

Chapitre 2

Implantation des ouvrages et terrassement

Technologie de construction 1– 1AGC – ISET Siliana

Ben Ali Fradj

Wafi Rached

benali.fradj@gmail.com

rached.wafi@esprit.tn

Plan du chapitre

I. Implantation

II. Terrassement

II.1. Définitions

II.2. Les étapes de terrassement

II.3. Caractéristiques des terrains de terrassement

II.4. Foisonnement des terres

II.5. Les fouilles

II.6. Exécution des fouilles

II.7. Temps d'exécution des fouilles

II.8. Assèchement des fouilles

II.9. Blindage des fouilles

III. Les engins de terrassement

IV. La production des engins

I. Implantation

L'implantation d'une construction est une opération très vaste puisqu'elle va du simple rétablissement de limite entre deux voisins jusqu'au tracé d'une route, voie ferrée, bâtiment, etc.

L'implantation consiste à tracer sur le terrain, en suivant les indications d'un plan, la position exacte d'un ou plusieurs bâtiments, ouvrages d'art, axes de voies de communication, etc.

Il s'agit de :

- Déterminer sur le terrain l'emplacement de la construction
- Situer la position des murs de façade, les poteaux...

II. Terrassement

II.1. Définitions

❑ **Le terrassement** : désigne l'ensemble des opérations de mise en forme d'un terrain liées à l'édification d'une construction (nivellement du sol, fouille pour l'exécution des fondations, tranchée pour la mise en place des canalisations...).

En outre, les terrassements constituent les travaux de préparation de l'infrastructure des ouvrages de génie civil. Ils permettent d'établir la plateforme des niveaux inférieurs d'une construction ainsi que l'accès à ces niveaux



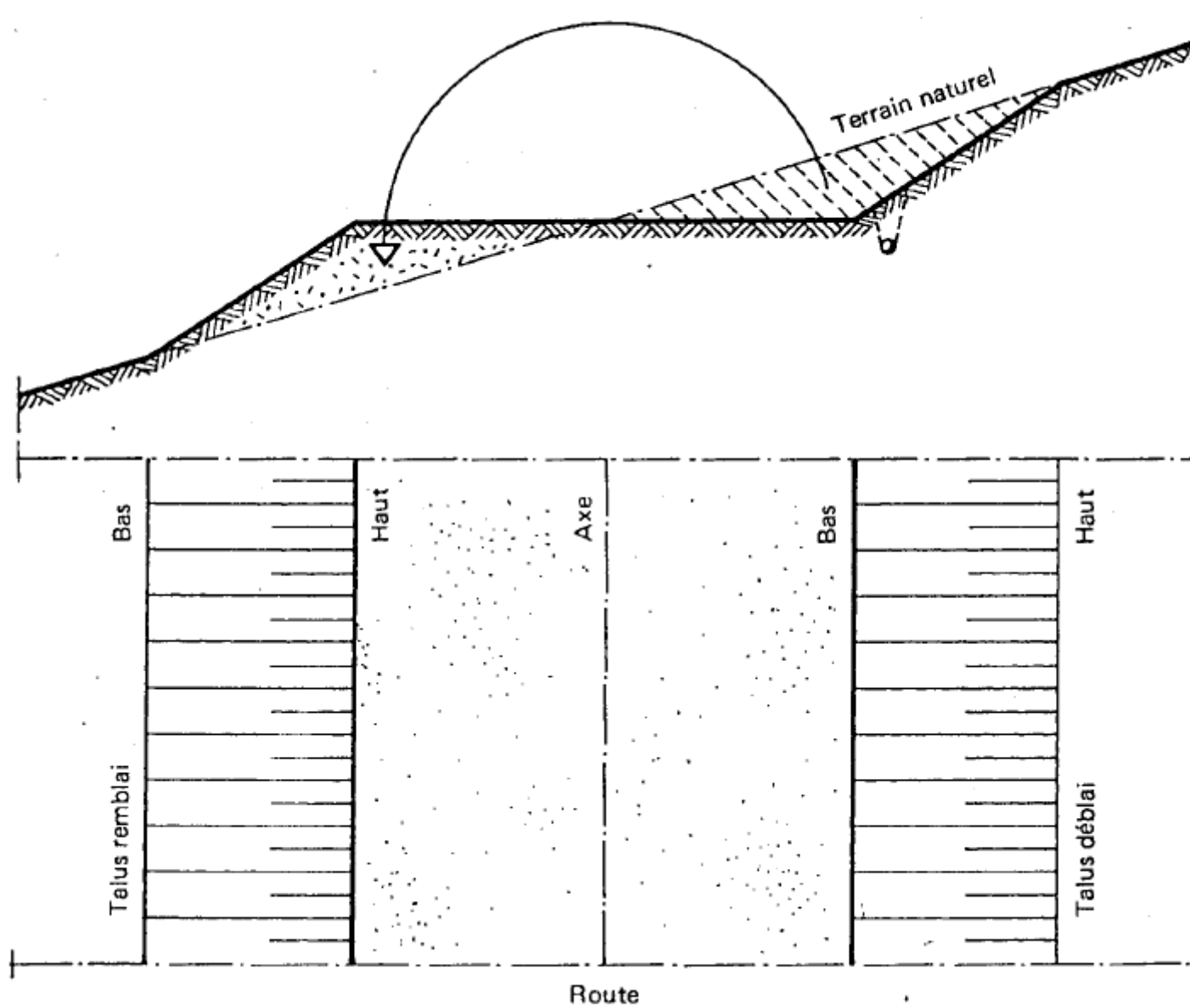
Chantier de terrassement autoroutier

- ❑ **Le décapage :** Le décapage des terres est un terrassement de faible profondeur (environ 20 cm) est de grande surface. L'opération de décapage est faite en général, pour se débarrasser de la terre végétale.

- ❑ **Le déblais :** Le déblais consiste à abaisser le niveau du terrain par un enlèvement des terres. Il peut être réalisé manuellement (pelles, pioches) ou mécaniquement à l'aide d'engins.

- ❑ **Le remblais :** Le remblais consiste à rapporter des terres, afin de relever le niveau du terrain. Il est constitué par des couches superposées qui ne doivent contenir aucun débris de végétaux (d'où la nécessité de l'opération de décapage avant de remblayer). En principe les remblais sont commencés par les points les plus bas. Il sont exécutés par des couches de 20 cm.

La figure suivante représente des déblais et des remblais pour un profil en travers routier



- ❑ D'une façon générale tout mouvement de terres (remblai ou déblai) constitue un terrassement.
- ❑ Le domaine des terrassements est économiquement très important dans les travaux publics puisqu'il représente environ 25 % de chiffre d'affaires de la profession.
- ❑ Les travaux de terrassement s'appliquent:
 - aux infrastructures **linéaires** (Routes, autoroutes, voies ferrées);
 - aux plates-formes aéroportuaires;
 - aux plates-formes industrielles;
 - aux barrages, surtout en terre, et aux digues;
 - aux fondation de dallages de bâtiments.
- ❑ Ces trente dernières années la technique de terrassement a connu une véritable révolution due à l'apparition sur le marché d'engins très variés et spécialisés.
- ❑ Les choix réalisés lors des études auront des conséquences majeurs sur l'économie du projet.

❑ Une mauvaise option concernant le réemploi des terres mènera à des surcoûts importants dus à la nécessité d'un traitement non prévu, à la recherche d'un nouveau gisement, aux transports des matériaux et au dépassement des délais.

❑ En ce qui concerne les grandes infrastructures , les principaux paramètres sont les suivants:

- Réemploi des terres (opérations de déblai – remblai),
- Possibilité d'utiliser des « emprunts » à proximités du remblai à construire

II.2. Étapes de terrassement

1

Les travaux préparatoires

- Abattages d'arbres.
- Dessouchages divers.
- Démolitions diverses.
- Installation de chantier.
- Piquetage général (travaux topographiques).

2

Le décapage de la terre végétale

Comment ??

- Enlever la couche superficielle du terrain naturel sur une épaisseur de 15 à 30 cm.

Pourquoi ??

- Enlever les débris d'arbres (racines, branches, feuilles) et le sol végétal superficiel.
- Stockage de la T.V. pour la reprendre en fin de chantier afin d'établir les divers aménagements végétalisés (talus, T.P.C, giratoires...)

Comment ??

→ Exécution des **DEBLAIS** (enlèvement des terres) et des **REMBLAIS** (relèvement du niveau du terrain naturel).

Pourquoi ??

→ Modeler le terrain naturel en fonction des conditions géométriques définies par les plans d'exécution (tracé en plan, profil en long, profil en travers) du projet.

II.3. Caractéristiques des terrains de terrassement

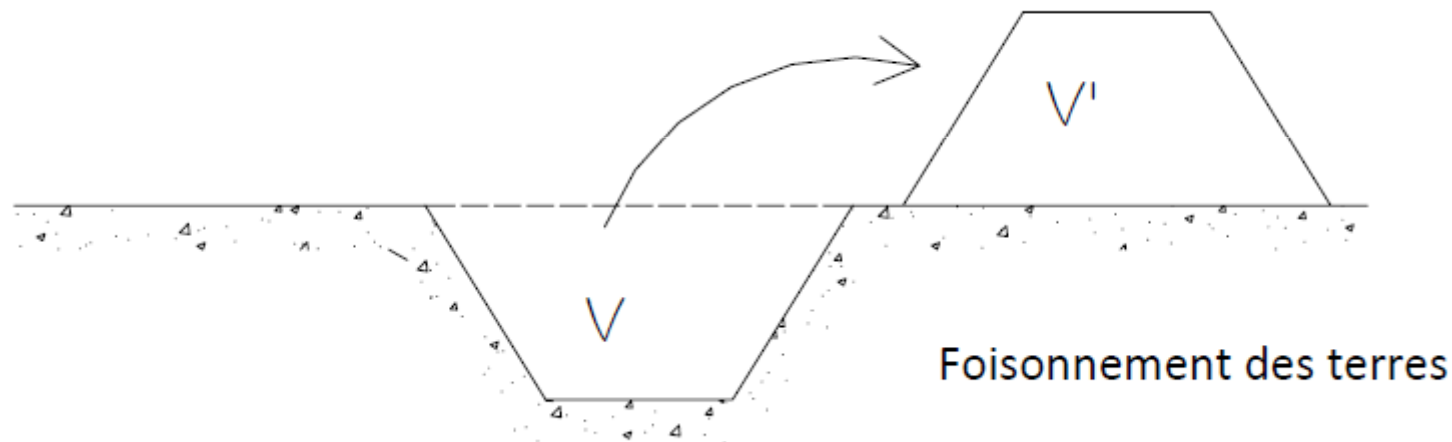
Les terrains sont classés en fonction des difficultés qu'ils présentent à l'exécution des terrassements. Le tableau suivant résume cette classification.

Désignation	Nature	Caractéristiques
Terrain ordinaire	sables, terres, gravois	terre végétale : à ameublir à la pioche ; sable, gravois : faciles à prendre à la pelle
Terrain semi-compact ou moyen	pierreux, caillouteux, argileux	facilement attaquant à la pioche, difficile à prendre à la pelle
Terrain dur	argile et marne compacte	attaquant au marteau pneumatique, difficilement à la pioche
Terrain compact	roches calcaires, anciennes maçonneries	attaquant au marteau pneumatique ; emploi des explosifs

II.4. Foisonnement des terres

D'une manière générale, lorsqu'on procède à un terrassement le volume des terres prélevées est toujours supérieur au volume des fouilles exécutées. Ce phénomène est plus connu sous le nom foisonnement des terres.

Ainsi comme le montre la figure suivante des terres déchargées V' est supérieur au volume de la fouille. On dit que le terrain a foisonné.



$$V' > V \text{ ou } V' = V \left(1 + \frac{1}{M} \right)$$

Le coefficient $\frac{1}{M}$ est appelé indice de foisonnement

La connaissance du foisonnement est nécessaire pour les travaux de terrassement afin de :

- ☐ estimer le volume final du sol excavé.
- ☐ déterminer la capacité des véhicules de transport des déblais

II.5. Les fouilles

Les fouilles sont des terrassements dont la profondeur, rapportée à la surface ou à la largeur, est plus importante.

Fouille en pleine masse

C'est une fouille réalisée sur la totalité de l'emprise du bâtiment, plus ou moins profonde, selon la partie enterrée de la construction.

Fouille en rigole

La fouille en rigole est destinée à recevoir les semelles filantes, les fondations, les canalisations...

- Largeur : $\leq 2\text{m}$
- Longueur : $\geq 3\text{m}$
- profondeur : $\leq 3\text{m}$

Fouille en tranchée

La fouille en tranchée est destinée à recevoir les semelles filantes, les fondations, les canalisations...

- Largeur : $\leq 2\text{m}$
- Longueur : $\geq 3\text{m}$
- profondeur : $\geq 3\text{m}$

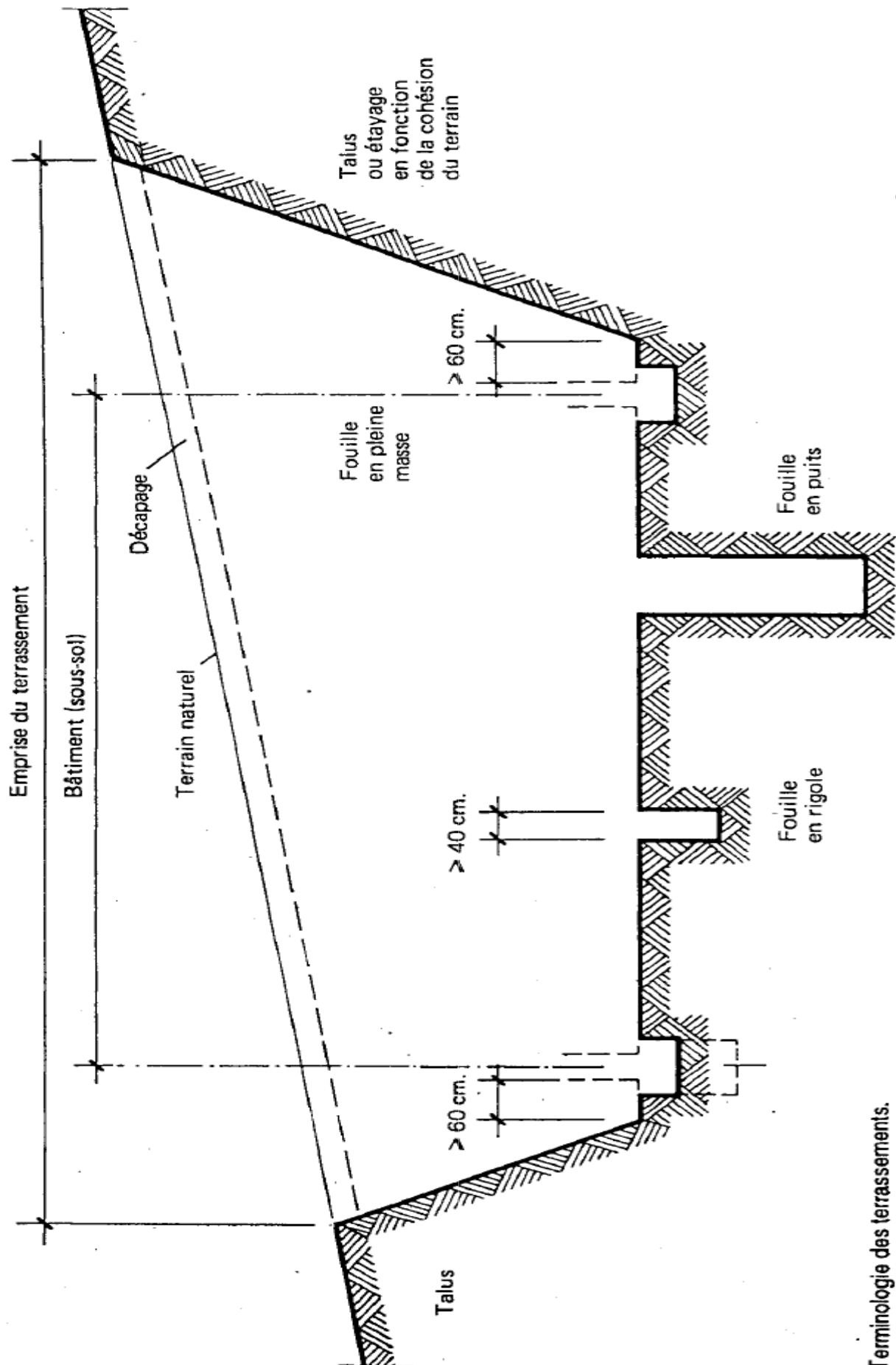
Fouille en puits

La fouille en puits est un terrassement de petite surface et de grande profondeur.

- Largeur : $\leq 3\text{m}$
- Longueur : $\leq 3\text{m}$
- profondeur : quelque soit

Fouille en galerie

C'est une fouille souterraine pratiquée horizontalement à l'intérieur d'un massif.



Terminologie des terrassements.

II.6. Exécution des fouilles

Pour l'exécution manuelles des fouilles, il faut tenir compte :

- de l'aisance de mouvement de l'ouvrier.
- de l'évacuation possible des déblais.

L'aisance de mouvement est surtout fonction d'une relation entre la largeur et la profondeur de la fouille, c'est-à-dire que plus une fouille est profonde plus elle doit être large (largeur d'une pelle 40 cm).

II.7. Temps d'exécution des fouilles

DÉSIGNATION	NATURE	CARACTÉRISTIQUES	TEMPS POUR 1m ³ DE FOUILLE
TERRAIN ORDINAIRE	Sables, terres, gravois	Terre végétale à ameublir à la pioche. Sable, gravois faciles à prendre à la pelle	45 min
TERRAIN SEMI COMPACT OU MOYEN	Pierreux, caillouteux, argileux	Facilement attaquable à la pioche, difficile à prendre à la pelle	1h 12 min
TERRAIN DUR	argile et marne compacte	attaquable au marteau pneumatique, difficilement à la pioche	1h 33 min
TERRAIN COMPACT	roches calcaires, anciennes maçonneries	attaquable au marteau pneumatique ; emploi des explosifs	2h 45 min

II.8. Assèchement des fouilles

Il est préférable d'obtenir un fond de fouille sec pour permettre l'excavation, le traçage et l'exécution des fouilles.

Si le fond de fouille est au dessous du niveau de la nappe d'eau, il est indispensable d'abaisser le niveau de la nappe par un rabattement par pompage.

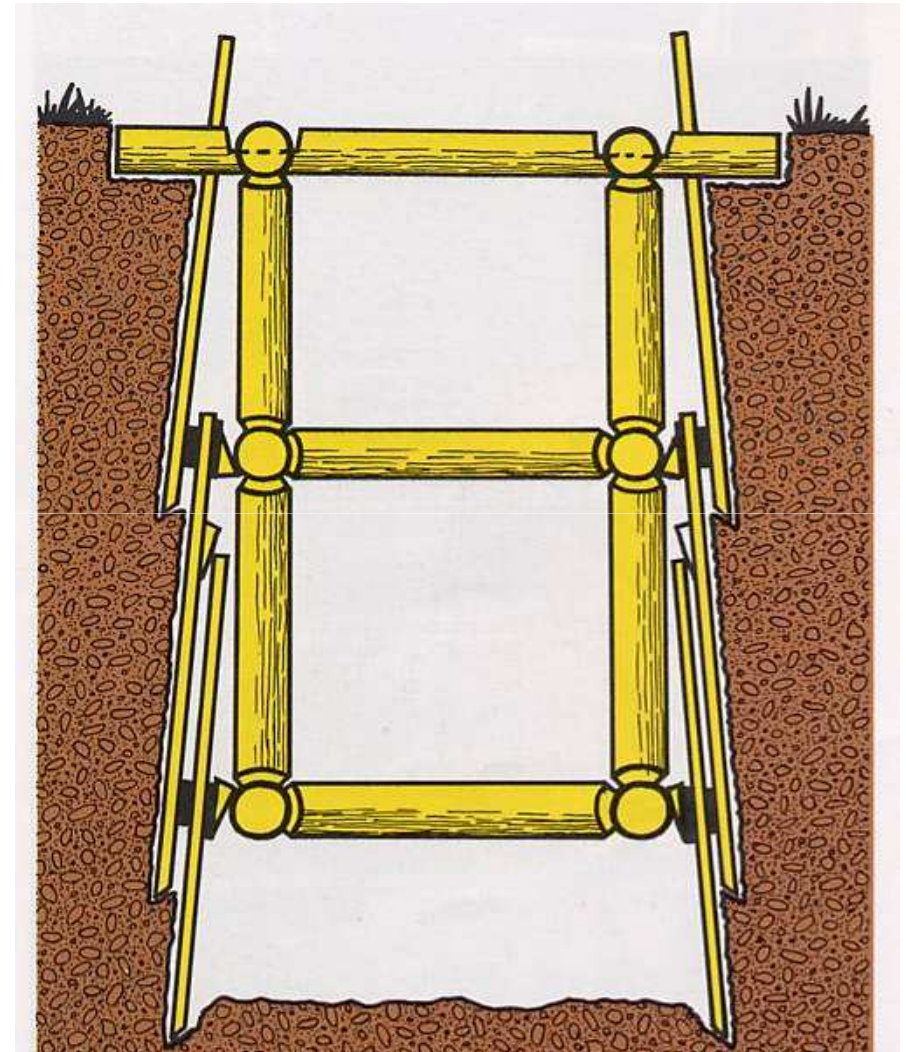
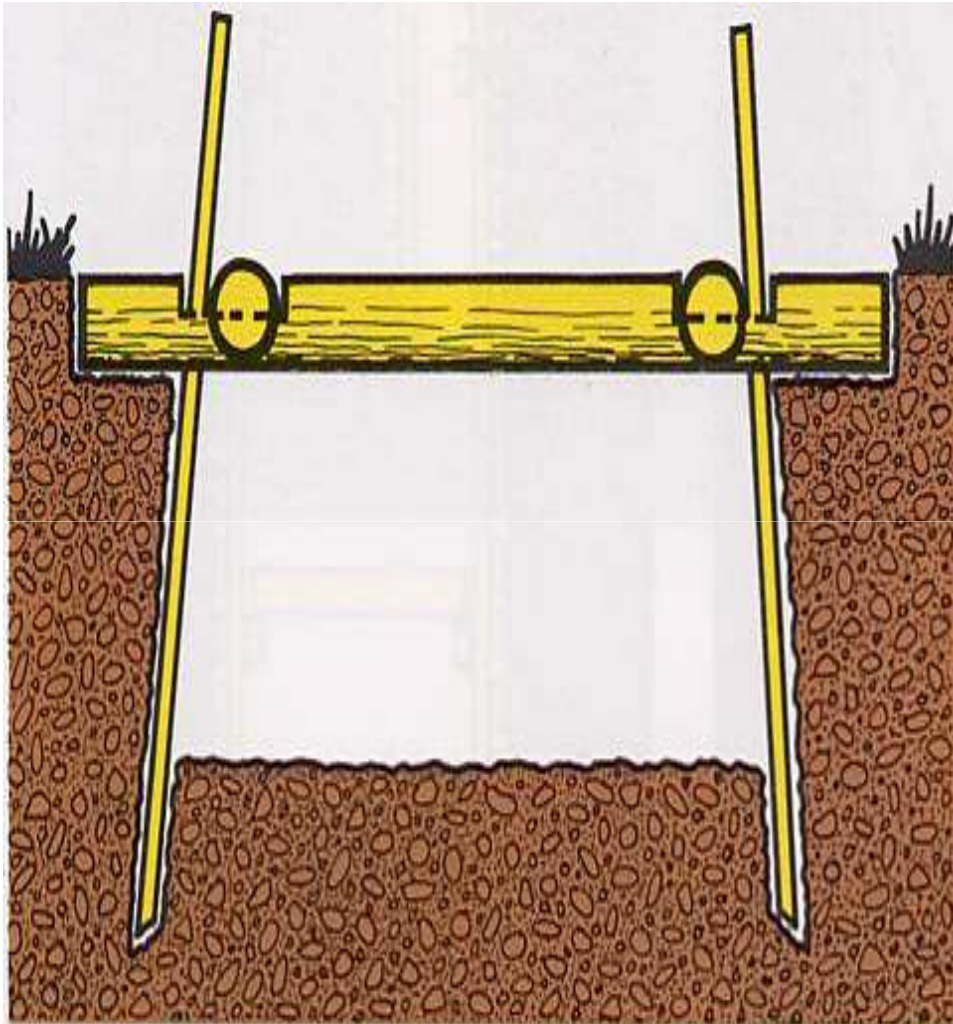
II.9. Blindage des fouilles

Le blindage ou étiayage consiste à maintenir provisoirement les parois d'une tranchée ou d'une fouille en pleine masse durant les travaux en site urbain pour éviter les risques d'éboulement en assurant ainsi la sécurité des ouvriers.

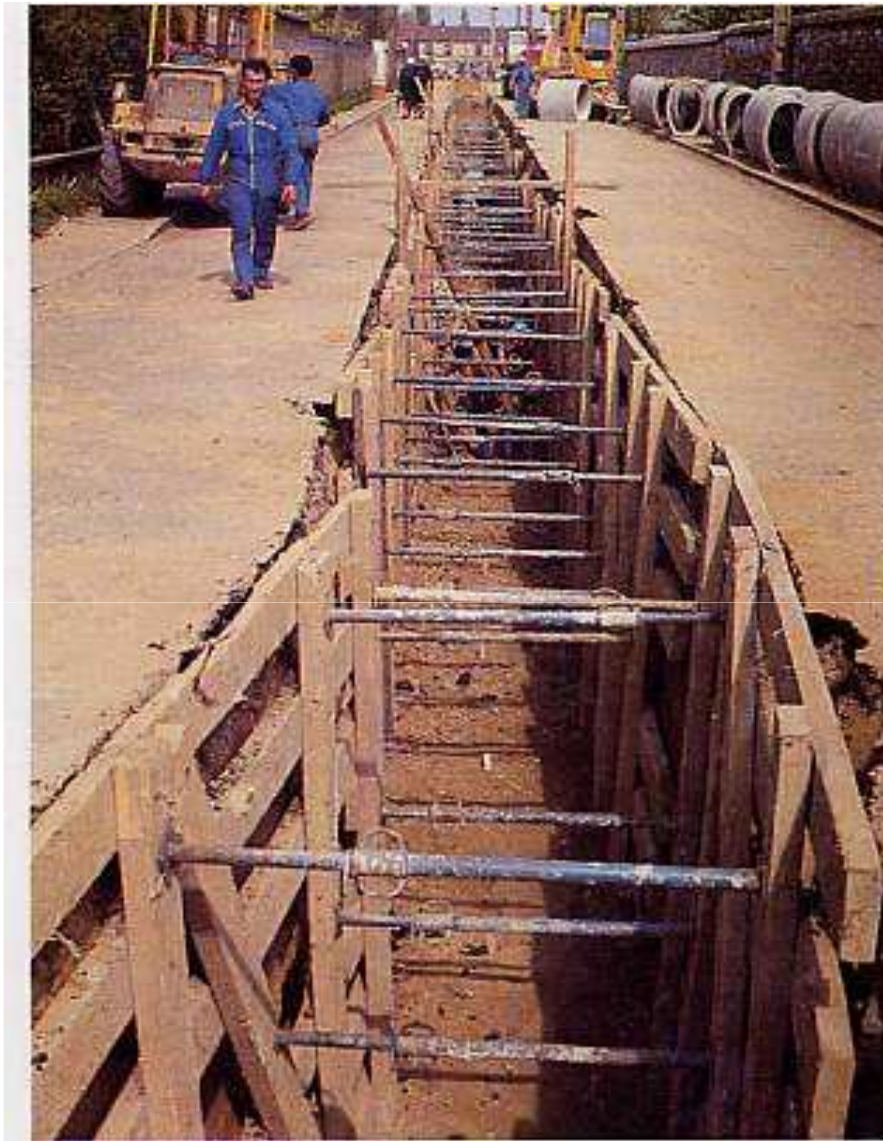
Les techniques de blindages sont multiples, on distingue :

- Les blindages en bois
- Les blindages par caissons préfabriqués
- Les blindages à panneaux et glissières

Les blindages en bois

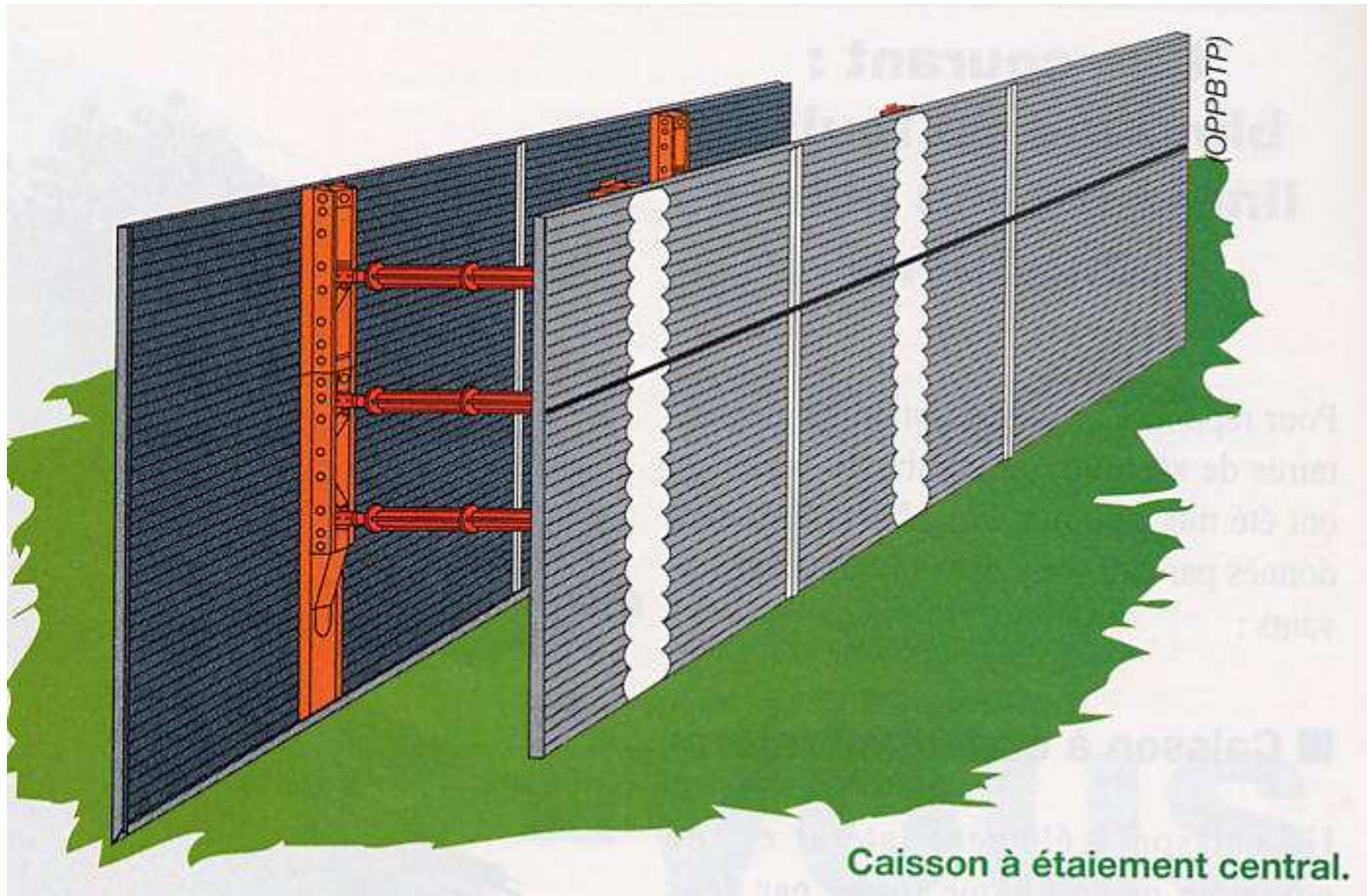


Les blindages en bois



Blindage en bois

Les blindages par caissons préfabriqués



Les blindages par caissons préfabriqués



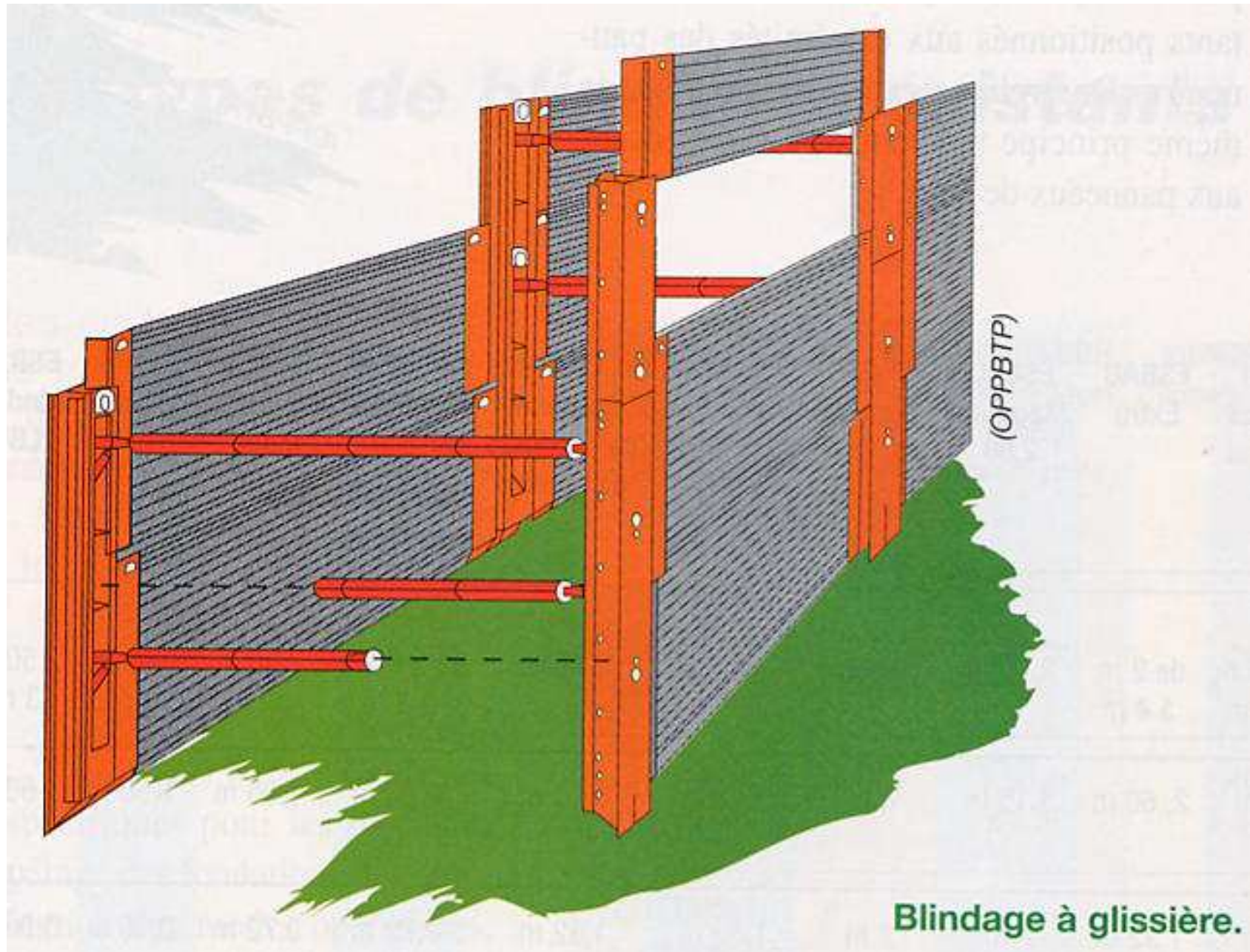
Blindage par caisson préfabriqué

Les blindages par caissons préfabriqués



Introduction du caisson au sein de la fouille

Les blindages à panneaux et glissières



Les blindages à panneaux et glissières



Blindage à panneaux et glissières

III. Les engins de terrassement

Les engins mécaniques de travaux peuvent être catalogués en trois grandes catégories :

- Les engins de production :
 - décapage des sols
 - déplacement des sols
 - Remplissage des sols
- Les engins de transport
- Les engins d'assistance

III.1. Les engins de production

Les pelles

Se sont des engins automoteurs à roues ou à chenilles.

Elles peuvent effectuer une rotation de 360° pour creuser, soulever et décharger les matériaux à l'aide d'un godet.

Les pelles équipée en butte

Les pelles équipée en retro

Les pelles équipée en benne preneuse

Les pelles équipée d'outils de démolition

Les mini-pelles

Les pelles équipées en butte

Caractérisée par un godet vers le haut. Elle excave en hauteur.

Le godet se remplit en raclant le front de bas vers le haut.



Pelle équipée en butte

Les pelles équipées en retro

Elle est destinée essentiellement à l'excavation en bas (en profondeur), comme les fouilles.



Pelle équipée en retro

Les pelles équipées en benne preneuse

Elle est composée de deux demi coquilles munies de dents, elle tombe en position ouverte sur le terrain à excaver. Le relevage de la benne entraîne sa fermeture, puis elle est ensuite ouverte au dessus de sa position de déchargement.

La pelle en benne preneuse sert au creusement de tranchées verticales étroites et à la manipulation de gros blocs de matériaux.



Pelle équipée en benne preneuse

Les pelles équipées d'outils de démolition

Pelle équipée par brise roche hydraulique (BRH) monté sur son bras.



Pelle équipée d'outils de démolition

Les mini-pelles

Sont des modèles réduits des pelles classiques. Elles sont appréciées pour leurs légèreté et leur compacité. Elles sont facilement transportables.



mini-pelle

Les chargeuses

La chargeuse est un engin automoteur à roues ou à chenilles équipée d'un godet frontal supporté par une structure qui charge ou creuse par le mouvement de l'engin vers l'avant, soulève, transporte ou décharge des matériaux sur une courte distance.

Les chargeuses sur pneus sont utilisés principalement pour les travaux nécessitant de nombreux déplacements.



chargeuse

Les chargeuses pelleteuses

Les chargeuses pelleteuses (tractopelles) sont des engins sur pneus très polyvalents.

Très souple d'emploi, la tractopelle associe un châssis de tracteur, un godet de chargeuse et une pelle en rétro. Cela en fait un engin universel, qui se prête particulièrement aux petits travaux de terrassements et aux creusement de tranchées destinées à la pose de conduites.

Elles chargent à l'avant et porte une pelle équipée en rétro à l'arrière.



chargeuse pelleteuse

Les bulldozers (pousseurs)

Le bulldozer ou buteur est un puissant engin d'excavation ou de refoulement de terre et de roche sur une distance allant jusqu'à 100 m et dont la lame peut mesurer 5 m de large.



bulldozer

III.2. Les engins de transport

Les camions routier de type travaux publics

Ces camions sont équipés d'une benne basculante pour permettre le transport des matériaux.

La benne, munie d'un vérin hydraulique, peut soit basculer vers l'arrière ou par le côté.



camion routier

Les camions tombereaux

Ils ont une plus grande capacité que les camions routiers. Cependant, ils ne sont pas autorisés à circuler sur le réseau routier.

L'emploi de ces engins est donc réservé aux grands ouvrages de terrassements.



tombereau

Les décapeuses (scraper)

Ils sont utilisés pour le terrassement routier, ils peuvent assurer à la fois l'excavation, le remplissage, le transport et le déversement de sols par couche de déblais sur une distance de 2 Km



décapeuse

III.3. Les engins d'assistance

Les compacteurs

Le compactage est un procédé de densification mécanique des sols par l'application d'une charge normalement dynamique.



compacteur

Les motorgraders (niveleuse)

Les niveleuses sont constituées principalement d'une lame qui peut prendre toutes les positions et elle peut sortir sur le côté de la machine.

C'est cette mobilité de la lame qui est le principal avantage de l'engin.

La niveleuse est utilisée principalement pour le nivellement, la mise en forme, l'entretien des pistes...



niveleuse

IV. La production des engins

Le rendement des engins d'excavation et de transport est en général déterminé par trois facteurs :

- Aptitude au chargement des matériaux
- Durée de cycle des machines
- Durée effective du travail

IV.1. Aptitude au chargement des matériaux

L'aptitude au chargement d'un matériau dépend de deux paramètres :

- **Foisonnement des matériaux**

Nature des matériaux	Coefficient de foisonnement F (%)	Coefficient de foisonnement résiduel F (%)
Argiles, limons, sable argileux	1.25	0.9
Sables et graves sableuses	1.1	1
Sol consolide	1.35	1.1
sol rocheux	1.30	1.15
Sol rocheux de carrière	1.40	1.20

Foisonnement résiduel :

Rapport en pourcentage entre la variation de volume d'un sol (en place après mise en remblai et compactage) et son volume initial (en place avant extraction).

- Coefficient de remplissage

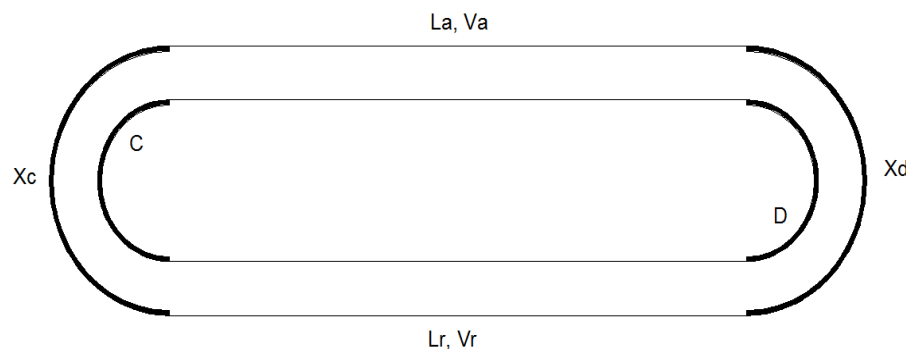
Nature du sol	Pelle hydraulique (%)
Terrains légers	100
Terrains lourds	95
Débris rocheux	85
Blocs de rochers	70

IV.2. Durée de cycle des engins

Dans le cycle complet d'une machine, le temps fixe représente toutes les opérations autres que le transport aller et retour. Il comprend les temps de chargement de déchargement, des manœuvres, etc...

Exemple de temps fixe d'une pelle hydraulique et d'une pelle chargeuse

Nature du sol	La durée d'un cycle (min)	
	Pelle hydraulique	Chargeuse
Terrains légers	0.4	0.4
Terrains lourds	0.5	0.45
Débris rocheux	0.65 à 1 min	0.5
Blocs de rochers	1 min et plus	0.6 min et plus



$$L = L_a + L_r + X_c + X_d$$

$$T = t_a + t_r + t_{xc} + t_{xd}$$

$$V_m = \frac{L_a + L_r}{t_a + t_r} = \frac{2}{\frac{1}{V_a} + \frac{1}{V_r}}$$

IV.3. Durée effective du travail des engins

Efficiencence :

Le coefficient de rendement horaire de production des engins, appelé ainsi le coefficient d'efficiencence noté K_e , prend en compte l'état de la machine, l'expérience et la qualification professionnelle du conducteur

Rendement général de chantier :

Le coefficient de rendement général d'un chantier dépend :

- de l'organisation du chantier
- de l'adaptation du matériel à un travail donné
- de l'état du matériel
- des conditions météorologiques prises en compte

Calcul de la production horaire des engins de production

$$P = \frac{P_0 \times K_e \times 60}{T_0} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

- T_0 : la durée de cycle de travail en minutes
- P_0 : la production pendant un cycle de travail
- K_e : le coefficient d'efficience de l'engin

Production horaire des pelles hydrauliques et des chargeuses

La production P_0 au cours d'un cycle de travail T_0 en fonction :

- de la capacité du godet V_g
- du coefficient de remplissage K_r

$$P_0 = V_g \times K_r$$

Le volume de production horaire


$$P = \frac{V_g \times K_r \times K_e \times 60}{T_0} \text{ (m}^3/\text{h)}$$

Calcul de la production horaire des camions

La durée totale du cycle de transport correspond à la durée du trajet aller – retour.
Celle-ci est déterminée à partir de la vitesse moyenne de chacune des sections du trajet.
Le débit de production s'exprime comme suit :

$$P_{tr} = \frac{V_{btr} \times K_{etr} \times 60}{T_{tr}} \text{ (m}^3\text{/h)}$$

- P_{tr} : la production horaire ;
- V_{btr} : la capacité de chargement ;
- K_{etr} : le coefficient d'efficience
- T_{tr} : la durée aller – retour en minutes.

Le nombre de camions permettant l'équilibre technique défini ci-dessus est donné par la formule suivante :

$$N_{tr} = \frac{T_{tr}}{T_{ch}} + 1$$

- N_{tr} : le nombre d'unité de transport.
- T_{ch} : temps de chargement du camion

$$T_{ch} = T_0 \times \frac{V_b}{V_g \times K_r \times K_e}$$