

Le compactage

Introduction

Ensemble d'opérations mécaniques (apport d'énergie mécanique), qui conduisent à **accroître** la densité en place d'un sol.

Donc, la texture du sol est resserrée ce qui réduit les déformations et tassements et augmente la compacité du sol et améliore sa capacité portante.

La densification mécanique du sol peut entraîner :

- Modification de la granulométrie.
- Modification de la teneur en eau.
- Réduction ou élimination des risques de tassement.
- Augmentation de la résistance du sol et la stabilité du talus.
- Amélioration de la capacité portante.
- Limitation des variations de volume causées par gel, gonflement et retrait.

Qu'est ce qu'on compacte comme ouvrages?

Le compactage des sols est une technique utilisée en **génie civil** et **travaux public** visant à **améliorer** la **qualité** des sols pour la **construction**. Les ouvrages couramment concernés par le compactage sont les **remblais routiers**, les **barrages en terre** et les **aérodromes**.

Il ne faut pas la confondre avec la compaction des sols qui elle, est d'origine naturelle.

Afin que les matériaux mis en œuvre supportent les charges routières, il est nécessaire d'en améliorer la résistance au cisaillement:

- en resserrant les grains solides les uns contre les autres
- en diminuant le Volume des Vides par expulsion de l'air, par le compactage.

La diminution des vides conduit à réduire les **entrées d'eau** ultérieures, et donc limiter leurs effets néfastes.

L'expérience montre que le **poids volumique sec** n'est une caractéristique du sol que dans une certaine mesure, car il **varie** également avec l'énergie de compactage et la teneur en eau.

Effets du compactage sur les sols fins

Le compactage des sols fins agit sur leur :

- résistance au cisaillement,
- déformation, - compressibilité,
- perméabilité.

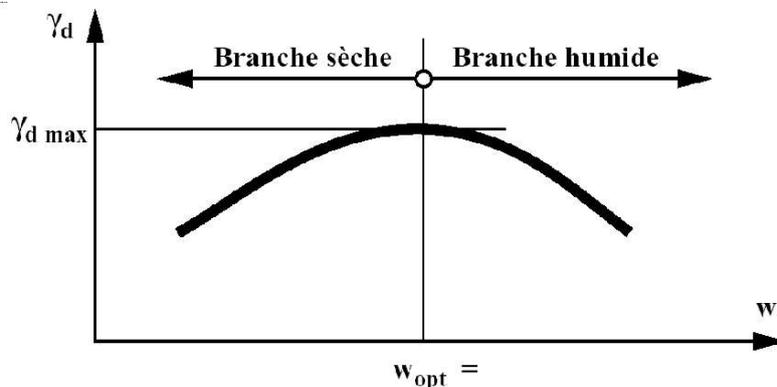
A **forte** teneur en eau, le compactage **n'a** pratiquement aucune **influence** sur la résistance au **cisaillement**; A **faible** teneur en eau cette **résistance augmente** avec l'énergie de compactage.

Si l'on veut améliorer la **résistance** au cisaillement d'un sol fin, il y a donc intérêt à compacter à **faible teneur en eau**. Les résultats sont analogues si l'on s'intéresse aux déformations qui, dans une chaussée comme dans un remblai, ne doivent dépasser des valeurs limites.

Essai de compactage au laboratoire (Essai Proctor)

- L'échantillon étudié est mis à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures (ou jusqu'à ce que son poids ne diminue plus).
- On ajoute un **poids déterminé d'eau**.
- On compacte l'échantillon dans un moule avec une certaine énergie fournie par une dame, d'un poids déterminé, tombant d'une hauteur constante.
- On pèse le moule et on détermine la teneur en eau du matériau, ce qui permet de calculer le poids volumique sec.
- Le résultat de l'essai se traduit par un point de la courbe.

On recommence en augmentant la teneur en eau, et l'on dessine la courbe dite A.A.S.H.O. (American Association of State Highways Officials).



Cette courbe représente un maximum dont l'abscisse est la teneur en eau optimale et l'ordonnée la densité sèche optimale.

Versant sec, le volume des vides est occupé par l'eau et de l'air. La teneur en eau est faible, l'eau joue le rôle d'un lubrifiant et la densité sèche augmente.

Versant mouillé, l'eau occupe pratiquement tous les vides, ce qui facilite les déformations par cisaillement.

Conditions de l'essai Proctor

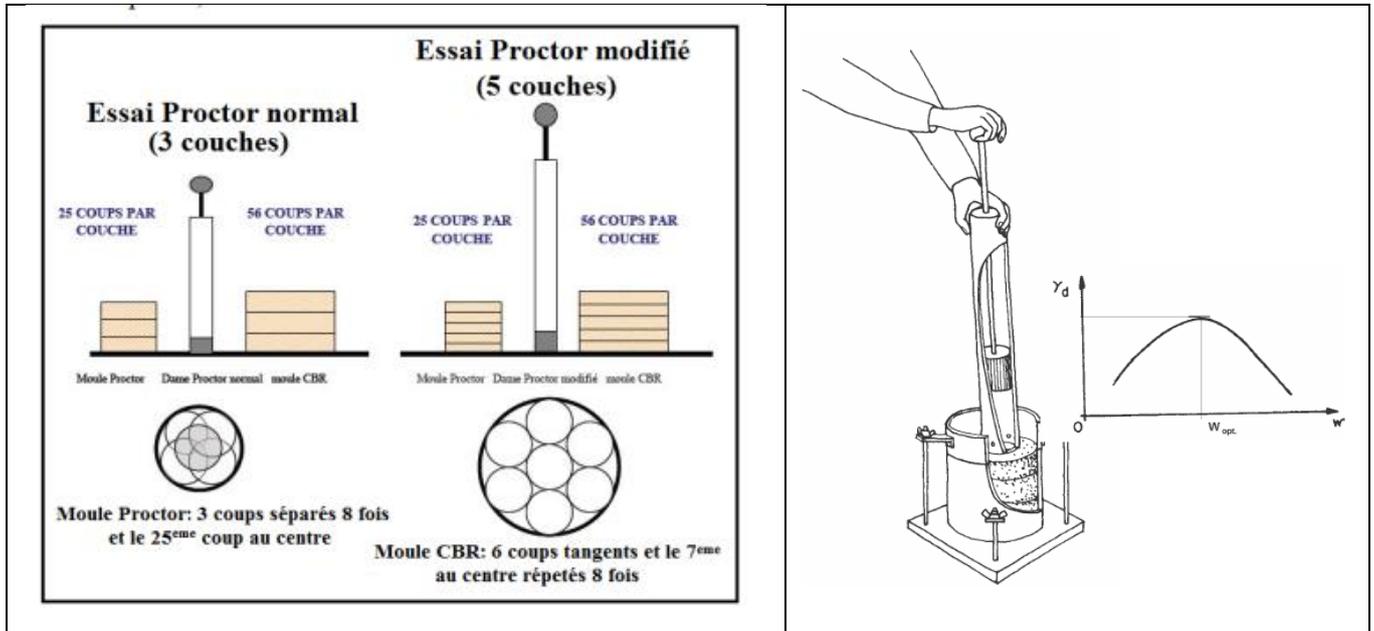
Le tableau ci-dessous précise les conditions de chaque essai

Essai Proctor	M dame (Kg)	H chute (cm)	N de coups par couche	Nombre de couches	E compactage kJ/dm ³
OPN	2,490	30,50	25 (moule Proctor)	3	0,59
			55 (moule CBR)	3	0,53
OPM	4,540	45,70	25 (moule Proctor)	5	2,71
			55 (moule CBR)	5	2,41

Moules utilisés

1. Le moule Proctor ($\phi_{\text{moule}} = 101,6 \text{ mm} / H_{\text{sol}} = 117 \text{ mm}$) lorsque le matériau est suffisamment **fin** (pas d'éléments supérieurs 5mm),
2. Le moule CBR (California Bearing Ratio) pour des matériaux de dimensions **supérieures** à 5mm et inférieures à 20mm ($\phi_{\text{moule}} = 152 \text{ mm} / H_{\text{sol}} = 152 \text{ mm}$).

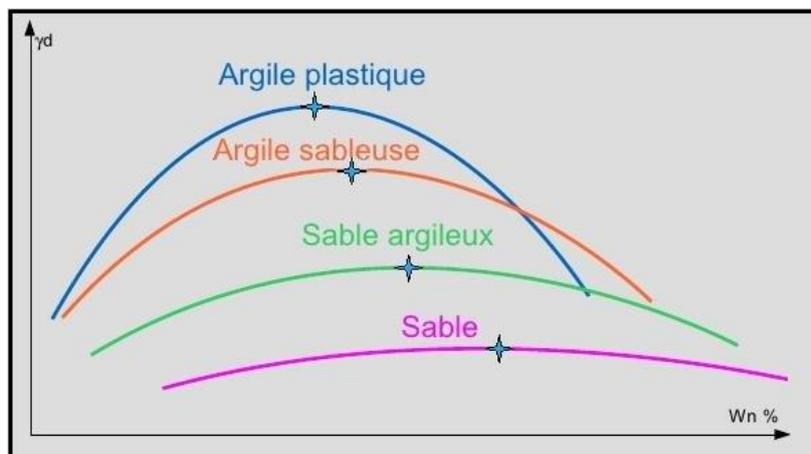
Procédure de compactage



Energie de compactage

On constate que l'essai Proctor normal a une énergie mise relativement faible qui correspond à un compactage modéré, il est utilisé pour les remblai en terre (pour les travaux de compactage en bâtiment et/ou de barrage) et l'essai Proctor modifié (pour les travaux de compactage routier essentiellement).

Influence de la nature du sol



Très aplatie pour un sable /// Maximum marqué pour une argile

Influence de l'énergie de compactage

En faisant varier l'énergie de compactage, on obtient de nouvelles courbes. Si cette énergie augmente, le poids volumique s'accroît et la teneur en eau optimale diminue. Par un calcul simple on peut trouver pour chaque densité sèche la teneur en eau nécessaire pour saturer le matériau.

La courbe de saturation est une hyperbole d'équation :

$$\frac{\gamma_d}{\gamma_w} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w + w \cdot \gamma_s} \quad \text{Ou} \quad \gamma_d = \frac{\gamma_s}{1 + w \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_w}}$$

Le calcul montre que pour une teneur en eau donnée, le maximum de compacité, (γ_{dmax}) correspond à un degré de saturation égal à 1, soit en généralisant :

$$\gamma_d = \frac{S_r \cdot \gamma_s}{S_r + w \cdot \frac{\gamma_s}{\gamma_w}}$$

Avec S_r : degré de saturation du sol ; γ_s : Poids volumique des grains solides; γ_w : Poids volumique de l'eau, et w la teneur en eau de saturation

Ordre de grandeur

Nature du sol	Densité sèche max (kN/m ³)	w _{opt} (%)
Argile	20	20
Limon	17	17
Sable de rivière	16	6
Sable limoneux	19	12
Grave naturelle	20	8
Grave reconstituée	22	6

Vérification du compactage in situ

- Méthode de l'huile
- Méthode du ballon (eau)
- Méthode du sable
- M de congélation (les sables saturés ne changent pas de densité lorsqu'on les congèle).