

Chapitre 4

OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT ET RENFORCEMENT

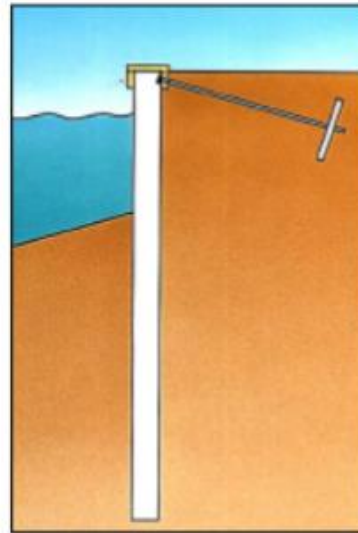
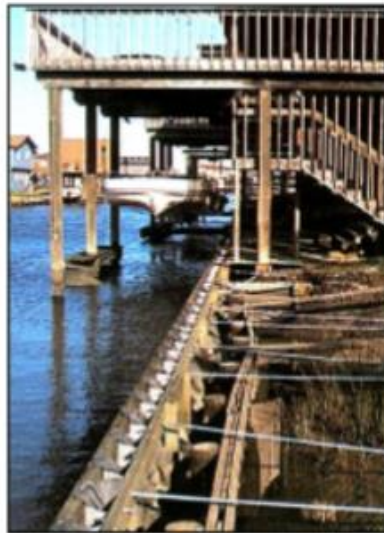


Figure 3.1. Comme alternative aux rideaux de palplanches en acier relativement coûteux, le système de rideau plastique Geoflex est récemment développé à partir du vinyl recyclable pour les projets de soutènement flexible. Il est composé de palplanches jointives de 30 cm de largeur et fixées en leur tête dans un casque en bois. Des tirants d'ancrage permettent la fixation du rideau dans le remblai et augmentent ainsi la stabilité vis-à-vis des poussées des terres. Ce système est largement utilisé vue sa durabilité remarquable ainsi que sa résistance aux intempéries (Source : Geotechnics Holland b.v).

CLASSIFICATION DES OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT

Les ouvrages de soutènement sont pratiquement subdivisés en trois grandes catégories : murs de soutènement, écrans de soutènement, et remblais renforcés. Le dimensionnement de ces ouvrages de soutènement sera vu respectivement aux chapitres 5, 6 et 7.

Il existe plusieurs classifications des ouvrages de soutènement, les plus courantes sont basées sur :

- le mode de fonctionnement de l'ouvrage de soutènement,
- la rigidité du système soutènement/sol,
- le matériau de construction du soutènement,
- la durée de fonctionnement du soutènement.

1. Classification selon le fonctionnement

Comme le schématise la figure 3.2, la fonction d'un ouvrage de soutènement est de soutenir un volume de terres sur lequel est éventuellement fondé un ouvrage, tout en assurant la stabilité du soutènement, du massif de sol soutenu, et de l'ouvrage réalisé. On distingue le soutènement en déblai, qui soutient un sol excavé, d'un soutènement en remblai, soutenant un sol artificiel construit par couches compactées.

Comme il sera vu aux chapitres suivants, le sol agit sur le soutènement par des pressions dites soit de "poussée" ou de "butée" qui tendent à le déstabiliser. Il existe plusieurs façons de résister à des pressions, appelées aussi "mode de fonctionnement". On distingue en fait trois modes principaux de fonctionnement :

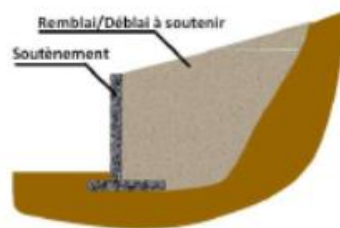


Figure 3.2. Schéma de soutènement d'un sol

• **Fonctionnement par le poids.** Comme le schématise la figure 3.3, le poids W d'un soutènement contribue essentiellement à la stabilité et à la résistance aux forces de poussée/butée, sans subir des déplacements pouvant rompre le sol en contact avec le soutènement. On cite à ce titre, les murs-poids en béton ou en maçonnerie, les murs en gabions, les murs en terre armée et les ouvrages cellulaires ou caissons utilisés couramment dans les quais portuaires.

Les murs en gabion, en terre armée, ou les murs en caissons ont la possibilité de s'adapter à des déformations importantes résultant des tassements différentiels du sol de fondation ou du mouvement sismique [1].

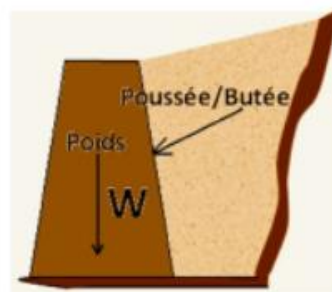


Figure 3.3. Schéma de fonctionnement d'un soutènement par poids

• **Fonctionnement par encastrement.** La stabilité d'un ouvrage de soutènement peut être assurée soit par une fondation sur laquelle est encasté le parement d'un mur de soutènement, soit par une partie fichée d'un écran de soutènement dans le sol pour mobiliser des forces résistantes de butée contre un écran de soutènement.

On cite, à titre d'exemple, des soutènements fonctionnant par semelle encastree : les murs de soutènement cantilever en béton armé, dits aussi murs en console (voir figure 3.4). Parmi les soutènements fonctionnant par fiche encastree, citons les parois moulées et les rideaux de palplanches (voir figure 3.5).

Le dimensionnement des murs de soutènement fonctionnant par encastrement consiste ainsi à déterminer une largeur B de la fondation suffisante pour résister aux différentes formes d'instabilité (glissement de la semelle, renversement, etc). Les écrans de soutènement fonctionnant par encastrement sont par contre dimensionnés en déterminant une fiche D suffisante pour mobiliser une force de butée permettant à l'écran d'être stable.

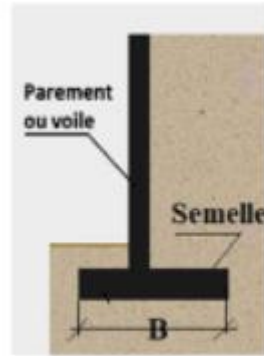


Figure 3.4. Mur fonctionnant par encastrement

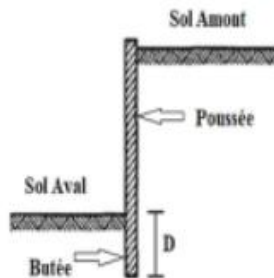


Figure 3.5. Ecran fonctionnant par encastrement (Paroi moulée auto-stable)

- **Fonctionnement par ancrage/clouage.** Le soutènement est ancré dans le sol par des tirants d'ancrage (voir figure 3.6), ou cloué par des clous, ce qui permet de résister aux forces de poussées et rester stable (voir figure 3.7).

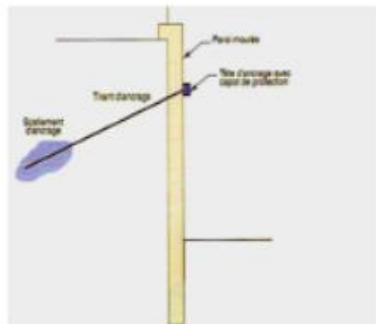


Figure 3.6. Ecran fonctionnant par ancrage (Paroi moulée ancrée)

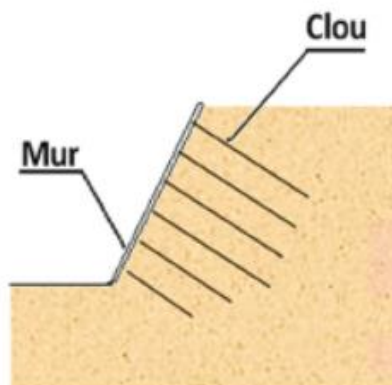
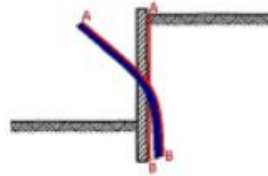


Figure 3.7. Ecran fonctionnant par clouage

3.2. Classification selon la rigidité du soutènement

On distingue les soutènements souples des soutènements rigides. Un soutènement est souple (ou flexible) si sa surface de contact AB avec le sol est déformable (voir figure 3.8). A cette catégorie appartiennent les écrans de soutènement suivants : les parois moulées, les batardeaux, les rideaux de palplanches, et les fouilles blindées. Parmi

les murs de soutènement souples notons les murs en gabion. Enfin, la terre armée, appartenant à la catégorie des remblais renforcés est considérée comme un soutènement souple.



AB: surface de contact mur/sol
(ou interface mur/sol)

Figure 3.8. Schéma de déformation d'un soutènement souple

Un soutènement est dit rigide si la surface de contact sol/mur reste plane après chargement. Les murs courants en béton armé (cantilever, contrefort, etc) sont considérés pratiquement comme rigides.

Un soutènement rigide est dit *fixe* s'il n'effectue ni translation ni rotation. Selon l'Eurocode 7, un soutènement est dit fixe si son déplacement est inférieur à 0.05% de la hauteur [14], [17]. On cite à titre d'exemple, le passage supérieur à cadre fermé (PSCF) (voir figure 3.9), le voile du sous-sol d'un bâtiment (voir figure 3.10) et le bajoyer d'une écluse (canal en U). Le sol derrière le soutènement fixe se trouve en état de repos, dit état K_0 .

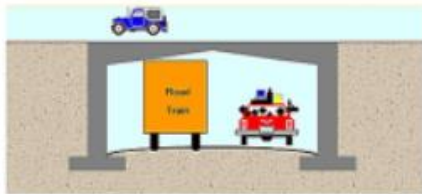


Figure 3.9. Schéma d'un PSCF (mur rigide fixe)



Figure 3.10. Schéma d'un voile en sous-sol (mur rigide fixe)

En cas de déplacement et/ou de rotation, le soutènement rigide est dit *non fixe* et les pressions du sol, comme le montre la figure 3.11, dépendent du sens et de l'amplitude des déplacements du mur. Si le soutènement se déplace de Y_1 (vers l'aval), la pression P_1 diminue lorsque Y_1 augmente jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur correspondant à la rupture, dite *pression ultime de poussée*. Cependant, pour un déplacement Y_2 (vers l'amont), la pression P_2 augmente jusqu'à une valeur correspondant à la rupture, dite *pression ultime de butée*.

A cette catégorie, appartiennent les murs en béton armé (en contrefort, en console, etc), les murs supportant les voies ferroviaires, les culées de ponts, les murs de déblais routiers (voir figure 3.12), etc.

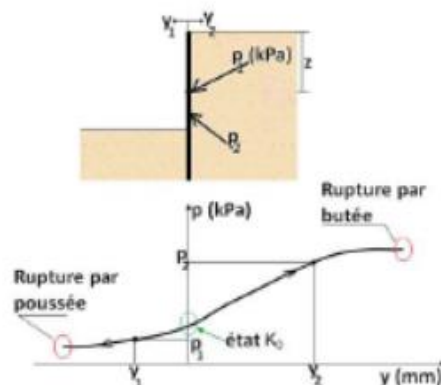


Figure 3.11. Variation de la pression P du sol en fonction du déplacement Y du soutènement



Figure 3.12. Schéma de mur de déblai routier (mur rigide non fixe)

3. Classification selon le matériau de construction

Vis-à-vis du matériau de construction du soutènement, on distingue :

- *Les soutènements en maçonnerie ordinaire* (moellons, briques, etc). Ce sont en général des murs massifs fonctionnant en poids (voir figure 3.13),
- *Les soutènements à enrochement*. Ils regroupent couramment les murs à gabions (voir figure 3.14) et les murs massifs réalisés en pierres et en enrochement (voir figure 3.15),
- *Les remblais en terre armée*. Le soutènement est composé d'un remblai compacté par couches et d'un parement souvent formé d'écailles en béton, ancrées dans des tiges métalliques (voir figure 3.16),
- *Les soutènements en béton armé*. Ce sont souvent les murs cantilevers, ainsi que les parois moulées,
- *Les soutènements métalliques*. On retrouve dans cette catégorie les rideaux de palplanches (voir figure 3.17) et les batardeaux (voir figure 3.18).

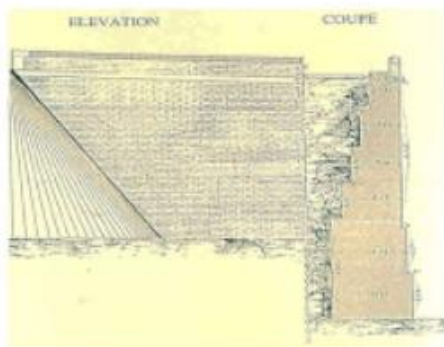


Figure 3.13. Exemples de mur en maçonnerie (Source R. Frank, 2012)



Figure 3.14. Exemple de mur en gabions (Source R. Frank, 2012)

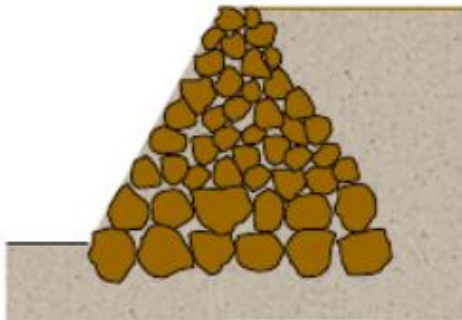


Figure 3.15. Exemple de mur à enrochement (Source R. Frank, 2012)

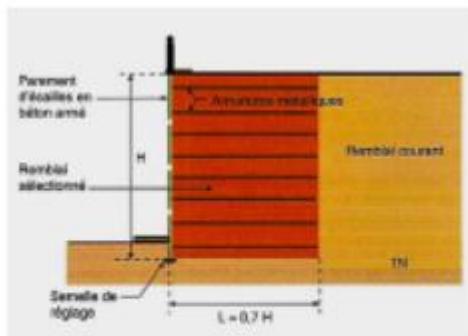


Figure 3.16. Exemple de remblai en terre armée

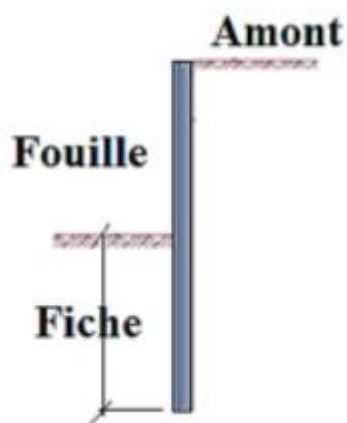


Figure 3.17. Exemple d'installation d'un rideau de palplanches (Site : île de Rokko, Japon)



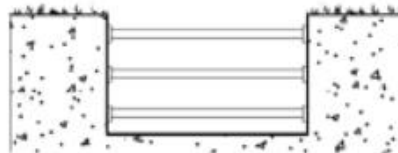
Figure 3.18. Exemple de batardeau en palplanches

A. Classification selon la durée d'utilisation

Les soutènements peuvent être classés selon leur durée de fonctionnement. On distingue ainsi les *soutènements provisoires* et les *soutènements définitifs*.

Les *soutènements provisoires* sont réalisés pendant une phase limitée des travaux, en vue par exemple du blindage d'une fouille, l'étalement d'une paroi instable, ou le soutènement des parois d'une fouille par des rideaux de palplanches récupérables en fin des travaux (voir figure 3.19).

Les *soutènements définitifs* sont réalisés pour une fonction de soutènement illimitée dans le temps, tels que les murs cantilevers, les murs en gabions, les murs de quai, et les parois moulées.



Fouille blindée

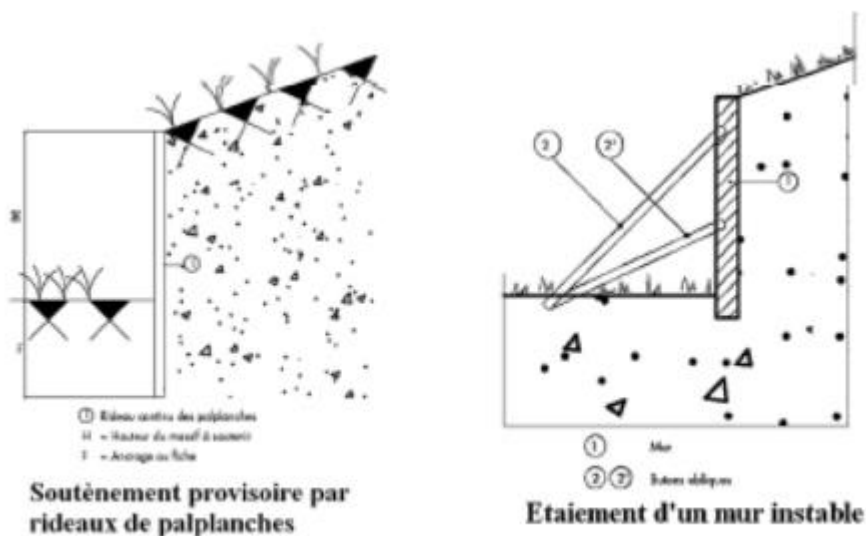


Figure 3.19. Exemples de soutènement provisoire