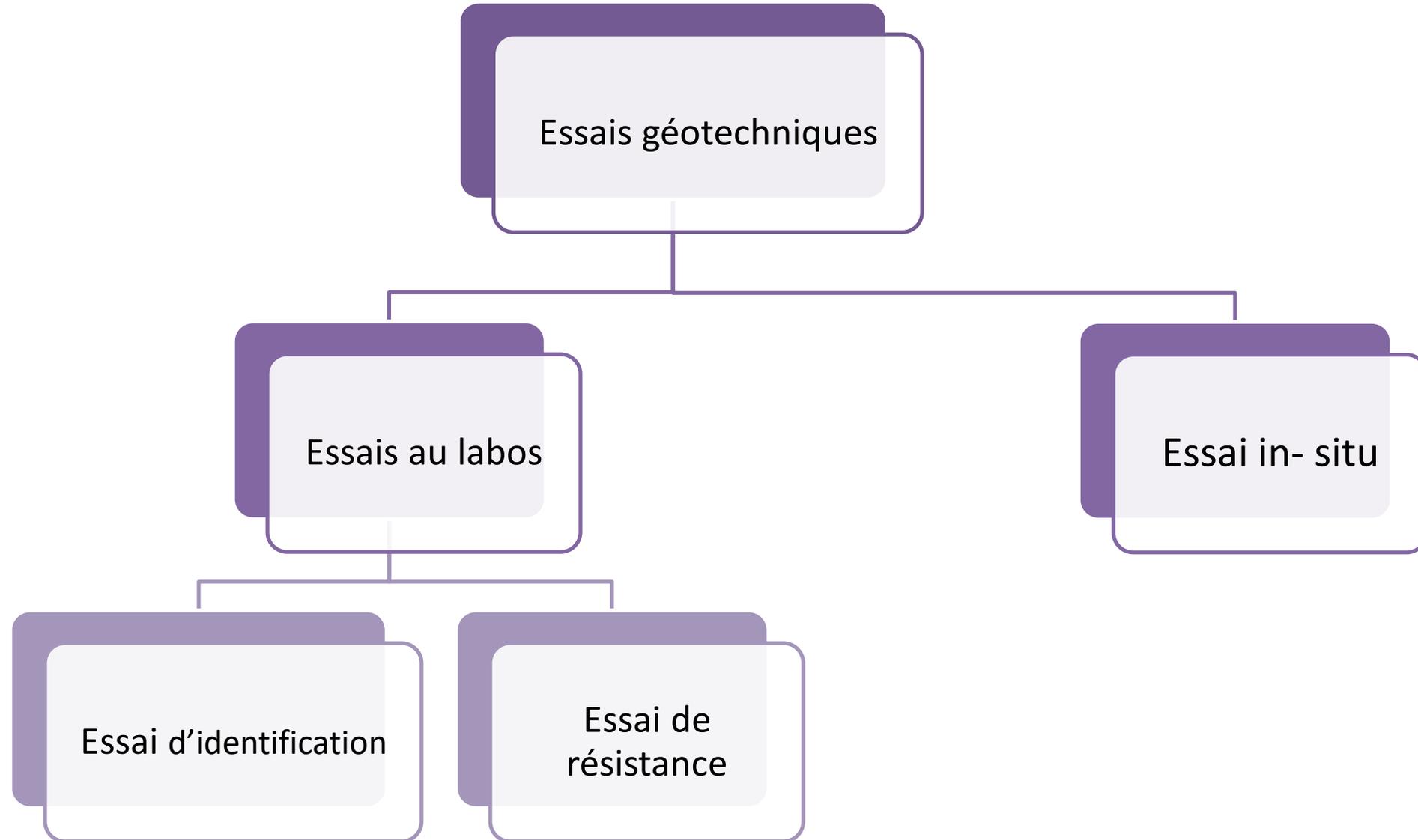
UTILITÉ DE LA GÉOTECHNIQUE ROUTIÈRE DANS LA PHASE DE TERRASSEMENT

Le terrassement est la phase primordiale lors d'exécution d'un projet routier et sa réalisation devra être bien étudié .



L'objectif de l'étude géotechnique est de minimiser les coûts de terrassement par un choix judicieux du tracé et de la ligne rouge qui prend en compte la nature et l'état des sols à terrasser ainsi que leur emplacement.

LES ESSAIS GÉOTECHNIQUES ROUTIÈRES



LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essais d'identifications

1

- Analyse granulométrique

2

- Equivalent sable

3

- Teneur en eau

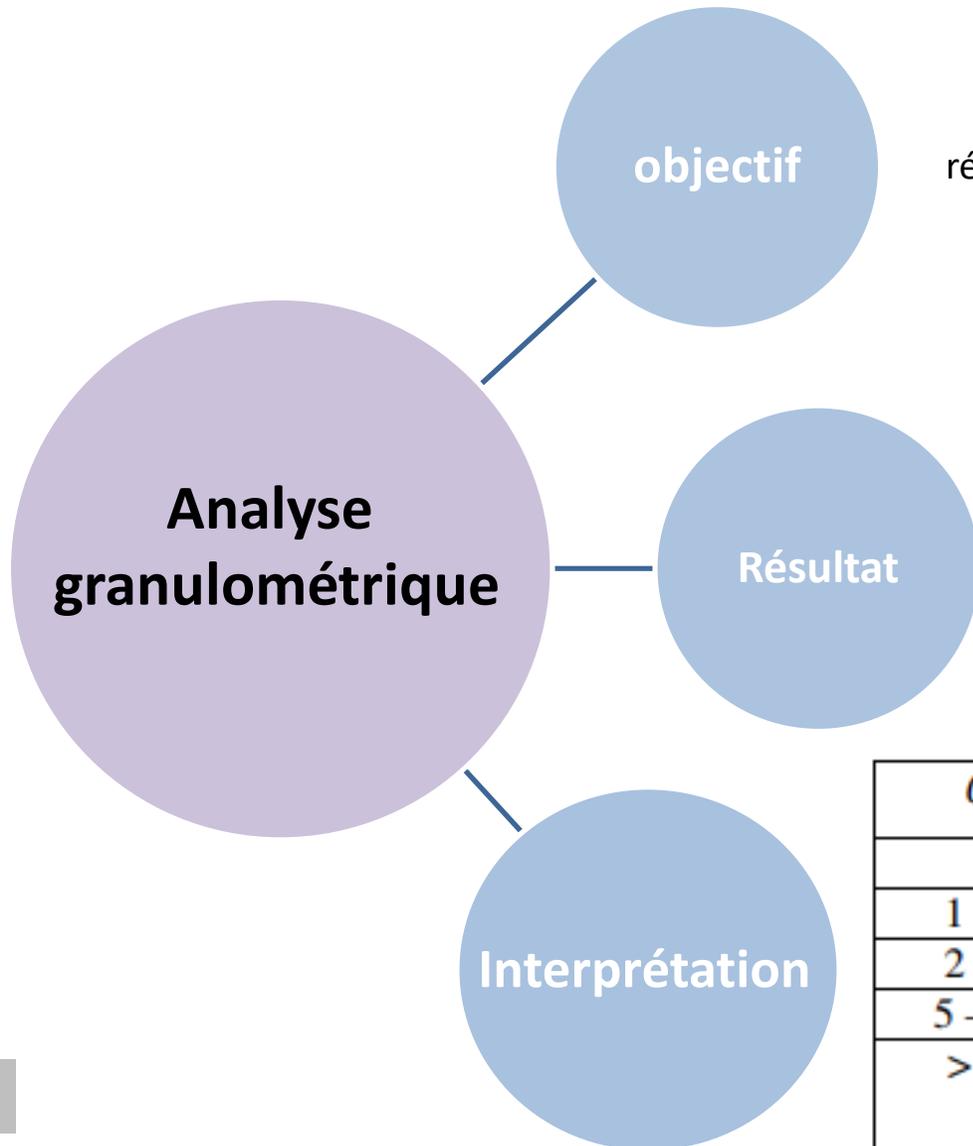
4

- Limite d'atterberg

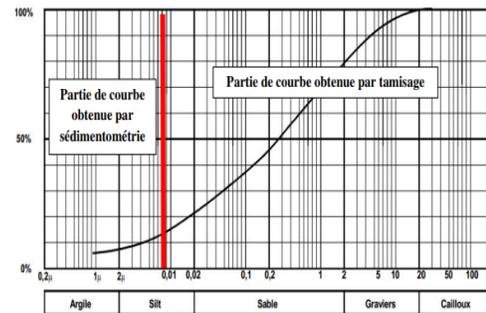
5

- Essai au bleu de méthylène

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai d'identification



- Détermination de la répartition des grains de sol suivant leur dimensions

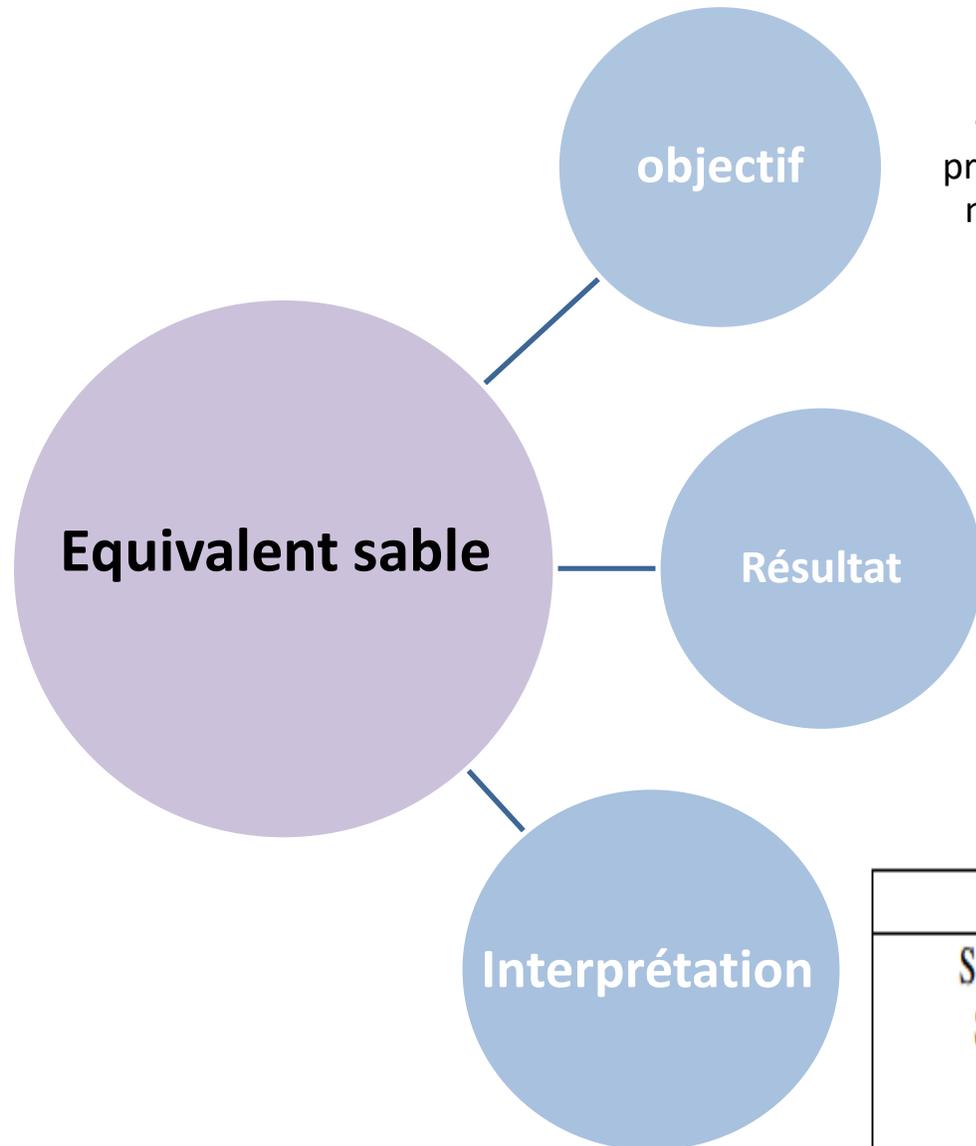


C_u	Granulométrie
1	A une seule grosseur
1 – 2	Très uniforme
2 – 5	Uniforme
5 – 20	Peu uniforme
> 20	Très étalée



Figure 4 tamiseuse à régime vibratoire

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai d'identification



- Mettre en évidence la proportion de poussière fine nuisible dans un matériau

$$ES = (H2 / H1) \cdot 100$$

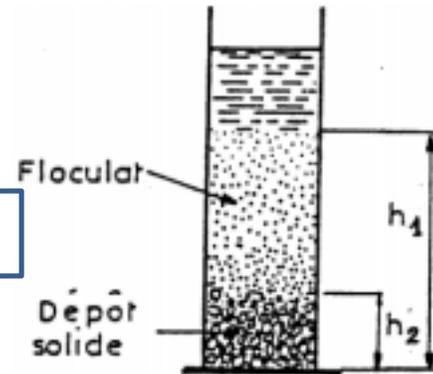
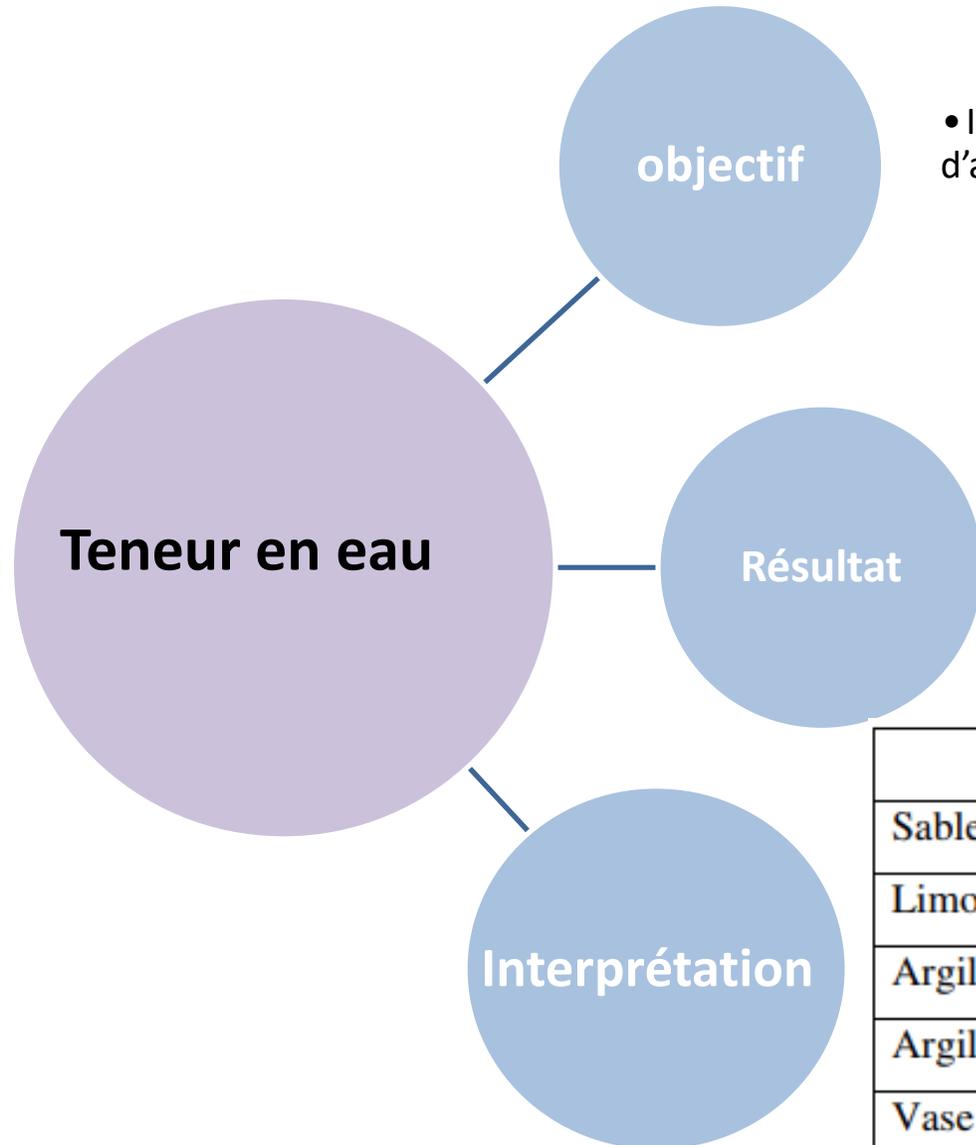


Figure 1
Exemple d'éprouvette d'essai

Nature	ES
Sable pur et propre	100
Sol non plastique	40
Sol plastique	20
Argile pur	0

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai d'identification



- Identifier le type de sol et d'apprécier l'état dans lequel se trouve le sol.

$$W\% = \frac{P_W}{P_S} \cdot 100$$



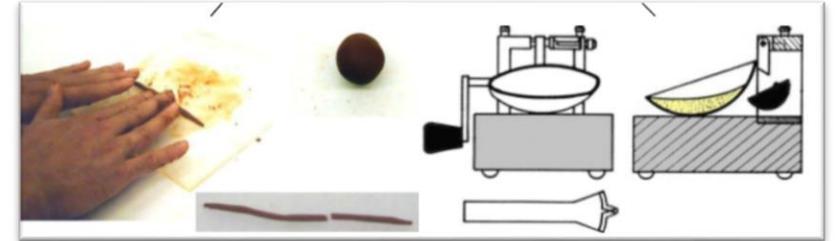
Sols	Teneur en eau
Sable	2 à 10
Limon	10 à 30
Argile moyenne à raide	20 à 30
Argile molle	50 à 100
Vase et tourbes	80 à 300

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai d'identification

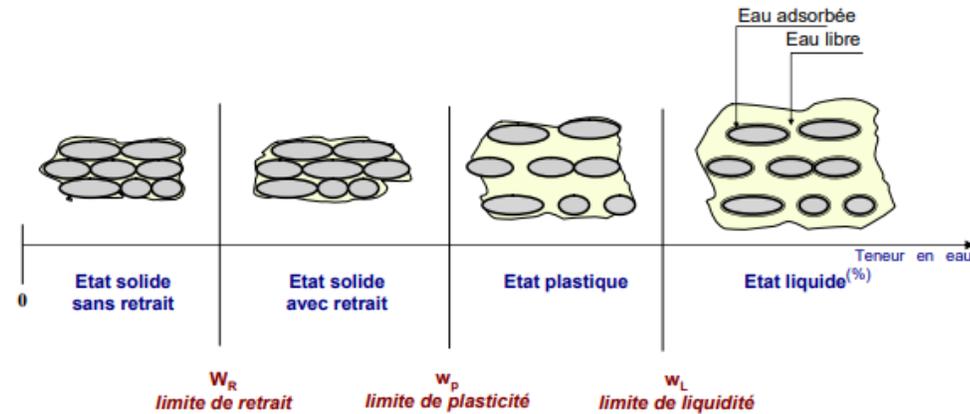
Limites d'Atterberg

objectif

- Identifier un sol et caractériser son état au moyen de son indice de consistance.



Résultat



Interprétation

Indice de plasticité	Type du sol
$IP < 1$	Sol pulvérulents
$1 \leq IP \leq 7$	Sable argileux
$7 \leq IP \leq 17$	Argile sablonneuse
$17 \leq IP$	Argile

Indice de consistance	Consistance du sol
$Ic \leq 0$	Liquide
$0 < Ic < 15$	Plastique
$Ic = 1$	Solide plastique
$Ic > 1$	Solide ou semi-solide

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai d'identification

Essai au bleu de méthylène

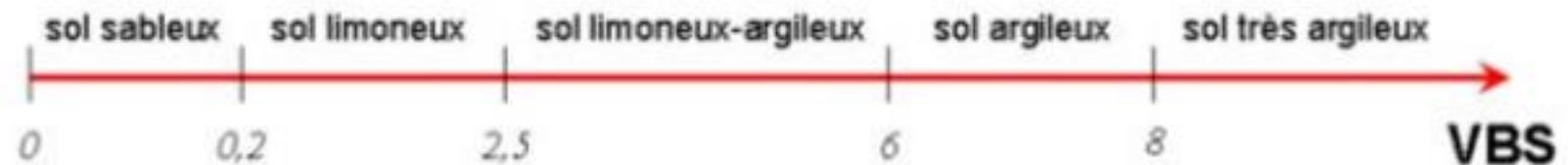
objectif

- Evaluation de la richesse en argile d'un sol en déterminant sa capacité à absorber les molécules du bleu de méthylène.

Résultat

$$VBS = B \cdot C \cdot 100 / Ms$$

Interprétation



LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de resistance

1

- Essai de la boite de cisaillement

2

- Essai Triaxial

3

- Essai oedométrique

3

- Essai CBR

4

- Essai Proctor

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de résistance

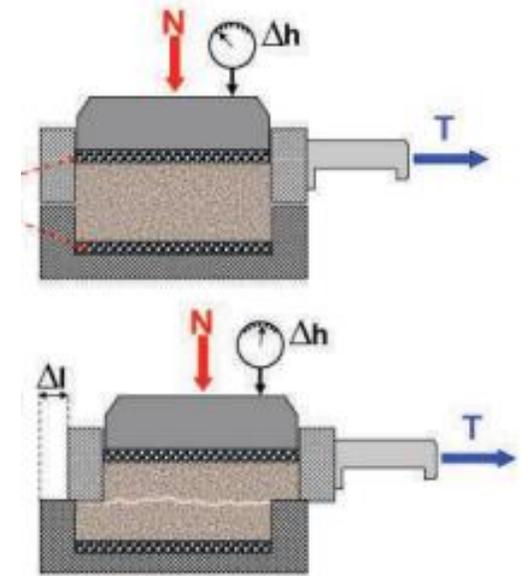
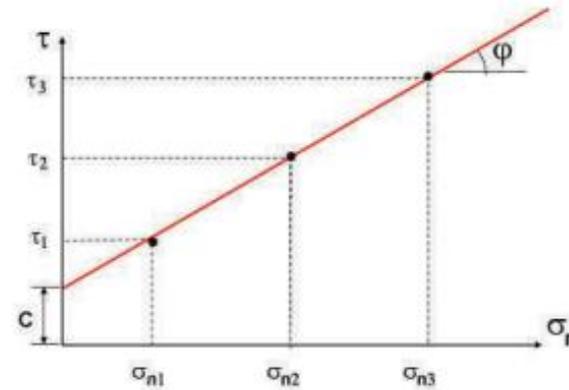
Boite de cisaillement

objectif

Résultat

Interprétation

- Mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin saturé.



- Dimensionnement de fondations
- Calcul de vérification des coefficients de sécurité à la rupture du talus
- Détermination des actions des poussée et butée

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de resistance

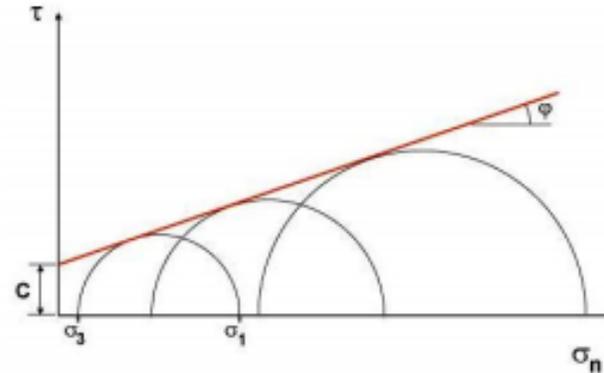
Essai triaxial

objectif

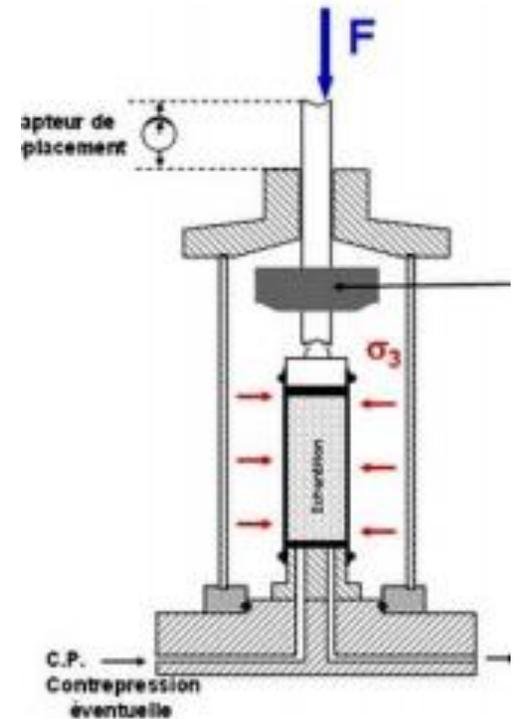
Résultat

Interprétation

- Mesurer les caractéristiques de rupture d'un échantillon de sol fin



- Dimensionnement de fondations
- Calcul de vérification des coefficients de sécurité à la rupture du talus
- Détermination des actions des poussée et butée



LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de resistance

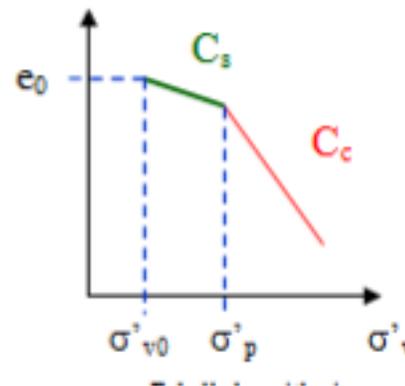
Essai oedométrique

objectif

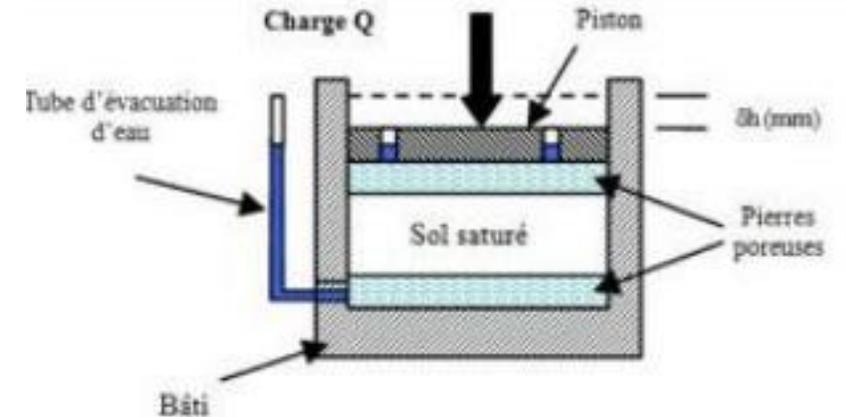
- Mesurer le tassement au cours de temps des couches du sol

Résultat

Interprétation

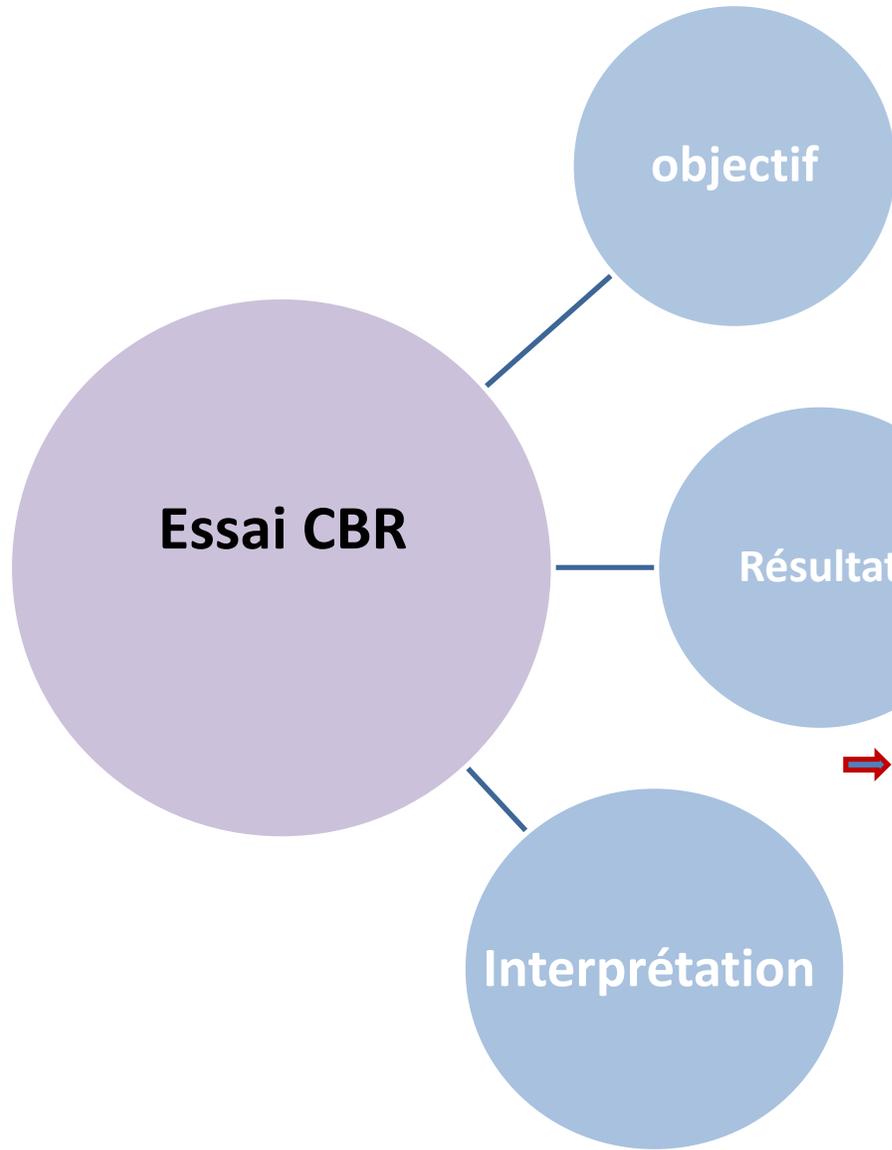


$$C_c = \frac{-\Delta e}{\Delta \log \sigma}$$



$C_c < 0,02$	Sol incompressible	
$0,02 < C_c < 0,05$	Sol très peu compressible	Sable
$0,05 < C_c < 0,1$	Sol peu compressible	
$0,1 < C_c < 0,2$	Sol moyennement compressible	Argile raide (kaolinite)
$0,2 < C_c < 0,3$	Sol assez fortement compressible	Argile moyenne
$0,3 < C_c < 0,4$	Sol très compressible	
$C_c > 0,5$	Sol extrêmement compressible	Argile molle (montmorillonite)

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de résistance



- Etablir une classification des sols
- Déterminer le type de plateforme de la chaussée d'après LCPC

$$CBR_1 = \frac{\text{Effort de pénétration à 2.5 mm d'enfoncement (en KN)}}{13.35} \cdot 100$$

$$CBR_2 = \frac{\text{Effort de pénétration à 5 mm d'enfoncement (en KN)}}{20} \cdot 100$$

➔ CBR_{sec}

➔ CBR_{imbibé}

➔ $\log CBR_{\text{pondéré}} = a \cdot \log CBR_{\text{sec}} + b \cdot \log CBR_{\text{imbibé}}$

	CBR
Sol mous à très mous	< 2
Argiles	2 – 10
Limons et argiles raides	8 – 40
Sables	8 – 30
Graves	15 – 80
Concassée	80 - 100



ESSAI CBR :



e Géotechnique Routière

LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de resistance

- Déterminer les références de compactage d'un matériau : Masse volumique et teneur en eau optimales

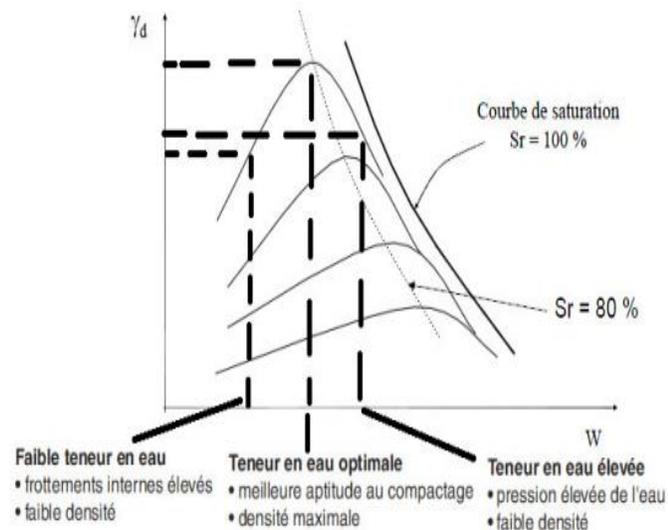
ESSAI PROCTOR

Essai PROCTOR

objectif

Résultat

Interprétation



LES ESSAIS AU LABORATOIRES : Essai de resistance

Interprétation de l'essai PROCTOR

- ❖ Savoir si un sol est compactable dans les conditions de chantier , compte tenu de sa **teneur en eau naturelle** et la **teneur en eau optimum Proctor**
- ❖ Fixer les spécifications de compactage à atteindre :
 - Pour les remblais et les digues : la densité sèche soit **supérieur à 90%** de la densité optimum Proctor normal (OPN) .
 - Pour les couches de chaussées : la densité sèche soit **supérieur à 95%** de la densité l'OPM.
- ❖ Corrélation entre identification d'un sol et caractéristique Proctor :

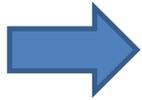
Argile	Sable	Sol gravleux-sablo-argileux
Densité OPM < 1.5	Ne depend pas de la	Densité OPM = 1.9

COMPACTAGE

Définition

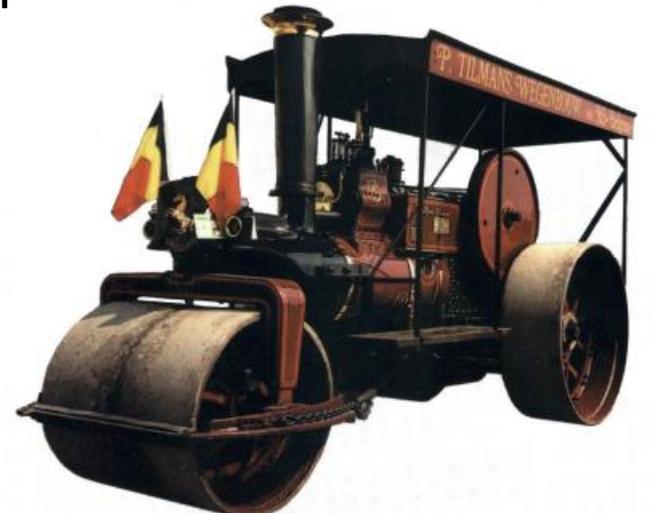
Le compactage se définit comme un procédé permettant d'augmenter la densité et la capacité de charge d'un matériau grâce à l'application de forces extérieures statiques ou dynamiques

Objectifs

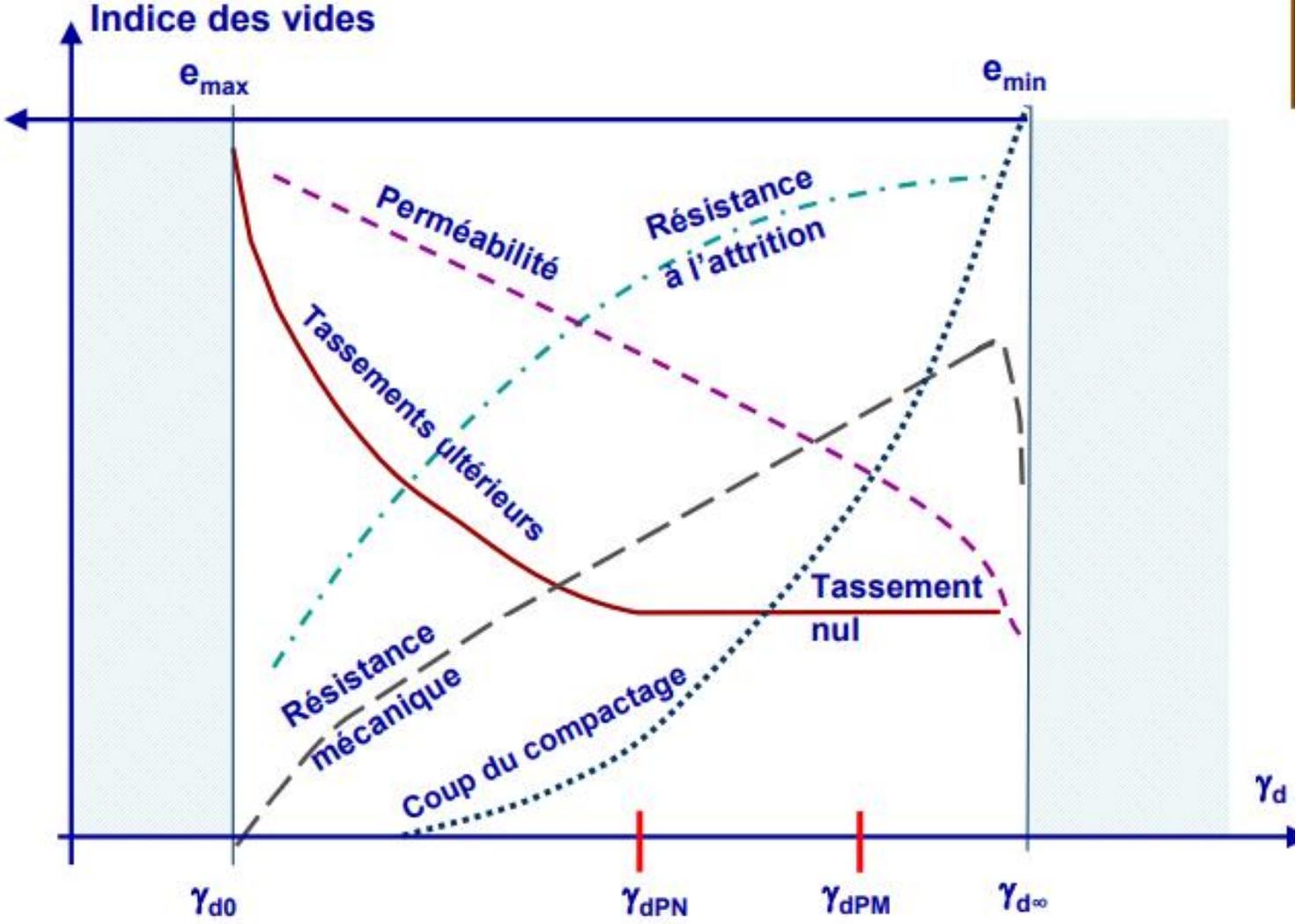


Améliorer les propriétés mécaniques de sol

- Éviter le tassement et le glissement d'un remblai
- Améliorer la force portante et la rigidité de la couche de fondation
- Réduire la perméabilité et la susceptibilité à l'absorption de l'eau



COMPACTAGE



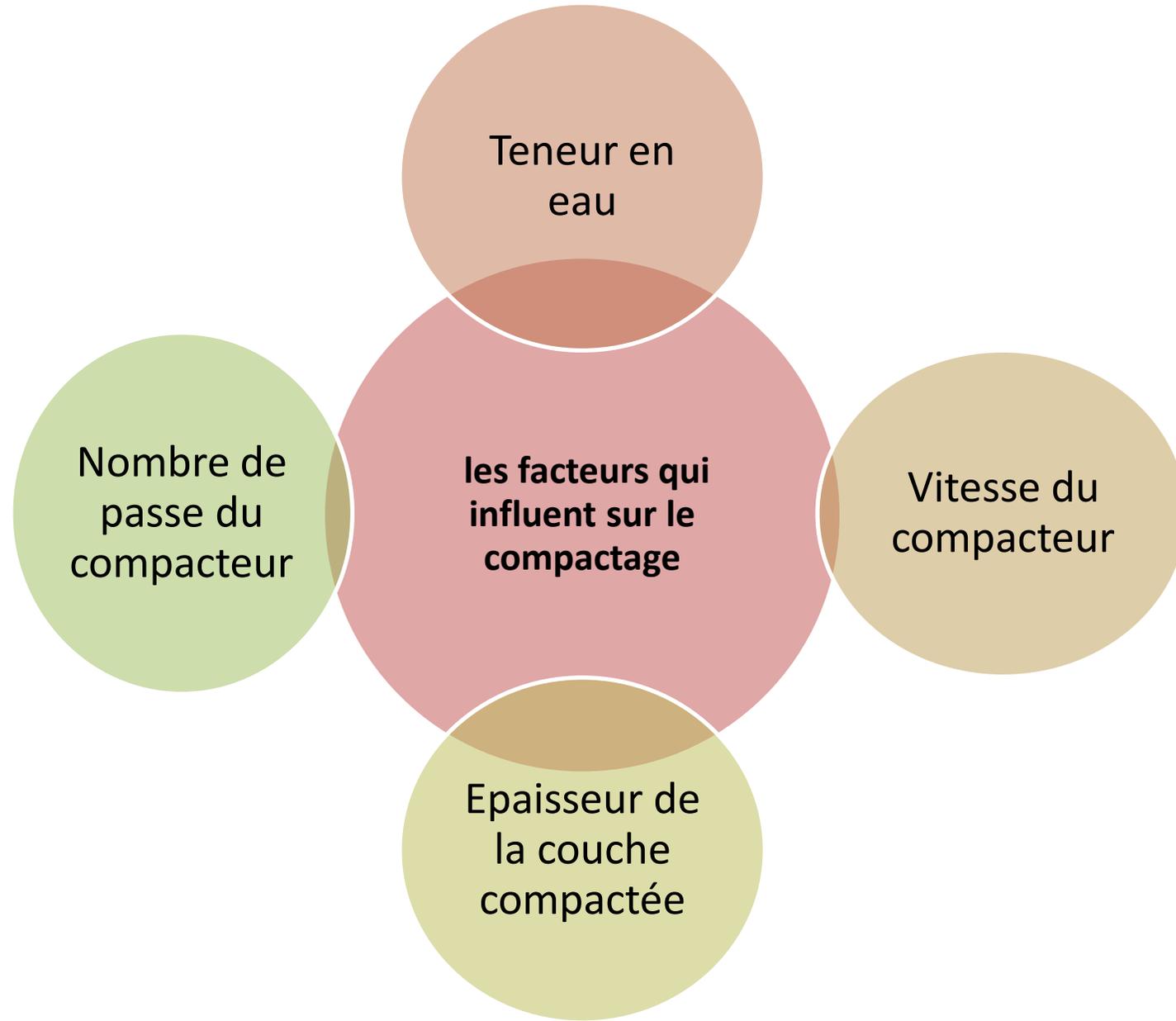
Objectifs du compactage

COMPACTAGE

Objectifs du compactage

Type d'ouvrage Objectifs	Remblai	Couche de forme de routes ou voies ferrées	Assises de chaussée	Enrobé de chaussée	Plate-forme pour ouvrages et bâtiments	Noyau de barrage en terre	Corps de barrage en terre
Minimisation ou suppression des tassements	P	S	S	P	P	P	S
Suppression des tassements différentiels	E				E		
Amélioration des caractéristiques mécaniques	S	P	E	E	E	P	E
Diminution de la perméabilité	M	M	S	P		E	
Diminution de l'attrition			S	S			

COMPACTAGE



COMPACTAGE

Compactage des sols

Granulat fin		Gros granulat		Enrochements en vrac	
Argile	Limon	Sable	Gravier	Pierres	Rochers
Applications:		Applications:		Applications:	
<ul style="list-style-type: none"> • la construction de barrages • les remblais pour la construction de routes, voies ferrées et aéroports, • les tranchées et remblayages, • la construction des remblais sanitaires. 		<ul style="list-style-type: none"> • les couches de fondation des remblais pour la construction de routes, voies ferrées et aéroports, • les fondations d'immeubles, • les tranchées et remblayages. 		<ul style="list-style-type: none"> • la construction de barrages, • les remblais pour la construction de routes, voies ferrées et aéroports, • fondations d'immeubles. 	
argile < 0,002mm limon 0,002-0,06mm		sable 0,06 - 2 mm gravier 2 - 60 mm		pierres > 60 mm rochers > 100 mm	
					
Aptitude au compactage		Aptitude au compactage		Aptitude au compactage	
<ul style="list-style-type: none"> • difficile à compacter en raison de la cohésion, • l'effet du compactage dépend fortement du degré d'humidité, • le matériau exige une forte énergie de compactage. 		<ul style="list-style-type: none"> • dépend de la granulométrie, • un compactage trop important peut être gênant. 		<ul style="list-style-type: none"> • l'épaisseur de la couche doit être trois fois supérieure à la taille maximale des particules • le matériau réclame une énergie de compactage élevée. 	
Engins de compactage:		Engins de compactage:		Engins de compactage	
<ul style="list-style-type: none"> • rouleaux monocylindre lourds et moyens (cylindre lisse et à pieds dameurs), • compacteurs de tranchées et plaques lourdes. 		<ul style="list-style-type: none"> • rouleaux tandem vibrants et rouleaux monocylindres (cylindre lisse), • plaques lourdes et moyennes. 		<ul style="list-style-type: none"> • rouleaux monocylindre lourds, • plaques lourdes. 	

LES ESSAIS IN-SITU: Essai Pressiométrique

- Déterminer la capacité portante du sol
- Classification du sol

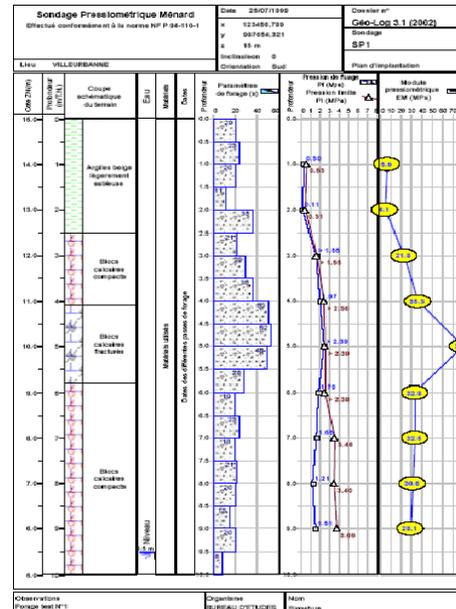
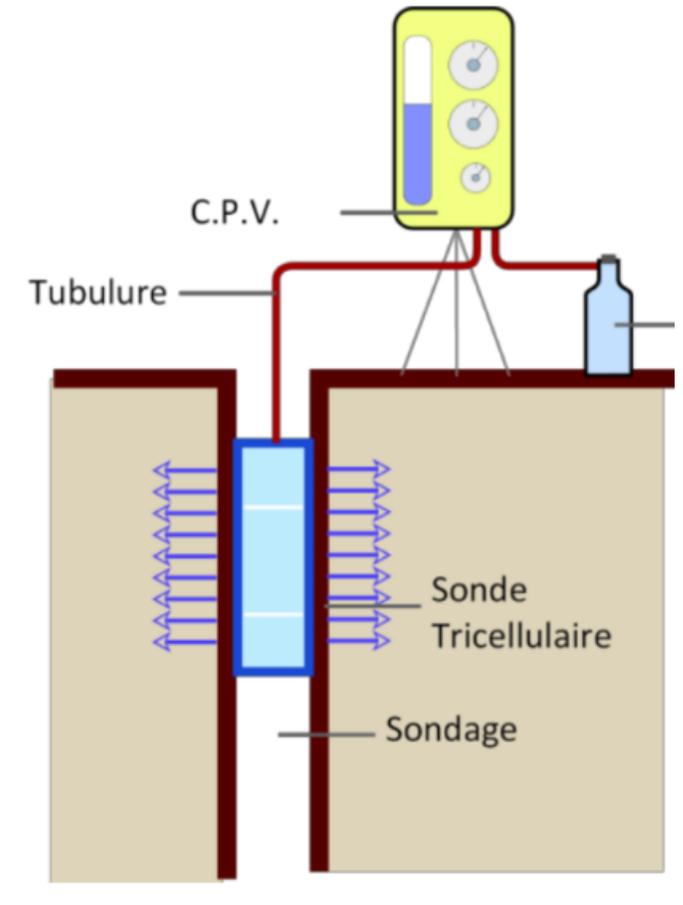


Tableau 2. Classification des sols d'après les essais pressiométriques et pénétrométriques.

A vérifier par rapport à l'Eurocode

Classe de sol		pressiomètre p_{LM} (MPa)	pénétromètre q_c (MPa)
argiles, limons	A argiles et limons mous	< 0,7	< 3,0
	B argiles et limons fermes	1,2 - 2,5	3,0 - 6,0
	C argiles très fermes et dures	> 2,5	> 6,0
sables, graves	A lâches	< 0,5	< 5,0
	B moyennement compacts	1,0 - 2,0	8,0 - 15,0
	C compacts	> 2,0	> 20
craies	A molles	< 0,7	< 5,0
	B altérées	1,0 - 2,5	> 5,0
	C compactes	> 3,0	-
marnes marno-calcaires	A tendres	1,5 - 4,0	-
	B compacts	> 4,5	-
roches*	A altérées	2,5 - 4,0	-
	B fragmentées	> 4,5	-

(*) L'appellation « roches » peut regrouper des matériaux divers : calcaire, schiste, granite, etc. Cette classification est réservée aux matériaux présentant des modules pressiométriques $E_M > 50-80$ MPa.



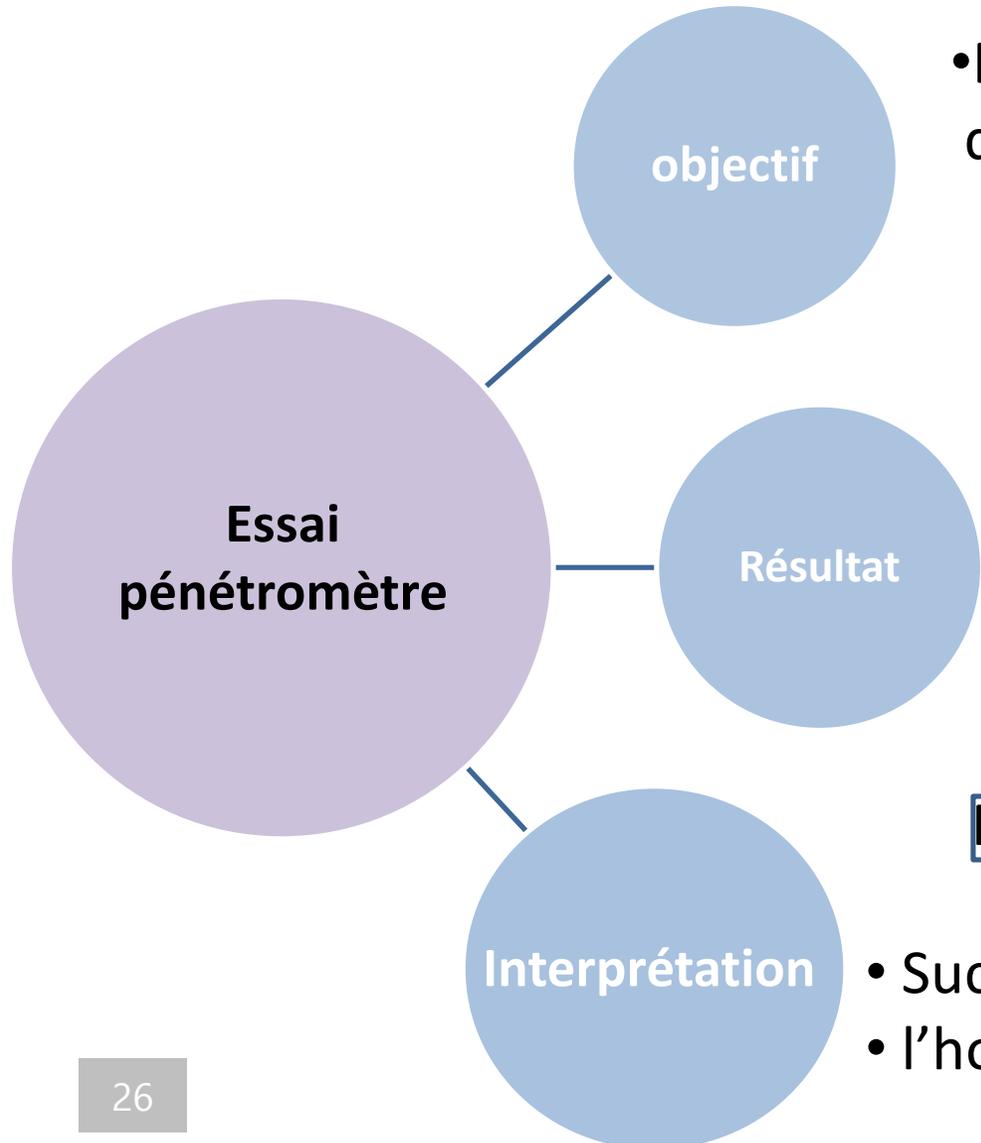
Essai
pressiométrique

objectif

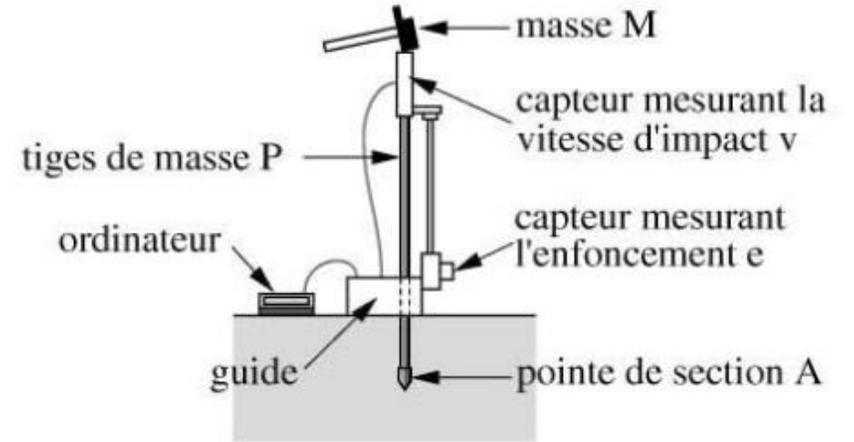
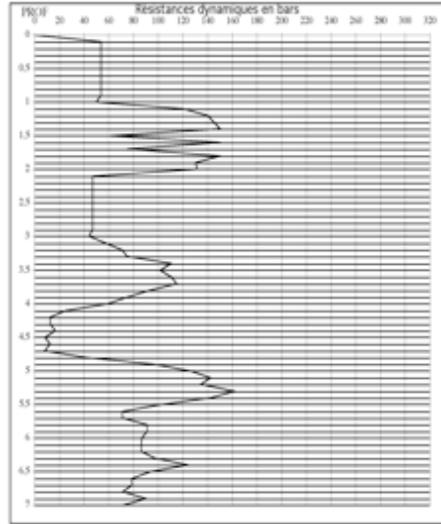
Résultat

Interprétation

LES ESSAIS IN-SITU: Essai au Pénétromètre dynamique



- Déterminer la résistance dynamique que le terrain oppose à l'enfoncement



Resistance dynamique du sol

- Succession des différentes couches de terrain
- l'homogénéité globale d'une couche donnée

EXEMPLES DES ENDOMMAGEMENTS DE LA CHAUSSÉE



27 Fissures transversales



Fissures longitudinales



faïençage



Ornière à grand rayon

EXEMPLES DES ENDOMMAGEMENTS DE LA CHAUSSÉE



Affaissement

Désestrobage et arrachement

Pelade

Nid-de-poule