



Université Mentouri Constantine1  
Faculté des Sciences de la technologie  
Département Génie des Transports



Cours M1 ITL

# Géométrie des tracés, conception et entretien des chaussées

Partie 2/3

Pr. M.S. BOUHLIB

Constantine 2012

# **Compactage des sols et des mélanges bitumeux**

# 1. Introduction

Le sol en place est probablement très compressible, très perméable et de faible consistance.

Dans le cas où le choix d'un autre site pour l'ouvrage est impossible, la solution possible reste la stabilisation du sol :

c.à.d, l'amélioration des propriétés du sol en question.

Ceci peut se faire par plusieurs méthodes :

## ● Procédé chimique

Par malaxage ou injection de produits chimiques dans le sol tels que :

- Ciment Portland,
- Chaux,
- Asphalte,
- Chlorure de Calcium ou de Sodium,
- résidus de pâtes et papiers.

## ● Traitement thermique

Par chauffage du sol.

## ● Procédé électrique

En appliquant un courant électrique au sol.

## ● Procédé mécanique

Se résolu principalement au compactage et densification.

## ● Autres procédés

Par rabattement de nappe pour réduire les pressions interstitielles, ou pré charge et chargement temporaire pour réduire les tassements.

Les procédés et le matériel de compactage constituent un thème descriptif favorisant des travaux bibliographiques très utiles pour l'étudiant.

Pour cette raison, beaucoup de détails dans ce chapitre n'ont pas été exposés laissant cette possibilité à l'étudiant à travers des recherches dirigées.

## 2. Définitions

Le compactage est l'ensemble des opérations mécaniques (apport d'énergie mécanique), qui conduisent à accroître la densité d'un sol.

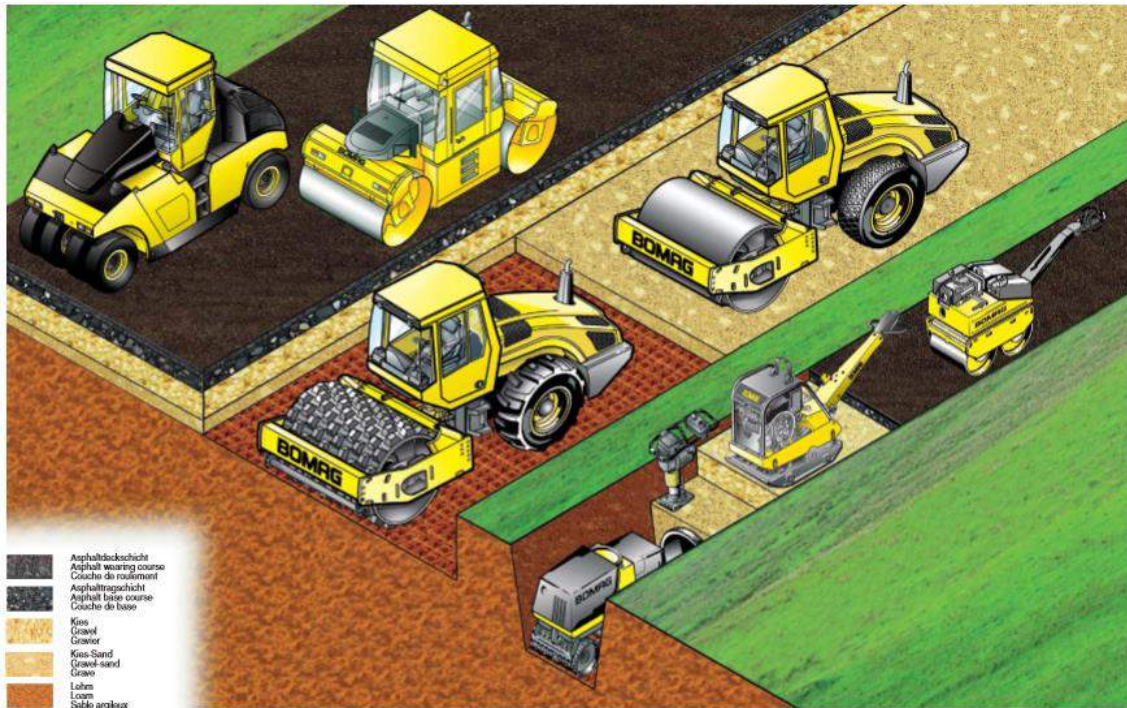
En faisant, la texture du sol est resserrée ce qui réduit les déformations et tassements et augmente la compacité du sol et améliore sa capacité portante.

Les ouvrages couramment concernés par le compactage sont les remblais routiers, les barrages en terre et les aérodrômes.

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**.

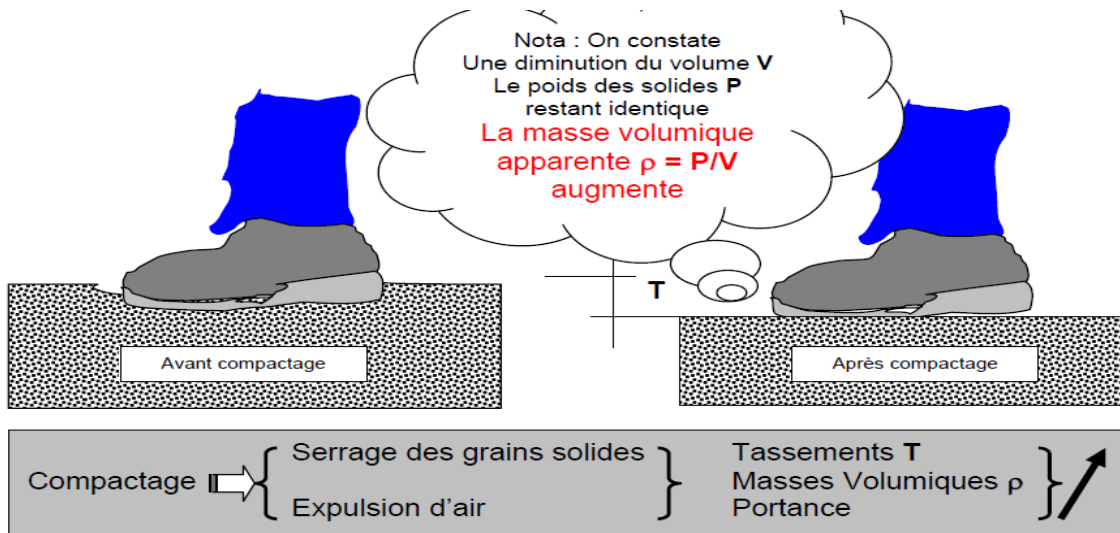
Le compactage des sols est une technique utilisée en génie civil et travaux public visant à améliorer la qualité des sols pour la construction.



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.

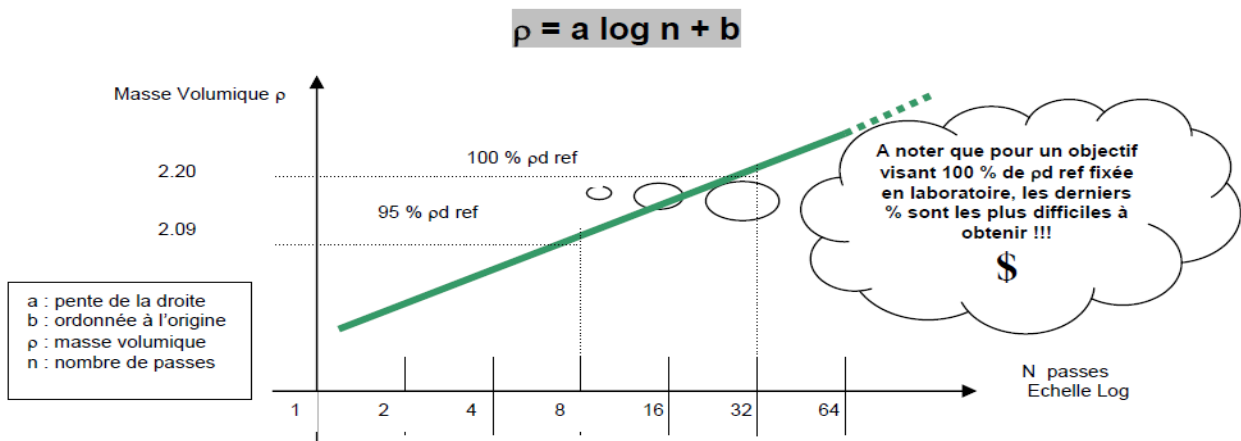


La diminution des vides conduit à réduire les entrées d'eau ultérieures, dont nous avons vu les effets néfastes.

Elle réduit également les causes de l'attrition, et donc l'attrition.

### 3. Loi du logarithme

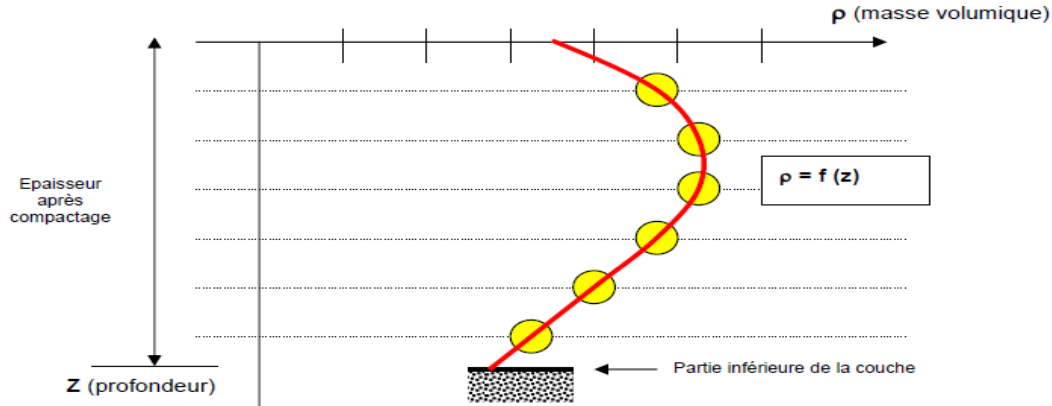
L'action du compactage est transmise en réalisant plusieurs passages de compacteur sur le matériau à compacter. Au fur et à mesure que le nombre de passes augmente, la masse volumique du matériau augmente linéairement suivant la loi logarithmique de la forme :



## a. Loi du gradient

La répartition de la masse volumique du matériau, à un état de compactage donné, montre que la masse volumique du matériau varie avec la profondeur suivant la courbe

$$\rho = f(z)$$



- Constats :
- Les minimums de densification se situent :
    - en surface
    - à la partie inférieure de la couche (appelée masse volumique de fond de couche)  $\rho_{d\ fc}$

## b. Adéquation du compactage

Cette relation prendra en compte :

- la diversité des sols et des matériaux utilisés en construction routière
- la diversité des matériels de compactage et leur efficacité
- les objectifs de qualité différents suivant le rôle de la couche à compacter
- le niveau de la couche dans la structure de chaussée

**Matériaux / Matériel**

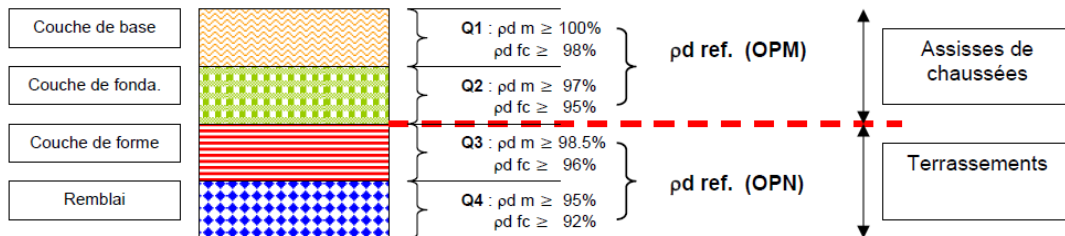
Il sera nécessaire :

- d'identifier les caractéristiques des sols et matériaux
- d'étudier leur aptitude ou leur comportement au compactage
- de connaître les compacteurs
- leur classification, leur efficacité, leur rendement

**Labo**

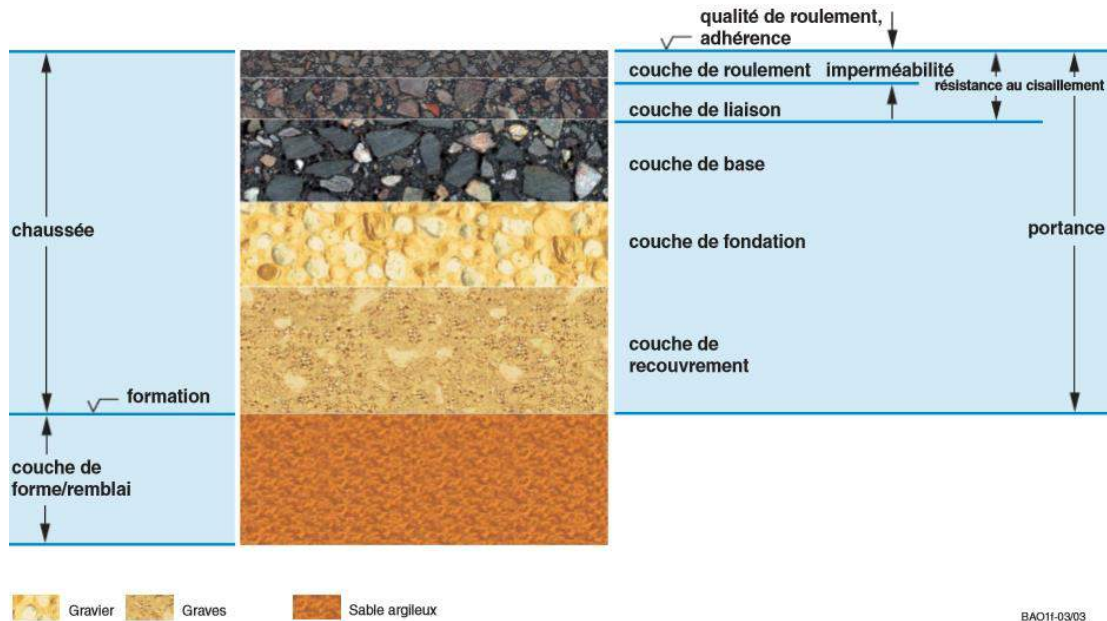
**Matériel**

## Cas des assises de chaussées



On peut observer que plus on se rapproche de la surface de la chaussée, plus les exigences sur la qualité sont sévères

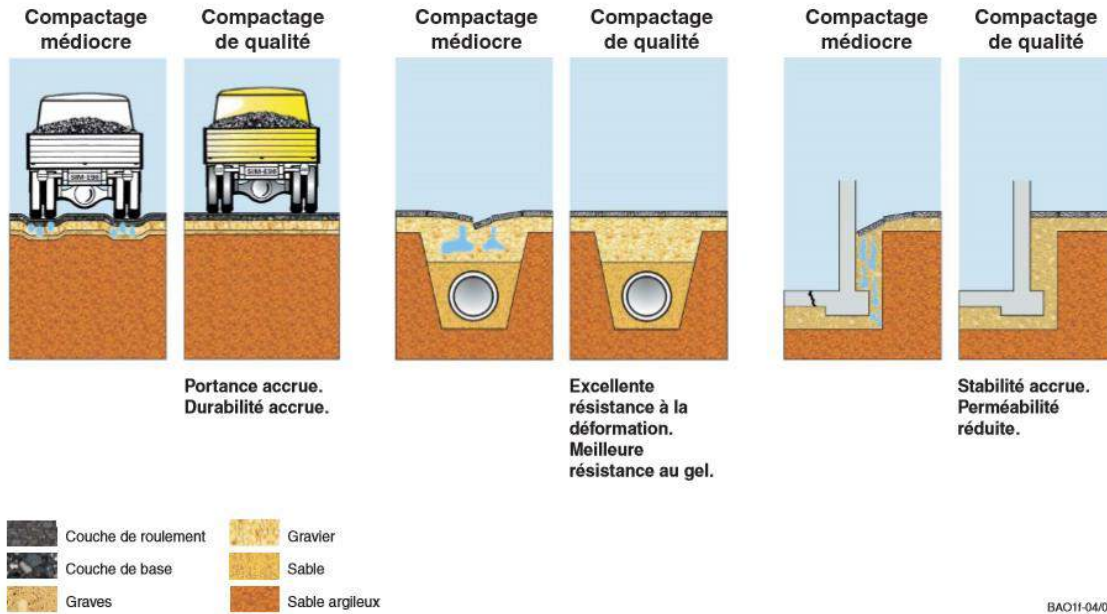
### c. Structure et propriétés d'une chaussée souple



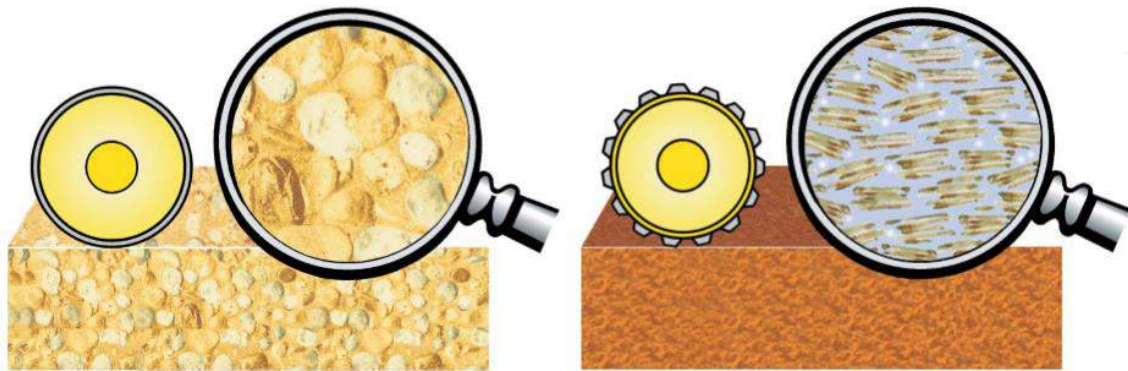
### d. Objectifs du compactage

Ils visent principalement à :

- Réduire la déformation (augmenter le module de Young).
- Diminuer la perméabilité des sols.
- Diminuer les variations de volume indésirables.



e. Effets du compactage sur les sols grenus et sur les sols fins



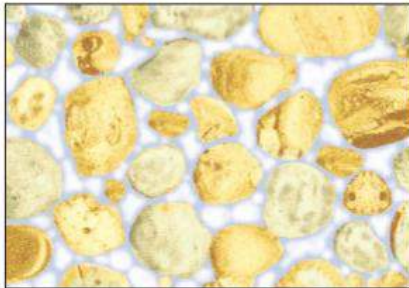
**gros granulat  
granuleux  
non cohérent**

**granulat fin  
non granuleux  
cohérent**



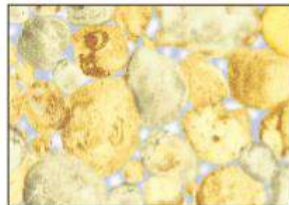
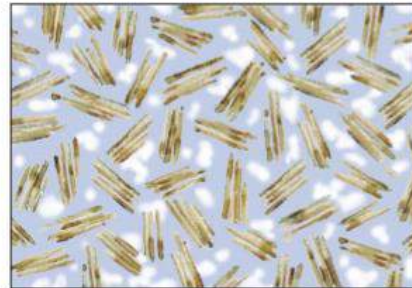
BAO11-05/03

**Granuleux**

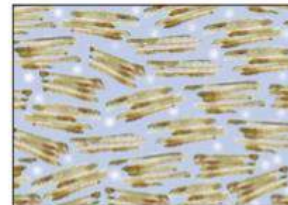


avant compactage

**Cohérent**

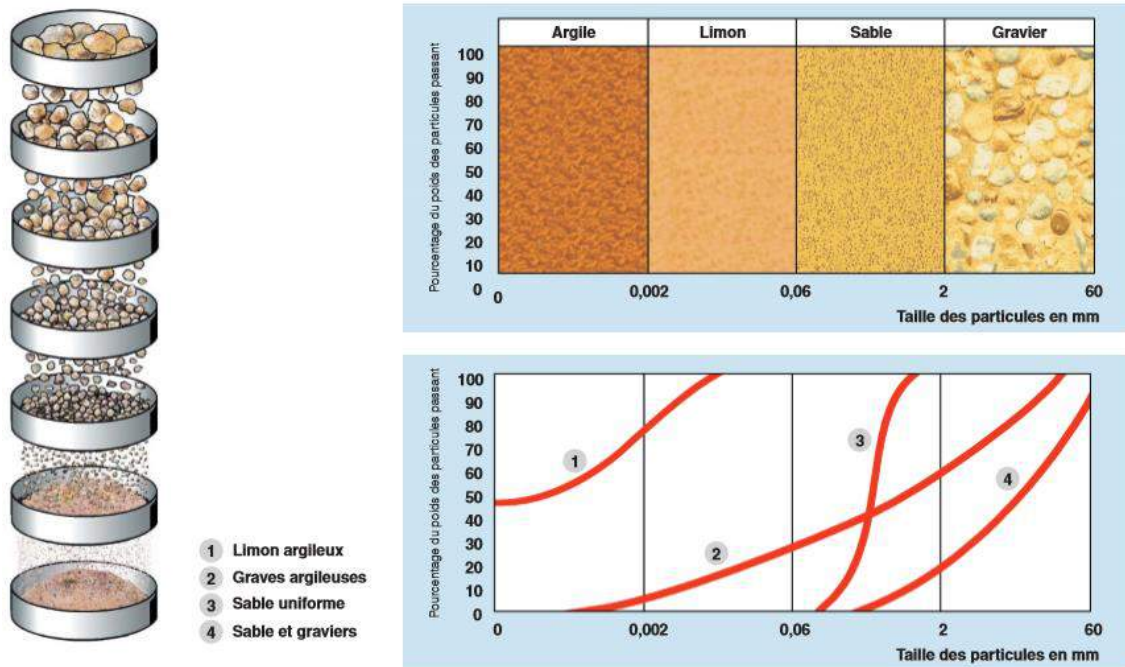


après compactage





## i. Courbes de distribution granulométriques



## ii. Effets sur les sols grenus

### *Définition des sols grenus*

- Dont la surface présente des petites aspérités en forme de grains.
- Se dit de la structure d'un sol en agrégats ovoïdes, très cohérents et peu poreux, de la taille de grains de blé, souvent abondants dans les sols cultivés humifères.

Pour un sol grenu (grossier), le compactage, c'est à dire l'augmentation du poids volumique sec «  $\gamma_d$  », améliore toutes les propriétés physiques.

Par ailleurs, la teneur en eau n'a pratiquement aucune influence sur le compactage.

Pour l'indice de densité «  $I_d$  » est élevé, plus la résistance au cisaillement du sol est élevée et plus les déformations sont faibles.

Le compactage est facilité par des grains de forme arrondie et par une granulométrie étalée.

Sur le chantier, on utilise généralement des rouleaux à pneus ou des engins vibrants.

### **iii. 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.

Il en est de même pour la compressibilité.

Le sol le plus compressible est celui dont la teneur en eau est la plus forte.

En ce qui concerne la perméabilité dans le sol compacté, celle-ci est d'autant plus faible que la teneur en eau est élevée.

Aux faibles teneurs en eau, les particules d'argile ont une structure flocculée, alors qu'aux fortes teneurs en eau, les particules sont plus orientées.

Dans les travaux routiers, contrairement aux travaux de barrage, on recherche une forte perméabilité facilitant le drainage.

On compacte donc les sols fins à l'état plutôt sec.

### **f. Paramètres du compactage**

Trois facteurs influent le compactage:

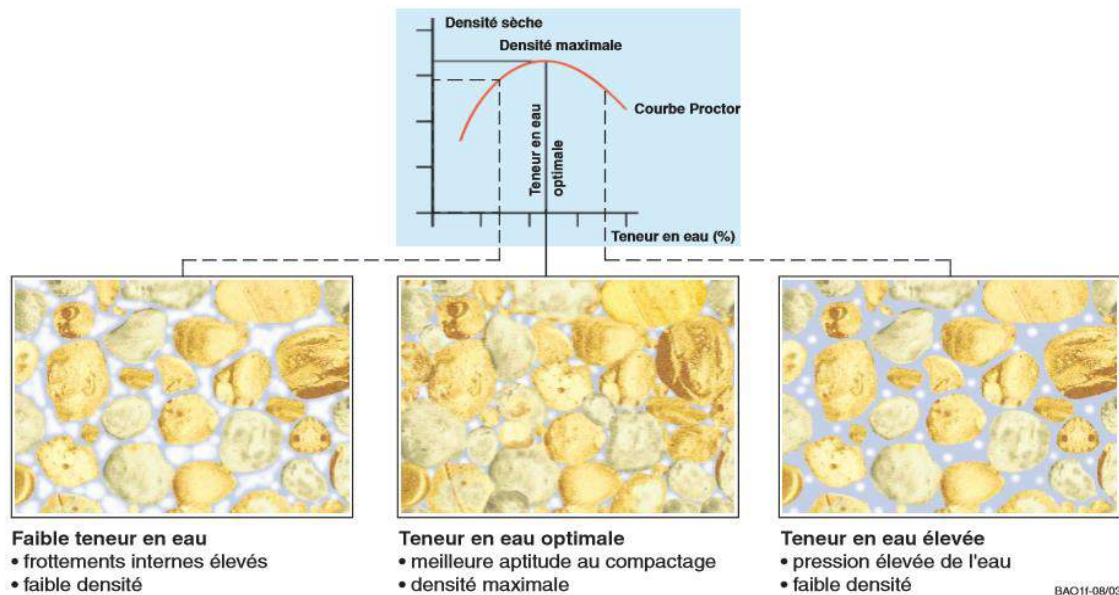
- les forces appliquées par le compacteur
- la capacité du sol à évacuer l'air
- la quantité d'eau contenue dans le sol.

Nous allons examiner ces 3 facteurs successivement :

## i. La quantité d'eau contenue dans le sol

Elle réduit la résistance au cisaillement, c'est à dire qu'elle réduit la contrainte de cisaillement sur le plan de rupture.

Il y a rupture, lorsque la contrainte de cisaillement ne dépend que de la contrainte normale agissant sur ce plan.



Considérons un sol fin. L'engin de compactage exerce une contrainte:

- si le sol est très drainant, il ne contient plus d'eau :

La pression interstitielle  $\mu$  est égale à 0. Le compactage n'est pas complet.

- si le sol est peu drainant et contient un peu d'eau : les contraintes totales augmentent. La pression interstitielle favorise le compactage.

– si le sol est non drainant, ou peu drainant et contient beaucoup d'eau, ou si la contrainte du compacteur augmente, la pression interstitielle devient très élevée.




L'air et l'eau ne pouvant s'échapper, ils repoussent le sol latéralement. C'est le "matelassage" (ou "coussin de caoutchouc").

*Les forces appliquées par l'engin de compactage :*

Plus les forces sont élevées, plus rapidement se fait le réarrangement des grains.

**La capacité du sol à évacuer l'air :**

- pour un sol granulaire, les vides sont jointifs, l'air n'a aucune difficulté à s'évacuer ;
- pour un sol argileux, en revanche, les vides sont microscopiques et l'air s'évacuera difficilement.

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

**j. Théorie du compactage (théorie de Proctor)**

Proctor a montré que le compactage est fonction de quatre paramètres :

- la masse volumique du sol sec,
- la teneur en eau,
- énergie de compactage,
- type de sol (granulométrie, minéralogie,...).

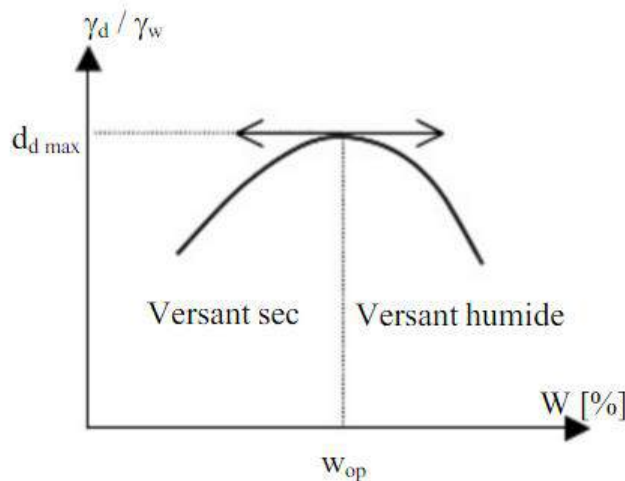


Fig. 3.1 : courbe de compactage

Lorsque la teneur en eau est élevée, l'eau absorbe une importante partie de l'énergie de compactage sans aucun profit, par contre lorsque la teneur en eau est faible, l'eau a un rôle lubrifiant important, et la densité sèche augmente avec la teneur en eau (Fig.3.1).

Les courbes de compactage varient avec la nature du sol (Fig.3.2).

Elles sont très aplaties pour les sables qui leur compactage est donc peu influencé par la teneur en eau.

Les matériaux de ce genre constituent les meilleurs remblais.

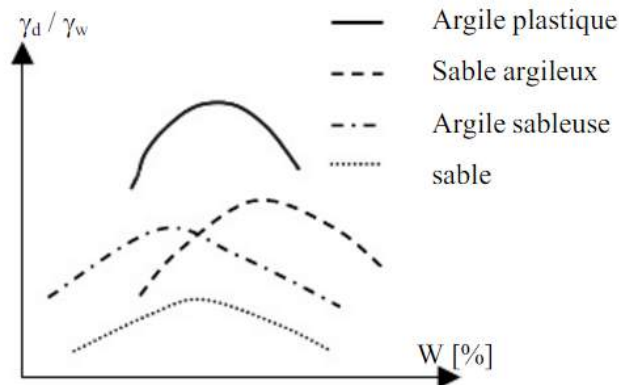


Fig. 3.2 : influence du type de sol

Lorsque l'énergie de compactage augmente, le poids volumique optimal s'accroît et la teneur en eau optimale diminue (Fig.3.3).

### k. Essais en laboratoire

On utilise dans ces essais deux moules différents :

- **Moule Proctor**: pour les matériaux suffisamment fins pour lesquels ( $\Phi \leq 5$  mm).
- **Moule CBR**: pour les matériaux à éléments plus gros pour lesquels ( $5 \leq \Phi \leq 20$  mm).

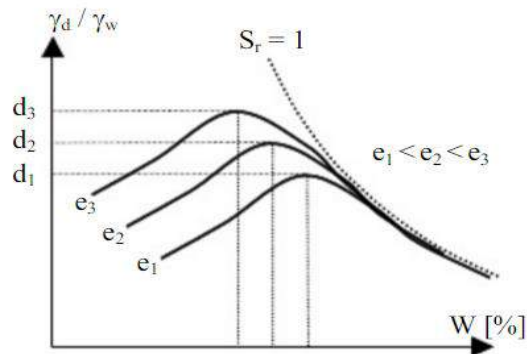


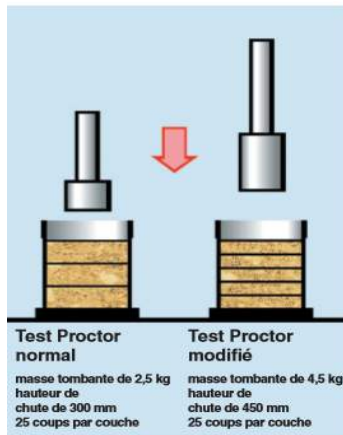
Fig. 3.3 : influence de l'énergie de compactage

## g. Courbe Proctor

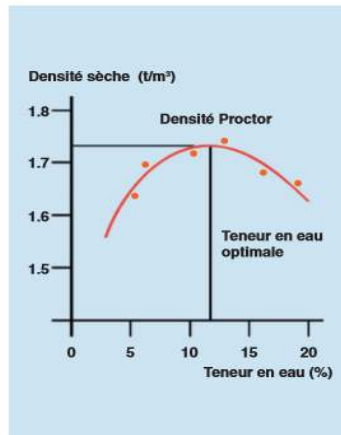
Avec chaque moule on peut effectuer deux essais différents :

**Essai Proctor normal** : Dans lequel, l'énergie de compactage est relativement faible et correspond à un compactage modéré. Il est utilisé pour l'étude des remblais en terre.

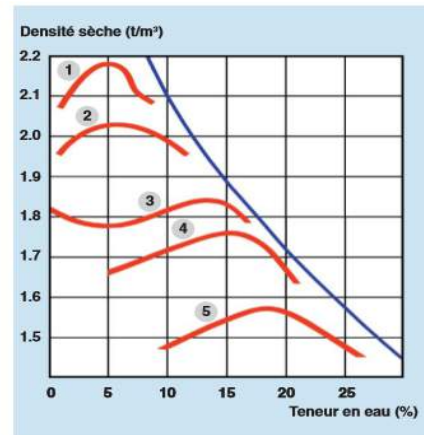
**Essai Proctor modifié** : Dans ce cas, l'énergie de compactage est plus importante. Il est utilisé pour l'étude des sols de fondation (routes, pistes d'aérodromes,...).



Test Proctor



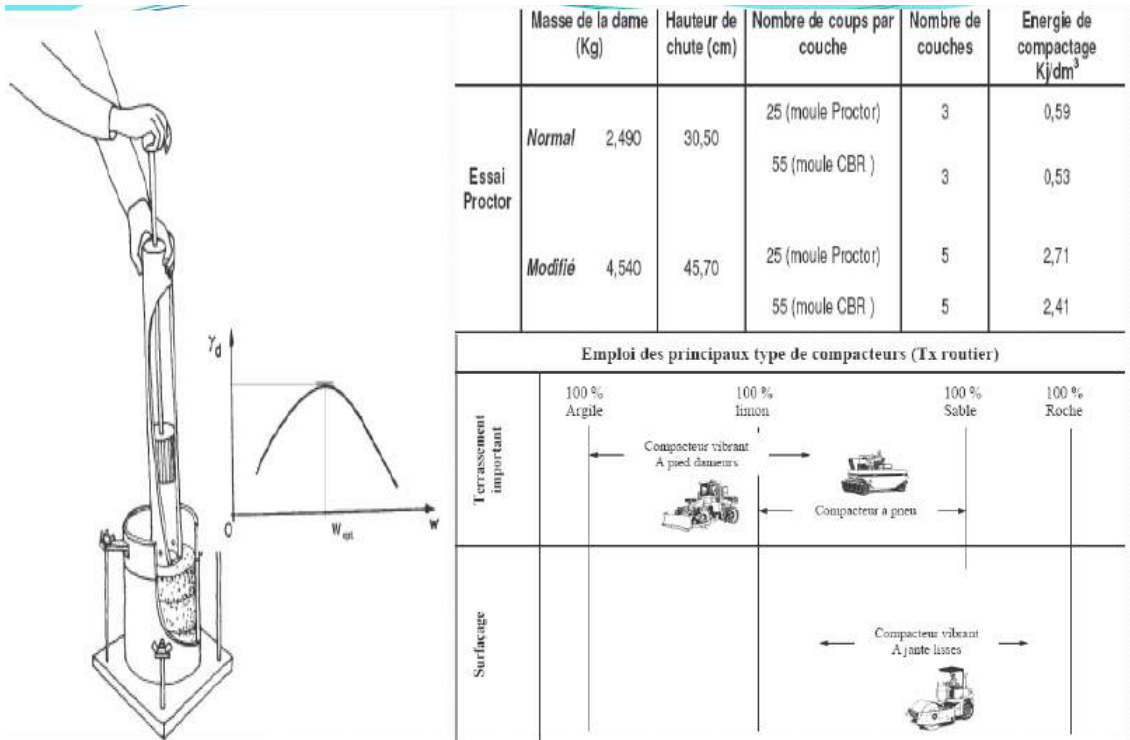
Courbe Proctor



Courbes Proctor de différents types de sols

- 1 Gravier sablonneux
- 2 Sable et graviers
- 3 Argile lourde
- 4 Limon sablonneux
- 5 Argile lourde




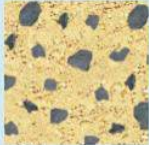




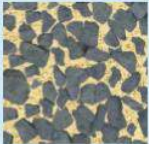





### h. Compactage de mélanges bitumineux



92 - 97% de granulat  
 3 - 8% de liant

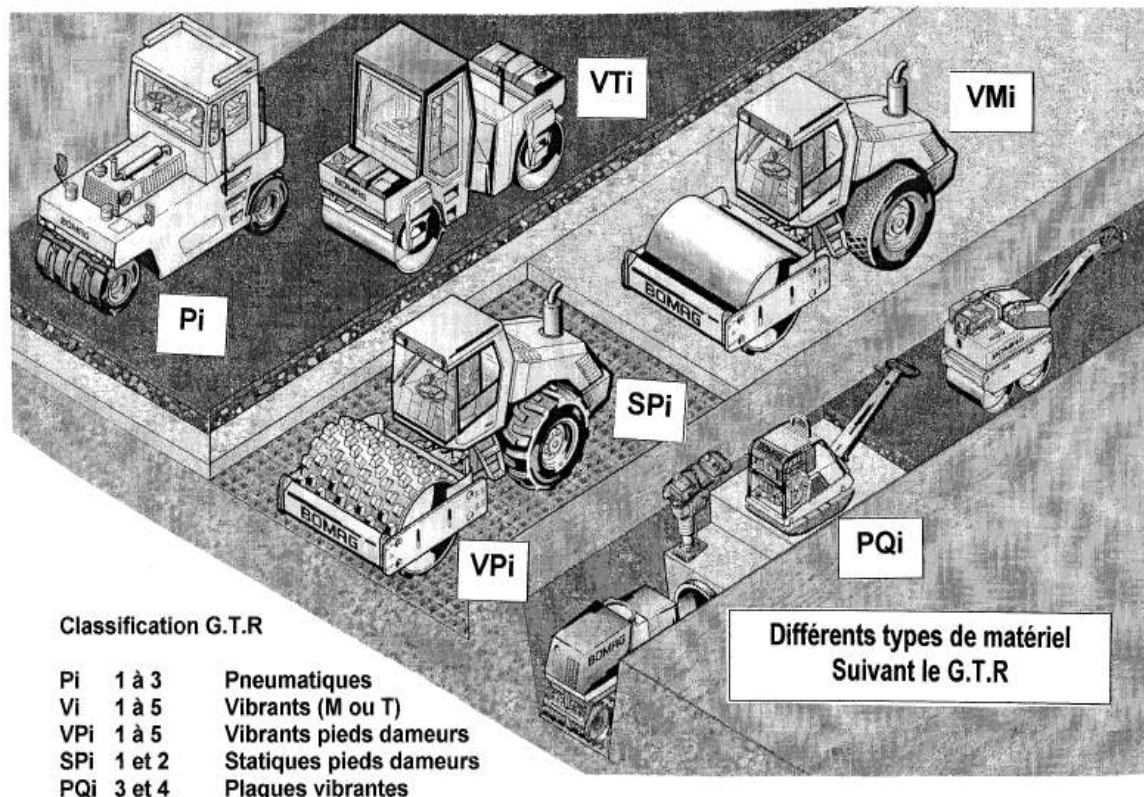
- Mélanges bitumineux
- Macadams

Constitution					Propriétés	Applications
					<ul style="list-style-type: none"> <li>faible stabilité,</li> <li>sensible au marquage,</li> <li>sensible à l'ondulation,</li> <li>facile à compacter.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>routes à faible circulation,</li> <li>routes secondaires,</li> <li>routes locales,</li> <li>pistes cyclables,</li> <li>aires de stationnement.</li> </ul>
gravier	faible teneur en pierres	dimension max. des pierres peu élevée	faible teneur en matières fines	bitume fluide		
					<ul style="list-style-type: none"> <li>stabilité élevée,</li> <li>friction interne élevée,</li> <li>difficile à compacter.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>routes à grande circulation,</li> <li>autoroutes,</li> <li>routes nationales,</li> <li>aéroports.</li> </ul>
granulat concassé	forte teneur en pierres	dimension max. des pierres importante	teneur en fines matières élevée	bitume épais		

## i. Types de compactage

Les engins de compactage les plus utilisés sont classés en 3 catégories :

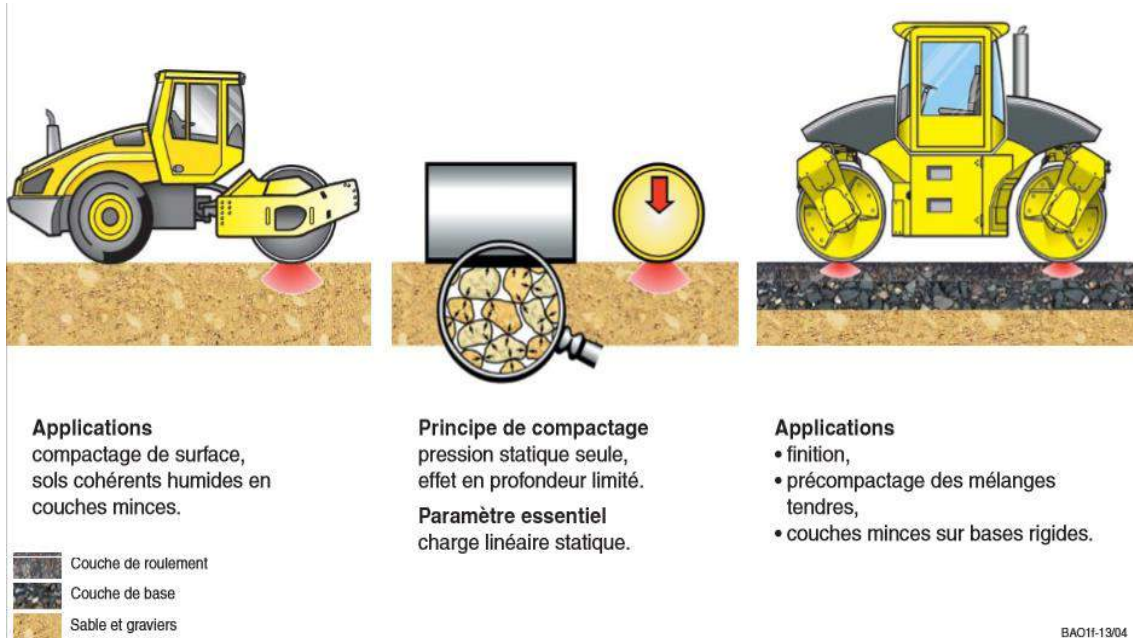
- les rouleaux à pneus,
- les rouleaux vibrants,
- les rouleaux à pieds dameurs.





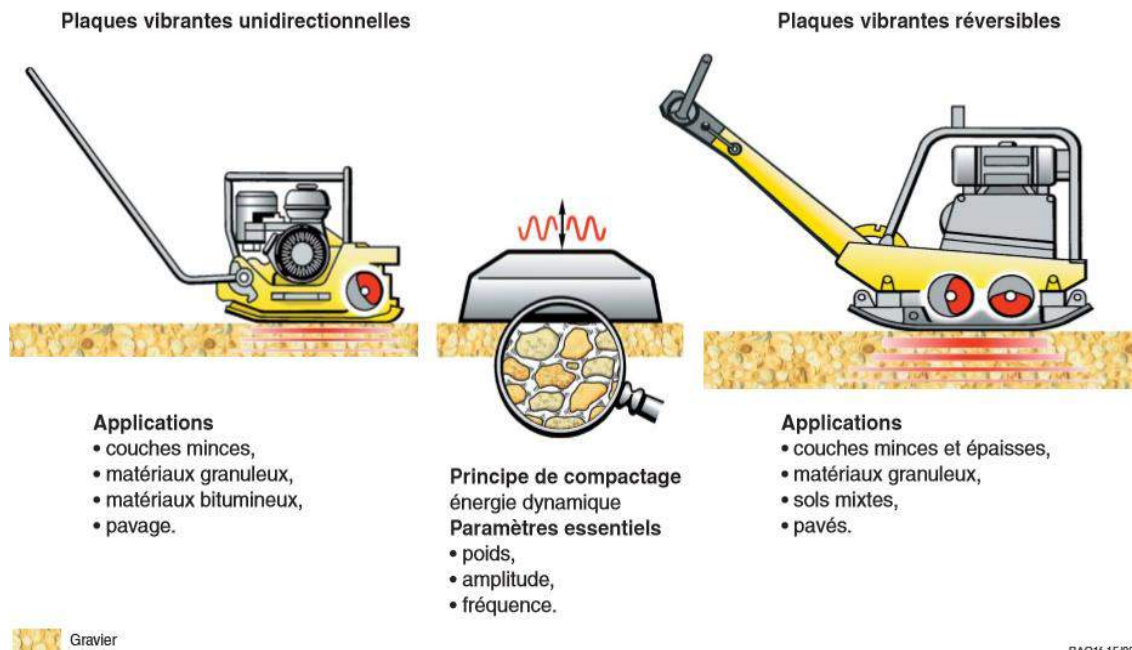
## i. Compactage statique

Pour les sols pulvérulents et granulaires, le compactage efficace se fait par vibration en utilisant : plaque vibrante manuelle, rouleau vibrant autopropulsé, rouleau à pneus et grosse masse en chute libre.



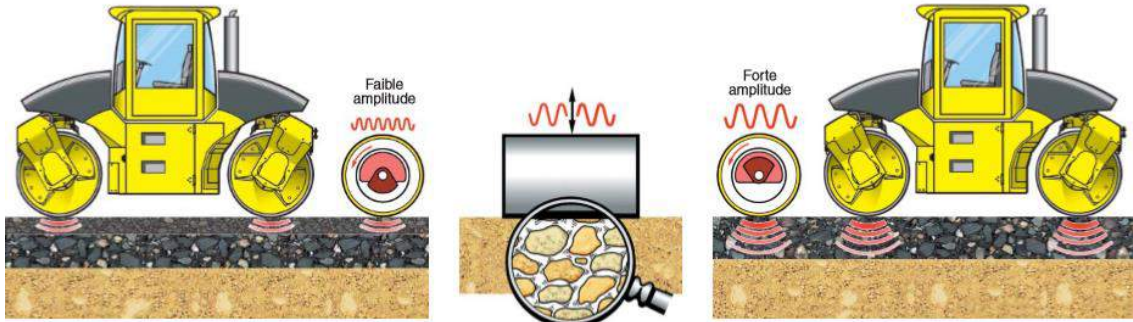
## 3.12.2. Compactage dynamique par plaque vibrante

### 3.12.2.2. Plaques vibrantes



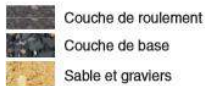
### 3.12.3. Compactage par vibration

#### 3.12.3.1. Rouleaux tandem avec système d'excitation circulaire



##### Applications

- couches de roulement,
- couches de base bitumineuses,
- compactage de surface des couches de base granuleuses.



##### Principe de compactage

pression statique et énergie dynamique

##### Paramètres essentiels

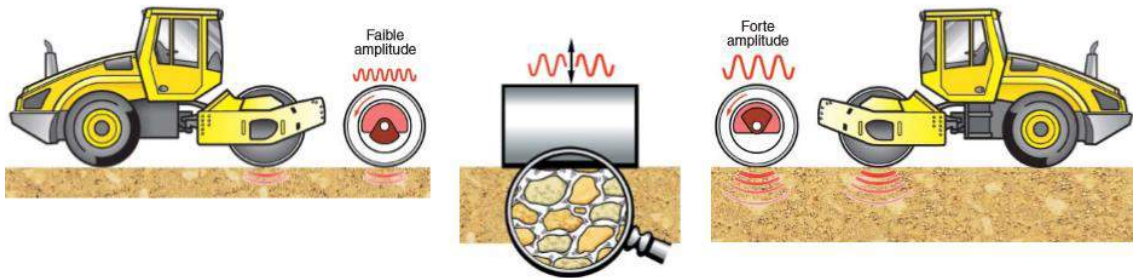
- charge linéaire statique,
- masse vibrante,
- amplitude,
- fréquence.

##### Applications

- bases bitumineuses,
- bases granuleuses,
- couches de base traitées aux liants hydrauliques,
- sous-couches.

BAO11-16/03

#### 3.12.3.2. Rouleaux monocylindres avec système d'excitation circulaire



##### Applications

- couches minces,
- matériaux granuleux,
- couche de base granuleuse sans liant bitumineux,
- compactage de surface des couches granuleuses épaisses.



##### Principe de compactage

pression statique et énergie dynamique.

##### Paramètres essentiels

- charge statique linéaire,
- masse vibrante,
- amplitude,
- fréquence.



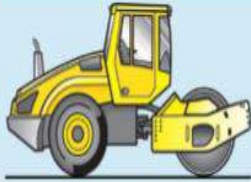







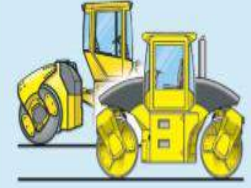
##### Applications

- couches épaisses,
- matériaux granuleux et cohérents,
- couches de base traitées aux liants hydrauliques,
- sous-couches,
- remblais,
- barrages.

BAO11-17/04

### 3.12.2.2. Domaines d'application des rouleaux vibrants

#### a) Application usuel

application	Type de rouleau	charge linéaire statique kg/cm	amplitude mm	fréquence Hz	vitesse km/h
terrassement barrages  		$\geq 30$	$\geq 1,5$	28 - 35	1 - 2,5
couches de base granuleuses sous-couches   	 	$\geq 10$	$\geq 0,4$	28 - 60	2 - 4
couche de base couche de roulement  		10 - 30	0,35 - 0,9 $\leq 0,5$	30 - 60 40 - 60	2 - 4 2 - 6

BA011-22/04

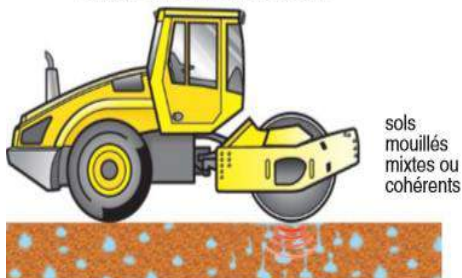
## b) Problèmes de compactage

### Compactage trop fort



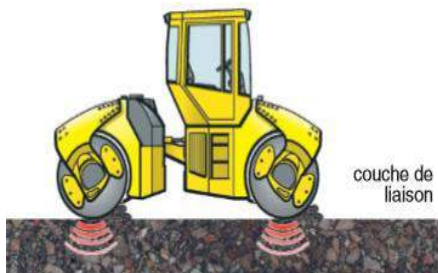
- effets de foisonnement,
- résultats de compactage médiocres.

### Degré d'humidité excessif



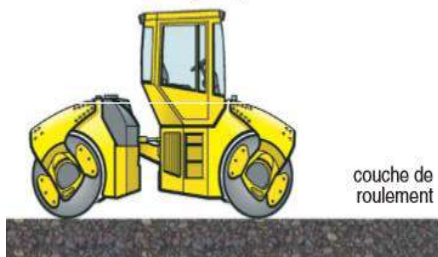
- l'eau remonte à la surface,
- consistance faible du sol,
- résultats de compactage médiocres.

### sur mélanges instables



- marquages,
- ondulations,
- finition médiocre.

### sur mélanges rigides



- résultats de compactage médiocres

### Recommandations



rouleau lourd  
petite amplitude

rouleau moyen  
amplitude petite ou grande

plaques vibrantes  
moyennes à lourdes

### Teneur en eau réduite, inférieure au niveau optimum par



séchage ...

application du rouleau à  
pieds dameurs et couches  
minces ...

stabilisation

BAO11-23/04

### Recommandations



après refroidissement,  
utiliser le compactage  
statique suivi du  
compactage vibrant

rouleaux vibrants légers ou  
de moyenne gamme  
petite amplitude

Asphalt Manager



compactage vibrant avec  
une température élevée  
du mélange

rouleau vibrant lourd

Asphalt Manager

BAO11-26/03

### 3.13. Spécification et contrôle du compactage des sols

Le contrôle de compactage est effectué par un laboratoire (de l'entreprise) et vérifié par un laboratoire agréé désigné par le maître de l'ouvrage, ce contrôle est fait systématiquement après chaque mise en œuvre d'une couche de remblai, ce contrôle est fait à priori et à posteriori par des essais qui sont :

- Essai PROCTOR modifié sur les matériaux de remblai.
- Mesure de la teneur en eau.
- Mesure de la compacité

Les paramètres déterminant la qualité du compactage dépendent en général du type de l'ouvrage à édifier.

On peut trouver des conditions sur :

- La masse volumique du matériau sec
- Sa teneur en eau
- Propriétés géotechniques mécaniques (perméabilité, retrait et gonflement).

Il y a deux catégories de spécifications pour les travaux de terrassement :

- spécifications du produit fini (cas de routes et bâtiments),
- spécifications de la méthode employée.

#### Spécification du produit fini

On impose la compacité relative définie par :

$$C.R. = \frac{\rho_{d \text{ site}}}{\rho_{d \text{ max}}} \quad (2)$$

Où

- $\rho_{d \text{ site}}$  : masse volumique du matériau sec obtenue sur site,
- $\rho_{d \text{ max}}$  : masse volumique du matériau sec obtenue en laboratoire.

#### Spécification des méthodes de compactage

On précise :

- le type et le poids du rouleau qui sera utilisé,
- le nombre de passages nécessaire,
- l'épaisseur des couches de sol,
- la grosseur maximale des granulats.

### 13.3.1. Essai PROCTOR modifié sur les matériaux de remblai

### 13.3.2. Mesure de la teneur en eau.

La maîtrise de la teneur en eau ;

- en s'assurant de la sensibilité à l'eau des matériaux,
- en évitant les ornières ou cuvettes en aménageant des pentes suffisantes (10%)
- en s'assurant qu'il existe un dispositif complet d'évacuation d'eau.

Dans les zones de forte pente, il peut être nécessaire de réaliser des redans qui permettront d'augmenter et d'assurer la stabilité des remblais, leur dimension et plus particulièrement le rapport hauteur sur largeur, dépendra des caractéristiques mécaniques des matériaux du sol de la zone support de remblai.

### 13.3.3. Mesure de la compacité

La mesure du compactage s'effectue par plusieurs types d'appareils dont on cite les plus utilisés :

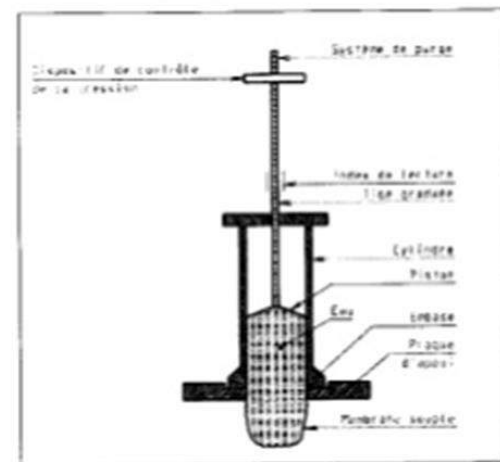
#### 13.3.3.1. Densitomètre à membrane

Le densitomètre permet la mesure de la masse volumique des sols **in situ**, la comparaison avec celle de l'essai Proctor (densité optimale), nous donne la compacité, exprimé en pourcentage (exemple 95%).



#### Mode opératoire du densitomètre à membrane.

- Vérifier que le densitomètre est plein d'eau.
- Choisir une surface plane du sol et fixer le densitomètre à l'aide des clous prévus à cet effet.
- Séparer le densitomètre de sa base carrée.
- Enlever la plaque circulaire de protection.
- Remonter le densimètre sur sa base carrée, pousser modérément sur les poignets : Noter le volume  $V_0$ .
- Tirer sur les poignets vers le haut pour faire remonter la membrane.
- Séparer de nouveau le densimètre de sa base carrée et le déposer quelque part (Attention à ne pas perforer la membrane).
- Creuser un trou d'environ 500 cm<sup>3</sup> dans le cercle central et recueillir le matériau dans un bac pour le peser : masse  $m$ .



### Densitomètre .

- Remonter le densimètre sur sa base carrée et pousser de nouveau sur les poignets.
- Noter le volume  $V_1$ .
- Tirer de nouveau sur les poignets vers le haut pour faire remonter la membrane.
- Détacher l'appareil du sol,
- le nettoyer et le ranger.
- Enlèvement de la plaque de protection.

La masse volumique du sol est donnée par :

$$\rho = \frac{m}{V_1 - V_0}$$

### 13.3.3.2. Essai TROXLER (gamme densimètre)

C'est un **appareil radioactif**, il mesure la compacité sur place, contrairement au densitomètre à membrane.

Le TOXLER nous donne même compacité des couches en profondeur pas que des couches de surface, il mesure en deux parties.

- rétro diffusion pour les couches inférieures à 30 cm.
- Transmission directe : pour les couches de 30 cm.

L'essai consiste à contrôler les compacités des couches mises en œuvre et du sol support après introduction d'une densité sèche maximale de l'essai PROCTOR modifié.

Le **TROXLER** nous détermine :

- la densité sèche et humide,
- la teneur en eau,
- la compacité de l'échantillon.

### Principe de l'essai

Ce contrôle se fait en plusieurs endroits (points) de la couche mise en œuvre tout le long de la chaussée.

Avant d'effectuer les mesures on procède au préalable à un étalonnage sur une plateforme en introduisant la correction nécessaire calculée par la



formule suivante :

$$K = \frac{W_{\text{étuve}} - W_{\text{sonde}}}{W_{\text{sonde}}} + 100$$

Avec :

- $W_{\text{étuve}}$ .....
- $W_{\text{sonde}}$ .....

### 13.3.3.3 Essai de plaque

#### Définition et but de l'essai

L'essai consiste à mesurer le déplacement vertical d'un point de la surface du sol situé à l'aplomb du centre de gravité d'une plaque rigide chargée cet essai est destiné au contrôle de compactage.



#### Principe de l'essai :

En un point choisi du sol à contrôler, on procède à l'enfoncement d'une plaque suivant deux cycles de chargements.

#### Appareillage :

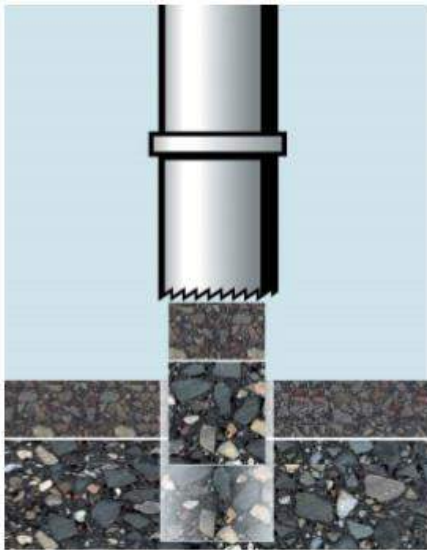
- Une plaque rigide circulaire de 0,30 m, 0,45m, 0,60 de diamètre.
- Un engin de 12 tonne (camion en général) permettant de réaliser la réaction nécessaire.
- Un vérin hydraulique qui doit être d'une puissance suffisante pour pouvoir développer la force nécessaire, équipé d'un manomètre.
- Des compacteurs d'une pression de 1/100
- Une poutre triangulaire sur trois appuis légers mais rigides et indéformables.



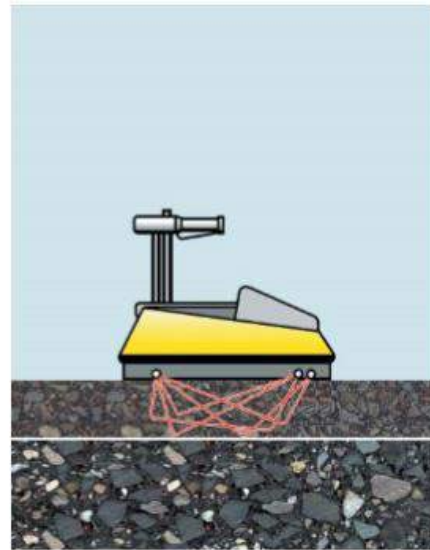
## Mode opératoire

- Aplanir l'emplacement sur lequel la plaque doit venir s'appuyer et débarrasser les parties meubles.
- Parfaire le triangle les appuis de triangle doit être suffisamment éloignés de la plaque et des appuis de la charge de réaction de réaction pour échapper aux mouvements du sol qui se produisent pendant l'essai.
- Enfoncer la plaque suivant deux cycles de chargement.
- Mesure l'enfoncement correspondant à chaque ou décharge.
- Calculer les modules de déformation  $EV_1$ ,  $EV_2$  et le coefficient de compactable.

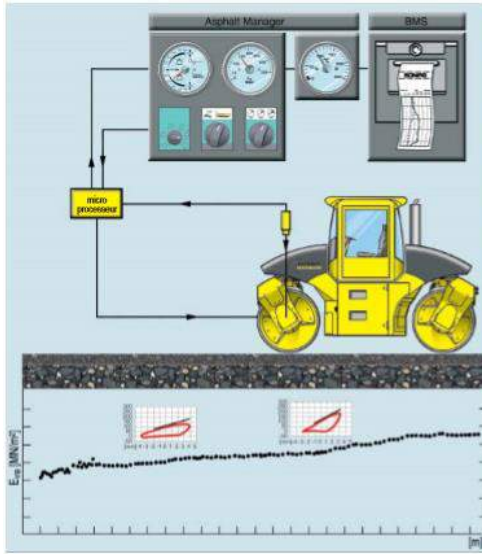
### 3.14. Contrôle de compactage des mélanges bitumineux



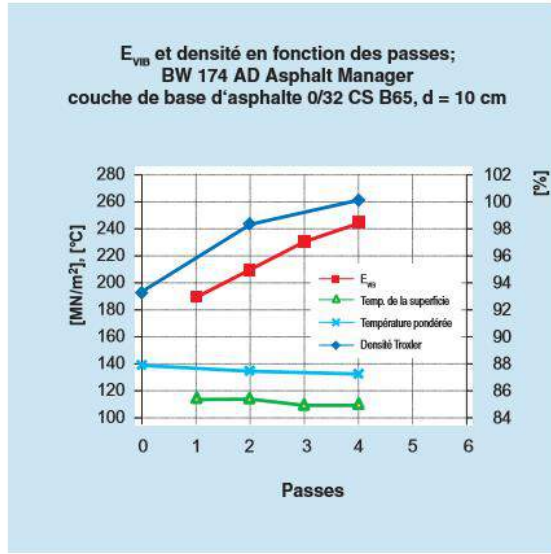
carottage



sondage nucléaire



Asphalt Manager



Rapport entre  $E_{vb}$  et la densité

### 3.15. Type de compacteurs

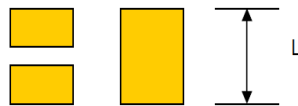
#### 3.15.1. Rouleaux monocylindres et rouleaux tandem

Ils sont utilisés pour les terrains cohérents non argileux.

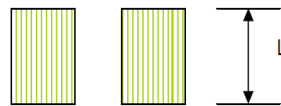
Les plus répandus, car polyvalents.



20.



Tricycle



Tandem



Ils sont classés en fonction de la charge statique appliquée par unité de largeur de cylindre.

- \* V1 : charge statique par unité de largeur compactée de 15 à 25 Kg/cm
- \* V2 : charge statique par unité de largeur compactée de 25 à 35 Kg/cm
- \* V3 : charge statique par unité de largeur compactée de 35 à 45 Kg/cm
- \* V4 : charge statique par unité de largeur compactée > 45 Kg/cm

A l'intérieur de ces classes, il y a des sous-classes a, b, c, d en fonction des caractéristiques dynamiques de l'engin. Ils sont également classés en fonction de leur morphologie :

- *rouleau vibrant MONOAXE TRACTE*

1 cylindre vibrant

1 châssis avec un attelage à l'extrémité

1 moteur pour la vibration.

Très efficace dans les remblais rocheux.



- *rouleau vibrant MONOCYLINDRE AUTOMOBILE*

1 seul cylindre vibrant, automoteur

1 seul moteur pour la traction et la vibration.

Très maniable et très confortable.



### 3.15.2 Les rouleaux à pneus

Ils sont utilisés pour le compactage des terrains non cohérents.

C'est la charge par roue qui conditionne l'efficacité en profondeur, la pression de contact conditionne l'efficacité superficielle.

Ils sont classés en 3 types :

P1 dont la charge par roue est de 2,5 à 4 T

P2 dont la charge par roue est de 4 à 6 T

P3 dont la charge par roue est > 6 T



### 3.15.3. le rouleau mixte CYLINDRE-PNEUS

Association d'un cylindre vibrant et d'un rouleau à pneus.

Surtout utilisé pour les graves-émulsion.



### 3.15.4. Les rouleaux à pieds dameurs

Ce sont les descendants directs des rouleaux à pieds de moutons qui reproduisaient l'empreinte de ces animaux qui compactaient très bien les pistes en herbe des aérodromes de la 1ère moitié du siècle.

La surface du cylindre est garnie de plots en acier qui se dégagent en remontant sans arracher le sol.

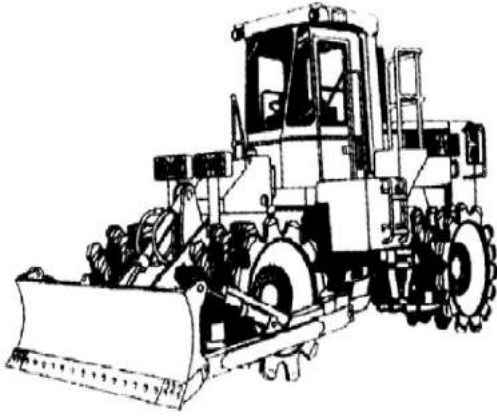
Très adapté pour les sols fins plastiques.



Ils sont utilisés pour les terrains cohérents. En particulier il est indispensable pour les terrains argileux.

Classés en deux catégories, en fonction de la charge statique par unité de largeur de cylindre : (- d° - rouleaux vibrants).

- PD1 : charge moyenne de 30 à 60 Kg/cm
- PD2 : " " > 60 Kg/cm



Autre engin utilisé pour le compactage : c'est l'**arroseuse** : sa capacité doit être en rapport avec le chantier.

