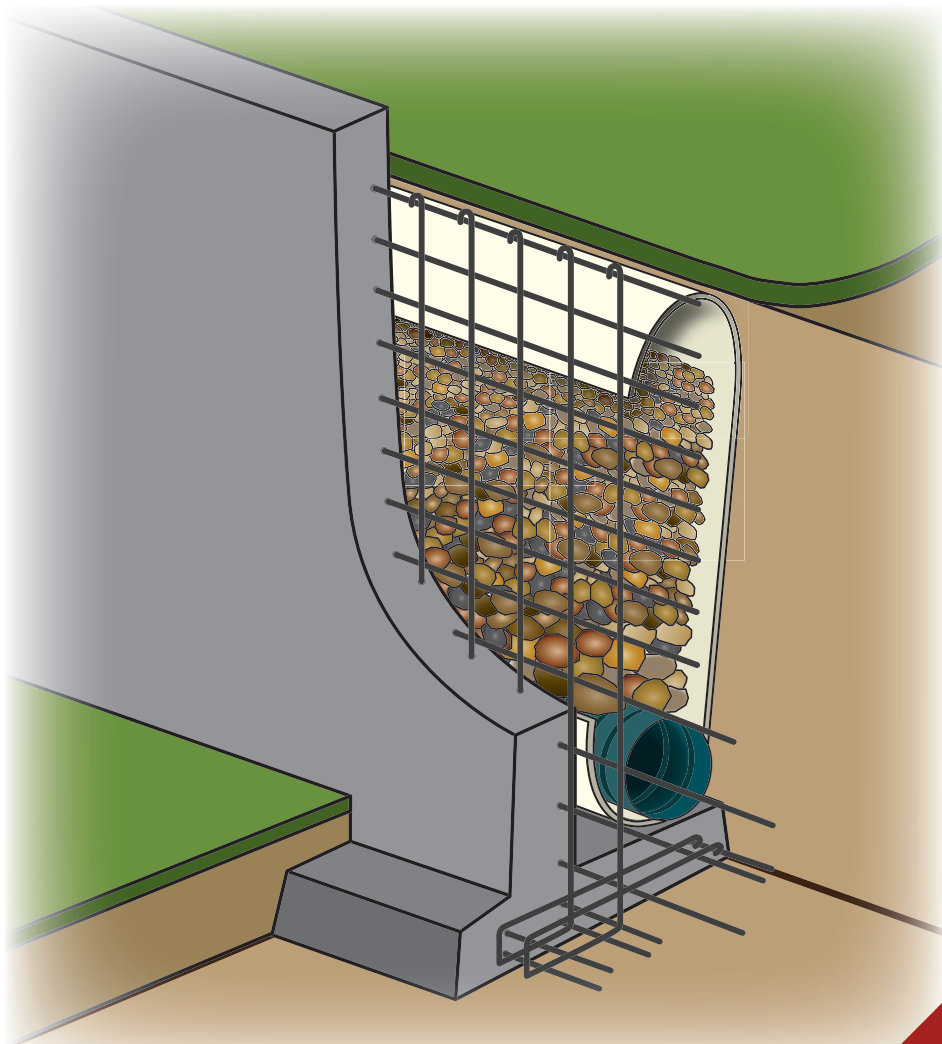


Murs de soutènement



Introduction

À qui s'adresse ce document ?

Ce document s'adresse principalement aux maçons, aux entrepreneurs, aux architectes, aux constructeurs de maisons individuelles et aux formateurs.

Quels types de chantiers sont visés ?

Les types d'ouvrages visés dans ce document sont les murs de soutènement réalisés dans le cas des maisons individuelles, les descentes de garage, les petits chantiers. Les ouvrages suivants sont exclus de ce document : les parois des sous-sols aménagés, les caves étanches, les ouvrages d'arts, les gabions, les parois cloutées qui nécessitent une analyse de risque spécifique.

Cette plaquette ne traite pas des dispositifs type garde-corps pour les personnes ; cependant il faut penser à les mettre en place si nécessaire.

Dans le cas des chantiers métropolitains, la problématique gel doit être prise en compte.

Quels types de murs de soutènement sont visés ?

Les deux principaux types de murs de soutènement sont :

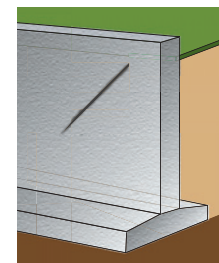
- **Les murs poids** que l'on retrouve pour des ouvrages d'une hauteur inférieure à 3 mètres, le plus souvent réalisés en maçonnerie de pierre. Ils s'opposent aux efforts générés par le sol par leur poids propre.
- **Les murs en T inversés ou en L** sont le plus souvent réalisés en béton et peuvent recevoir parfois des contreforts. Ils s'opposent aux efforts générés par le sol, grâce à la bêche et au talon qui composent leurs assises. Ces derniers sont spécifiquement visés par cette plaquette.

Les efforts de poussée des terres participent à la stabilité du mur en générant un effort contraire à la poussée des terres au niveau de la semelle (frottement de la semelle sur le sol), mais également par l'effort généré par le poids de la terre située au-dessus de la semelle de fondation côté terre.

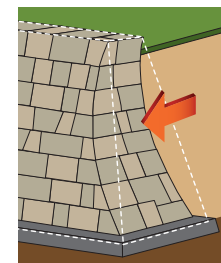
Les matériaux couramment utilisés pour la réalisation de ces ouvrages sont : la maçonnerie de pierres hourdées au mortier de ciment, la maçonnerie armée et le béton banché.

Les risques potentiels

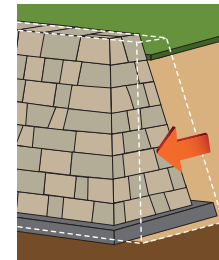
Les risques potentiels sont les mêmes quels que soient les types de murs envisagés. Ils peuvent être représentés par les schémas de principe suivants :



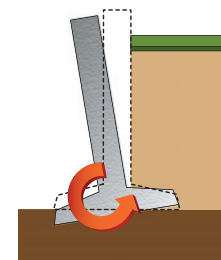
Fissuration liée à un point dur



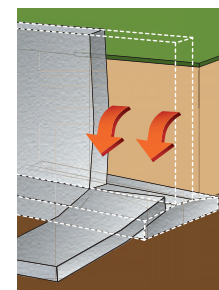
Bombement



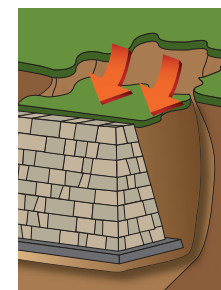
Glissement



Poinçonnement



Effondrement



Mouvement d'ensemble

LES CAUSES DES DÉSORDRES

Les causes principales des désordres sont :

- L'absence de drainage ;
- L'absence d'entretien du système de drainage ;
- La mauvaise évacuation des eaux de ruissellement ;
- L'étude de sol inexistante et/ou mal interprétée ;
- Le mauvais dimensionnement de la maçonnerie dans le cadre du mur poids ;
- L'exécution du mur lui-même (insuffisance et/ou mauvais positionnement du ferrailage, qualité et/ou mise en œuvre du béton...).

Quelle démarche adopter ?

CONSEILS

1) Professionnels, avant de réaliser un mur de soutènement, vérifiez que vous êtes assurés au titre de la responsabilité civile et de la responsabilité décennale pour la conception et/ou la réalisation de ce type d'ouvrage, ainsi que pour les conséquences induites :

- Dégâts sur les avoisinants ;
- Risques d'accidents corporels en cas de chute du mur, de parties du mur ou bien du mur dans sa totalité.

2) ATTENTION dans le cas où le mur de soutènement est en limite de propriété, la responsabilité peut appartenir aux deux propriétaires.



Effondrement d'un mur de soutènement n'ayant causé que des dégâts matériels (Antilles) AQC®.

Une fois que le maître d'ouvrage a défini son programme, différents acteurs interviennent dans la conception et la réalisation de l'ouvrage :

- La maîtrise d'œuvre (architecte, constructeurs de maisons individuelles...);
- Le bureau d'études géotechnique ;
- Le bureau d'études structure ;
- Les entreprises (terrassier, maçon...).

Demander au maître d'ouvrage de préciser ses attentes

- Définir avec le maître d'ouvrage la **position du mur**, et l'informer des éventuelles contraintes techniques en résultant (positionnement de la bêche en limite de propriété, raccordement au réseau EP du collecteur du drain, évacuation éventuelle des terres excédentaires...);

- Définir si la **partie supérieure sera utilisée**, dans quel but, quelle utilisation en sera faite (nécessité de mettre en place des garde-corps ?) et par qui (maître d'ouvrage, voisinage...);
- Définir **quelle utilisation sera faite de la partie inférieure (piscine ?)** ;
- Définir **les charges d'exploitation** (voir éventuellement les contraintes générées par le voisinage tel que véhicules, piscines en projet et stockage des terres excédentaires...) en partie haute du mur ;
- Proposer au maître d'ouvrage les familles de solutions adaptées, le choix des matériaux, de la finition (NB : certaines ne sont pas adaptées à la réalisation de murs de soutènement).

Réaliser une étude géotechnique

L'étude géotechnique permettra de renseigner le bureau d'études structure sur les données néces-

saires au dimensionnement du mur de soutènement. Le bureau d'études géotechnique devra statuer sur le risque de grand glissement et sur le type de sol de fondation adapté à l'ouvrage. L'étude permettra de déterminer :

- Les caractéristiques du sol ;
- Le niveau d'assise des terres ;
- Les densités des terres ;
- Leurs coefficients de poussée ;
- Le type de drainage.

Le bureau d'études géotechnique devra également se renseigner sur la présence éventuelle d'une nappe phréatique. L'équipe de maîtrise d'œuvre devra alors statuer sur les moyens nécessaires pour rabattre la nappe ou bien l'intégrer dans le dimensionnement de l'ouvrage.

RAPPEL

Extrait de la NF P94-500 (décembre 2006)

« La conception des ouvrages simples peut s'appuyer sur une étude géotechnique en deux temps, comportant :

- une étude préliminaire de site (G11) ;
- une étude de conception incluant nécessairement l'étude d'avant-projet (G12), l'étude de projet (G2) et l'étude d'exécution (phase étude de la mission G3). »

ATTENTION

La présence de scories volcaniques dans le sol peut modifier la portance du sol.

Concevoir et dimensionner l'ouvrage

ATTENTION

Au préalable, le concepteur doit s'informer des contraintes liées au zonage sismique où se trouvera l'ouvrage.

Dans le cas de murs de soutènement de petites dimensions, un prédimensionnement sera suffisant pour concevoir l'ouvrage. Dans le cas d'ouvrage plus conséquent ou plus complexe, la phase de conception est une étape nécessaire et fondamentale. Elle doit tenir compte, notamment :

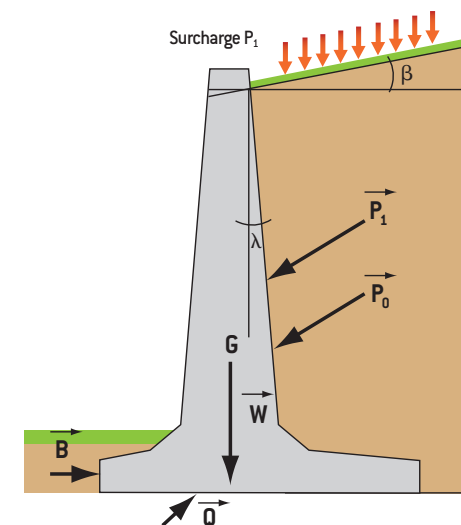
- De la présence d'avoisinants ;

- De la position du mur de soutènement (en limite de parcelle ou non) ;
- De la hauteur du mur de soutènement ;
- De la pente du talus ;
- Des demandes spécifiques du maître d'ouvrage et des données transmises par le géotechnicien.

Dimensionner le mur en tenant compte de sa stabilité interne

Les contraintes à prendre en compte lors du dimensionnement sont :

- La poussée due à des surcharges éventuelles : véhicules, stockage...
- La poussée due aux terres en place et aux remblais sur le mur qui dépend :
 - des caractéristiques du sol (densité, cohésion et angle de frottement interne),
 - hauteur des terres à soutenir ;
- La poussée due à la présence d'eau.



W : Poids propre du mur.

P₀ : Poussées des terres.

P₁ : Poussées des terres dues aux surcharges d'exploitation P₁.

B : Butée de terrain côté aval.

Q : Réaction du sol d'assise.

β : Angle du talus.

γ : Inclinaison par rapport à la verticale.

REMARQUES

Il peut arriver que les murs soient calculés sur des hypothèses optimistes :

- Mauvaises appréciations des caractéristiques des terres soutenues (angle de frottement interne) ;
- Non prise en compte des poussées hydrostatiques ;
- Non prise en compte du poids saturé des terres ;
- Surcharge d'exploitation sous-estimée ;
- Absence de talus en amont.

Dimensionner l'ouvrage dans son environnement

L'étude géotechnique doit étudier le risque d'instabilité du talus et du grand glissement. Ainsi que la stabilité de l'ouvrage dans son environnement. Plus le poids des terres retenues est important, plus les efforts augmentent.

CONSEILS

Faire appel à un géotechnicien pour valider les hypothèses de dimensionnement du sol (risques de grand glissement, résultante du sol...).

Concevoir et dimensionner le système de drainage

L'eau peut être amenée à s'accumuler en partie arrière du mur. La réalisation de massifs de drainage [remblai drainant calibré + géotextile + réseau de collecte des évacuations] limite ainsi les efforts de poussée hydrostatique. Le système de drainage doit être conçu de manière à permettre un drainage vertical puis horizontal.

Il est impératif de concevoir et de dimensionner des éléments participants à l'évacuation de l'eau :

- Barbacanes : nombre, calepinage... ;
- Système de drainage (drain dédié à cette utilisation...);
- Dispositif pour éviter le colmatage : géotextile imputrescible 200 g/m² (l'ouverture de celui-ci doit permettre de retenir les fines pour éviter l'obstruction du drain) ;

- Massifs drainants :
 - types de remblais à mettre en œuvre,
 - granulométrie,
 - position ;

- Tapis drainant (géosynthétique).

Pour qu'un système de drainage soit efficace, l'eau doit s'évacuer sans que le système ne se colmate. Le remblai doit se faire par des matériaux de granulométrie croissante dans le sens de l'écoulement de l'eau. La nature des remblais successifs doit donc être précisée. D'autre part, il faut prévoir des regards de visite pour contrôler le bon fonctionnement du drain et vérifier l'écoulement de l'eau collectée.

ATTENTION

La présence d'une nappe phréatique peut empêcher l'écoulement des eaux de ruissellement.

ATTENTION

Une barbacane n'est pas un système de drainage suffisant, elle doit être associée à un massif drainant. Elle doit être placée plus haut que le drain pour avertir lorsque ce dernier est inopérant. Il y a des risques néanmoins qu'elle se bouche. D'autre part, il faut avoir l'autorisation du propriétaire de terrain situé en aval afin de permettre l'évacuation des eaux chez lui.

CONSEILS

Dans le cas de murs de soutènement en béton armé, prévoir une imperméabilisation côté terre afin de garantir sa pérennité.

NOTA

Massif de drainage : remblai drainant calibré + géotextile + réseau de collecte et d'évacuation.

Les points à vérifier lors de la mise en œuvre

Travaux de terrassement

- Décapage et fouille du terrain d'assise ;
- Vérification du sol (contrôle du fond de fouille par le géotechnicien).

REMARQUES

Le contrôle de la qualité du sol d'assise permet de limiter le risque de basculement du mur par poinçonnement du sol d'assise.

ATTENTION

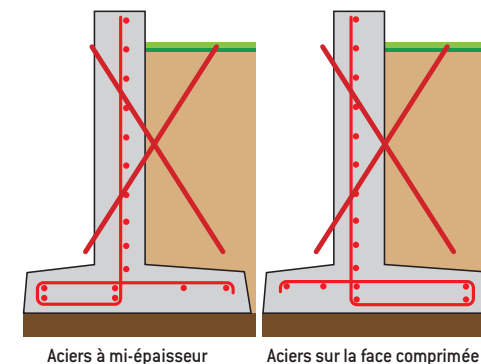
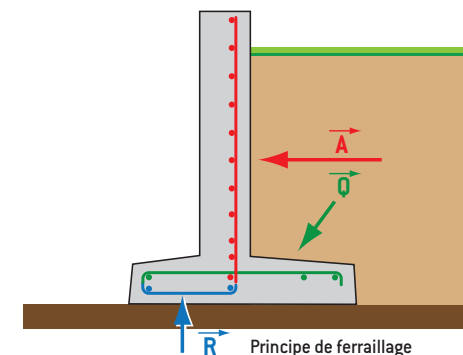
Prévoir les mesures de protection provisoires (blindage, butonnage...) qui garantiront la stabilité des ouvrages situés en amont lors de la réalisation des travaux.

Exécution du mur

- Vérifier l'épaisseur du mur ;
- Contrôler la qualité des fournitures (galets souillés, sous-dosage en mortier béton...);
- Contrôler le ferrailage (section des aciers, positionnement...) conformément au plan ;
- Contrôler la propreté des matériaux du remblai drainant (absence de fines qui peuvent colmater le drain).

ATTENTION

Le ferrailage des murs de soutènement est spécifique.



Système de drainage par matériaux naturels et évacuation des eaux

Le drain horizontal

- Situer le drain au-dessus du niveau des fondations pour éviter leur affouillement ;
- Pente du drain : 3 à 10 mm/m avec un diamètre de 100 mm minimum dans le cadre d'un captage horizontal ;
- Vérifier que les fentes du drain sont orientées vers le haut sous un géotextile ;
- Vérifier la compatibilité de la taille des fentes du drain avec la granulométrie des matériaux du massif drainant ;
- Contrôler le bon écoulement de l'eau dans le drain, une fois que celui-ci a été réalisé.

ATTENTION

Ne pas se contenter de protéger l'extrémité des barbacanes et d'envelopper le drain avec un géotextile.

Barbacanes

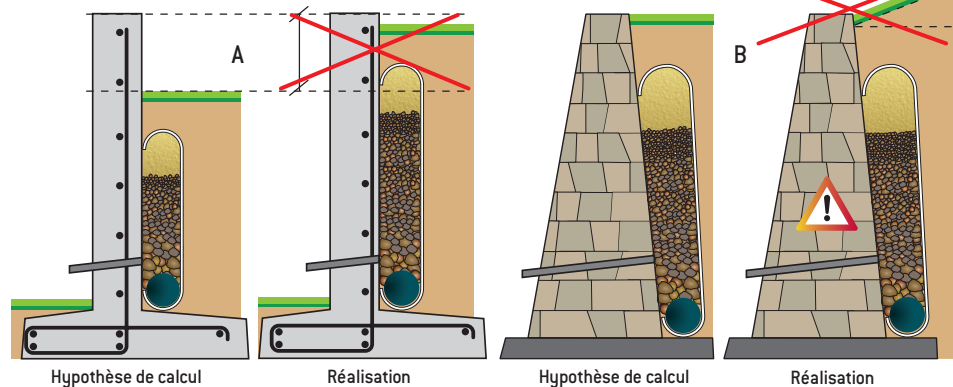
Dans le cas d'un mur en maçonnerie jointoyé, prévoir la présence de barbacanes.

Regards d'évacuation

Poser les regards sur un sol compacté.

Mise en œuvre du géotextile

- Pas de poinçonnement du géotextile ;
- Mettre un géotextile propre (un géotextile souillé pourrait diminuer le rôle de filtre et de drainage) ;



Exemple : Le remblaiement ne respecte pas les hypothèses de calculs.

- Vérifier le recouvrement entre les lés (sens du recouvrement et longueurs).

Drain vertical

Prévoir :

- Un terte avec granulation croissante ou allant vers le drain horizontal ;
- Une nappe drainante sous Avis Technique.

Remblaiement

- Au préalable, laisser un temps de prise suffisant au mur pour qu'il atteigne sa résistance mécanique ;
- Remblayer par couches successives inférieures à 50 cm ;
- Respecter la nature des remblais prescrits. Ne pas utiliser de remblais argileux ;
- Compacter avec des engins de compactage légers à proximité du mur.

ATTENTION

Un compactage serré n'est ni souhaitable ni désiré, car cela engendre un effort supplémentaire sur le mur. Un remblai de mur de soutènement n'est pas compacté comme un remblai de route !

ATTENTION

Aux quantités de remblai rapportées plus importantes sur le chantier que dans l'étude, ou talutage excessif.

Entretien / Exploitation

Le professionnel doit informer son client :

- De vérifier périodiquement le bon fonctionnement du drainage ;
- De vérifier périodiquement le bon fonctionnement des barbacanes ;
- De respecter les charges d'exploitation pour lesquelles le mur a été dimensionné (parking de poids lourds en lieu et place de voiture...) ;
- D'éviter certaines végétations à proximité (arbres à grandes racines).

ATTENTION

- Ne pas creuser au pied du mur de soutènement !
- Ne pas rehausser un mur existant sans intervention d'un bureau d'études !
- Ne pas fonder de constructions mitoyennes sur la semelle du mur de soutènement ou en amont direct du mur.

Textes de référence

- Le DTU 13.11 (NF P 11.211) de mars 1988 fixe les conditions de mise en œuvre des fondations superficielles.
- Le DTU 13.12 (NF P 11.711) (mars 1988, novembre 1988) fixe les règles pour le calcul des fondations superficielles.
- L'annexe de ce dernier document traite de la conception du drainage nécessaire contre le mur.
- Le DTU 20.1 (NF P 10.202.1) d'octobre 2008 - partie 1 - fixe les conditions de mise en œuvre pour les ouvrages en maçonnerie de petits éléments.
- Le DTU 20.1 (NF P 10.202.4) d'octobre 2008 - partie 4 - fixe les règles de calcul et les dispositions constructives minimales pour les ouvrages en maçonnerie de petits éléments.
- Les règles BAEL 91 révisées 99 (NF P 18.702) sont également à prendre en compte.
- NF P 94-500 (décembre 2006) : Missions d'ingénierie géotechnique - Classification et spécifications (Indice de classement : P 94-500).
- NF EN 1997-1, Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 1 : Règles générales (indice de classement : P 94-251-1) et son annexe nationale NF P 94-251-2.
- NF EN 1997-2, Eurocode 7 : Calcul géotechnique - Partie 2 : Reconnaissance des terrains et essais (indice de classement : P 94-252-1).
- Étude du BRGM.
- Guide de la Chambre des Métiers 974.

Cette plaquette a été réalisée avec l'appui du MEDDTL, des DEAL et des professionnels, notamment de l'Outre-Mer.

