

- TRAVAUX DE TERRASSEMENT -

1- INTRODUCTION.

• Généralités.

Pour construire un ouvrage, quel qu'il soit (tunnel, route, pont, bâtiment, barrage, ...), il est nécessaire de modifier le terrain naturel. Il faut profiler la surface du terrain de telle sorte qu'il soit apte à supporter le poids de l'ouvrage et à en intégrer la forme. L'ensemble de ces opérations s'appelle "le terrassement" Référence dans le D.T.U 12

Terrasser est un travail composite pouvant comprendre :

- De l'extraction de matériaux, au compactage, avec peut être du décapage de la terre végétale, et de la mise en dépôt des terres.

Il n'existe pas un seul matériau à terrasser mais plusieurs sortes possibles :

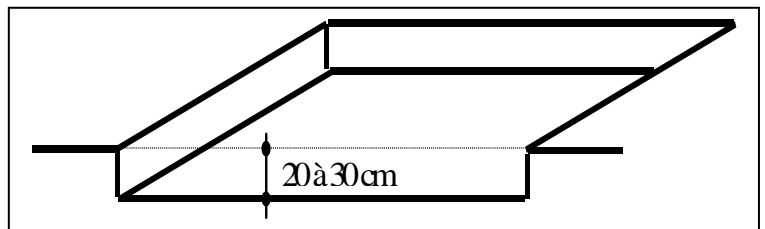
Rochers - terre - gravier et sable - limon - argile

Il est à noter que les modes de quantification pour la facturation sont fonction du type de terrassement, de la nature du terrain, des dimensions des fouilles et de l'accessibilité du site.

• 2- Définitions et lexique.

- Décapage en surface (décapage de la terre végétale).

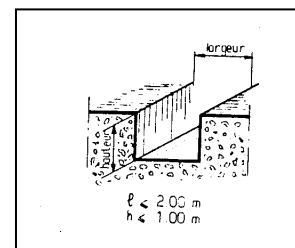
L'épaisseur de la couche à décapage varie de 20 à 30 cm. On quantifie souvent ce décapage en m^2 .



- Fouilles en rigoles pour fondations.

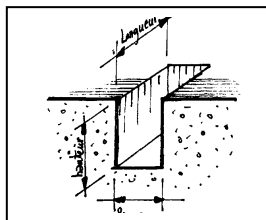
Elles correspondent aux semelles filantes (fondations sous les murs et les voiles de l'ouvrage).

Quantifiées au m^3



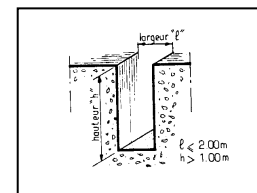
- Fouilles en trous pour fondations.

Elles correspondent aux semelles isolées (ex : fondations sous les poteaux, sous les murs isolés de petites dimensions).



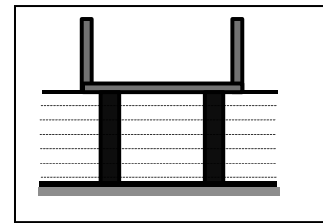
- Fouilles en tranchées.

Elles sont réalisées en général pour la pose de canalisations.



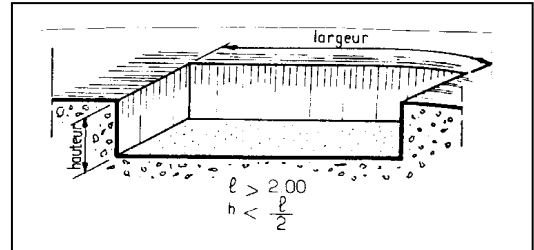
Fouilles en puits.

Ces fouilles permettent la réalisation de fondations semi-profondes qui transmettent les charges de l'ouvrage sur un sol approprié.



• **Fouilles en pleine masse ou en excavation.**

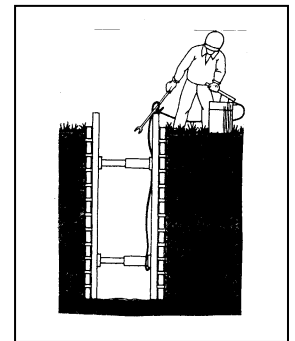
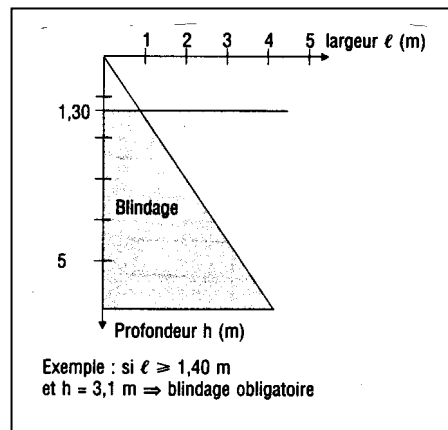
Cela englobe des travaux d'envergure aussi bien en surface qu'en hauteur.



Le Blindages des fouilles

La hauteur parfois importante de ces terrassements impose la mise en place d'un blindage.

En règle générale, le blindage est requis à partir d'une profondeur de 1.30 m pour les tranchées de largeur inférieure à 1.00 m.



Blindage des fouilles - Tableau récapitulatif

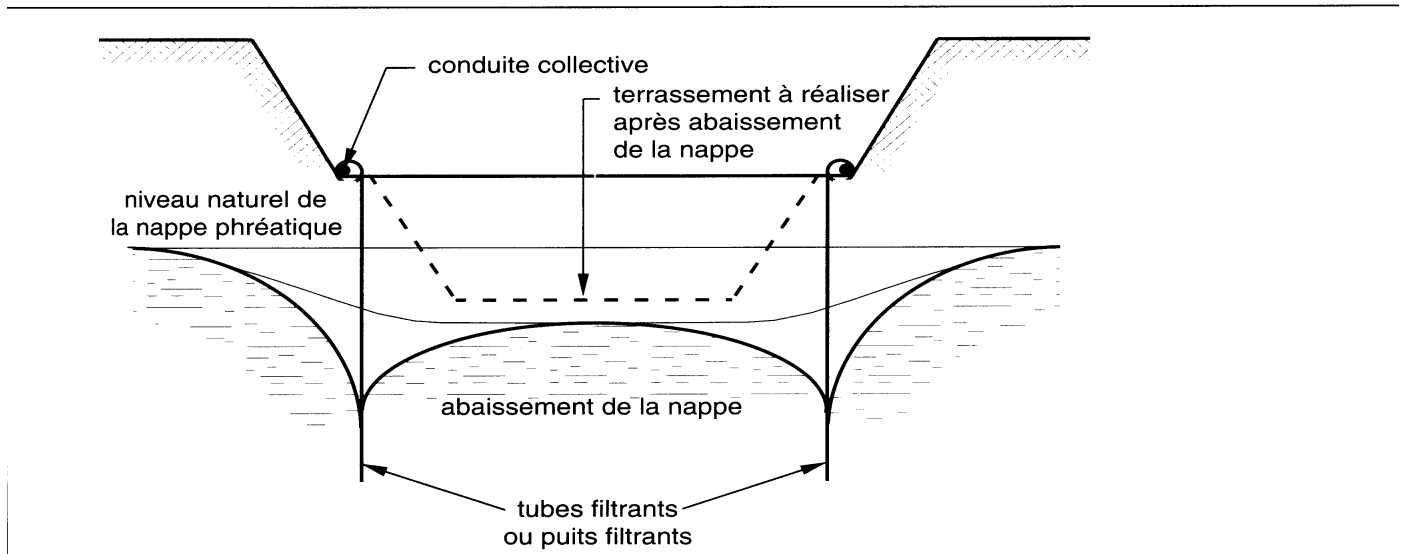
Type de blindage	Emploi	Observations
<i>Platelage butonné</i>	fouille en tranchée provisoire hors nappe	gêne dans les travaux de terrassement
<i>Tubage</i>	fouille en puits provisoire présence de nappe admise	
<i>Parois berlinoises</i>	pleine masse provisoire ou définitif hors nappe ou terrain drainable	emploi en site urbain ; coffrage de la paroi extérieure ; peu coûteux
<i>Parois moulées</i>	pleine masse définitif présence de nappe admise	emploi en site urbain ; s'intègre à la structure du bâtiment ; installation de chantier lourde et relativement coûteuse
<i>Rideaux de palplanches</i>	pleine masse provisoire présence de nappe ou définitif admise	nuisance pour les riverains ; récupération aléatoire
<i>Parois clouées</i>	pleine masse provisoire hors nappe	talutage éventuel ; peu coûteux

Terrassement en présence d'eau

La présence d'eau dans les sols modifie de manière non négligeable ses caractéristiques et les modes de terrassements pour cela il faut :

- Collecter les eaux de ruissellement
- Pomper les venues d'eau (faible) ou drainer
- Dans le cas de nappe phréatique avec présence d'eau permanente il faut procéder à un rabattement de nappe a

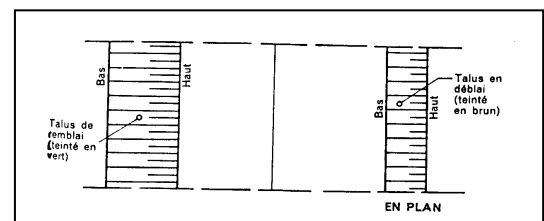
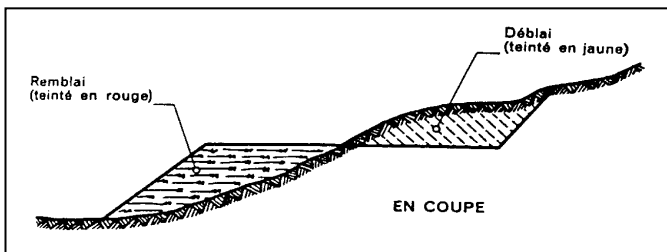
Rabattement de nappe par pompage



3-NOTIONS DE DEBLAIS ET REMBLAIS.

- **Le déblai consiste à enlever des terres**
- **le remblai à apporter des terres**

Déblais et remblais représentent également, en termes de métier, les terres extraites ou accumulées d'un terrassement.



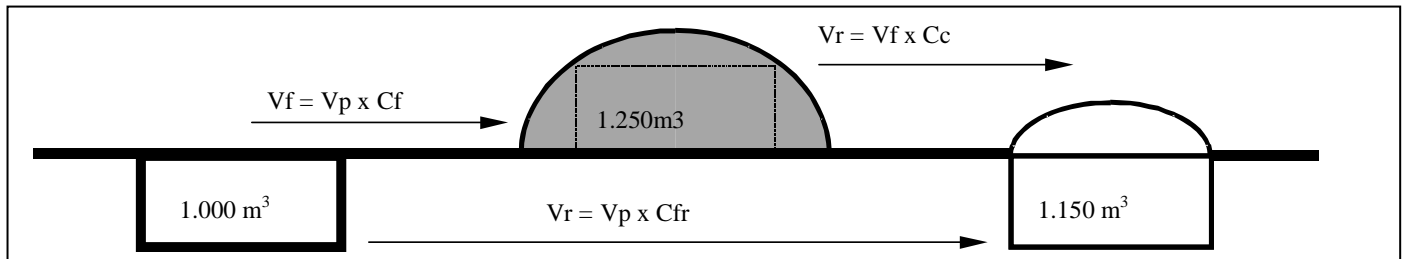
4- PROBLEME DU FOISONNEMENT.

- **Les différents types de volumes.**
 - Lorsque l'on creuse en trou dans le sol, le volume apparent des déblais est supérieur au volume du trou.
 - Si l'on remet les déblais en place et après compactage, l'on constate un excédent de matériaux. Ce phénomène de décompression des terres est appelé "foisonnement".

L'évaluation des volumes de déblais se fait en terrain «en place». Le métré est réalisé suivant les plans.
L'évaluation des volumes en remblais se fait en terrain «en place», le métré est réalisé suivant les plans.

<u>Etat initial en place</u>	<u>Etat foisonné</u>	<u>Etat reconstitué (compacté)</u>
Volume en place : $\Rightarrow V_p$	Volume foisonné : $\Rightarrow V_f$	Volume reconstitué : $\Rightarrow V_r$

Schématisation



- **Le coefficient de foisonnement (C_f)** permet d'évaluer le volume apparent foisonné (V_f) d'un terrain déplacé en fonction du volume en place (V_p) :

$$V_f = C_f \times V_p$$

- **Le coefficient de compactage (C_c)** permet l'évaluation du volume reconstitué (V_r) de ce même volume foisonné (V_f) après sa mise en place et son compactage définitif. Il est rare d'obtenir un volume de terrain reconstitué (V_r) égal au volume initial en place (V_p) :

$$V_r = C_c \times V_f$$

- Dans le cas des terrassements routiers ou sur les chantiers de terrassement très importants, il est intéressant de prévoir l'exacte quantité à extraire pour **obtenir un volume reconstitué précis**. Cela évite les mouvements de terre inutiles et donc onéreux.

Autre relation, on trouve que : $V_r = V_p \times C_f \times C_c$

$(C_f \times C_c)$ est appelé le coefficient de foisonnement résiduel : (C_{fr})

$$V_r = V_p \times C_{fr}$$

Ces divers coefficients sont donnés en pourcentages :

- Si le foisonnement = 25 % $\Rightarrow C_f = 1.25$
- Si le résidu suite au compactage = 8 % $\Rightarrow C_c = 1 - 0.08 = 0.92$
- Alors le foisonnement résiduel = 15 % $\Rightarrow C_{fr} = 1.15$; car $C_{fr} = C_f \times C_c = 1.25 \times 0.92 = 1.15$

Exemple pratique.

La réfection de la pelouse du stade omnisports de la ville de St Pierre nécessite la mise en place de 3000 m^3 de terre végétale de bonne qualité. Ce volume représente la quantité finale en place et compactée.

Quelle doit être la quantité à transporter (foisonnée) et la quantité initiale à prévoir (non foisonnée et en place) ?

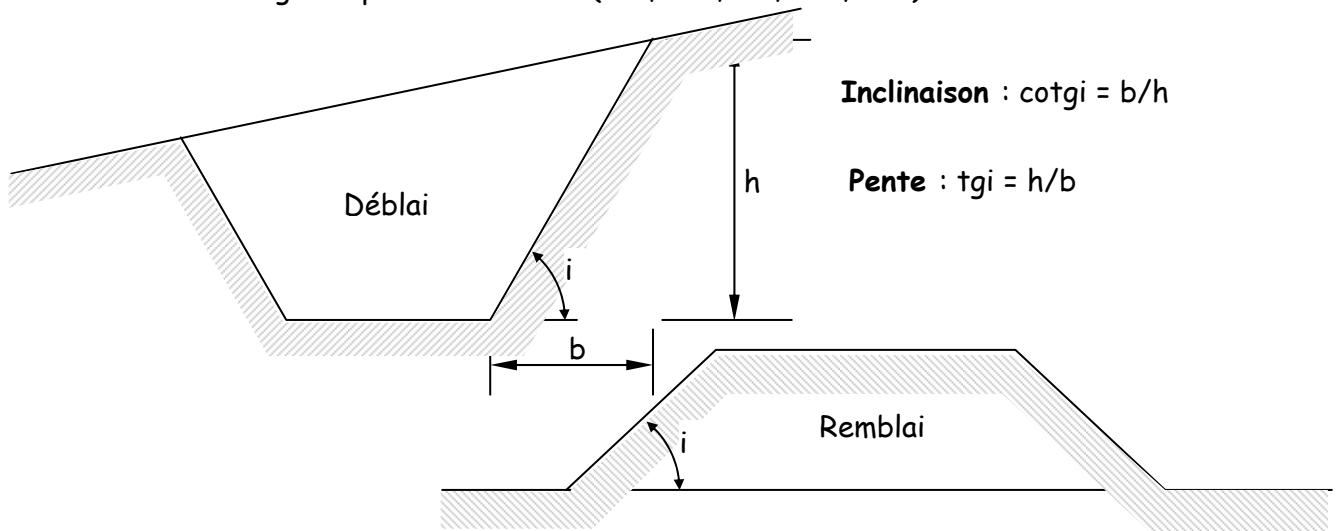
Terre végétale : Coefficient de foisonnement apparent 25 %
Coefficient de foisonnement résiduel 12,5 %

• 5 - Pente des talus.

Pour obtenir un équilibre stable, nécessaire à la bonne tenue des terres en remblais et des tranchées, il convient de donner aux talus qui limitent ces terrassements une inclinaison convenable. Cette pente peut se définir

-Soit par la **tangente de l'angle (pente)** que fait ce talus avec l'horizontale (talus à 4/5 ou à 0.80 m ou encore à 80%)

-Soit par la **cotangente de l'angle (inclinaison)** dont la valeur s'exprime généralement comme celle de la tangente par une fraction (5/1, 3/2, 1/1, 2/3, etc.)



• Angle des talus.

L'**angle i** doit toujours être inférieur à **l'angle de frottement interne appelé ϕ** , ce dernier étant caractérisé par ce que l'on appelle la pente naturelle des terres, c'est à dire, l'inclinaison que prend un talus soumis à l'action des seuls agents atmosphériques.

Cet **angle de frottement interne** dépend essentiellement de la nature du degré de consistance et de la teneur en eau du terrain.

En terrain meubles, le degré de consistance du terrain a une grande influence sur la valeur de l'**angle ϕ** , qui est plus grande pour les talus de déblais en terrain non fraîchement remué ou vierge (terrain naturel) que pour les talus de déblais en terrain rapporté ou fraîchement remué et les talus de remblais.

Cette différence tient au fait que le glissement, les unes sur les autres, des particules constituant une terre meuble, rencontre dans des terrains non fraîchement remués, une résistance distincte de celle provoquée par le frottement réciproque des particules. Cette résistance appelée « **COHESION** », elle est d'ailleurs sujette à s'atténuer ou à disparaître dans les cas de sécheresse, gelée, etc.

En ce qui concerne la **teneur en eau** du terrain, c'est un correctif important à la valeur de l'angle ϕ , car elle facilite le glissement des particules les unes sur les autres, en adoucissant leur frottement, ce qui a pour effet de réduire sensiblement cet angle quand le degré d'humidité est élevé. Il faut signaler cependant que les sables humides possèdent une cohésion qu'ils n'ont pas quand ils sont secs ou immergés.

Compte tenu de ces considérations, il faut donc éviter de donner aux talus une pente plus raide que celle du talus naturel de la terre correspondante possédant un degré d'humidité identique.

Pratiquement : la valeur ϕ variant dans des limites assez étendues, il convient d'adopter pour les talus de terrassement les valeurs de l'angle i données dans le tableau ci-dessous.

- **Quelques valeurs usuelles.**

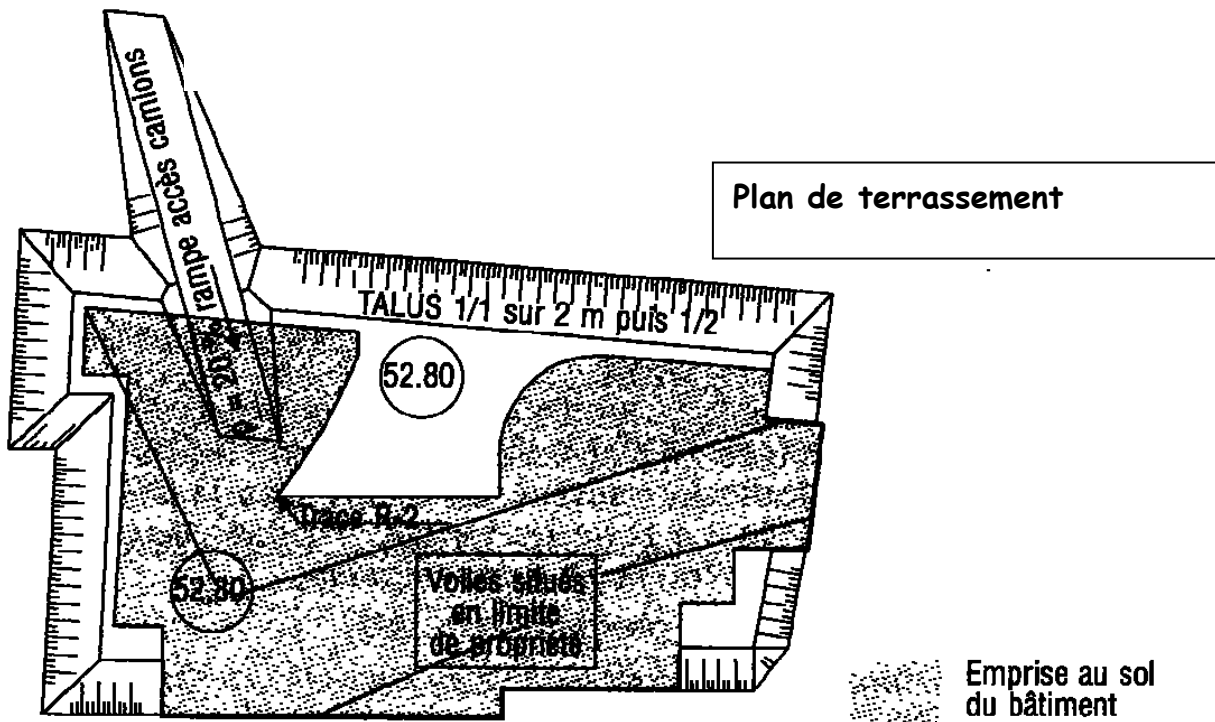
Les terrains sont classés selon les difficultés d'extraction :

Désignation	Nature des terres	Angle du talus naturel	Coefficient de foisonnement
Terrain ordinaire	Sable	10 à 25°	10 à 20 %
	Gravier	30 à 40°	25 %
	Terre végétale	30 à 50°	10 à 25 %
Terrain semi-compact ou moyen	Cailloux	40 à 50°	50 %
Terrain compact	Argile	30 à 50°	25 %
	Marne	30 à 45°	25 %
Roches	Grès tendre	50 à 90°	50 %
	Roches diverses		plus de 50 %

5 - LES TOLERANCES D'EXECUTION.

Deux types de tolérances sont à considérer (terrain non rocheux et rocheux).

- **Terrain non rocheux.**
- Tolérance de niveau : ± 5 cm
Pour les différences de niveaux (plate-forme) et les contours des fouilles
- Tolérance d'implantation : ± 5 cm
- **Terrain rocheux.**
- Les parois doivent être purgées des blocs dont la résistance est douteuse.
- Aucune saillie n'est autorisée par rapport aux niveaux prescrits sous les fondations, mais les sur-profondeurs locales de 10 cm sont autorisées dans le cas des roches.
- Des sur-profondeurs sont autorisées sous réserve d'être soigneusement comblées (éclats de pierre, sable) et damées pour reconstituer un sol plan au niveau fixé.



CALCUL DES TERRASSEMENTS.

• PROFIL EN LONG.

• Principe :

Le profil en long représente, superposées, la section du sol et celle de la plate-forme de la voie de communication sur un plan vertical passant par l'axe du tracé développée ensuite sur un plan.

Pour les bâtiments, il s'agit d'une coupe des fondations et fouilles à l'axe longitudinale de ceux-ci.

Pour les travaux routiers (généralement de longueurs importantes) afin de rendre le profil en long plus commode et plus significatif, on déforme systématiquement les lignes figuratives de la surface du sol et de la plate-forme, situées dans la surface sécante par le choix d'une échelle plus grande pour les hauteurs que pour les longueurs.

C'est un graphique :

Les abscisses sont à l'échelle des longueurs, les distances comptées horizontalement suivant l'axe à l'origine du tracé.

Les ordonnées sont à l'échelle des hauteurs, les altitudes comptées par rapport à un plan horizontal de référence (plan de comparaison)

Longueurs et côtes de niveau en mètre (2 décimales)

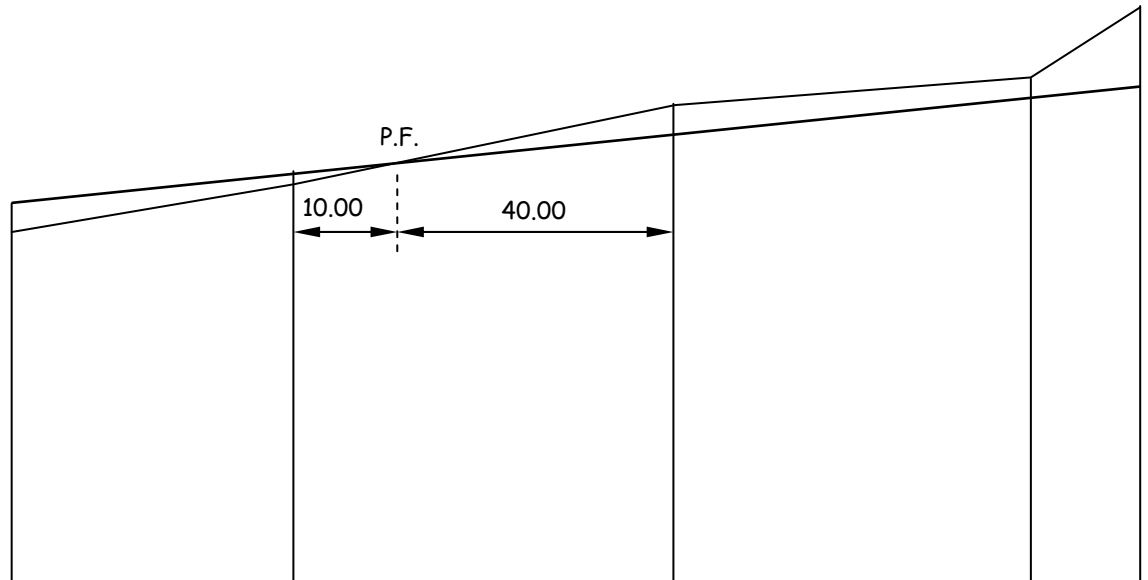
Orientation de la gauche vers la droite.

Le plan horizontal de référence est toujours choisi à une côte ronde d'altitude (multiple de 5 ou 10 m)

Cette côte doit être inférieure à la côte du point le plus bas du sol ou du projet.

Exemple de cartouche :

Profil en long



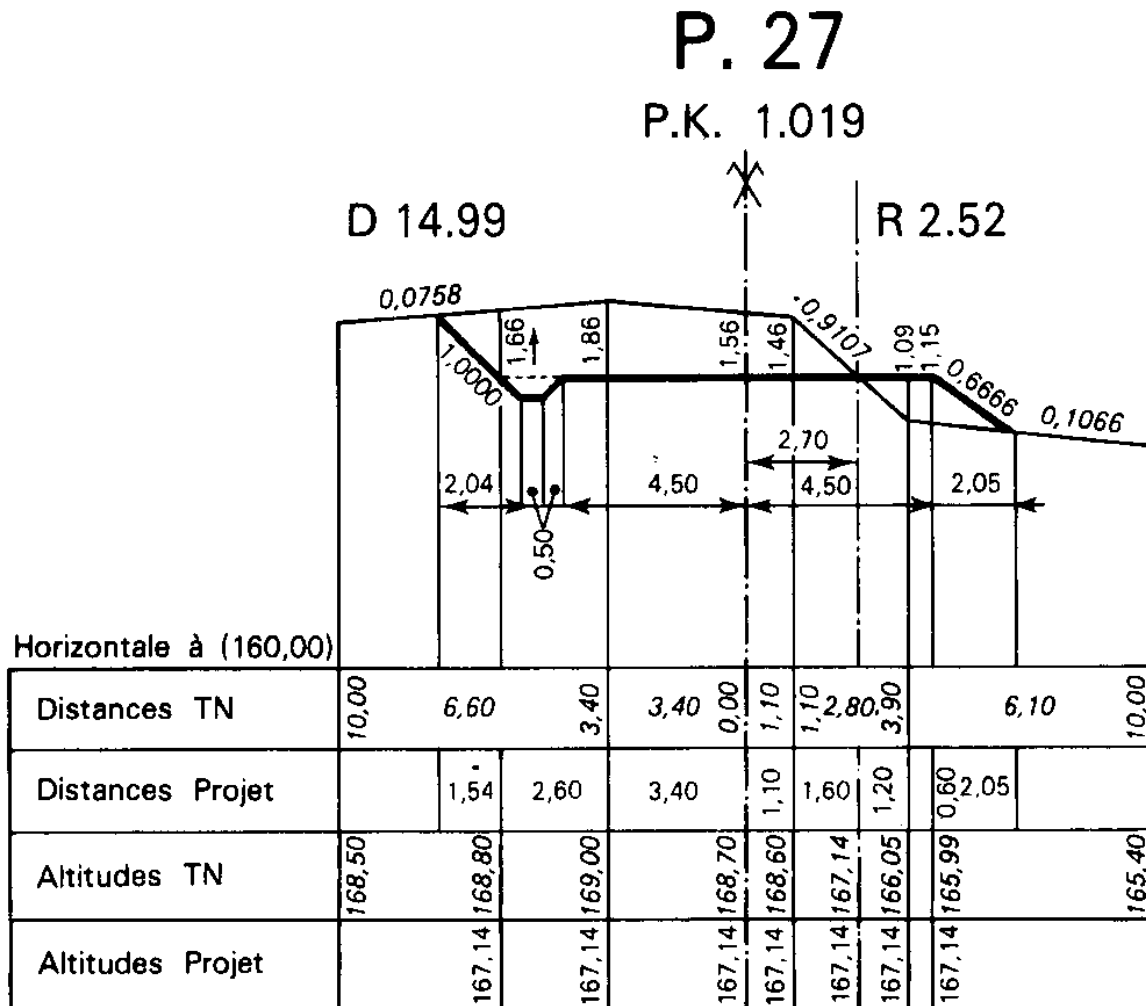
Distances partielles	35.0	50.00	40.0	10.00
Distances cumulées	0000	00050	00090	000100
Numéros des profils	18	19	20	21
Altitudes du T.N.	210.00	212.50	215.00	217.50 220.50
Altitudes du projet	211.40	212.80	214.20	216.40 217.40
Déclivités	—————			
Alignements et courbes				

• **PROFIL EN TRAVERS.**

Ce sont des sections transversales du sol et de ses aménagements par des plans verticaux perpendiculaires à l'axe de la voie ou du bâtiment.

Ces sections ne sont pas déformées, les échelles des longueurs et des hauteurs sont ici toujours les mêmes.

Exemple de profil en travers :



CALCUL DES CUBATURES.

La cubature des terrassements est l'évaluation du volume des terres à enlever ou à mettre en remblai pour l'exécution du projet.

Cette évaluation se fait de l'origine du projet vers l'extrémité, ce qui amène depuis un profil en travers quelconque à dénommer le profil précédent « profil arrière » et le suivant « profil avant »

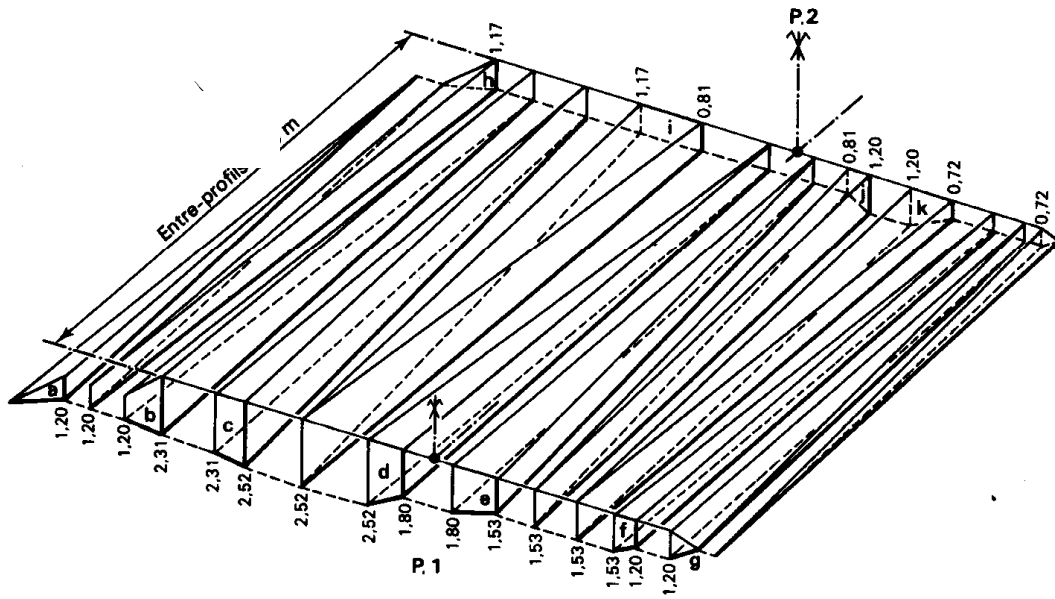
Il existe 3 méthodes de calcul des cubatures :

- ⊗ la méthode par le calcul des volumes élémentaires,
- ⊗ la méthode des aires moyennes,
- ⊗ la méthode des profils.

• **Méthode des volumes élémentaires.**

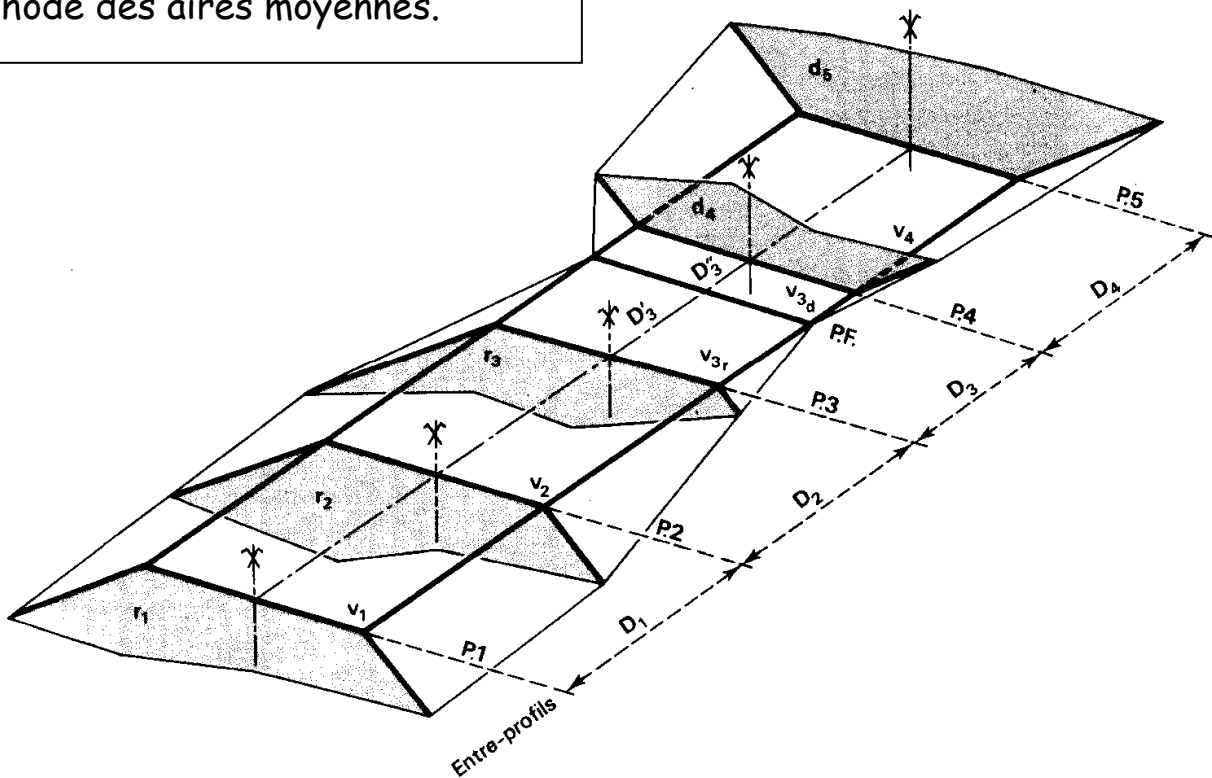
On décompose le volume total en volumes élémentaires (pyramides, troncs de prismes, etc...)

Cubature des terrassements



Cet exemple montre combien l'obtention d'un volume mathématique nécessite des calculs longs et compliqués.

Méthode des aires moyennes.



On utilise la formule des 3 niveaux et on obtient :

$$v_1 = D_1 \frac{r_1 + r_2}{2}$$

Le volume entre 2 profils consécutifs est donc égal au produit de la moyenne des aires de ceux-ci par la longueur de l'entre profil.

- **Généralisation.**

Pour une suite de profils, on généralise la formule ci-dessus.

Entre le profil P3 remblai et le profil P4 déblai, il existe une ligne de passage que l'on appellera profil fictif (P.F.) de superficie nulle.

Après avoir calculé la distance horizontale D'_3 entre le profil P3 et le Profil Fictif (voir formulaire profils) appliquer la méthode de la moyenne des aires en considérant qu'au niveau du P.F. se trouve un profil de superficie nulle.

⊗ entre P3 et P.F., le remblai vaut :
$$V_{3r} = D'_3 \frac{r_3 + 0}{2} = D'_3 \frac{r_3}{2}$$

⊗ de même entre P.F. et P4, le volume de déblai vaut :
$$V_{3d} = D''_3 \frac{0 + d_4}{2} = D''_3 \frac{d_4}{2}$$

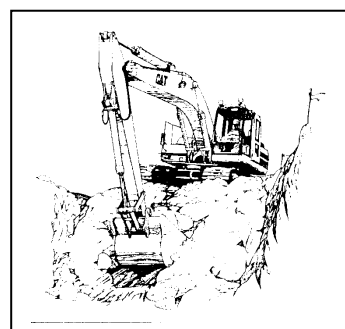
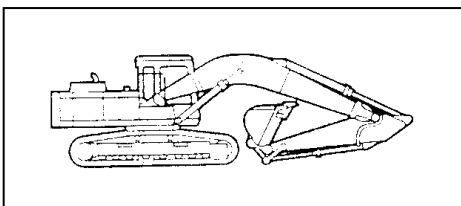
Ainsi, la méthode s'applique sans interruption à tout un projet, sous réserve de faire intervenir les distances partielles à la ligne de passage (P.F.) quand on passe d'un profil en remblai à un profil en déblai ou inversement

LES ENGINES DE TERRASSEMENT.

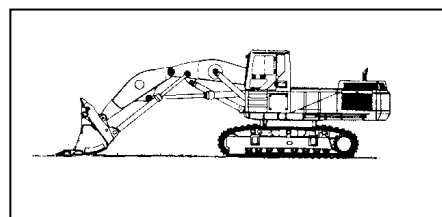
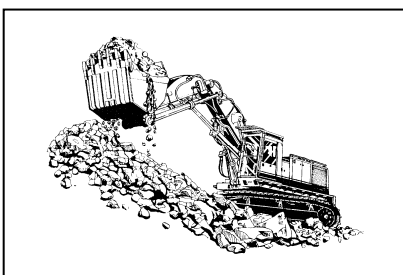
- **Les engins d'excavation.**

Ils permettent l'extraction des terres et leur chargement en vue du transport. Les principaux engins sont :

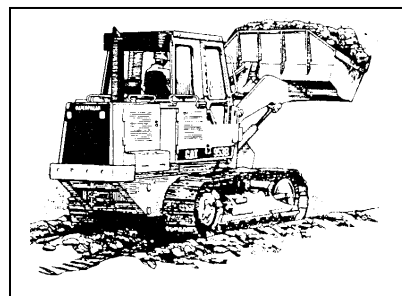
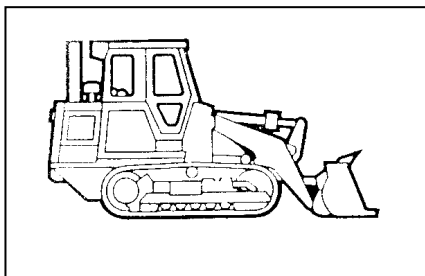
- **Pelle hydraulique équipée en rétro.**



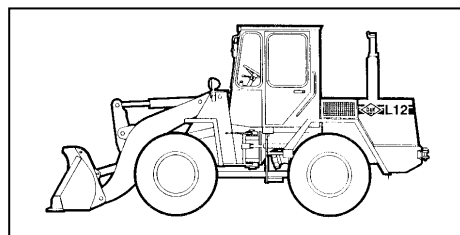
- **Pelle hydraulique équipée en buttée.**



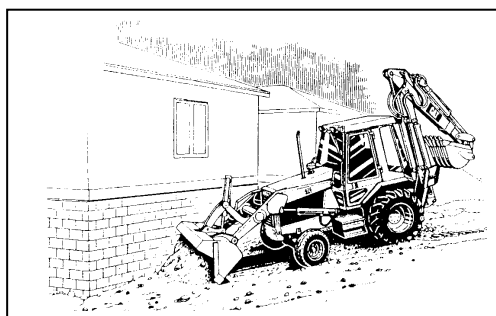
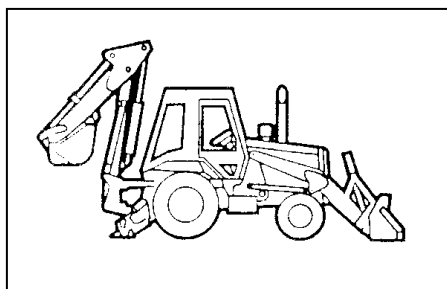
- Chargeur à chenilles.



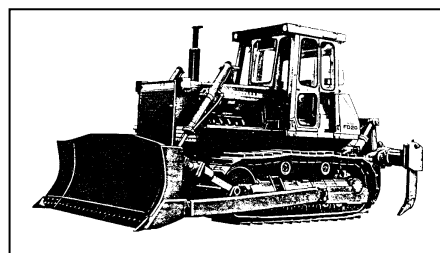
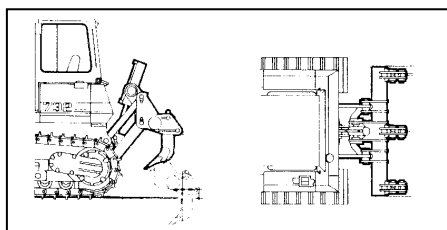
- Chargeur à roues.



- Chargeuse pelleteuse (tracto-pelle).



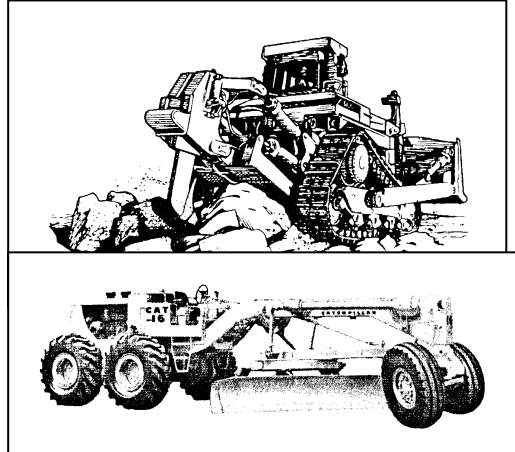
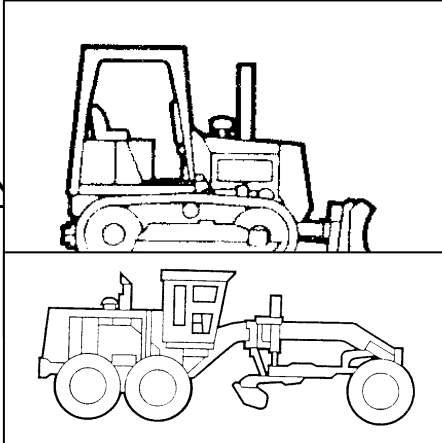
- Scarificateur.



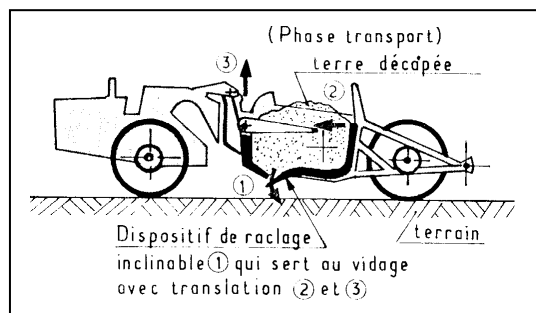
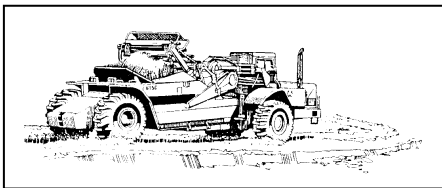
- **Les engins de nivellement.**

Ils assurent la mise en forme des terres. Les principaux engins sont les suivants :

- **Bouteur (bulldozer).équipé en ripper.**



- **Décapeuse.**



- **Les engins de transport.**

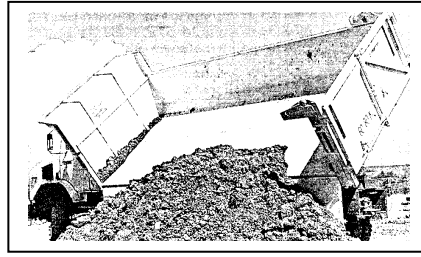
Ils assurent le transport des terres foisonnées du lieu d'excavation ou de reprise vers le site de dépôt. Les principaux engins sont :

- **Camions au gabarit routier.**

➤ Benne basculante.

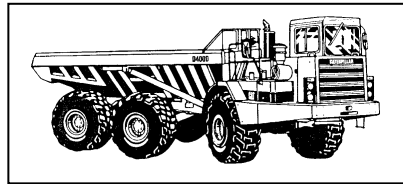
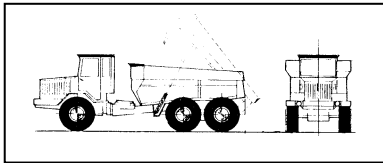


➤ **Tribenne**

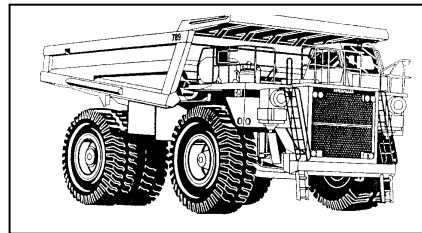
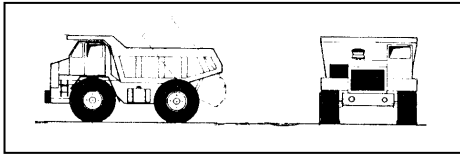


• **Tombereaux.**

➤ **Tombereau articulé**



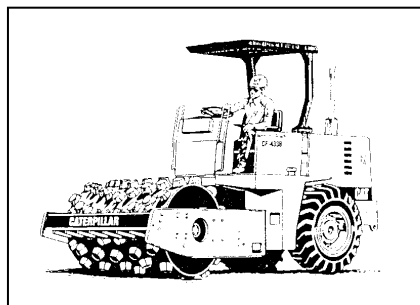
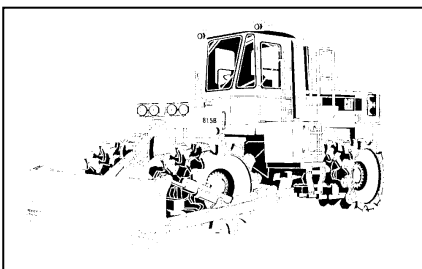
➤ **Tombereau rigide**



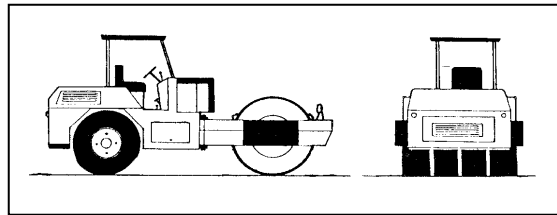
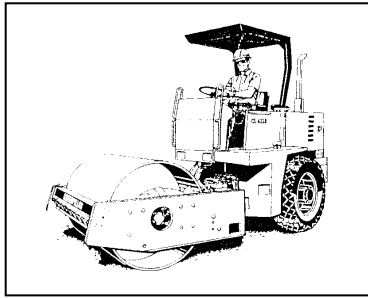
• **Les engins de compactage.**

Ils permettent le compactage des terres pour permettre la reconstitution du sol. Les principaux engins sont :

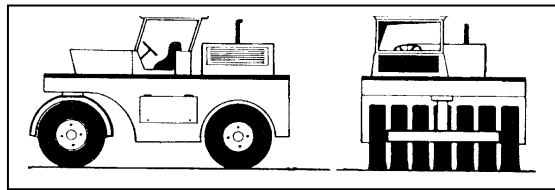
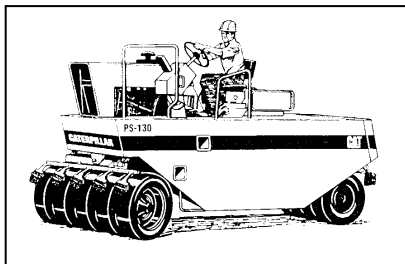
• **Compacteur à pieds dameurs vibreur.**



- Compacteur mono-cylindre.

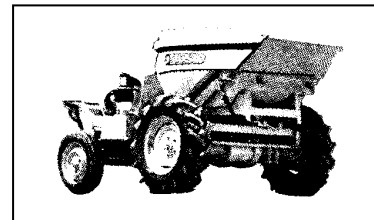
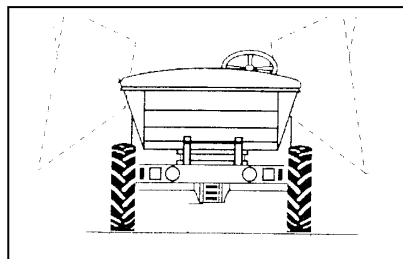
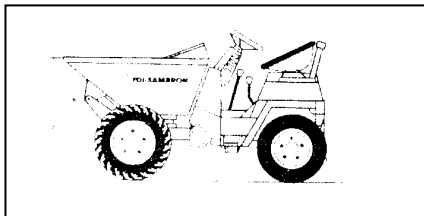


- Compacteur à pneus.

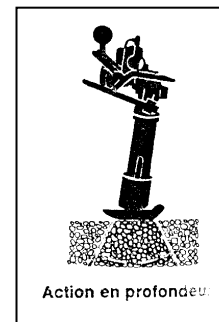
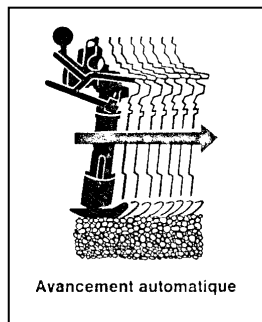
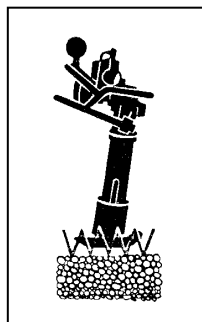
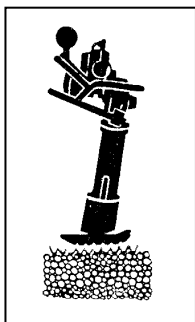


- Les mini-engins.

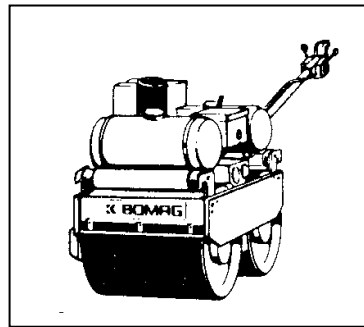
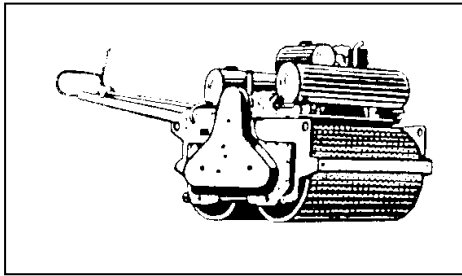
- Moto-basculeur.



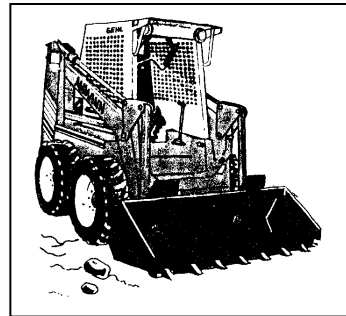
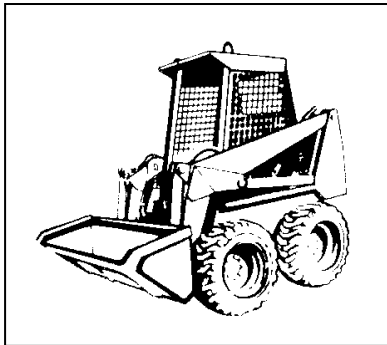
- Pilonneuse vibrante.



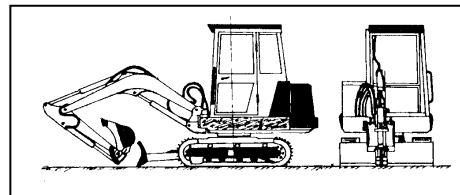
- Rouleau vibrant manuel.



- Chargeur compact.



- Mini-pelle.



Nota : Origine des divers dessins et photographies :

- "La construction du bâtiment" : Gérard Baud.
- "Constructeur Bâtiment" : Henri Renaud.
- "Précis de Chantier" : Didier, Girard, Le Brazidec, Nartaf, Pralat et Thiesset.
- "Documentation" Caterpillar, O & K, Kubota, Fiat-Allis, Liebherr.