

Travaux

d'aménagement
et d'entretien
des constructions
paysagères

Règles professionnelles

Travaux de mise en place de
murets paysagers, d'ouvrages de
retenue de sols et d'escaliers

N°: **C.C.4-R0** | Création : mai 2016



LES ENTREPRISES DU PAYSAGE

chaque
jardin
compte



ASSOCIATION DES INGÉNIEURS
TERRITORIAUX DE FRANCE



FFP



Les responsables
d'espaces nature en ville

Préambule

Les règles professionnelles sont la transcription et l'identification du savoir-faire des entreprises du paysage. Elles sont rédigées par des professionnels du paysage : entreprises, donneurs d'ordre, bureaux d'étude, enseignants, fournisseurs, experts.

Elles sont élaborées en tenant compte de l'état des lieux des connaissances au moment de leur rédaction, et des documents existants sur certains sujets spécifiques. Elles constituent ainsi une photographie des "bonnes pratiques" du secteur.

Elles sont toutes organisées selon le même principe. Ainsi, on y trouve :

- une délimitation précise du domaine d'application
- un glossaire détaillé des termes employés dans le document
- des prescriptions techniques organisées selon la logique du déroulement de chantier
- des points de contrôle, qui donnent les moyens de vérifier la bonne exécution du travail
- des annexes techniques pouvant être de différents ordres : compléments techniques spécifiques, exemples de méthodes à mettre en œuvre, etc.

Les règles professionnelles sont applicables à tout acteur concourant à la réalisation et l'entretien d'un ouvrage paysager.

Nota bene : Les règles professionnelles n'ont pas pour vocation de remplacer le fascicule 35 mais de les compléter et de les enrichir. Les règles professionnelles du paysage sont bien sûr conformes aux prescriptions générales du fascicule 35 et visent essentiellement à décrire les techniques mises en œuvre et les résultats à obtenir, pouvant s'intégrer notamment dans les CCTP des marchés de travaux.

Avertissement : Les réglementations de chantier et celles relatives à la sécurité des personnes ne sont pas abordées de façon exhaustive dans ces documents. Il va de soi que toutes les activités décrites doivent être réalisées dans le respect de la législation en vigueur.

Liste des personnes ayant participé à la rédaction

Comité de pilotage

Jean-Pierre BERLIOZ (Unep, Membre honoraire)
 Christophe GONTHIER (Unep, Président de la Commission technique)
 Françoise JEANNERET (Unep, Trésorière adjointe déléguée aux techniques de métiers)
 Eric LEQUERTIER (Unep, Vice-président de Plante & Cité et Président du comité de pilotage des règles professionnelles)
 Thierry MULLER (Unep, Vice-président de QualiPaysage)

Comité de rédaction

Jérôme BOUCARD (Unep)
 Benoît BRISSINGER (Unep)
 Cédric HOUEL (CFA Valdoie)
 Thierry STROBEL (Bureau d'études spécialisé)
 Tanguy VERNAY (Unep)
 Cécile DUMAS (Unep)
 Pierre-Antoine THEVENIN (Unep)

Comité de relecture

Cathy BIASS-MORIN (AITF)
 Aude CARFANTAN (Educagri)
 Ariane DELILEZ (FFP)
 Sébastien DIRY (Educagri)
 Joel GAPAILLARD (Unep)
 Thomas GENG (Educagri)
 Jean-Pierre GUENEAU (Hortis)
 Matthieu RENTZ (Educagri)
 Régis TRIOLLET (DGER)
 Christophe VALLON (Préfecture de la Haute-Saône)
 Grégory WEBER (Educagri)



Document réalisé sous la direction de l'Unep dans le cadre de la convention de coopération signée entre l'Unep et le Ministère en charge de l'Agriculture, et dans le cadre de la convention de partenariat signée entre l'Unep et Plante & Cité.

Une nomenclature spécifique a été retenue pour les règles professionnelles du paysage. Par exemple, le numéro des règles professionnelles « Travaux des sols, supports de paysage » est le P.C.1-R0. La première lettre de la nomenclature sert à identifier l'axe auquel appartient le sujet (axe 1 - P : plantes / axe 2 - C : constructions paysagères / axe 3 - B : végétalisation de bâtiments / axe 4 - N : zones naturelles). Quant à la seconde lettre, elle permet d'identifier les travaux de création (C) ou d'entretien (E). Le premier chiffre est un numéro d'ordre et la mention "Rchiffre" indique le numéro de révision. Les annexes sont indiquées par la mention "Achiffre", placée avant le numéro de révision.

Les règles professionnelles du paysage sont téléchargeables sur le site de l'Unep à l'adresse suivante : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles>

Sommaire

Préambule	2
Liste des personnes ayant participé à la rédaction	2
1. Objet et domaine d'application	6
2. Définitions des termes	6
2.1. Murets paysagers	6
2.1.1. Fondation	6
2.1.2. Drain	6
2.1.3. Barbacane	6
2.1.4. Massif Drainant	6
2.1.5. Remblai	6
2.1.6. Parement	6
2.1.7. Nappe de protection	6
2.1.8. Corps du mur	6
2.1.9. Goutte d'eau ou larmier	7
2.1.10. Arase	7
2.1.11. Couronnement	7
2.1.12. Fruit	7
2.2. Ouvrages de retenue de sols	7
2.2.1. Retenue en traverses ("berlinoise")	7
2.2.2. Palisse	7
2.2.3. Enrochement paysager	7
2.3. Escalier	7
2.3.1. Gradine	8
2.3.2. Dalles palières	8
2.3.3. Marche	8
2.3.4. Emmarchement	8
2.3.5. Contremarche	8
2.3.6. Emprise	8
2.3.7. Giron	8
2.3.8. Rive et nez de marche	8
2.3.9. Limon	8
2.3.10. Lisse (ou lice ou main-courante)	8
2.3.11. Garde-corps (ou rambarde)	8
2.3.12. Volée	9
2.3.13. Dénivelé	9
2.3.14. Paillasse	9
2.3.15. Palier de repos	9
2.4. Ouvrages connexes	9
2.4.1. Contreforts	9
2.4.2. Raidisseur	9
2.4.3. Pilier	9
2.5. Matériaux de construction	9
2.5.1. Mortier	9
2.5.2. Béton	9
2.5.3. Gabion	9
2.5.4. Moellon	9
2.5.5. Parpaing	9
2.6. Autres définitions	9
2.6.1. Joint	9
2.6.2. Joint de dilatation	9
2.6.3. Appareillage	9
2.6.4. Calepinage	10
2.6.5. Hérisson	10
2.6.6. Ferrailage d'attente	10
2.6.7. Poçonnement	10
2.6.8. Ancrage et scellement	10
2.6.9. Chaînage	10
2.6.10. Assise	10
2.6.11. Cure	10

3. Description et prescriptions techniques	10
3.1. Dispositions communes	10
3.1.1. Démarches administratives	10
3.1.2. Contexte réglementaire	10
3.1.3. Règles d'édification des murs autour d'une propriété	10
3.1.4. Critères de décision pour le choix de l'ouvrage	11
3.1.5. Etude des sols / Etude géotechnique	11
Point de contrôle interne	11
3.1.6. Réalisation des fouilles	11
Point de contrôle interne	12
3.1.7. Précautions à prendre par rapport à la compatibilité avec les végétaux	12
A) Murets paysagers et ouvrages de retenue de sol	12
3.2. Généralités sur la mise en œuvre des murets paysagers	12
3.2.1. Fondations	12
3.2.1.1. Caractéristiques des fondations	12
Point de contrôle interne	13
3.2.1.2. Profondeur hors-gel	13
3.2.1.3. Armature et ferrailage	14
3.2.1.4. Types de fondation	14
3.2.1.4.1. Fondations superficielles - semelles de faible épaisseur	14
3.2.1.4.2. Fondations semi-profondes	15
3.2.1.4.3. Fondations profondes	15
3.2.1.5. Coffrage	15
3.2.1.6. Armatures d'attente et ancrages	15
3.2.2. Drainage de l'ouvrage	15
3.2.3. Choix des matériaux	16
Point de contrôle contradictoire	16
3.2.4. Appareillage et montage	16
3.2.4.1. Appareillage	16
3.2.4.2. Montage	17
3.2.4.3. Interruption et reprise	17
Point de contrôle interne	18
3.2.4.4. Mise en œuvre des joints	18
3.2.4.5. Pose du couronnement	19
Point de contrôle interne	19
3.2.5. Cas des ouvrages de retenue de sol	19
3.3. Spécificités des murets paysagers en pierres naturelles maçonnées	19
3.4. Spécificités des murets paysagers en pierres brutes (technique traditionnelle "pierres sèches")	19
3.4.1. Construction d'un muret paysager en pierres brutes	19
Point de contrôle interne	20
3.4.2. Mise en œuvre	20
Point de contrôle interne	20
3.5. Spécificités des murets paysagers en bois	21
3.6. Spécificités des murets paysagers en briques	22
3.6.1. Construction d'un muret paysager en briques	22
3.6.2. Mise en œuvre	22
3.7. Spécificités des murets paysagers en matériaux / éléments préfabriqués	23
3.7.1. Les éléments manu-portables en béton	23
3.7.2. Le mur de soutènement en éléments préfabriqués	23
3.8. Spécificités des murets paysagers en béton ou en moellons artificiels	23
3.9. Spécificités des murets paysagers en béton armé	24
3.10. Spécificités des murets paysagers en moellons artificiels (parpaings)	24
3.11. Spécificités des murets paysagers en gabions	24
Ouvrages de retenue de sol par gabions	24
Point de contrôle interne	25
3.12. Les enrochements	25
Point de contrôle interne	25
3.13. Les murets paysagers en verre, fer, acier, etc.	25
B) Escaliers	25
3.14. Escaliers et gradines	25
3.14.1. Contexte réglementaire particulier	25
3.14.1.1. Accès PMR	25
3.14.1.2. Ouverture au public	25
3.14.1.3. Marches	26
3.14.2. Dimensionnement	26
Point de contrôle interne	27
3.14.3. Mise en œuvre	27

3.14.3.1. Fondations	27
3.14.3.2. Montage	27
3.14.3.2.1. Escalier maçonné	27
3.14.3.2.2. Escalier en bois	28
3.14.3.2.3. Gradines	29
3.14.3.2.4. Evacuation de l'eau de ruissellement	29
Point de contrôle interne	29
4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires	30
5. Bibliothèque de références.....	31

1. Objet et domaine d'application

Un muret est une délimitation physique artificielle de faible hauteur formée soit par l'agencement d'éléments naturels ou préfabriqués, liés ou non, soit par coulage. Apparus dans toutes les régions où s'est développée une agriculture sédentaire, les murets ont constitué les premiers éléments d'artificialisation du paysage.

De nombreux matériaux peuvent être utilisés pour la construction des murets paysagers : pierres naturelles, pierres reconstituées, gabions, etc. D'autres matériaux peuvent constituer des éléments décoratifs, plaqués sur la surface du muret : acier, bois, etc.

Un ouvrage de retenue de sol est une construction en élévation qui permet le maintien des sols et fait la liaison entre deux niveaux différents.

Les escaliers sont des ouvrages qui permettent aux piétons de franchir des ruptures de niveau, lorsqu'une rampe n'est pas réalisable ou souhaitable. Conçus de manière à s'adapter à leur environnement et aux contraintes de situation, les escaliers peuvent être construits à partir d'une multitude de matériaux : bois, pierres naturelles, béton, etc.

Ne sont pas concernés :

- les murs végétalisés, qui font l'objet de la règle professionnelle B.C.3-R0 « Conception, réalisation et entretien des murs végétalisés »
- les clôtures qui font l'objet de la règle professionnelle C.C.5-R0 « Travaux de mise en place de clôtures »
- les ouvrages de soutènement comme les treillages ou les fascines, qui font l'objet de la règle professionnelle N.C.1-R0 « Travaux de génie végétal »
- les ouvrages qui, par leur dimensionnement, le volume qu'ils retiennent ou leur structure, peuvent relever davantage du domaine du génie civil, à l'appréciation de l'entrepreneur en fonction de ses moyens.

Important :

Pour tous les ouvrages décrits dans le présent document, chaque entrepreneur est soumis à une obligation légale de souscrire un contrat d'assurance décennale (en vertu des articles 1792 et suivant du code civil). Les clauses, notamment les différences entre petites maçonneries et ouvrages plus conséquents, se négocient avec les assureurs.

2. Définitions des termes

2.1. Murets paysagers

Construction ou ouvrage en élévation répondant à plusieurs objectifs :

- assurer la séparation entre le domaine public et le domaine privé ou entre les parties privatives elles-mêmes (murs mitoyens) ;
- assurer la délimitation entre des espaces ayant des affectations différentes ;
- participer à l'aménagement des espaces (aspects esthétiques et fonctionnels) ;
- avoir un rôle technique par l'intégration d'équipements spécifiques (exemples : coffrets d'alimentation électrique, boîtes aux lettres, banc, etc.) ;
- assurer la retenue de terre.

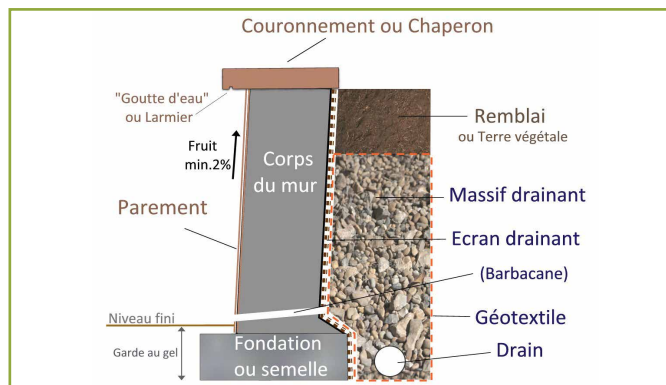


Figure 1 : Schéma de principe d'un muret paysager de soutènement (Dessin de Cédric Houel)

Remarque :

La garde au gel est la distance la plus courte qui sépare l'assise des fondations de la surface du sol.

Elle n'est pas réglementée. Elle se mesure à partir de la surface du sol extérieur. En pratique, on compte de 4 à 8 cm par degré en dessous de 0°C ainsi elle va de 40 à 120 cm selon les zones climatiques.

2.1.1. Fondation

Partie enterrée de l'ouvrage destinée à recevoir l'ouvrage et dont la fonction est de transmettre les charges au sol support. Le choix du type de fondation (rigole, semelle, puits) dépend du type d'ouvrage et du contexte. La fondation et l'ouvrage peuvent être reliés par ferrailage.

2.1.2. Drain

Conduite percée destinée à évacuer les eaux en excès. Elle se place en base, et derrière l'ouvrage en cas de mur de soutènement.

2.1.3. Barbacane

Conduite pouvant traverser le muret de soutènement ou l'ouvrage de retenue des sols. Elle permet d'évacuer l'eau excédentaire, l'accumulation d'eau derrière l'ouvrage, limitant ainsi les poussées horizontales en base.

2.1.4. Massif drainant

Matériau calibré discontinu d/D (granulométrie comprise entre un petit diamètre d et un diamètre plus gros D) destiné à favoriser la percolation de l'eau d'infiltration (par exemple : galets ou concassés 8/16).

2.1.5. Remblai

Volume de matériaux, souvent issus du sol en place, déplacé ou retiré pour combler une déclivité ou une excavation (cf. règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers »)

2.1.6. Parement

Revêtement du corps du mur ou partie visible des matériaux.

2.1.7. Nappe de protection

Membrane à reliefs destinée à favoriser l'aération et la protection de la face arrière du muret de soutènement ou de l'ouvrage de retenue des sols.

2.1.8. Corps de mur

Partie structurelle centrale du mur constituée de l'assemblage des matériaux de construction choisis et de leurs jointoiements éventuels. Il peut être constitué d'éléments préfabriqués (parpaings, briques...), de pierres

maçonnées ou non. Il peut être coffré (exemples : banche, prémur, etc.) et posséder un fruit (inclinaison) dans le cas d'un mur de soutènement.

2.1.9. Goutte d'eau ou larmier

Rainure pratiquée sous le couronnement et sur toute la longueur. Cette rainure oblige l'eau de pluie à tomber directement au pied du muret ou de l'ouvrage de retenue des sols afin d'éviter de salir le parement.

2.1.10. Arase

Couche de mortier rapportée au-dessus des éléments de montage destinée à donner au muret sa cote définitive, avant la pose du couronnement.

2.1.11. Couronnement

Partie supérieure du muret ou de l'ouvrage de retenue des sols, en débord ou aligné à son aplomb. Il sert à assurer la finition de l'ouvrage et à le protéger des intempéries.

Synonymes : tablette, chaperon, couvertine ou entablement.

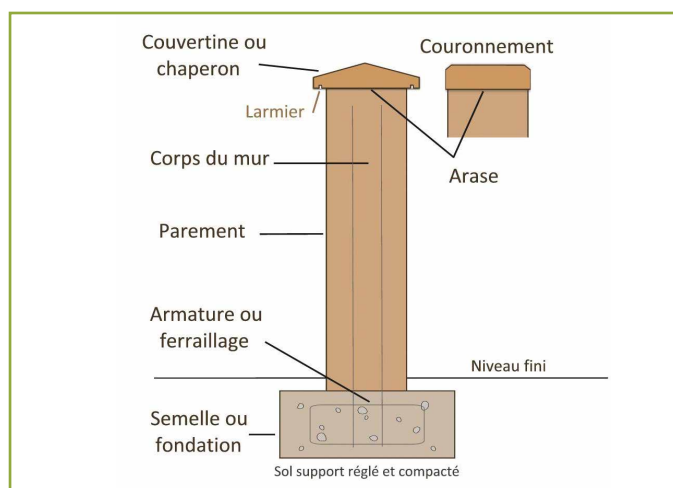


Figure 2 : Schéma de mur isolé
(Dessin de Cédric Houel)

2.1.12. Fruit

Le fruit est l'angle formé entre la verticale passant à la base du mur et la face de ce même mur. Il est donné en degrés ou en pourcentage. Il est réalisé pour des ouvrages de soutènement et il peut être à l'avant et/ou à l'arrière du mur.

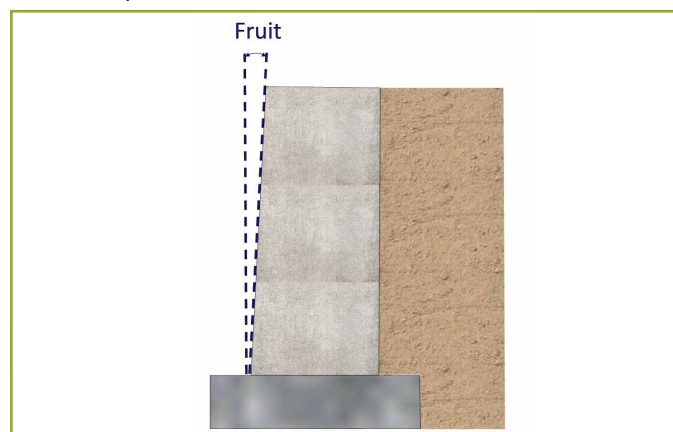


Figure 3 : Schéma de principe illustrant le fruit d'un mur
(Dessin de Cédric Houel)

2.2. Ouvrages de retenue de sols

Les principales fonctions des ouvrages de retenue des sols sont : reculer un talus, participer à la décoration du jardin, maintenir les sols, modifier les pentes, lutter contre l'érosion des sols, etc.

Les définitions relatives aux travaux de terrassement se trouvent dans la règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassement des aménagements paysagers ».

Outre les murs et murets, les définitions ci-dessous sont d'autres exemples courants d'ouvrages de retenue de sols.

2.2.1. Retenue en traverses ("berlinoise")

Création d'une retenue de sol par :

- enfoncement ou scellement de poteaux (tunage) généralement réalisés en bois. A l'arrière peuvent venir se fixer des planches ou traverses posées horizontalement et calées par le remblai drainant ;

- par enfoncement ou scellement de profils verticaux (clayonnage) généralement réalisés en métal, dans lesquels sont couramment glissées des planches, le plus souvent en bois ou en métal.

Remarque :

La plupart des murs en bois sont constitués de poutres de chênes. Certaines sont neuves, mais d'autres sont issues du recyclage de traverses de chemin de fer. Il est important de savoir que depuis 2001, l'Union Européenne condamne leur réemploi et les considère comme des Déchets Industriels Dangereux (D.I.D.). En France c'est le décret n°2002-540 du 18 avril 2002 qui les considère comme des déchets dangereux, notamment dû à leur caractère cancérigène (Créosote).

2.2.2. Palisse

Retenue de sol constituée d'éléments verticaux côte à côte de type traverse, bloc, etc.

2.2.3. Enrochement paysager

Assemblage en élévation de blocs de roche naturelle non gélive destiné à retenir les sols en amont. La mise en œuvre est mécanisée de par le poids des blocs principaux.

2.3. Escalier

Un escalier ou une gradine est une allée traitée en paliers successifs (degrés ou gradins). Employé essentiellement dans les terrains en pente, ils permettent de raccorder deux niveaux différents par un accès plus court et souvent plus direct qu'une rampe. Ils peuvent aussi créer de l'animation sur un terrain plat, par le jeu des dénivelées qu'ils proposent.

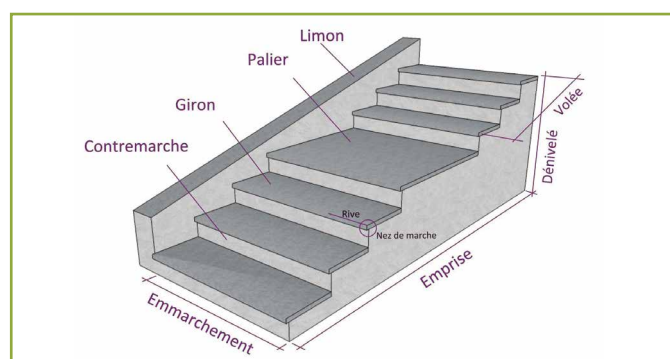


Figure 4 : Schéma de principe d'un escalier
(Dessin de Cédric Houel)

Il existe des escaliers ou des gradines encastrés ou encaissés, en saillie ou mixtes. Les escaliers peuvent être parallèles (ou latéraux, si la pente est supérieure à 20%), perpendiculaires ou obliques par rapport à la pente. Ils peuvent être sortants, rentrants ou mixtes. Il existe aussi des escaliers droits, tournants, etc.

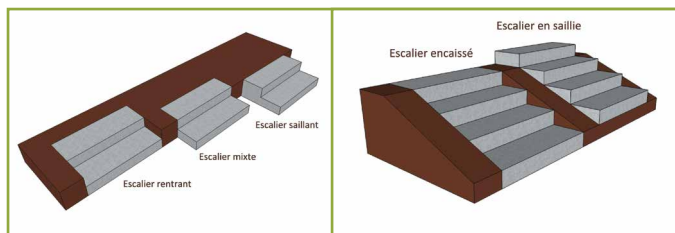


Figure 5 : Schémas de différents types d'escaliers
(Dessin de Cédric Houel)

2.3.1. Gradine

Appelée également « pas d'âne », il s'agit d'une rampe aménagée en paliers successifs. A la différence de l'escalier, les contremarches sont moins hautes (8-10 cm en moyenne) et les giron plus profonds. Une rampe destinée aux Personnes à Mobilité Réduite (P.M.R.) ne peut en aucun cas être remplacée par un « pas d'âne ».

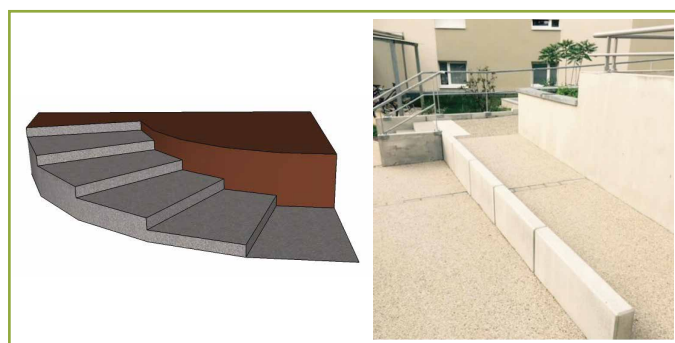


Figure 6 : Schéma d'une gradine et photo d'une rampe PMR (source : Cédric Houel et Grégory Weber)

2.3.2. Dalles palières

Dalles monobloc formant des paliers successifs, avec ou sans contremarche (on parle d'escalier « suspendu » ou « flottant » dans ce cas). A la différence des gradines, les contremarches font la hauteur d'une marche classique (15 à 16 cm). Le « porte-à-faux » des marches ne peut pas, dans ce cas, dépasser 30 % de la fondation sur un ou deux côtés (cf. figure 57)



Figure 7 : Schéma d'un escalier en dalles palières
(Dessin de Cédric Houel)

2.3.3. Marche

Élément horizontal sur lequel on pose le pied. Elle se définit par son emmarchement (sa longueur), son giron (sa profondeur) et sa hauteur (il n'y a pas toujours de contremarche pleine sur un escalier).

Une marche peut être droite, balancée ou dansante (si les deux extrémités n'ont pas la même taille). La marche en aval de l'escalier est appelée « départ » et celle de l'amont « arrivée » ou « palière ».

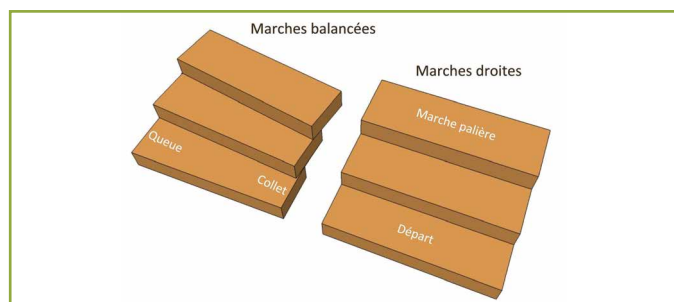


Figure 8 : Schéma de différents types de marches
(Dessin de Cédric Houel)

2.3.4. Emmarchement

Appelé aussi longueur de la marche, l'emmarchement correspond à la largeur de l'escalier.

2.3.5. Contremarche

Hauteur de marche. Elle peut être vide ou pleine.

2.3.6. Emprise

L'emprise correspond à la projection en plan de l'ensemble de l'escalier. L'emprise divisée par la taille d'un giron donne le nombre de marches sur l'escalier.

2.3.7. Giron

Profondeur de la marche (mesurée sur la ligne de foulée, entre le nez-de-marche et le bord arrière de la marche).

2.3.8. Rive et nez de marche

Le nez de marche est la partie avant de la marche, il peut être en saillie par rapport à la contremarche, avec ou sans larmier. La rive est l'arrête formée entre la contremarche et le giron supérieur.

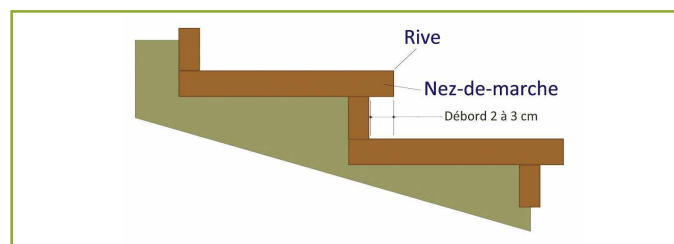


Figure 9 : Coupe de principe d'une marche d'escalier
(Dessin de Cédric Houel)

2.3.9. Limon

Pièce d'appui bordant l'escalier qui sert à soutenir un élément (talus ou garde-corps par exemple). Lorsqu'il existe, le limon peut être oblique, d'une pente identique à celle de l'escalier, en gradins ou droit. Son couronnement peut être horizontal, arasé, enveloppé ou encaissé.

2.3.10. Lisse (ou lice ou main-courante)

Barre longitudinale fixée sur un ou deux côtés de l'escalier, servant d'appui pour monter ou descendre. Associée à des barres verticales, elle prend le nom de « garde-corps ».

2.3.11. Garde-corps (ou rambarde)

Barrière empêchant les chutes. Elle peut être montée sur un muret ou un limon et se présenter sous la forme d'une balustrade.

2.3.12. Volée

Section de marches comprises entre deux paliers.

2.3.13. Dénivelé

Différence de hauteur entre le point haut et le point bas de l'escalier. La dénivellée divisée par la hauteur d'une marche donne le nombre de contremarches.

2.3.14. Paillasse

Dans le cas des escaliers en béton, il s'agit de la fondation en pente soutenant les marches d'une volée. Elle est le plus souvent armée.

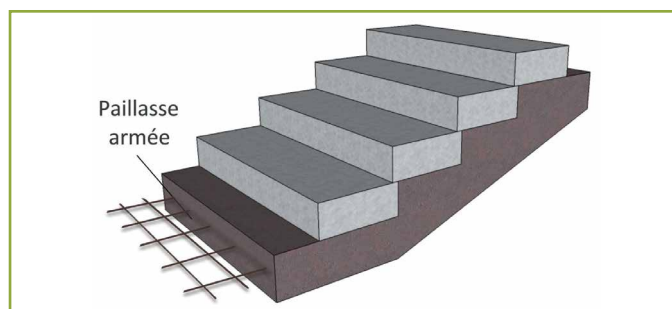


Figure 10 : Schéma d'une paillasse armée
(Dessin de Cédric Houel)

2.3.15. Palier de repos

C'est une plate-forme intermédiaire. Elle a plusieurs rôles, par exemple : permettre la mise en place d'un escalier sur une pente trop faible pour n'avoir qu'une seule volée de marches ; casser le rythme de l'escalier ; changer de direction ; permettre aux personnes (notamment PMR) de se reposer.

2.4. Ouvrages connexes

2.4.1. Contreforts

Construction attenante et perpendiculaire au muret ou à l'ouvrage de retenue des sols sur sa face visible ou sur sa face non vue, pour augmenter sa résistance à l'effort. Le contrefort permet de renforcer la résistance du mur aux poussées.

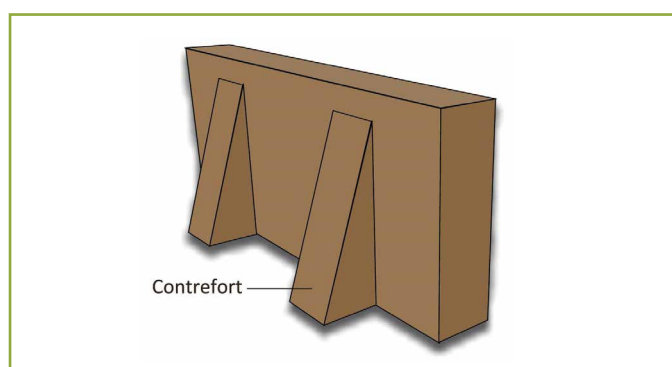


Figure 11 : Schéma de principe d'un contrefort
(Dessin de Cédric Houel)

2.4.2. Raidisseur

Système de fixation en béton ou en métal, il permet de renforcer en certains points un ouvrage soumis à une charge ou à une force.

2.4.3. Pilier

Les piliers servent à marquer les départs et arrêts d'un mur ou les changements d'angle. Ils peuvent être utilisés comme support d'ouverture (portail, portillon) et se placer au centre d'un

ouvrage de grande longueur pour augmenter sa résistance. Ils font parfois office de raidisseurs notamment dans les angles.

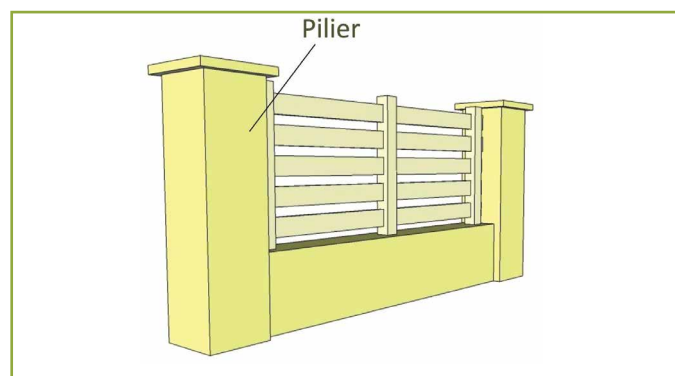


Figure 12 : Schéma d'une section de mur avec piliers
(Dessin de Cédric Houel)

2.5. Matériaux de construction

2.5.1. Mortier

Mélange composé d'un liant hydraulique, de sable, d'eau et éventuellement d'adjuvants (cf. NF DTU 52.1).

2.5.2. Béton

Mélange de granulats naturels (sable et gravier) ou artificiels, de liant hydraulique et d'eau. On peut améliorer ses propriétés à l'aide d'adjuvants.

2.5.3. Gabion

Caisson en treillis ou grillage métallique rempli de matériaux calibrés (exemples : bois, pierres, cailloux). Pour une meilleure intégration paysagère, le gabion peut être végétalisé.

2.5.4. Moellon

Pierre de petites dimensions, brute, ébauchée ou équarrie, employée avec ou sans mortier pour monter un mur.

2.5.5. Parpaing

Élément de maçonnerie préfabriqué de forme parallélépipédique, par extension bloc de béton creux ou aggloméré.

2.6. Autres définitions

2.6.1. Joint

Espace, parfois rempli de mortier, entre deux éléments (pierres, briques, etc.).

2.6.2. Joint de dilatation

Coupure entre deux parties d'un ouvrage pour permettre à chacune de se déplacer librement, sans créer de fissuration.

2.6.3. Appareillage

Action ou manière de disposer les pierres ou les briques qui composent une maçonnerie. Dessin figurant la disposition des pierres.



Figure 13 : Schéma de principe des appareillages à la française, à l'anglaise et à la grecque (Dessin de Cédric Houel)

2.6.4. Calepinage

Etablissement d'un calepin. Représentation du détail des joints d'une façade, du découpage en panneaux d'un enduit de parement ou de motifs associant plusieurs couleurs. Le calepin est le dessin d'un appareillage de pierres en vue de la taille et de la forme de chaque élément.

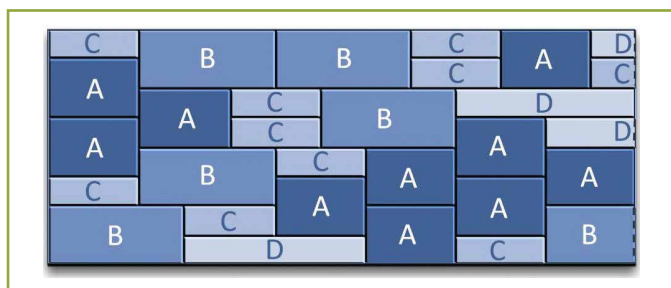


Figure 14 : Calepinage de blocs muraux selon un plan de pose
(Dessin de Cédric Houel)

2.6.5. Hérisson

Lit de gros cailloux ou de pierres concassées, disposés sur un sol préparé afin de constituer une assise stable pour les couches supérieures.

2.6.6. Ferrailage d'attente

Le ferrailage d'attente est un ferrailage régulier et son dimensionnement est proportionnel au poids de l'ouvrage et à la pression du remblai. Il est constitué de fers qui relient le corps du mur à sa fondation pour une meilleure résistance de l'ensemble.

2.6.7. Poinçonnement

Le poinçonnement est le tassement d'un sol sous l'effet d'un poids, il correspond à l'enfoncement localisé de l'ouvrage et s'accompagne d'un reflux de matériaux sur les côtés. Il peut engendrer une instabilité et une déformation de l'ouvrage.

2.6.8. Ancrage et scellement

Raccordement du muret à une autre structure. S'il doit être fait, il faut s'assurer qu'il n'y ait pas (ou peu) de tassement différentiel. Si ce n'est pas possible, un pilier suffisamment stable ou un joint doit être réalisé.

2.6.9. Chaînage

Liaison horizontale (ou verticale, appelée alors raidisseur) d'un seul tenant constituée par un volume de mortier ou de béton systématiquement armé. Elle constitue une ceinture uniforme destinée à consolider l'ouvrage.

Dans le cas des murs en pierres brutes, on appelle chaînage d'angle le croisement de deux parements. A chaque rang, le sens des pierres est inversé de façon à alterner l'ancrage dans le parement du mur.

2.6.10. Assise

Support des éléments supérieurs. Une rangée de pierres peut constituer l'assise d'une rangée supérieure, par exemple.

2.6.11. Cure

Opération de protection d'un béton pour éviter son dessèchement lors de la prise, en le préservant des effets du vent et du soleil.

3. Description et prescriptions techniques

3.1. Dispositions communes

3.1.1. Démarches administratives

Les éléments relatifs aux démarches administratives et demandes d'autorisation sont détaillés dans le chapitre 3.1.2. de la règle professionnelle C.C.1-R0 « Travaux de terrassements des aménagements paysagers ». En ce qui concerne l'information des riverains, la protection des chantiers et les clôtures provisoires, les éléments sont détaillés dans les chapitres 3.1.3. à 3.1.6. de la règle professionnelle C.C.1-R0.

Enfin, en ce qui concerne les gros travaux (D.T. et D.I.C.T.), les éléments sont détaillés dans les chapitres 3.1.7. à 3.1.10. de la règle professionnelle C.C.1-R0.

3.1.2. Contexte réglementaire

Les entreprises du paysage doivent vérifier la conformité entre les réalisations couvertes par leur assurance et les travaux qu'elles effectuent. Le cas le plus fréquent est la différence de contrat en fonction de la hauteur de l'ouvrage : les murs de plus de 3 m sont concernés par un contrat d'assurance distinct de celui couvrant les murs de moins de 3 m. La plupart des paysagistes ne faisant que ce dernier type d'ouvrage et n'ayant pas d'extension de garantie, il leur est donc indispensable de contacter leur assurance s'ils doivent réaliser des murs de plus de 3 m.

Plusieurs textes réglementaires contraignent l'accessibilité des ouvrages de retenue des sols.

La norme NF P01-012 de juillet 1988 Dimensions des garde-corps - Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier, s'applique aux Etablissements Recevant du Public (ERP) et à leurs abords. Pour une hauteur de chute supérieure à 1 m, un garde-corps est obligatoire.

La circulaire interministérielle DGUHC 2007-53 (relative à l'accessibilité des établissements recevant du public, des installations ouvertes au public et des bâtiments d'habitation) s'applique dès lors qu'un cheminement public est praticable. Plusieurs cas de figure peuvent se présenter :

- si la hauteur de chute est supérieure à 1 m, alors un garde-corps réglementaire est nécessaire ;
- si la hauteur de chute est comprise entre 40 cm et 1 m le long du cheminement à moins de 90 cm du bord, alors un dispositif de protection contre les chutes est nécessaire (pas de norme sur ces dispositifs) ;
- si la hauteur de chute est comprise entre 40 cm et 1 m le long du cheminement bordé d'une bande éveillant l'attention de plus de 90 cm de large, OU si la hauteur de chute est inférieure à 40 cm, alors un dispositif de protection n'est pas nécessaire.

3.1.3. Règles d'édification des murs autour d'une propriété

La construction d'un mur de clôture peut être soumise à déclaration préalable de travaux en fonction de sa hauteur et du lieu dans lequel se trouve la propriété. Lorsqu'un particulier souhaite construire un mur autour de sa propriété, il peut être soumis à certaines contraintes et formalités lorsque le mur jouxte une autre propriété privée (ex : servitude de vue ou d'ensoleillement) et/ou la voie publique (ex : non-obstruction de la visibilité des usagers d'une voie de circulation dans un virage). En outre, suivant le lieu d'implantation de la propriété, des règles d'urbanisme spéciales peuvent s'appliquer.

Tel est le cas par exemple en lotissement où le cahier

des charges et le règlement de lotissement précisent généralement l'étendue des droits et obligations des propriétaires en matière de travaux (hauteur et épaisseur des murs de clôture, superficie, nature des matériaux employés, couleur, distance à respecter, etc.) sauf lorsqu'ils sont implantés dans un secteur sauvegardé ou dans un site classé :

- les murs dont la hauteur au-dessus du sol est supérieure ou égale à 2 mètres, sont soumis à déclaration préalable (en application de l'article R421-9e) du Code de l'urbanisme)
- les murs dont la hauteur au-dessus du sol est inférieure à 2 mètres (chapeau compris) sont dispensés de formalité au titre du Code de l'urbanisme (en application de l'article R421-2f du même Code).

3.1.4. Critères de décision pour le choix de l'ouvrage

Plusieurs critères de décision conditionnent le choix de l'ouvrage :

- le sol d'assise, le terrain et le dénivelé
- l'environnement, l'esthétique et l'intégration paysagère
- les distances d'implantation par rapport aux autres ouvrages
- les attentes du client et ses exigences concernant les matériaux
- la proximité ou non d'un bâtiment
- la durée de vie des matériaux : très variable d'un matériau à l'autre, elle conditionne la durabilité de l'ouvrage
- etc.

3.1.5. Etude des sols / Etude géotechnique

En tout état de cause, l'entrepreneur engage sa responsabilité sur la solidité, la stabilité, la pérennité, et la tenue dans le temps de l'ouvrage. Il lui revient de décider de la nécessité de points de reconnaissance ou d'une étude de sol.

Dans tous les cas de figure, le professionnel doit réaliser des points de reconnaissance du sol. C'est-à-dire qu'il va, et à plusieurs endroits, déterminer si les couches sous-jacentes sont suffisamment portantes (décaissements, sondages, ...). Il effectuera ce travail jusqu'à obtenir une profondeur de fondation suffisante, c'est-à-dire négligeable en terme de compressibilité du sous-sol.

Si les essais ne sont pas concluants ou si l'ouvrage semble le nécessiter, le professionnel s'engage à faire réaliser une étude de sol.

Le dimensionnement de l'ouvrage s'effectue sur la base de la connaissance topographique du terrain par l'entrepreneur qui considère celui-ci comme stable.

L'entrepreneur a connaissance des endroits dans lesquels il travaille et peut ainsi répondre en conséquence.

Point de contrôle interne

- Le résultat de l'étude de sol, avec ou sans l'appui d'un BET (Bureau d'Études Techniques), détermine la fondation à mettre en œuvre
- Avant la réalisation des fouilles, l'entrepreneur vérifie la conformité entre l'implantation et le projet.

3.1.6. Réalisation des fouilles

Les fouilles se font différemment en fonction du type de sol et de la topographie.

La fouille doit être faite jusqu'à ce que l'on trouve un sol adapté pour accueillir la fondation. De très nombreuses configurations existent. Par exemples :

- dans le cas d'un remblai récent, il peut être nécessaire de

surdimensionner la fouille tant en profondeur qu'en largeur ou d'y adjoindre des piliers ;

- dans le cas d'un sol peu portant (sable, remblai récent, sol marécageux, etc.), on peut être amené à poser des pieux ou micropieux.

D'une façon générale, il est recommandé de réaliser des fouilles jusqu'à ce que l'arase des fondations soit disposée sur un sol de bonne qualité (portant et stable). Dans les cas où la fouille n'aboutit pas de manière satisfaisante, il convient d'adapter le système de fondations.

En cas de fouille sur un sol en pente, on terrasse celui-ci selon des formes en redans (ou escaliers, voir fig. 15). Lors du coulage du béton, on s'assure de la continuité des armatures. La profondeur hors-gel est alors mesurée à l'endroit où l'épaisseur de sol est la plus faible.

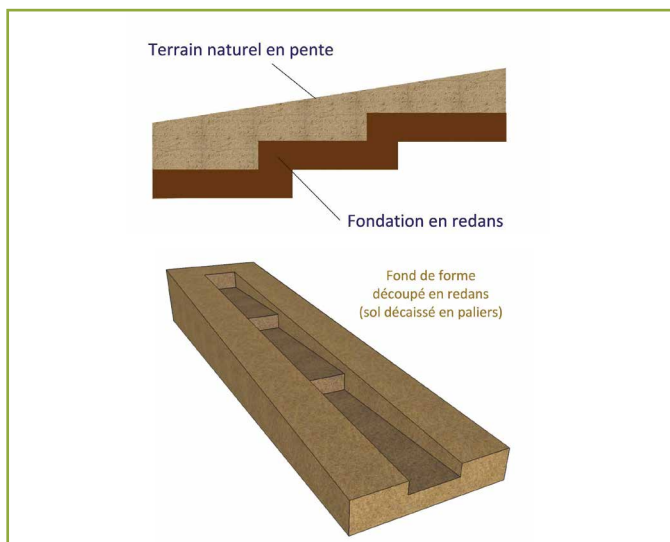


Figure 15 : Schéma en coupe de fondations en redans (Dessin de Cédric Houel)

Avant la pose des semelles, le type de fondation va déterminer la fouille :

- la fondation en rigole est une tranchée (de 25 cm à 1 m de profondeur et jusqu'à 2 m de large), uniformisée par un béton de propreté avant que la semelle ne soit posée.
- la fondation en tranchée repose sur le même principe que la fondation en rigole, mais à une échelle plus importante (si la largeur est inférieure à 2 m, la profondeur doit être supérieure à 1 m ; si la largeur est supérieure à 2 m, la profondeur doit être supérieure à la moitié de la largeur),
- les fondations de murets en pierres brutes.

Le schéma suivant indique les obligations de blindage en fonction de la dimension de la fouille :

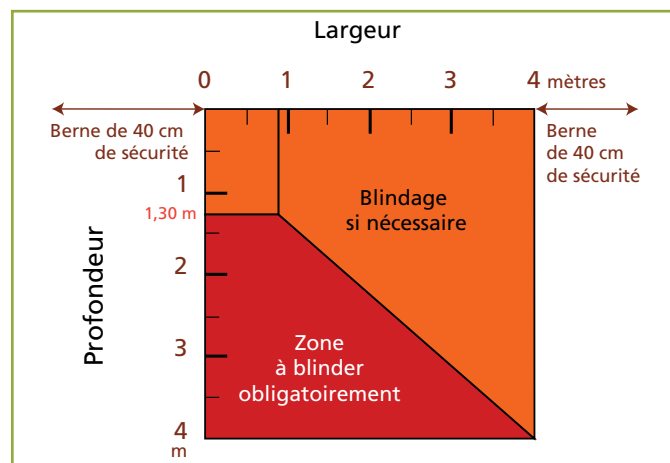


Figure 16 : Obligation de blindage pour les fouilles en tranchée (Dessin de Cédric Houel)

Point de contrôle interne

La fouille doit être cohérente avec l'ouvrage, tant dans son dimensionnement que dans sa régularité.

3.1.7. Précautions à prendre par rapport à la compatibilité avec les végétaux

Avant la réalisation de l'ouvrage, on réalise un état des lieux de l'environnement végétal. Au moment de la réalisation de la fouille, il faut veiller à ne pas abîmer les racines que l'on pourrait rencontrer. Il est interdit de couper les racines de plus de 5 cm de diamètre. Les racines sont traitées pour éviter les infections. Il peut aussi être nécessaire dans certains cas de rééquilibrer la partie aérienne en fonction de l'importance de la taille effectuée sur le système racinaire. L'entreprise fait ses recommandations par écrit au maître d'ouvrage. De plus, les interventions à proximité des arbres doivent être réalisées pendant le repos de la végétation.

A l'inverse, il faut également que les racines des végétaux ne viennent pas abîmer l'ouvrage (comblement des drains, fragilisation de la semelle, etc.).

Les végétaux peuvent en effet être des sources de désordre important. Les drains et le massif drainant vont attirer les racines car ils sont des milieux poreux où circule l'eau. De même, les joints, laissant des espaces libres, vont être colonisés par des plantes.

Ainsi, le muret doit au moins être construit :

- A 3 à 5 mètres d'un arbre, au cas par cas en fonction de l'essence
- A 1 mètre d'un arbuste.

Après la réalisation, il convient également de ne pas compromettre le développement futur des végétaux, pour ne pas qu'ils endommagent le mur. Une barrière anti-racine peut être mise en œuvre.

A) Murets paysagers et ouvrages de retenue de sol

3.2. Généralités sur la mise en œuvre des murets paysagers

Les murets paysagers comportent une à deux faces visibles, avec ou sans couronnement. De hauteur variable, ils reposent sur une fondation stable dont l'assise est à une profondeur hors gel. Ils sont à la fois fonctionnels et décoratifs et servent à délimiter des espaces distincts.

On distingue différents types de murets paysagers (liste non exhaustive) :

- les murets paysagers en pierres naturelles scellées
- les murets paysagers en pierres brutes
- les murets paysagers en bois
- les murets paysagers en briques
- les murets paysagers en matériaux - éléments préfabriqués et naturels
- les murets paysagers en béton coulé en place
- les murets paysagers en gabions.

Remarque : D'autres matériaux peuvent entrer dans la composition des murets paysagers tels que le verre, le fer, l'acier, etc. Pour ces matériaux, les fonctions et exigences de l'ouvrage sont identiques aux précédentes généralités. Les techniques d'installation sont appréciées par l'entrepreneur, sur les recommandations du fournisseur.

3.2.1. Fondations

3.2.1.1. Caractéristiques des fondations

La fondation, support homogène permettant une répartition régulière des charges, est un élément obligatoire constituant un muret paysager. La fondation sert à stabiliser le mur contre la pression exercée par la terre en abaissant le centre de gravité, et limite les effets de poinçonnement.

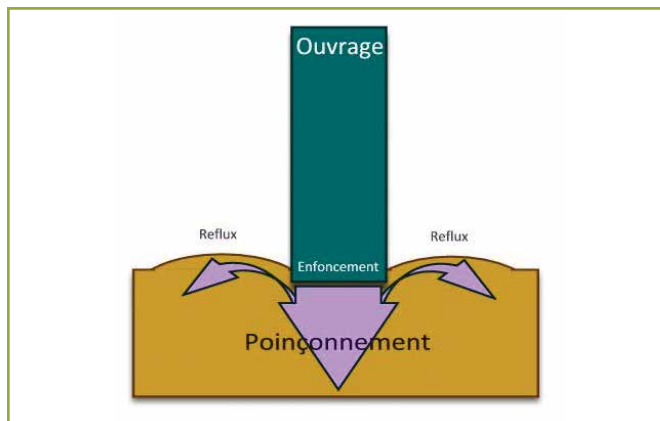


Figure 17 : Principe du poinçonnement
(Dessin de Cédric Houel)

La fondation est dimensionnée en fonction de la hauteur du mur, et de sa portance. La largeur minimale de la fondation est supérieure à la largeur du mur, (cf. figure 18) sauf cas particuliers (longrines...). Ces dimensionnements sont effectués par l'entrepreneur en fonction des résultats de l'étude géotechnique, du type d'ouvrage et de sa hauteur.

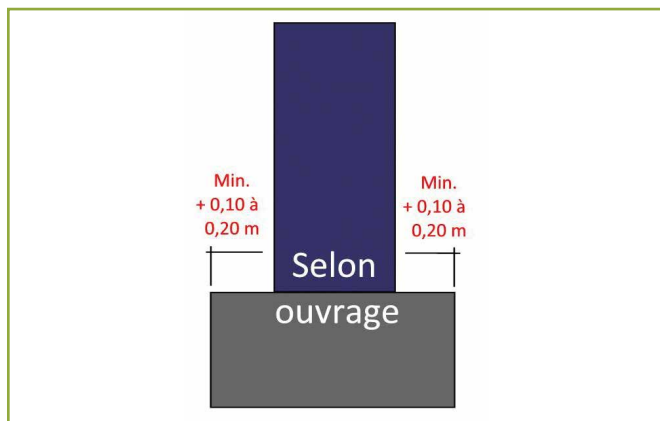


Figure 18 : Schéma en coupe d'un exemple de muret et de sa fondation (Dessin de Cédric Houel)

Avant la mise en œuvre de la fondation, la recherche d'un sol porteur est impérative pour une bonne stabilité de l'ouvrage. La fouille est saine et protégée des eaux de ruissellement, elle doit être drainée en cas d'infiltration d'eau et si besoin étayée. Par la suite, on effectue un compactage, travail préliminaire systématique avant de mettre en place la couche de propreté. Celui-ci peut être effectué avec une pilonneuse, un compacteur (à cylindre lisse ou à cylindre à pieds dameurs).

La couche de propreté est nécessaire pour asseoir correctement la fondation. Elle est d'au moins 4 cm d'épaisseur et réalisée, si possible, avec un béton de propreté dosé environ à 150 kg / m³, sur un lit de granulats 0/d ou d/D ou sur un géotextile.

La fondation est réalisée en béton d'au moins 250 kg / m³. Pour les semelles ferrillées (dites « armées »), les dosages en liant hydraulique sont supérieurs aux dosages des semelles dites « non ferrillées » car l'armature répond à un besoin structurel. Il faut un béton assez fortement dosé pour obtenir une parfaite cohésion avec les aciers, ainsi qu'une bonne densité pour éviter la pénétration de l'eau afin de protéger les aciers de la corrosion. En cas de sols en pente, des redans sont réalisés directement au sol (cf. figure 15).

Remarques : Dans le cas d'un mur ou d'un muret de soutènement ou portant, il est très fortement conseillé de faire une analyse de sol afin de vérifier la portance du sol en place, notamment sa teneur en argiles (gonflement en cas de pluie ou de gel-dégel) et de mettre en place un système de drainage efficace.

Note : Dans de très rares cas, il faut compléter la fondation par des micropieux ou éléments de béton isolés.

Point de contrôle interne

Il est impératif de respecter les temps de prise du béton. La résistance d'un béton à la compression dépend du choix du ciment, de son dosage, des adjuvants, de l'ouvrage et d'autres facteurs tels que les conditions climatiques En règle générale, même si elle paraît suffisante au bout d'une semaine, il est conseillé d'attendre 28 jours avant sa mise en service.

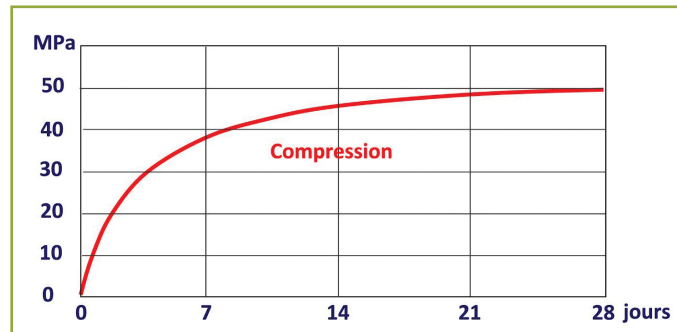


Figure 19 : Graphique représentant l'évolution de la résistance du béton à la compression sur une durée de 28 jours (Dessin de Cédric Houel)

3.2.1.2. Profondeur hors-gel

Dans le DTU 13.12 (mars 1998 - Règles pour le calcul des fondations superficielles), il est écrit que « le niveau de fondation doit être descendu à une profondeur suffisante pour mettre le sol d'assise à l'abri des conséquences du gel, sauf dispositions spéciales prises à cet effet. Cette profondeur est fonction de la nature du sol et du climat. Même si le sol ne gèle pas profondément, la teneur en eau du sol sous-jacent peut être modifiée fortement par le gel. La portance du sol s'améliorant en général avec la profondeur, il est indiqué de descendre au moins à 0,50 m en pays tempéré, et d'aller parfois au-delà de 1 m en montagne, compte-tenu de l'altitude et de la nature du sol. »

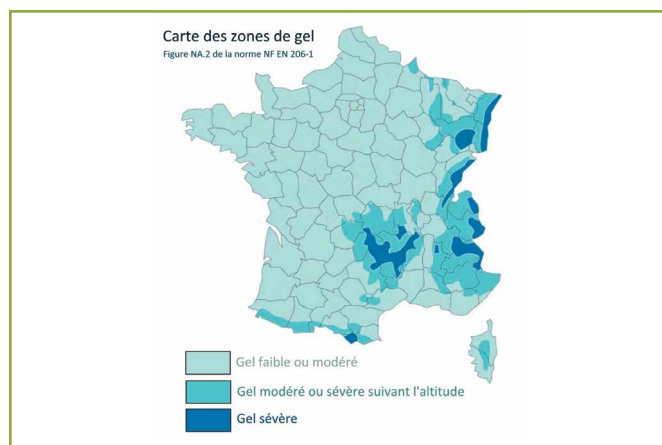


Figure 20 : Carte de France des profondeurs de fondations hors-gel (Dessin de Cédric Houel)

Note : La figure 20 indique le niveau de protection maximale pour le choix de la profondeur de fondation. Le maître d'ouvrage a les capacités d'apprécier ces niveaux de protection et de préconiser une profondeur de fondation différente en conséquence.

Il est déconseillé de réaliser un béton par des températures sur chantier inférieures à -5°. Entre -5° et +5°, il est conseillé de prévenir les dommages causés par le froid (gonflements, porosité, mauvaise tenue ...) par des moyens efficaces (béton adapté, transports rapides, bâche de protection). Il est possible d'utiliser des adjuvants pour s'affranchir d'une partie des contraintes climatiques. Les protections adaptées doivent être maintenues pendant au moins 72 heures, le coffrage doit être maintenu jusqu'à ce que le béton ait atteint une résistance mécanique suffisante (au moins 10 MPa). Ces mesures engendrent des coûts supplémentaires qui s'avèrent moindres par rapport aux dégâts causés par le gel lors de la mise en place d'un béton par temps froid.

Remarques : si à 20°C, la résistance en compression d'un béton courant est d'environ 15 MPa à 2 jours, elle tombe à 2 MPa quand la température extérieure est comprise entre 0°C et 5°C. Le temps de prise d'un béton courant, qui est de 2h30 à 20°C, s'allonge d'environ 10h00 à 5°C.

Tableau 1 : Préconisations de bétonnage en fonctions des conditions météorologiques (source : Cimbéton)				
Hygro-métrie / Température ambiante	De 5 à 20 °C	De 20 à 25 °C	De 25 à 30 °C	> 30 °C
De 60 à 100 %	Conditions normales de bétonnage			Cure renforcée
De 50 à 60 %	Cure renforcée		Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Bétonnage à partir de 12h Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme
De 40 à 50 %	Cure renforcée		Bétonnage à partir de 12h	Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme
< 40 %	Arrosage maintenu de la plate-forme		Cure renforcée et arrosage maintenu de la plate-forme	Pas de bétonnage sans mesures spéciales

3.2.1.3. Armature et ferrailage

Les armatures en acier (diamètre minimal de 8 mm) ou les treillis (diamètre minimal de 4 mm) renforcent la structure de l'ouvrage. Elles assurent la rigidité, la stabilité et la résistance à l'effort. Leur quantité et leur disposition dépendent des contraintes subies par le mur et du sol sur lequel il repose.

L'acier utilisé répond à des normes précises (NF EN 1992-1-1 bâtiment). L'acier utilisé est un acier rond à reliefs (Haute Adhérence HA), permettant une meilleure adhérence du ciment sur l'armature. Il existe différents modèles, selon leur destination : des fers ronds et lisses (pour le bâtiment), des chaînages carrés, rectangulaires, triangulaires ou plats (semelles filantes).

Les structures métalliques doivent être enveloppées d'au moins 3 cm de béton dans toutes les directions et il est conseillé de ne pas descendre en dessous de 4 cm. Cette cote doit être augmentée de 1 à 2 cm pour les ouvrages réalisés dans les régions maritimes exposées aux embruns. En cas de raccordement, la longueur de recouvrement doit être suffisante pour assurer la tenue de l'ouvrage, en s'inspirant du DTU 21 qui préconise pour le secteur du bâtiment un recouvrement des ferrailles de 50 fois le diamètre pour les structures horizontales.

Exemple: Diamètre 8 mm, en chaînage horizontal, recouvrement 8 mm X 50 = 400 mm = 40 cm

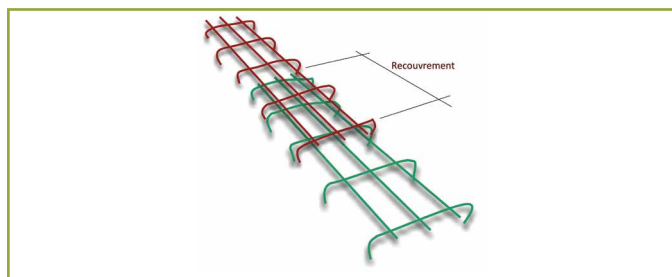


Figure 21 : Recouvrement de 50 fois le diamètre des fers (exemple D10 = recouvrement de 50 cm minimum) (Dessin de Cédric Houel)

Pour renforcer un béton coulé, il est possible d'ajouter des fibres de verre ou d'acier.

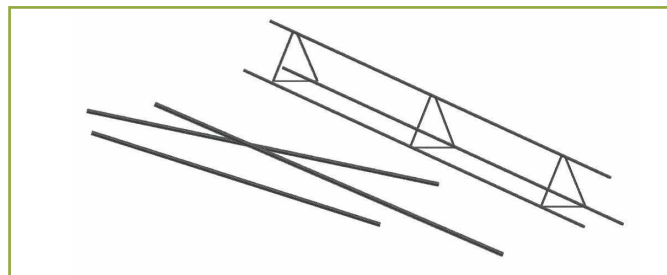


Figure 22 : Représentation de fers en acier (Dessin de Cédric Houel)

3.2.1.4. Types de fondations

En fonction du type de sol, il peut être nécessaire de combiner plusieurs types de fondations.

Il existe différents types de fondations comme les fondations superficielles, semi-profondes et profondes. Elles sont caractérisées en fonction de la profondeur d'encastrement (D) (Distance) et de la largeur de la fondation (B) (Base) (cf. Techniques de l'ingénieur, Roger Franck, p. 10).

Une fondation est considérée comme :

- Superficielle si : $D/B < 1,5$
- Semi-profonde si : $1,5 < D/B < 5$
- Profonde si : $D/B > 5$

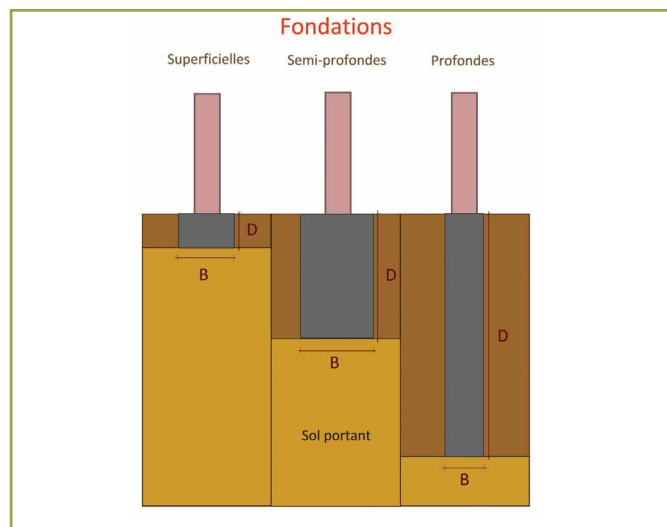


Figure 23 : Schéma en coupe des différents types de fondation (Dessin de Cédric Houel)

3.2.1.4.1. Fondations superficielles - semelles de faible épaisseur

- Semelles isolées

Les semelles isolées sont en béton coulé en place, utilisées pour de petits ouvrages comme des poteaux ou des murets. Le fond de forme doit être profond et drainant. Il est ensuite uniformisé grâce à un béton de propreté (qui n'est pas stabilisant, contrairement à un radier). Les niveaux sont rattrapés.

- Semelles filantes

Les semelles filantes, ou continues, forment un ensemble unique sous toute la longueur de l'ouvrage. Elles sont de deux types différents, selon la hauteur hors sol de l'ouvrage :

- pour des murets de 0 à 30 cm, la semelle filante n'incorpore pas d'armature et il n'y a pas de joints de dilatation ;
- pour des murets de 30 cm à 1 m, les armatures en fers

à béton sont obligatoires. La largeur de l'ouvrage est augmentée d'une marge de 10 à 20 cm de part et d'autre (tout en respectant les limites de propriété). Attention, la profondeur de l'arase de la fondation varie selon les régions.

3.2.1.4.2. Fondations semi-profondes

Elles s'emploient lorsque le sol stable est plus en profondeur et nécessitent la création de fondations plus importantes : par exemples des puits porteurs réalisés en béton grossier (env. 200 kg/m³).

3.2.1.4.3. Fondations profondes

Elles nécessitent une mise en œuvre plus compliquée et ne s'emploient que si le sol stable est à une grande profondeur, si le sol ne possède pas les propriétés recherchées ou si le sol est constitué de remblai. Les techniques sont nombreuses et le plus souvent elles sont constituées par des pieux préfabriqués qui peuvent être enfoncés (battus) ou par forage (armés et coulés), par des micro-pieux (forés, armés et coulés).

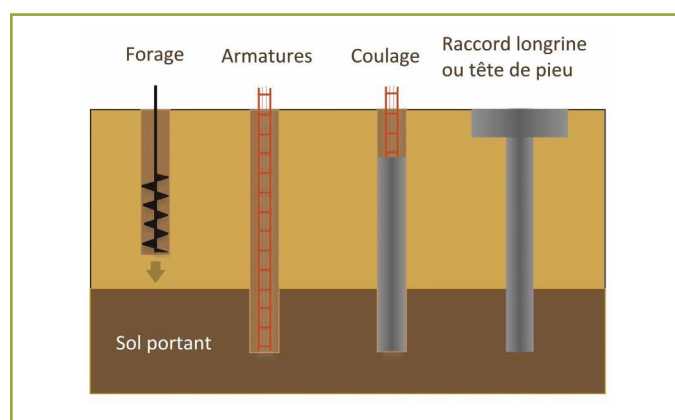


Figure 24 : Schéma des étapes de forage en pieu
(Dessin de Cédric Houel)

Tableau 2 : Compositions de bétons en fonction de leur utilisation (source : Cédric Houel)						
Travaux à exécuter	Qté de ciment*	Classe de résistance	Gravier ex. 5/25	Sable ex. 0/5	Ou Con-cassé	Qté d'eau
Béton de fondation	200 à 250 kg	C 20/25 C 25/30	850 litres	350 litres	750 à 800 litres	150 litres
Béton faiblement ferrailé	300 kg	C 25/30	820 litres	380 litres	750 à 800 litres	150 litres
Béton armé, poteaux, poutres	350 kg	C 25/30 C 30/37	800 litres	400 litres	750 à 800 litres	175 litres
Mortier de montage	400 à 450 kg	M5 / M10		1120 litres		115 litres

* Quantité pour 1 m³ de béton ou de mortier mis en œuvre

3.2.1.5. Coffrage

On utilise un coffrage lorsque le volume de béton à couler doit être réalisé en une seule fois.

Les propriétés recherchées pour un coffrage (qu'il soit en bois ou en un autre matériau), est qu'il soit indéformable sous l'effet de la poussée du béton lors de son tassement

ou de sa vibration.

Un coffrage est un ensemble de panneaux ou de planches liés les uns aux autres qui ont pour but de former une ceinture perméable au niveau des joints. Cette perméabilité permet à l'eau excédentaire ou à la laitance de sortir au moment du tassement.

Tout défaut de surface sur les matériaux utilisés se transmettra au parement de l'ouvrage en béton. Un soin particulier doit donc être apporté au choix des matériaux, notamment si l'ouvrage est destiné à être vu.

Les panneaux peuvent être à usage unique ou être réemployés. Dans ce dernier cas, l'utilisation du bois offre de nombreux avantages (structures complexes possibles, bétons structurés à aspect veiné, ...). Les planches utilisées devront être saines et stables, exemptes de tanin et suffisamment épaisses pour ne pas vriller ou se tordre sous l'effet de la pression (épaisseur comprise entre 27 et 40 mm). Le contreplaqué marine (de type CTB X extérieur) peut être utilisé dans le cas de formes complexes et de taille réduite (épaisseur 16 à 19 mm), éventuellement bakérisé (imprégné d'un imperméabilisant spécifique).

Il existe des coffrages en bois ou en métal (modulaires, en banches, en panneaux, ...) avec ou sans matrice interne (qui donne une texture particulière au revêtement mural). Un produit de démoulage peut être appliqué sur les coffrages afin de limiter l'adhérence, de faciliter son réemploi et l'entretien des panneaux ou des banches, d'imperméabiliser le bois.

3.2.1.6. Armatures d'attente et ancrages

On parle d'ancrage dans le cas d'une liaison entre un ouvrage existant et l'ouvrage en construction.

Les armatures sont spécifiques à l'ouvrage et les ancrages peuvent être réalisés sur divers scellements. Une fois que l'on a fait la fouille et que celle-ci est remplie de béton, il faut lier l'armature d'attente avec l'armature du mur. Ceci permet d'établir un lien entre le mur et la retenue. Il est possible de s'inspirer du DTU 21 dans le domaine du bâtiment où le recouvrement des armatures est de 20 fois le diamètre pour les structures verticales.

Exemple: Diamètre 10 mm, en chaînage vertical, recouvrement 10 mm X 20 = 200 mm = 20 cm

3.2.2. Drainage de l'ouvrage

Le drainage de l'ouvrage est nécessaire dans certains cas, selon la nature du terrain (perméable ou non), selon son relief (lorsque la pente dirige les eaux de ruissellement vers le mur), selon la présence ou non d'une nappe phréatique. Dans tous les cas, pour un mur de soutènement ou une fondation, il ne doit pas y avoir d'accumulation d'eau pendant une longue période contre l'ouvrage, au risque de voir des tassements différentiels (mouvements d'enfoncement du sol qui ne sont pas uniformes) se produire et provoquer des fissures importantes.

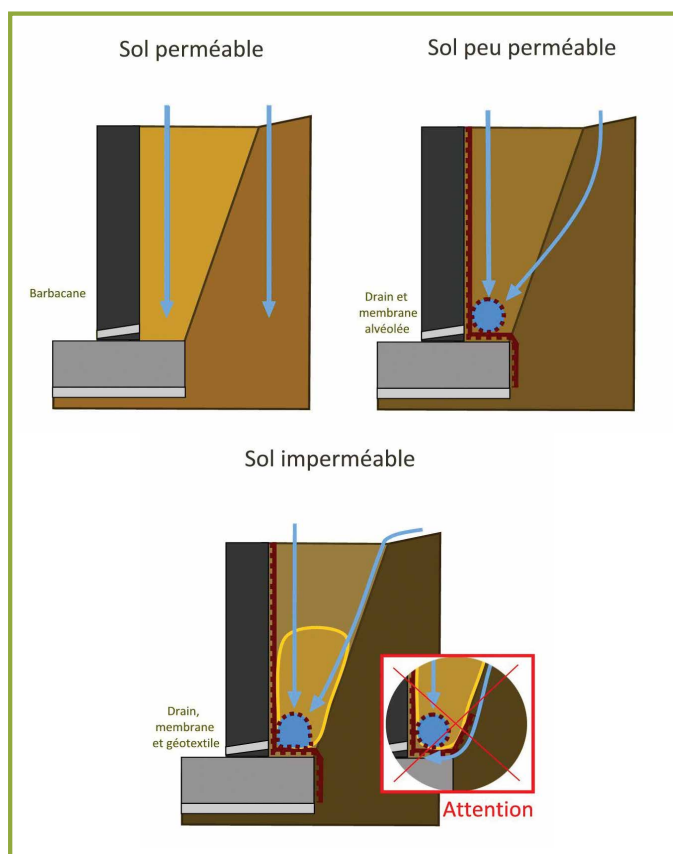


Figure 25 : Schéma de différents types de drainage en fonction des qualités du sol (Dessin de Cédric Houel)

Comme on le voit sur la figure 25 :

- dans un sol perméable, l'eau s'infiltre rapidement. Un système de drainage longitudinal ou transversal est conseillé.
- dans un sol peu perméable, l'eau risque de s'infiltre vers les endroits moins humides. Elle ira donc naturellement vers la partie drainante du soutènement. Un drain est essentiel pour évacuer l'eau en excès.
- dans un sol imperméable, l'eau s'écoulera directement vers le drainage du soutènement, entraînant avec elle de nombreuses particules fines qui risquent d'écourter la durée de vie du drain. Un géotextile permet de limiter ce phénomène. Dans la meilleure des situations, la membrane alvéolée doit englober également la fondation (mais on prend alors le risque d'affaiblir la semelle en recrusant derrière ...).

Attention : l'eau peut s'infiltre sous la membrane si cette dernière remonte trop, la rendant inopérante.

Quelques critères simples permettent d'évaluer la nécessité ou non de drainer un ouvrage.

Dans tous les cas, un drainage n'est efficace que si l'eau récoltée est évacuée vers un exutoire. Il faut donc penser à la recueillir dans un regard. La membrane à excroissances doit aussi être protégée. L'eau pouvant s'infiltre par-dessus, ou par-dessous, une baguette de protection doit être apposée au-dessus de celle-ci et des précautions doivent être prises pour éviter l'infiltration aux points bas (pas de retour de membrane par exemple). Le béton utilisé peut être mélangé à de l'hydrofuge ou appliqué sur sa surface également.

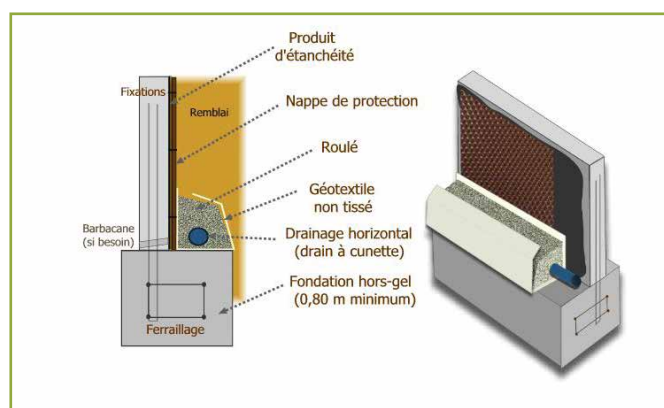


Figure 26 : Schéma d'un drainage avec membrane (Dessin de Cédric Houel)

3.2.3. Choix des matériaux

Le choix des matériaux est conditionné par la nature de l'ouvrage, par son style et par l'aspect esthétique recherché. En fonction de la localisation du chantier, certaines ressources peuvent par ailleurs prendre le dessus par rapport à d'autres (carrières locales, contraintes climatiques imposant des pierres non gélives, etc.). L'utilisation de pierres locales permet d'assurer l'intégration paysagère de l'ouvrage, et de limiter le bilan carbone de sa construction.

Il existe de très nombreux matériaux utilisables : moellons, briques, pierres brutes ou clivées, galets, barrettes, lauzes, palets de schistes ardoisiers, etc.

Point de contrôle contradictoire

L'entrepreneur doit faire valider par écrit au client un échantillon de référence, ainsi que son calepinage. Il transmet au client une fiche d'identification des matériaux employés.

Remarques : Si l'on utilise des mélanges de pierres pour le montage du mur, il faut veiller à ce que celles-ci aient des caractéristiques similaires (gélivité, densité, etc.).

3.2.4. Appareillage et montage

3.2.4.1. Appareillage

L'appareillage se choisit en fonction de la forme des pierres, de leur régularité dimensionnelle, et de la régularité du joint que l'on souhaite obtenir. Toutefois, c'est l'objectif esthétique qui prime et l'entrepreneur bénéficie d'une grande liberté dans sa création.

Il est possible de s'inspirer du DTU 20.1 (§ 5.2.1 Appareillage) du secteur du bâtiment :

« En partie courante, le décalage des joints verticaux de deux assises successives doit être au moins égal au tiers de la longueur de l'élément, de préférence de sa moitié. Ce minimum peut être ramené au 1/4 de la longueur de l'élément quand il s'agit de petits éléments de maçonnerie. Pour la pierre naturelle, le décalage des joints verticaux de deux assises successives sera compris entre la moitié et le tiers de la longueur de l'élément. »

Plusieurs types d'appareillage existent, tels que :

- L'appareillage assisé qui fait appel à des pierres taillées régulièrement, montées soit à assises régulières de même épaisseur, soit à assises irrégulières d'épaisseurs différentes.

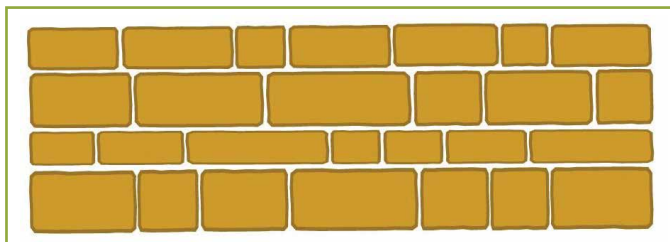


Figure 27 : Schéma d'un muret où les pierres sont montées en appareillage assisé (Dessin de Cédric Houel)

- L'appareillage ajusté fait appel à des pierres taillées régulièrement, montées à assises régulières.

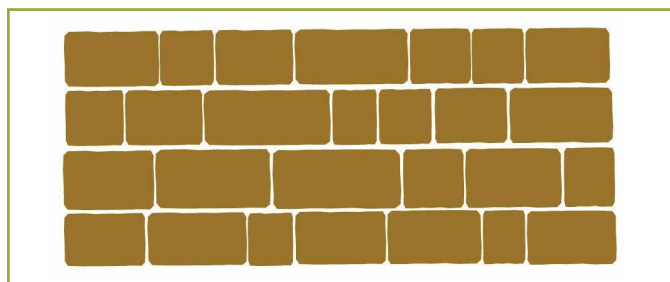


Figure 28 : Schéma d'un muret où les pierres sont montées en appareillage ajusté (Dessin de Cédric Houel)

- L'appareillage naturel de type Opus incertum fait appel à des pierres non taillées et montées à assises irrégulières.

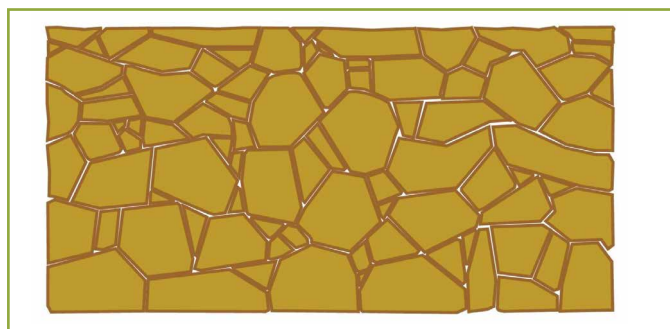


Figure 29 : Schéma d'un muret où les pierres sont montées en appareillage naturel (Opus incertum) (Dessin de Cédric Houel)

- L'appareillage de type Opus quadratum

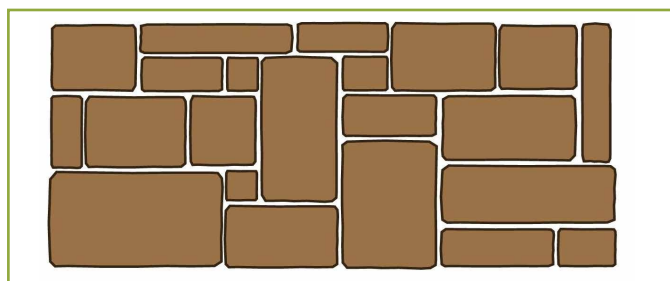


Figure 30 : Schéma d'un muret où les pierres sont montées en appareillage naturel (Opus quadratum) (Dessin de Cédric Houel)

Remarques :

- Il faut tenir compte des pertes en matériaux liées à la mise en œuvre de l'appareillage.
- Pour les pierres sédimentaires, le fil de la pierre doit impérativement être horizontal (pose litée).

3.2.4.2. Montage

La couche de pose doit être correctement nivelée et partiellement tassée afin de recevoir le premier rang de blocs (pierres, parpaings, éléments préfabriqués). Elle ne doit pas être tassée à refus (pas compactée, il faut que l'ouvrage puisse se mettre en place) afin de laisser un réglage possible du rang et doit l'être suffisamment pour éviter les affaissements au fur et à mesure que l'ouvrage se monte (le poids augmente et écrase les rangs inférieurs, occasionnant une légère déformation de l'ouvrage).

Cette couche doit être posée de niveau et réglée à l'horizontale, afin de ne pas déséquilibrer l'ouvrage. Dans le cas de terrain en pente, comme vu précédemment, la semelle et la couche de pose doivent être réglées en redans.

En cas de blocs de tailles différentes, les plus gros sont placés en bas de l'ouvrage et les plus petits en haut. Les blocs sont toujours posés de façon alternée, sur plusieurs rangs, afin que chaque joint vertical repose sur un bloc de rangée inférieure (jamais deux joints verticaux continus ne se suivent : on pourrait observer un « coup de sabre », sauf au niveau des joints de dilation ou de fractionnement).

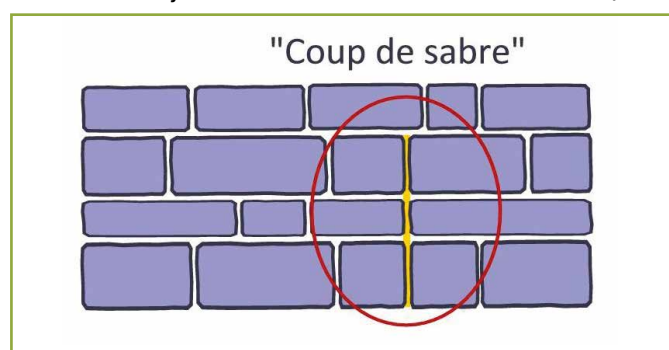


Figure 31 : Schéma décrivant un "coup de sabre" (Dessin de Cédric Houel)

A chaque étape du montage une vérification des niveaux est nécessaire : on vérifie l'horizontalité de l'ouvrage, et son aplomb (verticalité ou fruit) à l'intérieur et à l'extérieur et son alignement.

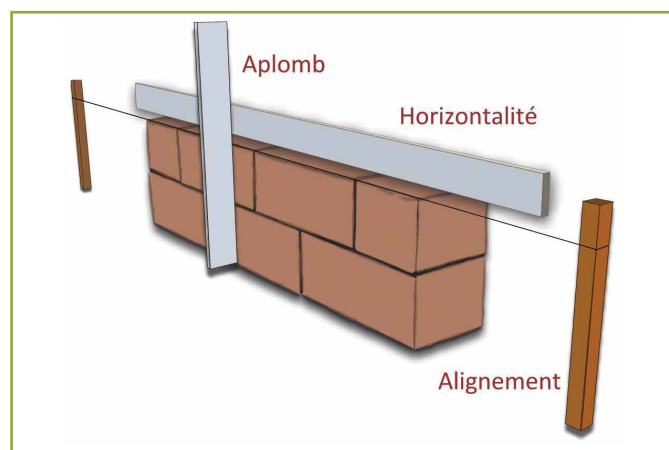


Figure 32 : Schéma des éléments à vérifier au cours du montage du mur (Dessin de Cédric Houel)

3.2.4.3. Interruption et reprise

Afin de garantir la solidité de la construction, l'interruption de travail ne doit pas suivre un plan vertical continu (sauf au droit des joints de dilation ou de fractionnement). Le mortier ne doit pas être étalé à l'avance et la surface de reprise doit permettre une liaison saine (nettoyée et humidifiée si besoin).

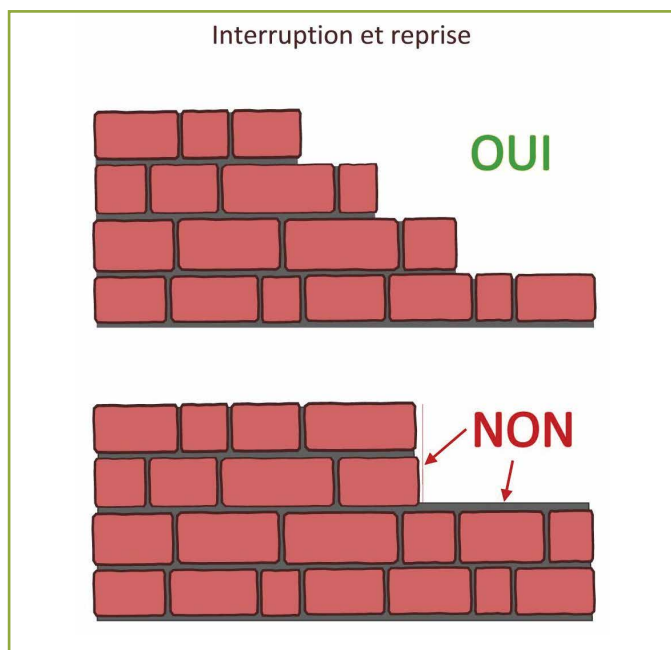


Figure 33 : Schéma d'interruption du montage d'un mur
(Dessin de Cédric Houel)

Point de contrôle interne

Vérifier l'implantation de l'ouvrage et ses cotes avant de démarrer le montage à proprement parler.

3.2.4.4. Mise en oeuvre des joints

Il existe plusieurs types de joints (ici classés du plus épais au plus mince) : les joints traditionnels (épais, réalisés pour des blocs de taille irrégulière, non homogènes), les joints minces (pour des blocs homogènes), les joints collés (montés avec un mortier-colle).

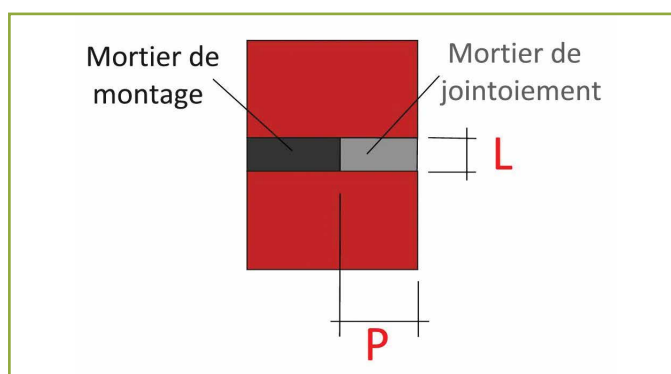


Figure 34 : Schéma en coupe du principe de jointoiment
(Dessin de Cédric Houel)

Le mortier de montage est creusé en profondeur (P) sur au moins deux fois la largeur du joint (L), avant d'être recouvert par le mortier de jointoiment

La norme DTU 20.1 Ouvrage en maçonnerie de petits éléments — P1 et P4 contient des informations précises sur la mise en œuvre de murs de bâtiment. Dans ce cas, à titre indicatif, les joints doivent mesurer entre 1 à 2 cm. Pour la pierre naturelle : entre 0,8 et 3 cm.

Pour la pose collée (joints minces) : inférieurs à 6 mm.

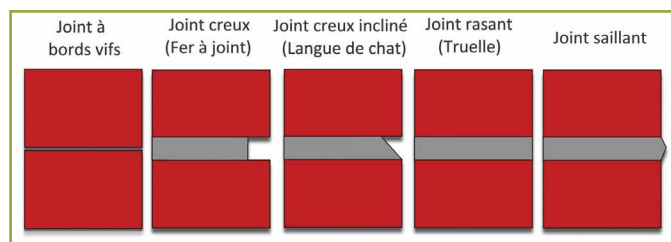


Figure 35 : Type de joints et outils utilisés
(Dessin de Cédric Houel)

Les joints sont réalisés avec les mêmes types de mortier que cités précédemment. Il faut prêter attention aux cavités, notamment si de l'eau peut être amenée à entrer dans le corps de l'ouvrage.

Remarques : Le matériau constitutif du joint permet d'atteindre l'objectif esthétique fixé. On peut utiliser un sable calibré, ou un sable mêlé de gravillons ou gravier de rivière. L'utilisation d'acide après le séchage peut également permettre de révéler à nu les éléments plus grossiers du joint.

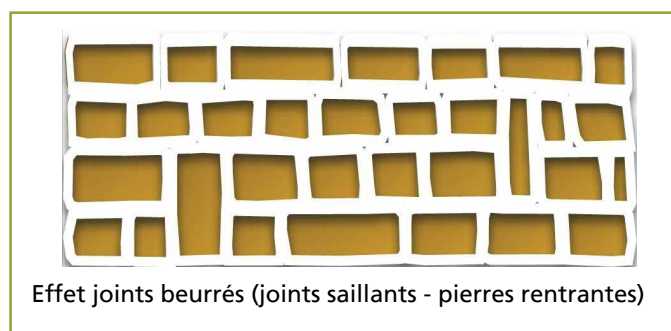


Figure 36 : Schémas de l'effet des joints sur l'apparence d'un mur (Dessin de Cédric Houel)

Beurrer un joint signifie creuser le mortier de scellement sur quelques centimètres pour le regarnir d'un enduit qui dépasse sur les pierres (utilisé en technique de construction traditionnelle en pierres semi-apparentes) :

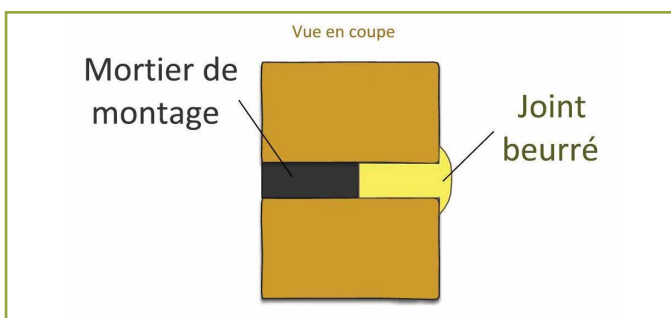


Figure 37 : Schéma en coupe d'un joint beurré
(Dessin de Cédric Houel)

En période de gel nocturne ou dans le cas de montage à joints minces, les murs doivent être protégés de la pluie et de la neige, par des bâches, des auvents, etc.

3.2.4.5. Pose du couronnement

La face supérieure du mur doit faire l'objet d'une attention particulière pour éviter l'entrée de l'eau. On y parvient soit grâce à un agencement très régulier des pierres, soit grâce à un couronnement rapporté, soit en pierres naturelles ou en matériau préfabriqué, ou en chaînage de mortier. Sa fonction première est de protéger et empêcher l'eau de s'infiltrer.

Point de contrôle interne

Vérifier l'aspect, l'homogénéité et l'insertion paysagère de l'ouvrage.

3.2.5. Cas des ouvrages de retenue de sol

Tous les aménagements d'espaces verts et la plupart des grands aménagements d'infrastructures sont susceptibles de conduire à la création de talus de plus ou moins grandes surfaces. Différents problèmes sont engendrés par les opérations de déblais ou de remblais, entraînant une modification de la topographie naturelle, et nécessitant des constructions, des apports de terre ou une végétalisation.

On distingue différents types d'ouvrages de retenue des sols, selon les types de matériaux utilisés : par enrochement paysager (végétalisables ou non) ; en pierre sèche ; par gabions ; par des éléments préfabriqués ; en béton coulé en place ; etc.

Chacun de ces types d'ouvrage de retenue de sol sera abordé dans la partie sur les spécificités des murets paysagers correspondant.

Selon la destination de l'ouvrage, les surcharges prévues et prévisibles ne sont pas les mêmes. Elles doivent être prises en compte pour le dimensionnement de l'ouvrage. Par ailleurs, lorsque la partie supérieure de l'ouvrage est accessible, il doit être surmonté d'un garde-corps (cf. norme NF P 01-012 – Dimensions des garde-corps).

Afin de réaliser l'étude, il est nécessaire de connaître les caractéristiques des sols maintenus et de la couche d'assise des fondations.

La stabilité des ouvrages de retenue des sols est assurée lorsque les résultantes des forces en présence sont concourantes et vérifient l'équation suivante : $T + P + S = 0$, avec T la poussée des terres, P le poids du mur et S la réaction du sol d'assise.

Les ouvrages de retenue des sols de grande longueur sont recoupés régulièrement par des joints de dilatation ou par des joints de rupture, souvent tous les 5 à 10 m environ, selon l'ouvrage, afin d'admettre de légers déplacements des éléments les uns par rapport aux autres (sans remettre en péril la stabilité de l'ouvrage).

3.3. Spécificités des murets paysagers en pierres naturelles maçonnées

Les parements visibles sont uniquement montés en moellons appareillés. Les pierres sont alors posées sans contact entre elles, à bain de mortier de chaux (250 à 400 kg de chaux hydraulique par m³ de sable), ou de mortier ciment (300 à 350 kg de ciment par m³ de sable), ou mortier bâtard (150 à

250 kg de ciment et 100 à 200 kg de chaux hydraulique par m³ de sable).

Le corps du mur peut être constitué :

- d'un béton de remplissage coulé au fur et à mesure du montage. Le béton est dosé à 200-250 kg/ m³ et coulé entre les deux faces construites

- d'un mur de soutien en parpaings préfabriqués

- des pierres elles-mêmes.

Il est à noter que les quantités indiquées dans le DTU 20.1 sont exprimées par m³ de sable et non de mortier.

3.4. Spécificités des murets paysagers en pierres brutes (technique traditionnelle "pierres sèches")

Les pierres brutes sont des matériaux naturels, taillées ou non, ne présentant pas de travaux de finition. Nous n'abordons pas ici les murets maçonnés avec un parement de pierres brutes.

Les murets paysagers en pierres brutes présentent plusieurs appareillages possibles selon leurs fonctions :

- appareillage simple parement pour les retenues de sol, avec un drain à l'arrière ;

- appareillage double parement, dont un seul n'est visible, pour les retenues de sol, le drain étant placé entre les deux ;

- appareillage double parement, les deux étant visibles, pour les murs de clôture.

Différentes typologies s'appliquent en fonction du positionnement de la pierre :

- La panneresse est une pierre posée à plat en parement dans le sens de la longueur, permettant ainsi de relier entre elles plusieurs pierres du parement.

- La boutisse est une pierre posée à plat dans le sens de l'épaisseur du mur. Elle sert de pierre d'ancrage. Dans le cas des murets en pierres brutes, on appelle parpaing une boutisse traversant de part en part un mur double parement. Ces deux types de pierre sont des clés, des points particuliers de l'assemblage qui garantissent sa cohérence, sa stabilité.

3.4.1. Construction d'un muret paysager en pierres brutes

Les murets en pierre sèche, aussi appelés murets en pierres brutes, sont réalisés avec des pierres empilées les unes sur les autres sans aucun liant ou mortier. Les interstices sont remplis avec des granulats ou des pierres calées, ce qui rend ces murs drainants. Les matériaux utilisés sont des moellons ou des dalles de pierres naturelles, de toute nature mais non gélives.

Le dimensionnement de l'ouvrage est opéré en fonction de l'environnement, de la nature du sol, du type de pierre, du tracé d'alignement, du dénivelé.

L'ouvrage doit dans la mesure du possible respecter le style et l'identité paysagère de chaque territoire. Les pierres du chantier doivent provenir, autant que faire se peut, d'un site géographiquement proche. Cela participe à garantir l'utilisation de pierres dont la nature et l'apparence sont adaptées au paysage, limite les conséquences du transport et encourage les réseaux locaux.

La stabilité et l'aspect de l'ouvrage dépendent principalement de la nature des pierres utilisées et du choix de la technique de mise en œuvre qui garantissent une construction de qualité et des proportions harmonieuses du muret.

Afin que le muret soit bien résistant, il est nécessaire de réaliser un fruit de 10 % en moyenne (jusqu'à 15 % pour des charges importantes verticales ou latérales), de disposer

des pierres larges pour réaliser la fondation et de mettre en place des pierres d'ancrage régulièrement.

La solidité de l'ouvrage dépend :

- de la répartition des pierres avec un enchevêtrement correct
- de l'absence de vides à l'intérieur du mur, tous les trous devant être comblés
- de la discontinuité des joints verticaux
- du remblai
- de la présence de pierres d'ancrage traversantes dans l'épaisseur du mur, notamment pour les murets avec des boutisses.
- d'un couronnement efficace limitant les effets des intempéries et risquant de dégrader prématurément le mur.

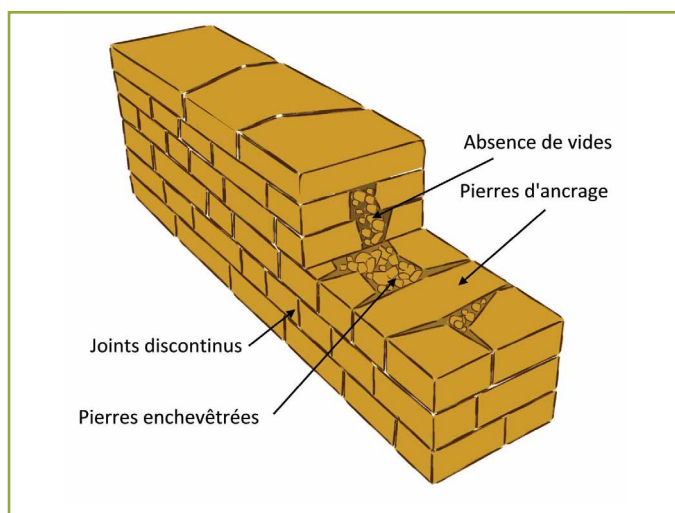


Figure 38 : Schéma d'un mur en pierres brutes (Dessin de Cédric Houel)

Point de contrôle interne

Au moment du tri des pierres, lors de l'organisation du travail, la conformité des pierres par rapport au dimensionnement du mur est vérifiée ainsi que leur qualité.

3.4.2. Mise en œuvre

Les murs en pierres sèches regroupent de nombreux types d'édifices. Les principes constructifs principaux (que nous verrons en détails plus loin) sont les suivants.

- lors du tri des pierres, les plus grosses seront utilisées pour la fondation et comme boutisses.
- la fondation doit être inclinée vers l'intérieur du massif ; son rôle est primordial, une grande importance sera attachée à sa réalisation.
- la partie la moins large des pierres, placées transversalement, est orientée vers l'intérieure du massif.
- les pierres ne sont pas empilées en colonnes mais chaque ligne est décalée par rapport à l'autre ; des coins sont ensuite utilisés pour caler l'ouvrage, latéralement et en sous-face.
- il est possible d'augmenter le poids volumique du mur en utilisant des débris de pierres pour combler les espaces vides, mais les capacités drainantes du mur seront alors réduites.
- la réalisation du parement interne vise à maximiser les frottements entre les pierres et le remblai ; pour cela, il est possible d'insérer de pierres du parement interne dans le remblai.

Fondation :

Une fouille est réalisée selon le tracé de l'ouvrage. Si le mur sert de soutènement, le lit de pose doit être incliné vers l'arrière du mur pour s'opposer aux glissements de ce dernier. La fondation doit être plus large que le mur (souvent de 5 à

10 cm) dans tous les cas (soutènement ou non).

La pose du socle ou de la semelle est opérée manuellement sur une couche de terre stable, de sable, de granulats. Les pierres doivent être de qualité et soutenir le poids du mur. Elles sont posées au cordeau, calées à plat selon un appareillage irrégulier sur du granulat drainant ou directement sur le sol si sa portance est suffisante. Les interstices entre les pierres du socle sont remplis de cailloutis. Le niveau de la fondation terminée doit être au niveau du sol.

Au lieu de faire une fondation classique, comme présentée ci-dessus, il est possible de réaliser une fondation romaine. Dans cette dernière, la couche de terre, sable ou granulat sur laquelle le mur est posé est remplacé par une couche de mortier de chaux à sec. Les interstices entre les pierres sont remplis de ce même mélange.

Point de contrôle interne

Une fois la fondation terminée, une analyse visuelle doit être effectuée afin de vérifier l'uniformité de l'assemblage, garantissant la portance de l'ensemble de l'ouvrage.

Parement :

Les pierres sont posées les unes par rapport aux autres de manière à former un ensemble cohérent et solide. Le mur est élevé couche par couche, en levées successives, de la fondation jusqu'au couronnement. Le choix des pierres et de leur pose est très important pour créer un assemblage solide.

Chaque pierre est calée par trois points : deux points sur le parement et un point à l'arrière. Attention : toute pierre posée sur le mur doit être calée. Il ne faut pas poser des pierres pour les avoir à portée de main en attendant de les caler, par exemple. Cela évite de reprendre la mise en œuvre, le jour suivant, en posant des pierres sur d'autres n'ayant pas été calées à la fin de la journée.

Chaque pierre a un rôle dans le mur, un usage précis. Elles sont choisies en fonction de ce rôle, chacun nécessitant des caractéristiques de taille, de forme, de résistances différentes. Le parement alterne des clés, qui peuvent être des panneresses ou des boutisses. Elles garantissent la solidité, la cohérence de l'assemblage. Des pierres de remplissage de tout calibre sont calées entre elles. Un comblement est réalisé pour remplir les derniers espaces vides avec des pierres de tout calibre ; elles ne sont pas calées et ne doivent en aucun cas être enfoncées (à la masse ou autre) ce qui mettrait en péril tous les calages effectués auparavant.

Il n'existe pas de théorie unique d'assemblage, l'ensemble doit simplement être stable. Toutefois, en cas de litige, il est possible pour des experts de constater si des erreurs ont été commises ou non (si le nombre de clés n'était pas suffisant, si elles étaient mal réparties, etc.)

A titre d'exemple, voici un type de parement efficace présentant une densité minimale de clés :

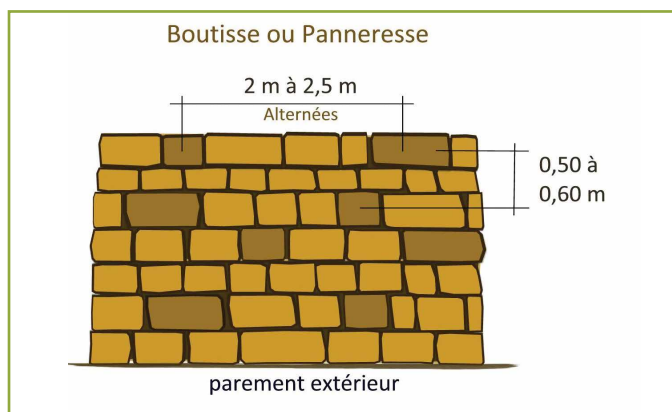


Figure 39 : Exemple de positionnement des clefs (boutisses et panneresses) dans un mur en pierres brutes (Dessin de C. Houel, T. Vernay)

Les clés sont espacées sur un rang de 2 à 2,50 mètres. Les rangs comportant des clés sont espacés entre eux de 50 à 60 centimètres.

Dans le cas d'un parement intérieur, non visible, une tolérance plus souple est appliquée. Un alignement à l'œil peut suffire, la régularité n'a pas vraiment besoin d'être parfaite.

Drain :

Dans le cas des murs de clôture et des retenues de sol avec un appareillage à un seul parement, le drain est réalisé rang par rang, au fur et à mesure de la montée du mur. Après avoir posé les pierres de parement, il est possible d'ajouter des pierres de calage à l'arrière, puis le drain est mis en place derrière. Il est généralement composé de concassé 30/70 ou équivalent.

Dans le cas d'une retenue de sol avec un appareillage à double parement, le drain est réalisé une fois que les deux parements sont totalement montés. On remplit l'espace entre les deux parements avec le concassé.

La profondeur du massif drainant dépend du type de terrain, de la pente, de la stabilité du sol, de la hauteur du mur, etc.

Le but du drain est de désolidariser la maçonnerie du sol, et il remplit ainsi plusieurs fonctions :

- fonction de drainage : il évite à une grande partie de l'eau d'atteindre la maçonnerie. Ceci protège les pierres des assauts de l'humidité (usure, altération, dommages).

- fonction de zone tampon : les pierres du drain ne sont pas maçonnées afin de ne pas être solidaires les unes des autres, ce qui lui donne une souplesse à la compression et au retrait du sol, protégeant la maçonnerie des poussées et des retraits.

- fonction de filtre à particules : les particules de terre charriées par l'eau s'accumulent d'abord dans le drain, ce qui augmente notablement la durée de vie du mur.

Il est possible de poser un géotextile entre le sol et le drain pour optimiser la fonction de filtre à particule et éviter un colmatage trop rapide de ce dernier. Une couche de gravillons concassés 4/6 sur 10 à 12 cm d'épaisseur peut éventuellement remplacer le géotextile ou le compléter. Il est installé entre la maçonnerie et le sol sur toute la hauteur du mur.

Le drain de couronnement ne se rencontre que dans certains territoires où les cailloux abondent. Il sert de stockage des cailloutis et surtout de filtre à particules pour éviter que la boue ne coule dans le drain par le haut du mur.

Couronnement :

Il assure le rôle de chaînage et de nivellement de la partie supérieure du mur. L'assise et le calage des pierres est particulièrement important. On distingue différents types de couronnements selon l'aire géographique, l'utilité de l'ouvrage et l'esthétique architecturale :

- couronnement à plat (le plus courant)
- couronnement débordant, essentiellement utilisé avec des grandes dalles de pierres posées à l'horizontale (plus rare, souvent pour de gros ouvrages)
- couronnement clavé ou vertical

Remblaiement :

Il est réalisé en fin d'ouvrage et permet la liaison entre la partie intérieure du mur, son drain technique et les sols en place. La terre de remblaiement est compactée manuellement afin d'éviter tout tassement brutal par l'infiltration des eaux de ruissellement. Elle provient le plus souvent et préférentiellement du site. Dans le cas de terres argileuses, le remblaiement est plutôt réalisé avec du matériau drainant.

Après la fin des réalisations, la liaison avec la végétalisation des murets en pierres brutes de soutènement est intéressante dans la mesure où cet aspect optimise la qualité esthétique de l'ensemble.

3.5. Spécificités des murets paysagers en bois

Les murets paysagers en bois sont réalisés avec des éléments en bois fixés dans le sol. Les pièces de bois sont : soit enfoncées à la masse (à une profondeur égale à celle du muret) ; soit juxtaposées dans une tranchée préalablement creusée. La tranchée est ensuite comblée avec de la terre, dans le cas de petits ouvrages, ou avec du béton dans le cas de constructions plus lourdes (madriers placés verticalement). Il ne faut jamais mettre de béton directement sous les pièces de bois afin d'éviter que le bois ne pourrisse.

Une nappe de protection alvéolaire est systématiquement placée à l'arrière de l'ouvrage si celui-ci sert de soutènement. Dans certains cas, le bois est remplacé par des pieux en acier (clayonnage ou tunage).

Les essences de bois sont à minima imputrescibles (classe III à IV si possible naturellement), suffisamment résistantes à la compression et à la flexion causées par le remblai. Dans une certaine mesure, l'usage de bois locaux certifiés offre une plus-value environnementale et paysagère supplémentaire (chêne, châtaignier, mélèze, douglas, ...).

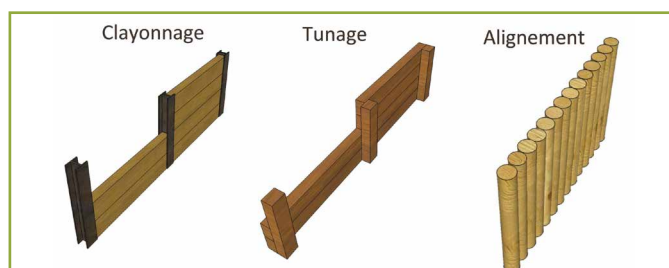


Figure 40 : Exemples de murs en bois (Dessin de Cédric Houel)

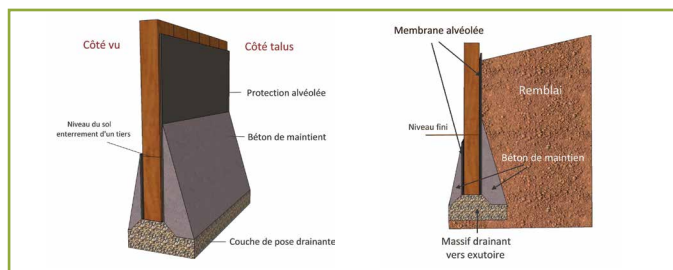


Figure 41 : Schéma de principe de la construction d'un muret paysager de soutènement en bois (Dessin de Cédric Houel)

Le drainage est plus qu'obligatoire pour le remblai derrière. Il faut prévoir un exutoire dans le massif drainant.

3.6. Spécificités des murets paysagers en briques

Dans le cas des murets paysagers en briques, plusieurs appareillages sont possibles :

- Appareillage à la française
- Appareillage à la grecque
- Appareillage à l'anglaise, moins fréquent,
- Etc.

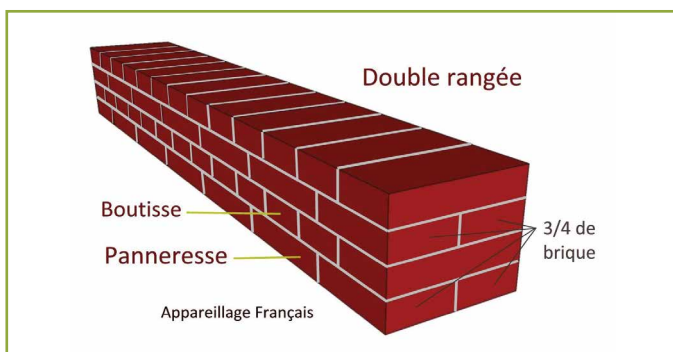


Figure 42 : Schéma d'un appareillage français de muret paysager en briques (Dessin de Cédric Houel)

Différentes typologies s'appliquent en fonction du positionnement de la brique :

- La panneresse est une brique posée à plat en parement dans le sens de la longueur
- La boutisse est une brique posée à plat dans le sens de l'épaisseur du mur
- La garnisse est une brique n'ayant aucune face en parement, utilisée en remplissage

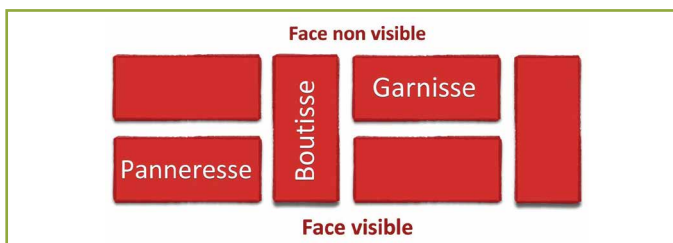


Figure 43 : Schéma d'un mur en brique vu de dessus (Dessin de Cédric Houel)

3.6.1. Construction d'un muret paysager en briques

Les briques sont posées selon l'appareillage et maintenues entre elles par un liant. Dans le cas d'un muret paysager en briques, le sable utilisé pour le mortier doit être propre et

d'une granulométrie 0/2. Pour les maçonneries courantes, le dosage du liant respecte les valeurs suivantes (cf. norme DTU 20.1 Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – parois et murs) :

- Pour un mortier de chaux hydraulique : de 400 à 500 kg / m³. Attention, ces valeurs sont données à titre indicatif et concernent surtout le domaine du bâtiment.
- Pour un mortier bâtard : de 350 à 400 kg / m³, dont 150 à 175 kg / m³ de ciment et 175 à 275 kg / m³ de chaux. Ce mortier est plus souple et offre une bonne résistance à l'écrasement.
- Pour un mortier de ciment : de 300 à 400 kg / m³. Les ciments comportant des constituants secondaires tels que les cendres volantes sont déconseillés.

Remarques : La terre cuite est avide d'eau. Pour éviter le dessèchement trop rapide du mortier de pose, les briques sont trempées dans l'eau préalablement. Le mortier du joint d'assise assure une répartition régulière des charges. Le mouvement imprimé à la brique au moment de la pose comprime progressivement le mortier et le répartit sur toute la surface du lit de pose. L'ébavurage doit être fait en recoupant l'excédent de mortier avec le chant de la truelle.

3.6.2. Mise en œuvre

Le jointoiment se fait au fur et à mesure de la pose des briques ou après la mise en œuvre (on parle alors de rejointoiment). La qualité d'une maçonnerie en briques apparentes se reconnaît :

- A la régularité des joints qui s'obtient soit à l'aide d'une pige graduée placée aux extrémités de la maçonnerie, soit par l'intermédiaire de baguettes de bois disposées au fur et à mesure de l'avancement. Le jointoiment au fer à joint amorce le serrage du mortier et le refoulement des joints
- Au profilage des joints verticaux :
 - Le chevauchement assure la liaison des éléments entre eux. Il ne doit pas être inférieur à 1/2 boutisse ou au 1/4 d'une panneresse. Plusieurs joints superposés ou insuffisamment décalés constituent une malfaçon appelée « coup de sabre »
 - L'étanchéité des joints est assurée par le chargement du joint vertical, qui consiste à relever le mortier sur le chant de la brique précédemment posée, ou par le garnissage, qui consiste à graisser le chant de la brique à positionner

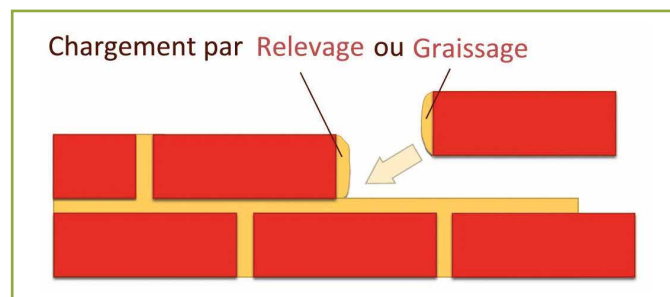


Figure 44 : Schéma de chargement des joints (Dessin de Cédric Houel)

- A la planéité des parements
- A la rectitude des arêtes : l'alignement est garanti par la présence d'un cordeau placé au niveau supérieur
- A la propreté de l'ouvrage : les traces du liant sont retirées le plus tôt possible à l'aide d'une éponge humide.

3.7. Spécificités des murets paysagers en matériaux / éléments préfabriqués

3.7.1 Les éléments manu-portables en béton

Ce sont des éléments permettant de construire des pentes de talus de 10° à 45°. Ils sont soit emboîtables à secs, soit autobloquants, et offrent une grande souplesse d'utilisation. Ils sont légers et faciles à utiliser sur les sites difficiles d'accès. Leur conception autorise toutes les formes de construction, notamment les courbes. Ils peuvent être végétalisés, la masse de terre contenue dans les caissons assurant la stabilité des murs poids.

Les matériaux en préfabriqués présentent l'avantage d'être modulables, de se poser rapidement et de donner, pour certains, l'aspect de la pierre naturelle.

Par ailleurs, il existe de nombreux modèles d'éléments préfabriqués empilables. Le montage s'effectue sur une semelle de fondation en béton pour la première couche, puis par empilement pour les couches suivantes. Les éléments sont posés à joints serrés ou à joints ouverts, laissant par exemple de la place pour d'éventuelles plantations.

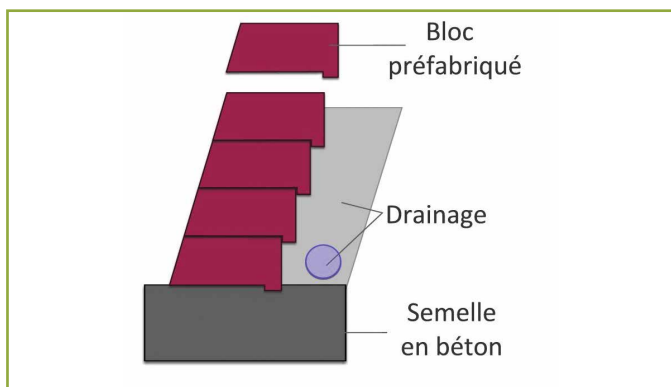


Figure 45 : Schéma de principe d'un muret de soutènement en éléments préfabriqués empilables (Dessin de Cédric Houel)

Pour la pose de ces éléments, il convient de se référer aux préconisations des fournisseurs.

3.7.2 Le mur de soutènement en éléments préfabriqués

Il est reconnaissable à sa base élargie et à son profil en forme de T ou de L. Il peut soit être coulé sur place, soit être préfabriqué totalement ou partiellement en usine. Il en existe de nombreux types différents et de toutes dimensions. En forme de T renversé ou de L, les éléments en béton moulé préfabriqués sont constitués :

- d'un voile mince ou rideau
- d'une dalle ou semelle
- d'un contrefort assurant la liaison entre le rideau et la semelle
- d'une poutre longitudinale, ou bêche, destinée à l'ancrage du mur
- d'un débord en avant pour augmenter la stabilité

Certains éléments sont sans contrefort : le rideau est alors d'épaisseur variable pour résister à la poussée des terres. La semelle est d'épaisseur constante avec un patin à l'avant et un talon à l'arrière. Le poids des terres, en chargeant la semelle arrière, assure la stabilité du mur. La mise en place s'effectue à la main ou à l'aide d'un engin de manutention selon la taille des éléments, et est relativement facile. Selon la dimension des unités, il est possible de réaliser des jardinières sur un ou plusieurs niveaux.

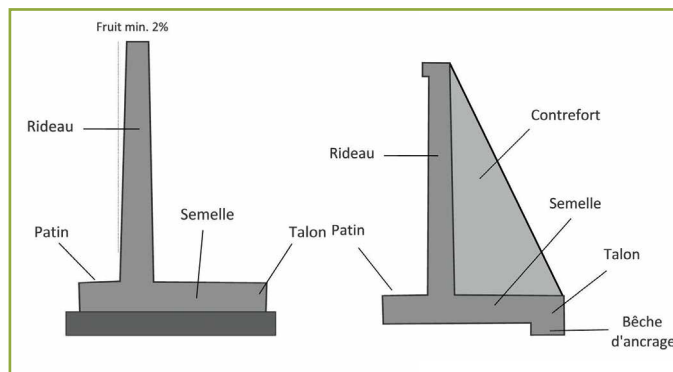


Figure 46 : Schémas de principe d'éléments en béton préfabriqués (Dessin de Cédric Houel)

Pour la pose, il convient de se référer aux préconisations des fournisseurs.

Ouvrages de retenue de sol par blocs (végétalisables ou non)

Les ouvrages de retenue des sols par blocs sont constitués par l'assemblage d'éléments préfabriqués en béton. Outre la retenue des sols, ces ouvrages servent également de parement décoratif. Les hauteurs de ces ouvrages peuvent atteindre 3 à 4 m (sous réserve du respect des prescriptions techniques du fabricant).

La fondation de ces ouvrages doit être assise sur un sol de caractéristiques convenables, à une profondeur hors gel. Par ailleurs, un drainage efficace doit être effectué sur la face arrière.

Les ouvrages par blocs préfabriqués assemblés peuvent produire un léger fruit par rapport à la verticale, en fonction de la qualité du terrain retenu, du sol d'assise et de l'espace disponible. Les blocs présentent un tenon ou un talon assurant le blocage des éléments les uns sur les autres. Ils sont posés à joints décalés. Chaque rang se trouve en retrait par rapport au rang précédent ; le premier rang reposant sur une fondation.

Les ouvrages par blocs préfabriqués végétalisables sont obtenus par l'assemblage d'éléments creux décalés les uns par rapport aux autres, permettant la mise en place de terre végétale et la plantation de végétaux.

Ouvrages de retenue de sol légers et préfabriqués

L'ouvrage léger préfabriqué en béton armé a une forme soit en L, soit en T, selon la hauteur de l'ouvrage de retenue des sols.

Réalisé en forme de L, les hauteurs reprises varient de 0,50 à 2,50 m selon les modèles. En forme de T, elles varient de 1,00 à 3,00 m pour les types simples et de 3,25 à 6,00 m pour les types avec des contreforts.

Chaque élément est constitué d'une semelle dont les dimensions sont en rapport direct avec la hauteur de l'élément. L'épaisseur de ce dernier est d'environ 0,10 ou 0,15 m suivant les efforts à reprendre. Le parement visible subit un traitement de surface en usine.

Les éléments sont posés sur une fondation en béton assurant le transfert des efforts sur le sol d'assise. Après la mise en place d'un drainage efficace, le remblaiement s'effectue par couches successives convenablement compactées.

Il convient de se référer aux préconisations des fournisseurs.

3.8. Spécificités des murets paysagers en béton ou en moellons artificiels

Avec ou sans parement (blocs pierres entières ou plaquettes)
Les murets peuvent également être montés entre deux coffrages élevés au fur et à mesure du montage. Les pierres

sont placées contre le coffrage (en prenant la précaution de choisir la meilleure face) les unes sur les autres, avec ou sans joints apparents. Puis un béton à 300 kg / m³ est progressivement coulé sur l'arrière.

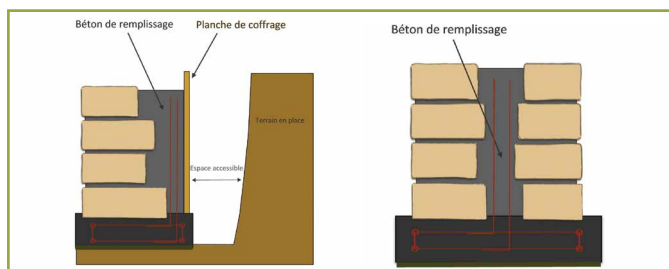


Figure 47 : Schéma de principe d'un mur de soutènement et d'un mur en béton banché de pierres (Dessin de Cédric Houel)

Le coffrage sur la face avant n'est pas obligatoire pour tous les types de pierre (il est notamment déconseillé dans le cas de pierre de taille).

3.9. Spécificités des murets paysagers en béton armé

Ces ouvrages se composent d'un béton dosé à 300 kg / m³ coulé à l'intérieur d'un coffrage préalablement établi. L'armature est positionnée avant le coulage. Le béton est disposé en couches de 20 à 40 cm puis tassé ou coulé en une seule fois puis vibré. Le parement peut être brut de décoffrage, lavé, enduit ou constitué de pierres naturelles collées, par exemple.

3.10. Spécificités des murets paysagers en moellons artificiels (parpaings)

Ces murs ne s'utilisent en soutènement que s'ils sont suffisamment larges et accompagnés de raidisseurs et d'un chaînage.

Les parpaings sont, soit posés sur un lit de mortier de ciment (de 300 à 400 kg de ciment par m³ de mortier), soit collés dans le cas de parpaings rectifiés. Si la pose s'effectue sur mortier, il est épandu sans tassement sur la couche inférieure, le parpaing est ensuite mis en place en exerçant une pression uniforme. L'épaisseur finale du joint est de l'ordre de 10 à 15 mm. Les alvéoles formées par les extrémités des blocs sont remplies de mortier et constituent les joints verticaux. La plupart du temps, ces murs sont accompagnés d'un parement décoratif enduit ou collé, mais ils peuvent le cas échéant, être pré-décorés. Une attention particulière sera consacrée aux travaux de finitions et de nettoyage dans ce cas.

Remarques : Les murs fabriqués sur place et de grande longueur sont coupés par des joints de rupture sans épaisseur tous les 6 à 8 mètres, et des joints de 1 à 2 cm tous les 20 à 30 mètres.

3.11. Spécificités des murets paysagers en gabions

Les murs en gabions sont constitués d'un empilement de caisses parallélépipédiques en treillis métalliques remplies la plupart du temps de matériaux granulaires (galets, pierres

empilées, etc.) La forme, les dimensions des cages et des mailles, la nature des tirants et des armatures dépendent de la destination des gabions et des matériaux de remplissage. Ceux-ci ont une masse volumique la plus élevée possible et des dimensions en tous sens supérieures à celles des treillis métalliques. Les éléments les plus fins ne doivent pas passer dans un anneau de 0.08 m de diamètre. Ils sont par ailleurs non gélifs et non friables.

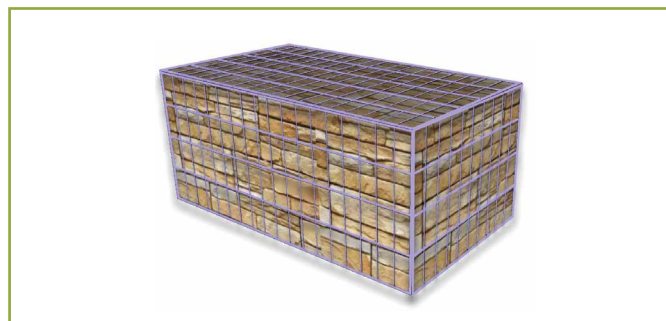


Figure 48 : Dessin d'un gabion (Dessin de Cédric Houel)

Les fils qui constituent les grillages sont en acier galvanisé et leurs caractéristiques mécaniques répondent aux contraintes des critères d'utilisation. Les gabions sont généralement remplis sur place, bloc par bloc, en utilisant en parement les plus gros éléments. Le remplissage s'effectue de façon à laisser le minimum de vide. Cependant, ils peuvent également être confectionnés préalablement à leur installation. Au cours du remplissage, les treillis métalliques des faces opposées du gabion sont rendus solidaires par des tirants constitués de fils galvanisés d'un diamètre égal à celui des fils de ligature.

Compte tenu de la nature des matériaux, ils ne nécessitent pas de drainage en interne, en dehors d'une rigole d'évacuation des eaux à la base de l'ouvrage.

Ouvrages de retenue de sol par gabions

Les gabions sont faciles à mettre en œuvre et sont souvent utilisés en pied de talus.

Les ouvrages de retenue des sols par gabions sont constitués de l'assemblage de structures modulaires, en forme de parallélépipède rectangle, fabriqués en grillage métallique galvanisé résistant. Ces modules sont remplis à l'aide de pierres ou de galets, de granulométrie comprise entre 70 et 250 mm, selon la maille du grillage. Les matériaux sont issus de roches dures, insensibles à l'eau et non gélives. Les dimensions courantes sont les suivantes : 1 m x 1 m x 2 m à 4 m de longueur.

Les gabions forment un ouvrage de type poids auto-drainant pouvant admettre de légères déformations. Leur pérennité dépend de la qualité du treillis galvanisé et du soin apporté lors de l'empierrement.

Le lit inférieur est posé sur un massif de fondation ou sur un remblai en grave tout venant compacté.

Puis les gabions sont empilés les uns sur les autres, le côté le plus long étant positionné parallèlement à la section de l'ouvrage.

Les parements de l'ouvrage peuvent être soit verticaux à l'extérieur avec des gradins extérieurs, soit avec un léger fruit (meilleure stabilité). Cela permet de former des parois de 5 à 6 m de hauteur. Un système de drainage peut être prévu sur la face intérieure avant l'exécution du remblaiement.

Point de contrôle interne

Dans le cas de gabions façonnés sur place, il est indispensable de respecter scrupuleusement les préconisations du fournisseur concernant le nombre d'agrafes ou de liens à mettre en œuvre pour l'assemblage des panneaux, ainsi qu'à la quantité de diaphragmes intermédiaires ou/et entretoises à positionner à l'intérieur des paniers pour éviter qu'ils se déforment au moment du remplissage.

3.12. Les enrochements

Ces murs sont constitués de l'empilement de blocs de roche les uns sur les autres.

Au préalable du montage du mur, une sélection des faces visibles et des faces de pose est effectuée pour choisir la position de chaque bloc dans le mur. La structure de la roche est respectée.

Point de contrôle interne

Au moment du tri des pierres, lors de l'organisation du travail, la conformité des pierres par rapport au dimensionnement du mur est vérifiée ainsi que leur qualité.

Afin de préserver l'esthétique naturelle de la roche, il est conseillé d'utiliser du matériel et des accessoires spécifiques (grappin, pince...)

On distingue deux types d'assemblages : régulier, par strates, assemblé lits après lits ; irrégulier, composé de roches plus arrondies. Il peut être nécessaire de réaliser une fondation, notamment pour éviter le glissement des blocs.

L'appareillage varie en fonction de la nature de la roche et de sa forme. Un fruit est obligatoire, d'autant plus important que les pierres sont arrondies.

Selon la nature du sol, le comblement des interstices entre les blocs est réalisé avec le matériau en place ou, idéalement, avec un matériau drainant. Il est possible d'utiliser des plantes pour éviter les pertes de matériau tout en intégrant l'ouvrage au paysage. Il peut également être judicieux d'installer un massif drainant de roches concassées accompagné d'un géotextile, assurant la liaison entre l'assemblage des blocs et la terre.

Le remblaiement de sol est effectué à l'avancement avec compactage.

3.13. Les murets paysagers en verre, fer, acier, etc.

Ces matériaux possédant des spécificités propres, les préconisations de pose sont laissées à l'appréciation du maître d'œuvre, sous réserve de prendre en compte les conseils des fournisseurs des produits posés, lorsqu'ils existent.

B) Escaliers

3.14. Escaliers et gradines

La construction d'un escalier s'avère judicieuse, voire nécessaire, pour accéder d'un palier à un autre de hauteur différente, par exemple entre deux terrasses, ou lorsque, sur un terrain en pente, la dénivellation à franchir est supérieure à 7%. Dans ce contexte, lorsqu'un accès ne comporte pas de marche, il s'agit d'une rampe.

Parallèlement à son rôle utilitaire, l'escalier peut être également considéré comme un élément décoratif.

La réalisation d'un escalier reprend toutes les dispositions générales décrites dans la partie 3.1.

3.14.1. Contexte réglementaire particulier

3.14.1.1. Accès PMR

La législation s'appliquant aux escaliers concerne particulièrement les Personnes à Mobilité Réduite (PMR). Elles doivent pouvoir accéder aux différents paliers au même titre que les personnes valides. Cela ne signifie pas nécessairement que tous les accès doivent être conformes à la législation pour les PMR : il est possible d'avoir un accès non-conforme et un autre adapté aux PMR. Cela permet au paysagiste de conserver son esprit créatif, de garder un contrôle sur l'aspect paysager de l'ouvrage que la législation peut mettre à mal. Il est toutefois nécessaire de veiller à ne pas faire de discrimination entre personnes valides et PMR : ces dernières ne doivent pas être reléguées à des accès secondaires dénuées d'ornement, contrairement aux accès principaux. Il convient de trouver un bon équilibre entre législation, création et respect.

L'accessibilité aux personnes handicapées est obligatoire pour les bâtiments d'habitation collectifs et leurs abords, les établissements recevant du public et installations ouvertes au public, les maisons individuelles construites pour être vendues ou louées (cf. Code de la construction et de l'habitation, articles R.111-18-1 à R.111-18-5 et R.111-19-1).

Dans le cas d'un accès PMR, la main courante ou le garde-corps est obligatoire à partir de 40 cm de dénivelé calculé depuis le nez-de-marche.

Dans les espaces publics dédiés PMR, l'emmarchement est réglementé par la présence d'un mur ou d'un limon. Il est de 1,40 m minimum et peut être réduit à 1,20 m minimum s'il n'y a aucun mur ou limon de part et d'autre.

Les paliers de repos des accès pour PMR doivent correspondre à un espace rectangulaire d'au moins 1,20 m X 1,40 m de côté.

3.14.1.2. Ouverture au public

Dans les Etablissements Recevant du Public (ERP), la loi impose des contraintes de dimensionnement et de mise en œuvre.

La réglementation incendie des ERP impose également, au niveau des escaliers tournants, que leur « Balancement » doit être continu. C'est-à-dire qu'on ne peut pas faire succéder une « Volée » courbe avec une volée droite entre deux paliers.

Les marches isolées (une à deux) sont interdites dans les circulations principales. Les différences de niveau devant être réunies, soit par une rampe inférieure ou égale à 10 %, soit par un groupe d'au moins trois marches. (cf. article CO35 Conception des dégagements sécurité incendie ERP). Des bandes d'éveil à vigilance doivent être situées au point haut de tout escalier classé ERP (cf. loi du 30 Novembre

2007 article R.111-19-2).

Le giron extérieur d'un escalier balancé (queue) ne peut dépasser 42 cm quelle que soit la largeur de l'escalier. En cas de volée courbe, le giron est mesuré sur la ligne de foulée (lieu de giron constant).

La législation peut aussi concerner à la fois les ERP et les IOP (Installations Ouvertes au Public).

La présence d'une main courante est obligatoire pour les rampes (escaliers, gradines, etc.) A partir de deux unités de passage, elle l'est sur les deux côtés et à partir de 4 unités, une main courante médiane doit être implantée en plus (cf. NF P 01-012 (juillet 1988) : Dimensions des garde-corps. Règle de sécurité relative aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier)

L'embranchement minimum correspond à une unité de passage (UP) soit 0,90 m. Deux UP valent 1,40 m et trois UP 1,80 m. Au-delà de trois UP, on considère qu'une UP supplémentaire vaut 0,60 m (cf. Article CO 36 - Unité de passage et largeur de passage).

3.14.1.3. Marches

Pour des raisons de sécurité et d'ergonomie, chaque degré doit avoir la même taille. Les marches ne doivent pas être glissantes, notamment en cas de pluie ou de gel.

Les marches actuelles ne doivent pas excéder 16 cm de haut dans les lieux accueillant du public et doivent avoir un giron de 28 cm minimum (cf. Décret n°2006-1657 du 21 décembre 2006 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics et Arrêté du 15 janvier 2007 Obligation d'accessibilité de la voirie et des espaces publics.)

La pente des marches est, au maximum, de 30° dans les lieux ouverts au public. Elle correspond à un franchissement accessible et agréable. Elle peut aller jusqu'à 35° dans les lieux privés (hors ERP).

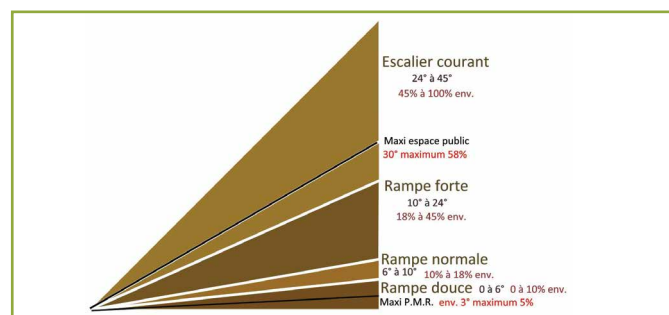


Figure 49 : Schéma représentant les différents types de pente (Dessin de Cédric Houel)

Les dimensions des marches, prises au niveau de la « Ligne de foulée » doivent être conformes aux règles de l'Art, soit, la formule de Blondel : $2H + G$ compris entre 60 et 64 cm (pour les ERP) et en moyenne 65cm dans les autres cas.

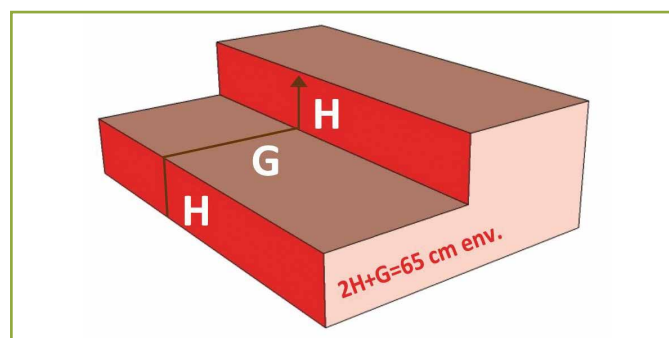


Figure 50 : Schéma illustrant la formule de Blondel (Dessin de Cédric Houel)

Le nez-de-marche doit être contrasté visuellement par rapport au reste de l'escalier et ne pas être glissant. En outre, il ne doit pas déborder de plus de 1 à 2 cm maximum, sauf si les marches n'ont pas de contremarches. Dans ce cas il doit déborder de 5 cm.



Figure 51 : Schéma des règles de dimensionnement de nez-de-marche (Dessin de Cédric Houel)

3.14.2. Dimensionnement

La construction d'un escalier doit satisfaire la formule suivante :

$2H + G = 0,64 \text{ à } 0,67 \text{ m}$ (longueur d'un pas moyen)

Où H équivaut à la hauteur de la contremarche, et G à la largeur du giron.

Pour un escalier à pas normal, la hauteur H se situe entre 12 et 15 cm. Si le nombre de marches est réduit, H peut être supérieure à 15 cm. Le giron a généralement une longueur supérieure à 28 cm (en moyenne 35 à 40 cm).

Pour calculer le nombre de marches N nécessaires, avec une longueur de pas moyen de 0,65 m, la formule suivante peut être utilisée :

$$(2 \times \text{Dénivelée} + \text{Emprise disponible}) / 0,65 \text{ m} = N$$

Exemple avec un dénivelé de 1,80 mètres et une emprise de 3,80 mètres.

$(2 \times 1,8 + 3,8) / 0,65 = (3,6 + 3,8) / 0,65 = 7,4 / 0,65 = 11,38$ marches soit 12 marches.

- Avec 12 marches et un dénivelé de 1,8 m. chaque marche mesurera : $(1,8/12) = 0,15 \text{ m}$ de haut.

- Avec 12 marches et une emprise de 3,80 m. chaque marche mesurera : $(3,8/12) = 0,31 \text{ m}$ de profondeur.

Une pente est à prendre en compte pour l'évacuation des eaux de ruissellement, elle est comprise entre 0,5 et 2 % (1 % = 1 cm / 100 cm). Si possible avec un léger dévers afin d'éviter que l'eau ne retombe sur les marches inférieures systématiquement.

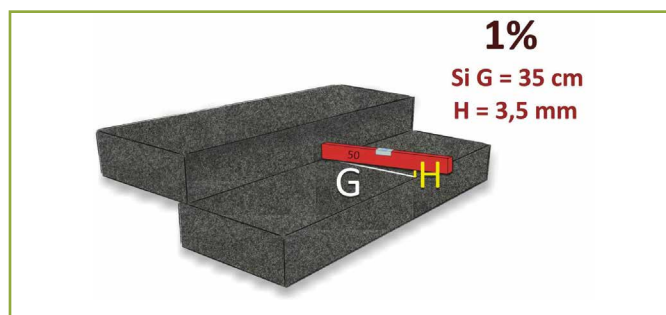


Figure 52 : Schéma du calcul de la pente d'un escalier (Dessin de Cédric Houel)

Point de contrôle interne

Effectuer un test pour vérifier la bonne évacuation des eaux de pluie vers l'exutoire (ou au moins vérifier la fonctionnalité des pentes).

Afin d'éviter une certaine monotonie dans la marche, il est toujours préférable, quand c'est possible, d'alterner la marche (départ pied gauche, arrivée pied droit par exemple), et de varier le nombre de marches sur une volée, en plaçant la volée la plus longue en pied d'escalier.

Au-delà de 10 à 11 marches, un palier de repos est à prévoir et la hauteur des marches peut être réduite pour limiter les efforts. Les paliers de repos devront avoir une dimension qui permet la marche sans saccades, c'est-à-dire au moins un giron + un multiple du pas.

Dans la mesure du possible, le nombre de marches par volée doit être de 3 au minimum et de 13 au maximum (un nombre de marches impair permet de changer de pied à chaque début de volée, limitant ainsi la fatigue de l'utilisateur).

Exemple avec un giron de 35 cm : un palier mesurera 100 cm (35 + 65 cm, soit une montée de marche et un pas), afin d'alterner la marche (gauche-droite), notamment sur des gradines.

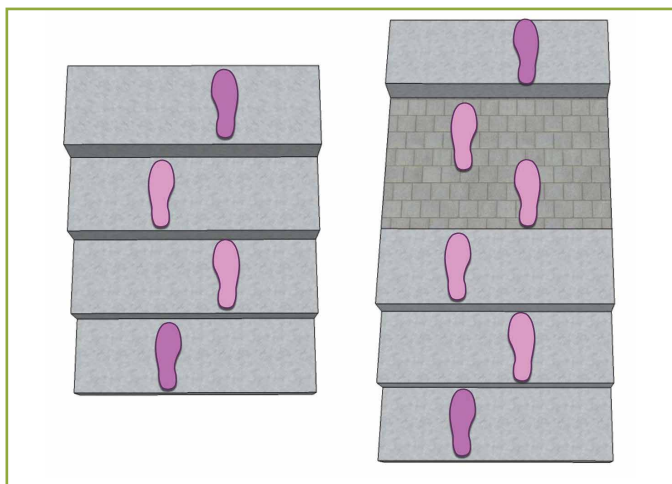


Figure 53 : Schéma représentant l'alternance gauche-droite sur un escalier (Dessin de Cédric Houel)

Dans le cas d'une emprise trop longue pour obtenir un giron convenable à la marche, prévoir un palier de compensation.

Remarque : Dans le cas d'escaliers suffisamment larges pour accueillir plusieurs personnes de front, il est judicieux de prévoir une petite rampe centrale, afin de laisser un accès aux vélos, poussettes, etc.

3.14.3. Mise en œuvre

La mise en œuvre traite ici des spécificités des escaliers et des gradines. La partie 3.2 du présent ouvrage présente les généralités des différentes étapes plus en détail, notamment les points de contrôle.

3.14.3.1. Fondations

La fondation d'un escalier peut être réalisée en béton. Dans ce cas, elle doit déborder de chaque côté de l'escalier, notamment en pied et en tête, afin d'assurer une bonne stabilité à l'ouvrage.

La fondation est souvent coulée avec un dosage de 350 kg/

m3. Elle peut être ferrillée si besoin. Une pente peut être placée sur les redans à ce moment et réglée lors de la mise en place du revêtement.

Elle devra être réalisée selon les normes en vigueur, notamment pour sa mise hors-gel.

Le sol support devra être stable, compacté et réglé.

3.14.3.2. Montage

Le montage peut être réalisé par coffrage, à l'avancement ou par assemblage. Il dépend du type d'escalier.

3.14.3.2.1. Escalier maçonné

Les escaliers maçonnés peuvent être montés ou par coffrage ou à l'avancement.

Par coffrage

L'escalier coffré est coulé à l'intérieur d'un coffrage qui lui donne sa forme. Les éléments des marches sont ensuite collés sur le béton par l'intermédiaire d'un mortier de pose ou d'un mortier-colle.

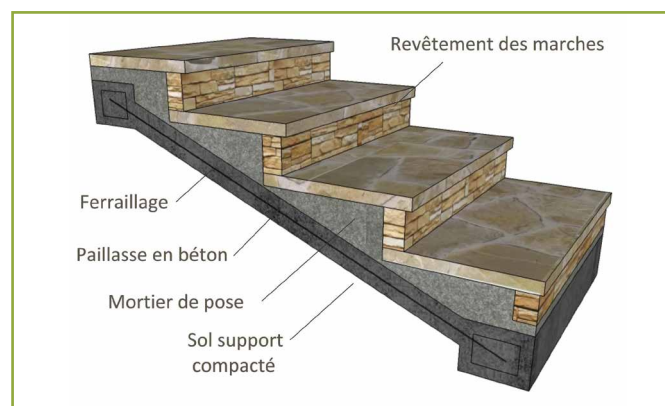


Figure 54 : Schéma de principe d'une construction d'escalier sur paillasse (Dessin de Cédric Houel)

Une structure en bois est installée préalablement au coulage du béton, avec un dosage de 350 kg/m3 le plus souvent. Un ferrailage peut être installé sous cette structure. Une couche de propreté en grave ou en béton est placée sur le sol décaissé compacté et drainant.

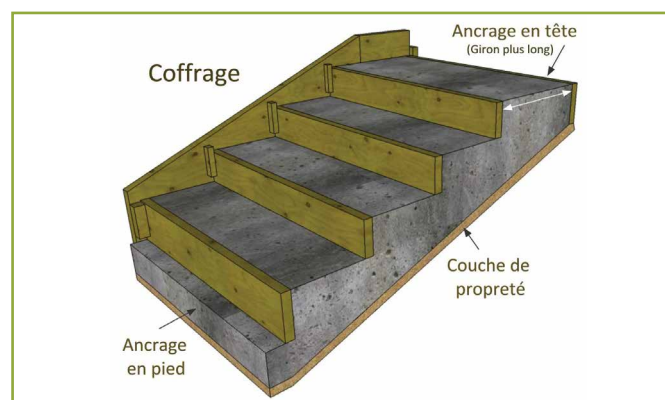


Figure 55 : Schéma d'un escalier coffré en cours de réalisation (Dessin de Cédric Houel)

Le béton est ensuite coulé dans cette structure et vibré pour fermer les vides d'air. Le bois est retiré au moins une semaine après.

L'escalier coffré n'a pas encore les mesures définitives, un parement devra être collé pour protéger l'ouvrage (après prise). C'est le parement et son encollage qui définissent

les dimensions finales de l'escalier. Lors du coffrage, ce paramètre doit être pris en compte et dépend de l'épaisseur des matériaux cumulés.

A l'avancement

Les marches sont posées sur la fondation ou sur le sol en place, selon la même technique.

Sur fondation, le béton est coulé au fur et à mesure de l'avancement de l'ouvrage, en commençant toujours par le bas de l'escalier. L'escalier est prédécoupé dans le sol, la première contremarche édiflée sert de coffrage au béton de remplissage. Les autres marches sont successivement mises en place au fur et à mesure de l'avancement des travaux.

La marche supérieure reposant toujours sur la marche inférieure afin de répartir les charges sur l'ensemble de l'escalier.

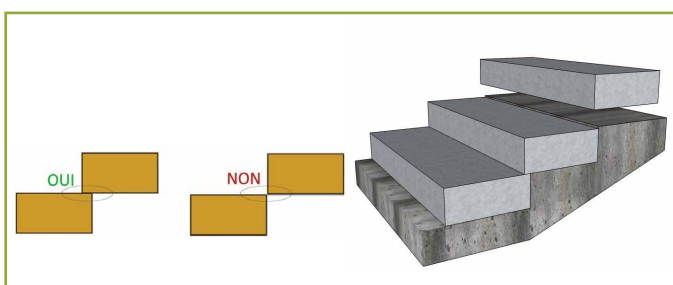


Figure 56 : Schéma de mise en place des marches à l'avancement (Dessin de Cédric Houel)

Sur des sols résistants et dans des compositions proches du naturel, les dalles ou pierres peuvent être posées directement sur le sol. Les éléments doivent être d'une épaisseur suffisante et se superposer pour accroître la stabilité de l'ensemble.

Plusieurs matériaux peuvent entrer dans la composition des escaliers maçonnés. Concernant les escaliers en pierres naturelles, les pierres utilisées sont diverses mais les meilleurs résultats sont obtenus avec des dalles régulières en surface et non polies. La pose s'effectue sur la fondation par l'intermédiaire d'un mortier de scellement. Le giron ressemble alors à un dallage et la contremarche à un muret. La pierre naturelle peut se trouver sous la forme de blocs-marches taillés en carrière et posés sur un matériau concassé de faible granulométrie ou sur une structure en béton.

Pour les escaliers en éléments préfabriqués, la pose s'effectue sur un matériau concassé de faible granulométrie dans le cas de sols résistants ou sur mortier dans le cas de fondations en béton. Ces marches se présentent sous différentes formes :

- Les marches préfabriquées en L : la contremarche mesure en général 0.14 m, le giron 0.40 m et la longueur des éléments est comprise entre 0.60 et 1.40 m. Ces marches sont scellées sur une fondation en béton
- Les blocs-marches : blocs parallélépipédiques de dimensions variables. La pose peut s'effectuer sur sable ou béton
- Les dalles et barrettes préfabriquées
- Les pavés bétons et briques : utilisés en contremarches, ils peuvent servir de coffrage pour les giron en béton ou en mortier.

La contremarche n'est pas faite forcément dans le même matériau que la marche, laissant au paysagiste de nombreuses possibilités créatrices. Toutefois, les matériaux doivent avoir la même densité pour éviter que la dilatation n'endommage l'escalier et pour que l'harmonie de l'ensemble soit respectée.

Les marches palières

A la différence des gradines, les contremarches font la hauteur d'une marche classique (14 à 16 cm). Le « porte-à-faux » des marches ne peut, dans tous les cas, dépasser 30 % de la fondation sur un ou deux côtés. Afin d'assurer une parfaite stabilité des dalles sur leur support, il est conseillé de les sceller (un scellement chimique peut être réalisé sous réserve de prendre les précautions qui s'imposent pour les dalles). Un parement décoratif, notamment au niveau des contremarches peut être réalisé et des luminaires peuvent venir compléter cet ouvrage afin d'obtenir, la nuit, un effet « suspendu » accentué.

Il est préférable, lors de la manipulation de ces dalles, de s'équiper d'engins adaptés au levage de charges lourdes (ventouses de manutention par exemple).

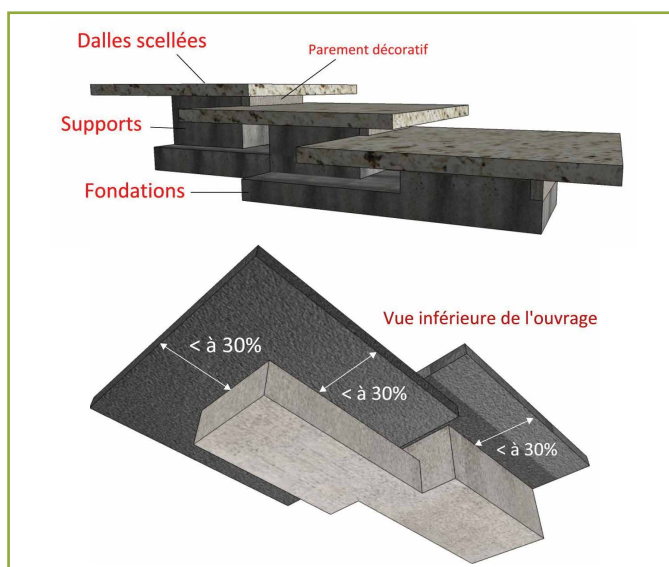


Figure 57 : Schéma d'une dalle palière en vue de côté et inférieure (Dessin de Cédric Houel)

3.14.3.2.2. Escalier en bois

Les escaliers en bois sont assemblés.

La contremarche est constituée de rondins, de demi-rondins ou de madriers. Le bois utilisé est toujours un bois de classe 4.

La pose des rondins s'effectue le plus souvent sur le sol en place. Ils sont disposés horizontalement, enfoncés d'1/3 de leur hauteur et retenus à leurs extrémités par deux piquets. Leur pose s'effectue le plus souvent directement au sol ou sur un lit de béton. Dans ce dernier cas, la durée de vie du matériau est diminuée. Pour une pérennité plus grande de l'ouvrage, prévoir une fondation drainante.

Une fouille en rigole d'environ 10 cm d'épaisseur, sur une largeur et une longueur correspondant aux dimensions du madrier est confectionnée. Les madriers sont ensuite positionnés sur un béton à 250 kg / m³. La liaison entre les pièces de bois et le béton se fait par l'intermédiaire de tire-fonds ou de pointes de grandes dimensions préalablement insérés dans le bois. Tout autre système de fixation peut, bien entendu, être adopté dans la mesure où il s'avère efficace. La pose de ces matériaux peut se faire sur le sol en place sans fondation, dès lors qu'il existe un système de maintien fiable (piquets, fers enfoncés dans le sol). L'acier est toujours traité anti-corrosion (galvanisé, ...).

Le giron est constitué de matériaux divers (sable, gravillons, pavés ou dalles, revêtements à base de liants hydrauliques ou hydrocarbonés) mis en place selon les mêmes principes que pour les circulations (allée, chemin).

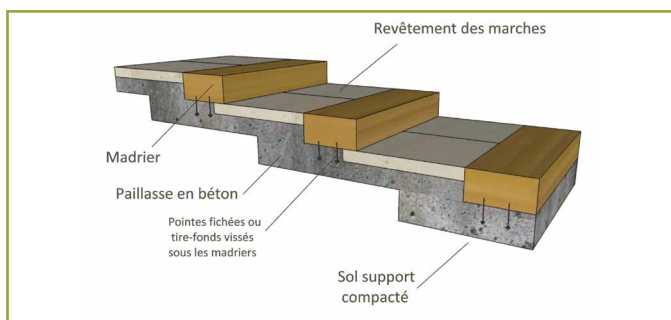


Figure 58 : Schéma de principe d'un escalier en bois
(Dessin de Cédric Houel)

Remarques : La réalisation d'escaliers en bois demeure exceptionnelle dans la mesure où ce matériau soumis aux intempéries subi des déformations importantes. Il peut également provoquer des phénomènes de glissances et est à réserver pour des usages soit temporaires soit peu empruntés (sentiers).

3.14.3.2.3. Gradines

Appelées également « escaliers à pas d'âne », les gradines aident au franchissement sans fatigue de pentes de 8 à 16 % sur de grandes longueurs. Elles présentent les caractéristiques suivantes :

- Des marches d'une hauteur de 5 à 12 cm en moyenne
- Un giron au minimum de la longueur d'un pas de promenade (0.60 à 0.70 m) ou de son multiple et en faible pente (2 à 5 % maximum).

Les contremarches sont réalisées à l'aide de bordurettes, rondins ou pavés et les giron sont pourvus d'un revêtement analogue à celui de la circulation qui le précède ou le succède. Les pentes comportant plusieurs ressauts successifs sont difficiles d'accès pour les personnes à mobilité réduite.

Pour un franchissement aisé, les gradines doivent être en nombre impair de marches et les paliers de repos doivent mesurer 60 à 65 cm (ou un multiple de ce nombre).

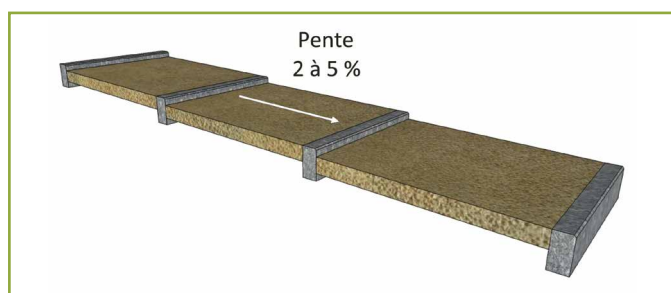


Figure 59 : Schéma de principe de gradines
(Dessin de Cédric Houel)

3.14.3.2.4. Evacuation de l'eau de ruissellement

Un regard d'évacuation des eaux de pluie peut être incorporé à l'escalier. Il se placera dans ce cas sur l'avant d'une marche ou d'un palier raccordé à un système d'assainissement.

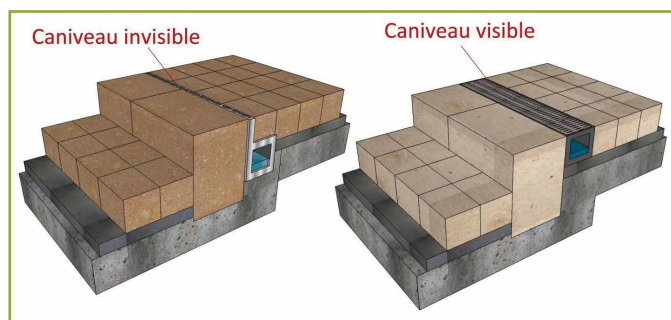


Figure 60 : Schéma de deux types de caniveaux dans un escalier
(Dessin de Cédric Houel)

Remarques : afin d'assurer la sécurité des usagers par tous les temps, prévoir un système d'éclairage pour la nuit, notamment pour les malvoyants.

Point de contrôle interne

Un escalier doit être confortable à la marche. Un test de praticabilité doit être effectué avant sa mise en service.

4. Définition des points de contrôle internes et des points de contrôle contradictoires

	Description	Qui effectue le point de contrôle ?	Matérialisation du point de contrôle
Point de contrôle interne	Il correspond à la vérification de la bonne exécution des travaux au fur et à mesure de l'avancement du chantier, et plus spécifiquement quand une tâche est achevée. Il permet de prendre du recul sur le chantier avant de passer à l'étape suivante.	Le chef d'équipe, le chef de chantier ou le conducteur de travaux. Le maître d'œuvre peut être impliqué s'il en a manifesté le souhait.	Consignation facultative sur un document interne et spécifique au chantier ou sur une fiche de journée. > Ce type de point de contrôle ne débouche pas systématiquement sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.
Point de contrôle contradictoire	Il correspond : - à la formalisation d'un accord entre l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage - à un changement de tâche, notamment lorsqu'une tâche a des conséquences sur la suivante ou lorsqu'elle a des conséquences irréversibles - à la réception des travaux. <i>Chaque règle professionnelle ne doit pas comporter plus de 5 points de contrôle contradictoires.</i>	- Le chef de chantier, le conducteur de travaux ou le dirigeant de l'entreprise du paysage, en présence du maître d'œuvre ou du maître d'ouvrage. - Une entreprise tierce (exemple : mesure de la portance).	- Consignation au niveau du compte-rendu de chantier, cosigné par l'entreprise et le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage. - Un document réalisé par une entreprise tierce. > Ce type de point de contrôle doit déboucher sur une preuve mobilisable en cas d'expertise judiciaire / de litige.

Les points de contrôle contradictoires constituent des **points d'arrêt**. Ces arrêts obligatoires sont contractuels. Ils interdisent de continuer la phase suivante de la tâche jusqu'à ce que les points d'arrêt soient levés. La levée des points d'arrêt a lieu dès que les contrôles contradictoires ont donné satisfaction. La phase suivante du travail peut alors reprendre de façon formelle avec toutes les garanties de bonne exécution de la ou des tâches précédentes.

Il existe par ailleurs deux types de points de contrôle contradictoires particuliers :

- les points de contrôle relatifs aux approvisionnements
- les points de contrôle relatifs à la réception du support.

Chaque approvisionnement et chaque réception de support doit automatiquement déboucher sur un point de contrôle contradictoire entre l'entreprise de paysage et le fournisseur dans le premier cas et entre l'entreprise de paysage et l'entreprise ayant réalisé le support dans le second cas.

Le cas particulier de la clientèle particulière sans maîtrise d'œuvre :

Parce que la clientèle particulière n'est pas « sachante » en termes d'aménagements paysagers, les points de contrôle pour ce type de clientèle sont principalement des points de contrôle internes.

Il est fortement recommandé de formaliser les étapes de validation des plantes et des matériaux à mettre en œuvre et de réception des travaux avec la clientèle particulière. De même, il est fortement recommandé que chaque modification de la commande initiale du client débouche sur la rédaction d'un nouveau devis, la signature par le client particulier du nouveau devis prouvant son accord.

5. Bibliothèque de références

CAPEB. *Le Guide des Bonnes Pratiques de construction des murs de soutènement en pierres sèches*. DCASPL. 2007.

Cimbéton. *Collection technique Cimbéton T57 : Voiries et aménagements urbains en béton - Revêtement et structures réservoir*. Chapitre 6 : mise en œuvre. Cimbéton. 1997.

Circulaire interministérielle n°DGUIHC 2007-53 du 30 novembre 2007 relative à l'accessibilité des établissements recevant du public, des installations ouvertes au public et des bâtiments d'habitation – Annexes. 2007.

Code civil. Articles 1792 à 1792-7.

Code de la construction et de l'habitation. Articles R.111-18-1 à R.111-18-5 et R.111-19-1 à R.111-19-2.

Code de l'urbanisme. Article R.421-2.

COSTE Pierre, MARTEL Pierre. *Pierre sèche en Provence*. Alpes de Lumière. 1986.

Décret n°2002-540 du 18 avril 2002, relatif à la classification des déchets.

Décret n°2006-1657 du 21 décembre 2006 relatif à l'accessibilité de la voirie et des espaces publics

Ecole Nationale des Travaux Publics de l'état. *Guide de bonnes pratiques de construction de murs de soutènement en pierre sèche*. ENTPE. 2008

Fascicule 35, 2012 : Aménagements paysagers – Aires de sports et de loisirs de plein air

Fascicule 68, 2012 : Exécution des travaux de fondation des ouvrages de génie civil.

LARCHER Jean-Luc, GELGON Thierry. *Aménagement des espaces verts urbains et du paysage rural : Histoire – Composition – Eléments construits*. 4^{ème} édition. Tec & Doc Lavoisier. 2012.

L'architecture vernaculaire. Tome 1 à 39.

NF DTU 13.12, mars 1998 : Règles pour le calcul des fondations superficielles.

NF DTU 20.1, 2008 : Travaux de bâtiment – Ouvrage en maçonnerie de petits éléments — Parois et murs – Partie 4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales.

NF DTU 52.1, 2010 : Revêtements de sol scellés.

NF EN 1992-1-1, 2005 : Eurocode 2 - Calcul des structures en béton.

NF EN 1998-1 – Eurocode 8, 2005 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes. Chapitre 5.

NF EN 206, 2014 : Béton - Spécification, performances, production et conformité.

NF P 01-012, 1988 : Dimensions des garde-corps - Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier.

NF P18-201, Mars 2004 : DTU 21 - Travaux de bâtiment - Exécution des ouvrages en béton - Cahier des clauses techniques.

Règles professionnelles de l'Unep : <http://www.lesentreprisesdupaysage.fr/tout-savoir/regles-professionnelles>

VILLEMUS Boris. *Étude des murs de soutènement en maçonnerie de pierres sèches*. Génie Civil. Institut national des sciences appliquées de Lyon. 2004.

Edité par les Editions de Bionnay

SARL d'édition de presse au capital de 140 800 euros - RCS Lyon 401 325 436

Les Editions de Bionnay - route du Château de Bionnay - 69640 Lacenas

Gérant - Directeur de publication : Erick Roizard

Tél. 04 74 02 25 25 - Fax. 04 37 55 08 11 - E-mail : leseditionsdebionnay@orange.fr



Dépôt légal à parution - ISBN : 978-2-917465-23-3 - Imprimerie Chirat (42540).

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans la présente publication, faite sans autorisation de l'éditeur, est illicite et constitue une contrefaçon.

Seules sont autorisées les reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective, et les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 11 Mai 1957 - articles 40 et 41 et Code pénal en son article 425).

L'UNEP étant titulaire des droits d'auteur, en aucun cas, les Editions de Bionnay ne pourraient être tenues pour responsables de toute omission d'une donnée ou d'une information, ou de toute erreur ou lacune dans les règles professionnelles.

