



Eyrolles

Construire en pierre sèche

Louis Cagin
Laetitia Nicolas

© Groupe Eyrolles, 2011
ISBN : 978-2-212-12848-2

EYROLLES



2^e édition

Chez le même éditeur

E. ADAM, O. DAUCH, J. SOUM, *Construire en rond : yourtes, dômes, zomes, ker-terre*, collection Les écoconstructeurs, 2010.

J. et L. COIGNET, *Maçonnerie de pierre*, collection Au pied du mur, 2007.

M. DEWULF, *Le torchis, mode d'emploi*, collection Petite encyclopédie de la maison – Chantiers pratiques, 2006.

Ch. LASSURE, *La pierre sèche : mode d'emploi*, collection Petite encyclopédie de la maison – Chantiers pratiques, 2008.

J.-M. LAURENT, *Pierre de taille*, collection Au pied du mur, 2003.

G. PEIRS, *La brique*, collection Au pied du mur, 2004.

J.-L. VALENTIN, *Le colombage, mode d'emploi*, collection Petite encyclopédie de la maison – Chantiers pratiques, 2006.

Dans la même collection

P. AMET et collectif, *Installer un chauffage ou un chauffe-eau solaire*, 2008.

Y. BENOIT et Th. PARADIS, *Construction de maisons à ossature bois*, coédition Eyrolles-FCBA, 2011.

J.-P. FORAY, *Construire soi-même sa piscine*, 2006.

SYNDICAT NATIONAL DU BÉTON CELLULAIRE, *Construire en thermopierre*, 2007.

J. ZERLAUTH, *L'autoconstruction en bois*, 2006.

Construire en pierre sèche

Louis Cagin et Laetitia Nicolas

Deuxième édition 2011 revue et augmentée

EYROLLES

The logo for Eyrolles, featuring the word "EYROLLES" in a bold, sans-serif font. Below the text is a horizontal line with a small red dot centered under the letter "O".

ÉDITIONS EYROLLES
61, bd Saint-Germain
75240 Paris Cedex 05
www.editions-eyrolles.com

Les illustrations et les croquis de couverture et d'intérieur de l'ouvrage sont la propriété des auteurs.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans l'autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris.

© Groupe Eyrolles, 2008, 2011, ISBN : 978-2-212-12848-2

Table des matières

Remerciements 8

Avant-propos 9

1 La pierre sèche 13

Les différentes typologies d'ouvrages 14

L'histoire 15

L'empreinte du bâtisseur 17

2 Les préparatifs du mur 19

Le projet 20

L'état des lieux 20

La conception 20

Les différents cas d'aménagement 21

La restauration 21

La création 22

Les outils 22

Le terrassement 23

La maçonnerie 23

Choisir et s'approvisionner en pierre 25

Trouver les pierres manquantes 25

La pierre d'extraction 25

Les carrières 25

Les négociants et revendeurs 26

La pierre de récupération 27

La pierre dépierrement 27

Savoir regarder une pierre 28

Les différentes morphologies des pierres 28

Les pierres plates 28

Les pierres rondes 28

Les pierres irrégulières 29

Le tri des pierres 29

Les pierres de parement 29

Les pierres du corps du mur 29

Les pierres en biseau 29

Les pierres d'angle 30

Les lauzes 30

Les pierres traversantes 30

Les blocs 31

Les pierres de couronnement 31

La sécurité sur le chantier 34

Équipements de protection 34

Les gestes et les postures 35

Terrassement et préparatifs 37

Décaisser 37

Installer un cordeau 37

Le terrassement 38

Prendre en compte le poids et la stabilité du mur 40

Trier les matériaux 41

Trier et stocker la terre 42

Trier et classer les pierres 42

Stocker les pierres 44

Les fondations 46

Règles constructives 46

Calcul du dimensionnement 46

Choix et transport des pierres 46

La préparation 46

La mise en œuvre 47

Fondations selon la particularité du sol 49

Les fondations sur roc 49



Les étapes des fondations sur roc 50



3 Maçonner à pierres sèches 55

Les règles de construction en pierres croisées 56

Le croisement des pierres 56

La répartition du poids 56

La création de la structure maçonnée 57

L'assise 57

Assurer la stabilité 58

Les points d'appui 58

Permettre le croisement 58

Le blocage 61

Le fruit	61	Les pierres traversantes	82
<i>Prévenir le renversement du mur</i>	61	Le couronnement	82
<i>Distribuer le poids vers l'intérieur du mur</i>	61		
L'appareil	62	4 Restaurer un mur de soutènement	85
Le parement	63	La conception	86
Le corps du mur	64	État des lieux	86
Les pierres traversantes	64	Diagnostic	87
Placer une pierre de la largeur du mur	64	Le terrassement et le stockage des matériaux	90
Les autres dispositifs possibles	65	La section A	90
Le calage et la taille	65	<i>La préparation</i>	90
Le calage	65	<i>Le terrassement</i>	90
<i>Le calage des faces d'assise</i>	65	La section B	91
<i>Le calage des faces de joint</i>	66	La section C	92
<i>Le calage clavant</i>	66	<i>L'extraction des fondations</i>	93
La taille	67	<i>Le dessouchage</i>	93
La maçonnerie en pierres clavées	70	<i>La reprise de l'assise du mur</i>	93
L'utilisation de la pierre	70	La section D	94
<i>Le clavage</i>	71	La section E	97
<i>Le croisement</i>	71		
<i>Le poids</i>	71	 Le dessouchage	98
La maçonnerie des angles	71	 Installer un géotextile	99
Le couronnement d'un angle	72	 Installer le drain de l'assise du mur	101
Les particularités d'un mur de clôture	73	Les fondations	102
La maçonnerie du couronnement	73	La section A	102
Son rôle	73	<i>La pose de la première pierre</i>	102
<i>Finaliser la structure</i>	73	<i>La structure de la maçonnerie</i>	102
<i>Protéger le haut du mur</i>	73	Les sections C et D	103
<i>L'esthétique</i>	74	<i>Maçonnerie des fondations</i>	103
Les pierres et la structure du couronnement	74	<i>L'arc de décharge</i>	104
Les particularités d'un mur de soutènement	75	La maçonnerie du mur	106
Le mur	75	La pose du parement, du corps du mur puis du drain	106
<i>La souplesse</i>	75	<i>Pose d'une pierre de parement</i>	106
<i>Le poids</i>	75	<i>Construction du corps du mur</i>	107
<i>La gestion des poussées</i>	75	Pose du drain	109
<i>Sa porosité</i>	76	<i>Respecter la règle du croisement des pierres</i>	111
L'importance du drain	76	<i>Respecter la règle du blocage des pierres</i>	112
Le corps du mur	76	<i>Respecter la règle de l'assise</i>	112
<i>Le mur double face</i>	77	<i>Respecter la règle du fruit</i>	113
<i>Le mur simple face</i>	77	<i>Enlèvement du cintre de l'arc de décharge</i>	114
La finition	78	<i>Le raccord entre le nouveau et l'ancien mur</i>	114
<i>La protection du mur de soutènement</i>	78	 Placer une pierre de traverse	116
<i>La remise en place du sol</i>	79		
<i>La végétalisation d'un ouvrage en pierre sèche</i>	79		
Les particularités d'un mur de clôture	81		
Le corps du mur	82		

 Placer un dispositif de pierres se prenant en tenaille	117	 Parementage d'un tour de piscine à l'aspect de la pierre sèche	152
 Placer un dispositif de deux pierres demi-traversantes	119	 Drainage et gestion de l'eau	155
La maçonnerie d'un angle	120	 Caladage d'un fond de fossé	156
Le drain	123	 Drainage de la résurgence d'un écoulement d'eau	157
La maçonnerie du couronnement	124	 Recyclage de matériaux divers	161
<i>La pose d'un bloc de couronnement</i>	125	 Tas de gravats en rocaille	162
<i>La section B</i>	127	 Agrandissement d'un espace de parking	163
<i>Les sections C, D et E</i>	127	 Calader à la terre	164
Le retrassement	128		
5 Aménager d'autres ouvrages	131	6 Restaurer et entretenir	173
La construction d'un escalier	130	Prévenir, repérer et réparer	174
La hauteur des marches	132	Les désordres accidentels	174
Le giron	132	<i>Les végétaux</i>	174
Le calcul des dimensions	132	<i>Les passages</i>	174
L'implantation	133	<i>Les petits accidents</i>	174
Les techniques de construction	133	Les désordres structurels	175
<i>Escalier en pierres plantées</i>	133	<i>Le tassement</i>	175
<i>Escalier en pierres maçonnées</i>	134	<i>Le ventre</i>	175
 Réaliser un escalier en pierres plantées	135	 Restaurer une brèche dans un mur de soutènement	176
 Réaliser un escalier en pierres maçonnées	137	 Restaurer un mur de clôture	179
 Réaliser un escalier volant sur un mur de soutènement	139		
La construction d'un arc de décharge	141	Annexe de calculs	185
 Construire un arc de décharge qui évite l'écrasement des réseaux	142	Sitographie	187
 Réaliser une niche dans un mur de soutènement	144	Bibliographie	189
Construction d'un parement à l'aspect de la pierre sèche sur un mur existant	149		
Les règles techniques	149		
<i>Approvisionnement et choix des pierres</i>	149		
<i>L'épaisseur d'un parement</i>	149		
<i>La structure du mur et les fondations</i>	149		
<i>Calculer ses besoins</i>	150		
Les règles esthétiques	151		

Remerciements

Nous remercions le monastère Notre-Dame de Ganagobie (Alpes-de-Haute-Provence), sur le domaine duquel a été réalisé le chantier de référence, ainsi qu'Alain Richard (Formachaux), Christian Lassure (CERAV), Yves Hirschauer et Albin Cavatorta pour leur relecture technique. Enfin un grand merci à l'équipe des Éditions Eyrolles et à tous nos amis qui nous ont encouragés et soutenus lors de la rédaction.

À nos parents
Louis Cagin et Laetitia Nicolas

Avant-propos

*C'est le vent qui fait chanter les galets.
Et c'est le chant des galets qui enseigne la manière de bâtir un mur.
On ne peut rien faire sans le vent.
Jean des Pierres.*

Les Autres et les Miens, Pierre-Jakez Hélias¹.

La pierre sèche est une technique de construction d'origine populaire et rurale. Elle consiste à assembler des pierres en équilibre, ajustées au plus près, sans l'aide de liant, à la façon d'un puzzle en trois dimensions. Elle présente l'avantage d'être relativement « souple » pour s'adapter aux nombreux facteurs qui entrent en jeu lors de sa mise en œuvre. Les pierres utilisées, les caractéristiques du terrain, le projet envisagé et le savoir-faire du bâtisseur confèrent ainsi à chaque construction son originalité.

Construire en pierre sèche demande un réel investissement physique, de la patience, de l'organisation, et exige en permanence une vision globale de l'ouvrage à réaliser. Ainsi, pour vous permettre de réaliser un ouvrage en pierre sèche, les principes fondamentaux de construction et les règles techniques élémentaires de cette maçonnerie sont développés dans le premier chapitre du livre. Cette approche théorique est suivie d'un exemple concret de construction d'un mur de soutènement.

Des séquences de chantiers pas à pas techniques ponctuent également l'ouvrage : ils décrivent d'autres types d'aménagements tels que la construction d'un escalier, d'un arc de décharge, la restauration et l'entretien des murs, le parement dont l'aspect ressemble à de la pierre sèche sur un mur existant et le drainage d'un sol.

Des encadrés pratiques apportent, quant à eux, une explication précise sur des points techniques particuliers de la construction². De même, une importance particulière est

1. Édité chez Plon, 1967.

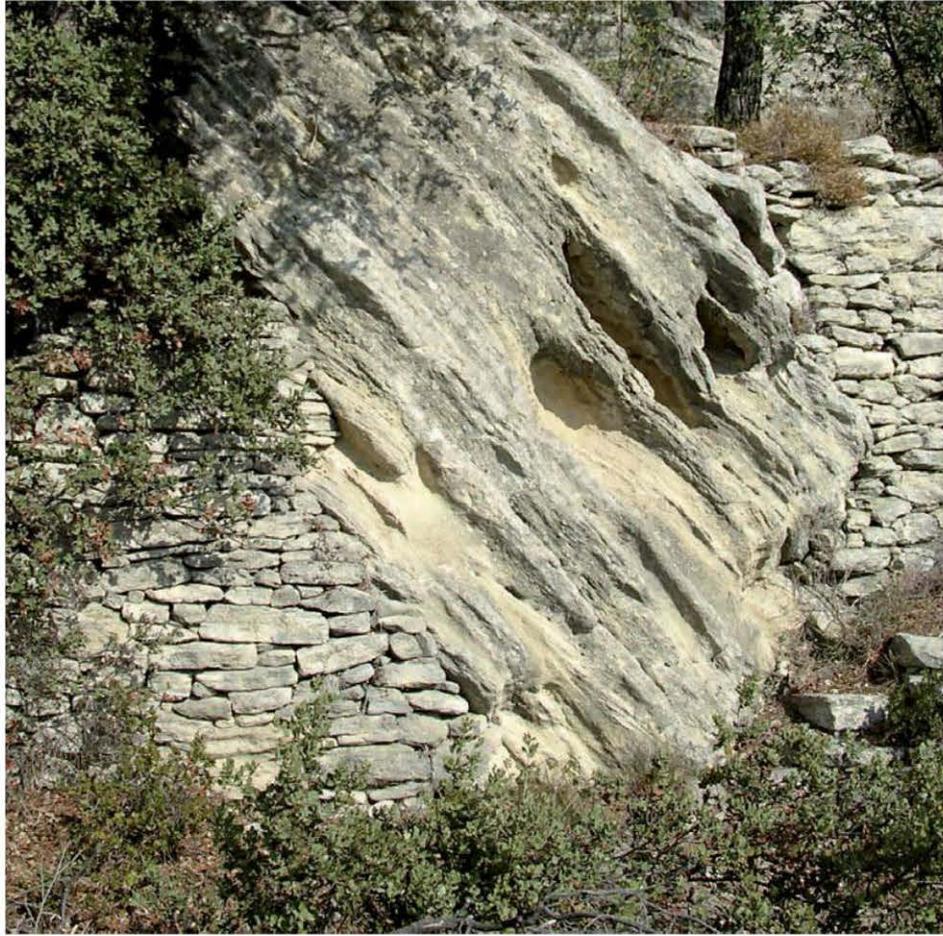
2. Nous n'aborderons pas dans l'ouvrage la construction de bâtis tels que les cabanons et les abris.

attachée aux gestes, aux postures et au sens de l'observation du murailleur qui permettent de mener à bien la construction d'ouvrages en pierre sèche.

La maçonnerie à pierres sèches est une solution pertinente pour certains aménagements agricoles et paysagers. En effet, utilisée comme clôture ou pour des soutènements, elle modèle le terrain, l'aménage en terrasses, régule les eaux de ruissellement et le protège des rudesses du climat. Elle peut aussi répondre à un choix purement esthétique ; cette solution stylistique participe alors à l'agencement d'un espace d'agrément par des petits murets ou des jardinières.

Le choix d'un aménagement en pierre sèche peut procéder d'une démarche à visée économique et écologique. La pierre sèche a toujours été la « technique du pauvre » puisqu'il s'agit souvent d'employer des matériaux disponibles sur place, issus de la géologie du terrain ou de son utilisation (épierrement, terrassement). C'est une solution viable et économique dans le sens où elle présente l'intérêt de réduire les transports et l'achat de matériaux, d'être recyclable à l'infini et sans production de déchets, sans impliquer une débauche d'outils. En outre, le soutènement en pierre sèche, s'il est entretenu régulièrement, peut durer plus longtemps qu'un mur en béton ou en pierres ourdies car, les pierres n'étant pas scellées, il offre une certaine souplesse. Par ailleurs, un mur en pierre sèche installe les conditions du développement d'un écosystème riche tant au niveau de la faune que de la flore.³

3. Même écroulées, les pierres d'un mur de soutènement en pierre sèche continuent de retenir la terre et limitent l'érosion des sols.



Mur en pierre sèche construit autour d'un rocher.



1

La pierre sèche

Avant de faire ses premiers pas dans le monde de la maçonnerie à pierres sèches, il est utile de connaître les différents types d'ouvrages que cette technique constructive permet de réaliser.

Ceux-ci, à l'exception des cabanons et des remises, sont principalement paysagers. Il s'agit traditionnellement d'aménagements

d'espaces, notamment des murs de soutènement ou des murs de clôture ; et de constructions plus contemporaines purement esthétiques.

Nous survolerons également dans ce chapitre l'histoire de la maçonnerie à pierres sèches afin d'en comprendre la genèse et l'évolution au fil du temps.



Figure 1
Terrasses de culture en pierre sèche.

Les différentes typologies d'ouvrages

D'une manière générale, la technique de la pierre sèche permet de construire trois types d'ouvrages : des constructions nécessitant des murs porteurs comme des cabanes ou des remises diverses ; des aménagements d'espace, notamment des murs de soutènement ou des murs de clôture ; et enfin des constructions purement esthétiques (un muret décoratif ou des installations de land art³ par exemple).

La construction de murs porteurs en pierre sèche concerne surtout le bâti annexe : les remises aux utilités diverses, les abris pour les animaux d'élevage et les cabanes provisoires. Certaines de ces constructions sont techniquement très élaborées. C'est le cas des bergeries et des cabanons, aussi appelés bories. Leur toiture est souvent réalisée en pierre sèche avec une voûte en encorbellement⁴.

Construire en pierre sèche permet également de structurer l'espace. Ce sont des murs de soutènement, des enclos, des murs de clôture, des rampes d'accès ou des escaliers, des pierriers, des systèmes de drainage et de récupération d'eau (puits, aiguiers, citernes). Certains de ces aménagements, en particulier les murs de soutènement, interviennent sur la

1. Du mortier de ciment, de chaux, de plâtre, de terre, etc.

2. L'habitat en pierre sèche est exceptionnel, mais il est néanmoins attesté, par exemple dans le village de Gordes (Vaucluse).

3. Le land art est une tendance de l'art contemporain utilisant le cadre et les matériaux de la nature (bois, terre, pierres, sable, rocher...) comme dans les œuvres de Giuseppe Penone et d'Andy Goldsworthy.

4. L'encorbellement est une technique de construction de voûte. Il est parfois défini par le terme de « fausse voûte ». En effet, les pierres y sont installées en corbeau les unes sur les autres et non en claveau comme pour les voûtes traditionnelles. C'est le contre-poids des pierres les unes sur les autres qui permet à l'ensemble de tenir.

La maçonnerie à pierres sèches consiste, à l'inverse de la maçonnerie traditionnelle qui utilise du liant¹ pour sceller solidement les pierres entre elles, à maçonner uniquement avec de la pierre sans faire appel à aucun autre matériau. Le lien entre les pierres est constitué par leur propre équilibre dans la maçonnerie. En pierre sèche, le liant entre les matériaux réside dans la seule utilisation de leur force de gravité et de l'équilibre qui en résulte. Cet équilibre tient non seulement au positionnement des pierres les unes avec les autres, mais à l'ensemble des forces qui vont s'exercer sur la maçonnerie, comme le poids du sol pour un soutènement.

Si, au sens propre, la pierre sèche définit une technique particulière de construction, par extension dans le langage courant le terme est couramment utilisé pour qualifier l'ensemble de l'aménagement et donc les réalisations qu'elle permet de

construire. Les plus emblématiques sont les bories qui offraient un abri saisonnier aux activités agricoles et pastorales, ou les terrasses de culture, d'olivier ou de vigne par exemple. Dans ces dernières, le mur de soutènement en pierre sèche crée une relation complexe et sophistiquée en réorganisant trois éléments composant le sol : la terre, la pierre et la circulation de l'eau.

Quelques fausses vérités sur la pierre sèche

Tous les ouvrages dont les pierres restent apparentes ne sont pas des ouvrages en pierre sèche. En effet, ils peuvent aussi être maçonnes au mortier.

La pierre sèche, par sa souplesse, peut être plus solide que le béton ou la maçonnerie avec du liant, notamment dans le cas de murs de soutènement.

Il ne faut pas mettre de terre pour caler les pierres entre elles. La pierre sèche est sans liant, quel qu'il soit, c'est dans le vide entre les pierres que réside sa qualité.

N'envisagez pas de construire une maison en pierre sèche ; cette technique a très rarement servi à construire de l'habitat permanent². Cependant, il est possible de construire des bâtis annexes telles que des cabanons, cabanes ou remises qui, selon les régions, portent différents noms : bories, caselles, gariotes, etc.



Figure 2
Cabane en Haute-Corse.



Figure 3
Cabanon dit pointu dans les Alpes-de-Haute-Provence.

topographie du terrain et nécessitent la gestion du volume et du profil des sols remués.

D'autres, comme les murs de clôture, sont quant à eux construits sans intervention sur le terrain lui-même (à l'exception du terrassement préparatif à leurs propres fondations).

Le dernier type de construction en pierre sèche, dont le développement est plus récent, ne répond plus à des besoins constructifs. Les ouvrages sont purement décoratifs, intégrés à des projets artistiques de grande envergure tels que le land art, ou simplement mis en scène sur des aménagements tels que les ronds-points. À un niveau plus modeste, ils peuvent également servir d'éléments décoratifs dans un aménagement de jardin (une rocaille, un muret fleuri), ou pour masquer un ouvrage existant par un parementage ayant l'aspect de la pierre sèche.

L'histoire

Même si la Provence en a fait un de ses emblèmes, cette technique est attestée sur les cinq continents. Elle n'est pas liée à une civilisation particulière, mais plutôt à une nécessité qui relève en général des activités agricoles. Présente dès la protohistoire⁵, la pierre sèche s'impose en France du XVII^e au XIX^e siècle, avec le développement agricole, comme moyen d'aménager certains terroirs pour optimiser l'exploitation des terres. Même si elle semble aujourd'hui une technique du passé, son utilisation a pourtant perduré en France jusque dans les années 1950. Elle a alors façonné bien des paysages. Ce savoir-faire traditionnel s'est perdu lors de l'exode rural de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle, puis avec la mécanisation de l'agriculture dans les campagnes de l'après-guerre.

5. Cette période comprend l'âge du cuivre, l'âge du bronze et l'âge du fer.



Figure 4
Mur d'enclos d'un potager en Aveyron.



Figure 5
Rond-point décoré en pierre sèche.

6. Établissement d'annuaires de murailleurs, stages de formation, etc.

7. Voir la bibliographie, Villemus (2004) et Colas (2009).

8. Se renseigner auprès du Conseil en architecture, urbanisme et environnement (CAUE) pour vérifier si le terrain est concerné.

Cette façon de construire connaît actuellement un renouveau pour deux raisons principales. C'est, d'une part, une technique dont les règles de construction sont relativement simples, elle est à la portée du grand public et de l'autoconstructeur ; d'autre part, l'urbanisation croissante envahissant aussi les terrains pentus, la pierre sèche constitue, pour les aménager, une solution appropriée qui a fait ses preuves. Son emploi ne se limite plus alors au milieu rural, mais gagne les villes. Cette tendance urbaine est d'autant plus accentuée qu'elle participe à l'esthétique d'un espace paysager.

Pour certains terroirs, elle est devenue un argument culturel incarnant des idées de tradition et d'authenticité, comme dans le Luberon ou en Dordogne. Elle fait ainsi l'objet d'une attention nouvelle de la part du public, mais aussi des professionnels. Ce savoir-faire, même s'il a été pratiqué par des bâtisseurs professionnels, est resté empirique et issu du monde de l'autoconstruction. Il tend aujourd'hui à être intégré dans une filière organisée⁶. Plusieurs études sont en cours pour essayer de mettre en place des Documents techniques unifiés (DTU) et des cahiers de recommandations techniques à l'usage des professionnels. Ils se fondent sur des expérimentations scientifiques⁷. L'École nationale des travaux publics de l'État (ENTPE), entre autres, a commencé à modéliser la résistance des murs de soutènement en pierre sèche. Les institutions et les collectivités locales sont également sensibilisées à la construction en pierre sèche. Elles peuvent, par exemple, apporter des aides financières ou imposer de construire un parement en pierre sèche sur certaines maçonneries, notamment dans des zones de réglementation particulière telles que les parcs naturels, les Zones de protection du patrimoine architectural, urbain et paysager (ZPPAUP)⁸.



L'empreinte du bâtisseur

Il y a autant de façons de construire en pierre sèche qu'il y a de murailliers et de sortes de pierres. Elles dépendent tant de la personnalité, du savoir-faire et de la patience du constructeur que de la forme, de la matière et de la densité de la pierre utilisée. Toutes les nuances sont donc possibles, et chacune donne un aspect

différent à la maçonnerie achevée. Cependant, ces modes de construction s'établissent en référence à deux attitudes techniques opposées : une maçonnerie où les pierres sont utilisées brutes, c'est-à-dire sans être retaillées (dans la tradition des bâtisseurs paysans), et une maçonnerie où les pierres sont systématiquement taillées afin que leurs joints coïncident parfaitement entre eux, cette façon de procéder est appelée maçonnerie à joints vifs ; étant donné le soin et l'ap-

plication qu'elle demande, elle n'est pas toujours considérée par tous comme de la « véritable » pierre sèche.

C'est selon votre caractère, votre goût et votre terroir que vous choisirez la façon de faire en vous positionnant entre ces deux attitudes. Chacune d'entre elles devant de toute façon se plier aux règles techniques générales développées dans cet ouvrage pour bien maçonner à pierres sèches.

Un puzzle à trois dimensions

À la manière d'un enfant qui met en relation des volumes avec des formes (une sphère dans un cercle), construire en pierre sèche demande « d'avoir l'œil ». Cela nécessite de mettre en éveil des sens relativement instinctifs comme le toucher, l'appréhension des volumes. Christian Lassure évoque la maçonnerie à pierres sèches « comme un jeu de patience en volume, un puzzle dans l'espace ». Si vous êtes néophyte, vous verrez que vous affinerez cette aptitude au cours des constructions, et y prendrez un plaisir certain.





Les préparatifs du mur

Ce chapitre permet de bien cerner les préliminaires à la maçonnerie proprement dite, c'est-à-dire la préparation, le terrassement et les fondations.

Avant de se lancer dans un chantier de maçonnerie à pierres sèches, il est nécessaire de prendre le temps de réfléchir et de mûrir son projet. Cette première étape débouche sur l'élaboration d'un croquis ou d'un plan. Préalable à la réalisation, elle permet principalement de prendre en compte les particularités du lieu, d'évaluer les ressources en

Pierre et en matériaux, la durée du temps de travail et la viabilité du projet.

Dans un second temps, le lecteur sera guidé pour apprendre à regarder les pierres selon l'œil du bâtisseur afin de pouvoir les classer et les utiliser ensuite à bon escient sur le chantier. Les outils seront également présentés et expliqués en fonction de leur usage.

Les préliminaires à la maçonnerie proprement dite seront ainsi développés à travers les préparatifs du terrain et la mise en place des fondations.

Le projet

La première étape consiste à observer et à analyser le terrain sur lequel sera implanté l'ouvrage¹. Le projet d'aménagement doit s'adapter à la topographie, à la nature du terrain et, le cas échéant, doit aussi s'inscrire dans les autres structures préexistantes tels que les murs, l'habitation, le parcellaire, etc. Ces observations préliminaires sont primordiales pour réaliser des ouvrages harmonieux qui prennent en compte l'environnement, et plus particulièrement les données du lieu du chantier.

L'état des lieux

Lors de l'état des lieux, il faut tenir compte des éléments qui vont aider à déterminer l'implantation des ouvrages : les limites de propriété, les végétaux à conserver ou à enlever, les structures existantes (murs, talus, fossés...), les affleurements de roche sur lesquels les murs trouvent de bonnes conditions de fondations, et les circulations du terrain (sentiers, escaliers, portes, allées, etc.) qui structurent également l'aménagement.

Ensuite, il faut considérer les éléments qui déterminent la faisabilité de l'ouvrage et son coût. Il s'agit principalement des ressources disponibles en pierre et en terre, du temps de réalisation nécessaire, et de la possibilité d'approvisionner le chantier en matériaux (disponibilité et coût des matériaux, accessibilité du lieu). Le cubage de pierres disponibles détermine le cubage de murs réalisables, et il en est de même pour le volume de terre et l'espace à remblayer.

Enfin, d'autres facteurs jouent sur la taille et la structure des ouvrages à construire. C'est le cas des dénivelés, de la pente et de l'exposition du terrain, de l'écoulement des eaux, etc. Ces données influent également sur la gestion du terrassement, sur le drainage du terrain et sur sa future végétalisation.

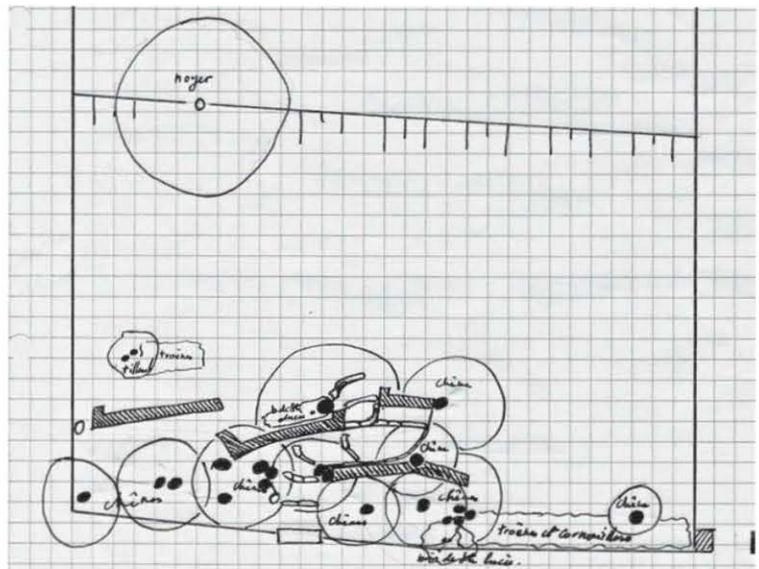


Figure 1
Exemple de croquis d'un état des lieux en vue d'un aménagement de talus (un carreau = 0,75 m).

D'un point de vue plus global, les caractéristiques des pierres, le paysage environnant et le patrimoine bâti des alentours peuvent être pris en compte pour déterminer le style, les choix techniques, les proportions des ouvrages ainsi que leur adéquation à l'environnement.

Tous ces éléments sont mesurés et reportés sur un croquis à l'échelle², de la façon la plus fidèle possible (figure 1). Celui-ci permet de conceptualiser les différentes composantes du terrain et brosse l'état des lieux. En faisant apparaître les éléments nécessaires à la réflexion, il permet de simplifier et de schématiser le lieu de l'intervention. Selon la complexité du terrain et de l'aménagement prévu, plusieurs croquis seront nécessaires. Il est recommandé d'en dessiner au moins deux : un plan de masse qui permet l'implantation des ouvrages et le calcul des superficies, et une élévation pour préciser le dénivelé et leur hauteur.

La conception

Tenir compte des observations de l'état des lieux au stade du projet permet de se « plier » au terrain, en jouant principalement sur l'implantation des ouvrages et sur leur taille. Le travail et son organisation sont alors simplifiés, et le chantier est réalisé avec le maximum d'économie et d'autonomie possible. Cependant, une telle décision est parfois prise au détriment de certaines envies d'aménagement qui devront alors être adaptées ou écartées. Ainsi, jouer sur la hauteur des murs de soutènement, par exemple, influera également sur la largeur des terrasses et, selon les cas, s'adapter à la pente aura pour conséquence de réduire la surface de l'aplat créé, limitant de fait les possibilités d'aménagement. Si l'on désire malgré tout passer outre, il faut alors « forcer le terrain », sans tenir compte de certaines contraintes comme la pente, le relief, les

1. Voir « Restaurer un mur de soutènement », p. 85.

2. Voir p. 87

talus existants, etc. Cela induit généralement des interventions supplémentaires qui augmentent la quantité de travail, l'apport de matériaux et donc, au final, le coût et l'ampleur de la réalisation.

Ainsi, tous les éléments vus lors de l'état des lieux sont à prendre en considération car ils ont des conséquences en termes d'organisation et de mise en œuvre du chantier. Le choix de l'emplacement d'un mur peut, par exemple, entraîner une augmentation de sa hauteur, soit pour lui assurer une fondation convenable (si l'on est sur sol meuble ou si l'on doit chercher la roche profondément) soit pour rattraper artificiellement la pente dans le cas d'un soutènement. Les conséquences sont alors multiples et touchent principalement à l'économie du projet : un apport de matériaux supplémentaires, une augmentation du temps de travail, un volume de mur à construire plus important, le besoin de moyens mécaniques pour le terrassement et pour le transport de grandes quantités de terre et de pierres, etc.

C'est pourquoi, une fois cette analyse du terrain effectuée, un second croquis représentant le plan de l'aménagement à réaliser est dessiné à partir de celui de l'état des lieux (figure 2)³. Il tient autant compte des souhaits d'aménagement que des données de l'état des lieux.

La comparaison des deux croquis permet tout d'abord de calculer la dimension des ouvrages projetés ainsi que les volumes à terrasser. À partir de ces données, il est possible de quantifier le travail et les volumes de pierres et de terre nécessaires⁴. Ces éléments, à leur tour, influent sur l'organisation du chantier. La comparaison peut aussi faire apparaître des incohérences ou des impossibilités par rapport à l'aménagement souhaité. Cela peut être le cas, par exemple, pour l'implantation d'un escalier lorsque l'espace se révèle trop réduit pour le recevoir, ou dans le cas d'un terrain sans accès à un véhicule poids lourd si la quantité de matériaux disponibles sur place se révèle être insuffisante pour réaliser le projet désiré... Le

Dispositions légales

Construire en pierre sèche n'exempte pas de respecter les dispositions légales en cours, au même titre que celles concernant n'importe quels travaux. Elles sont nationales (déclaration de travaux en mairie, etc.) et parfois locales⁷.

Un mur de clôture peut être mitoyen ou bien appartenir au propriétaire du terrain où il est construit. En revanche, un mur de soutènement appartient toujours à celui dont le terrain est soutenu. Celui-ci a également la charge de son entretien.

cas échéant, le projet est repris et amendé jusqu'à obtenir une situation acceptable dans des conditions réalisables.

Les différents cas d'aménagement

Un projet d'aménagement en pierre sèche varie s'il s'agit d'une restauration ou d'une création. Il dépend également du type d'ouvrage à réaliser, s'il entraîne ou non un terrassement autre que celui de ses propres fondations⁵ ou s'il s'agit d'un mur porteur⁶.

Si, dans tous les cas de figures, la technique de maçonnerie utilisée est sensiblement la même, en revanche un certain nombre de différences que nous allons lister apparaissent dès la mise en place du projet, puis lors du travail de préparation et ensuite de finition.

La restauration

Dans le cas d'une restauration, il faut compléter l'état des lieux (figures 1 et 2) par une observation technique des ouvrages à restaurer. On analyse tout d'abord les désordres qui ont conduit l'ouvrage dans son état actuel afin de dresser un diagnostic pour corriger les causes de sa fragilité.

3. Il est fait à la même échelle que le plan de masse.

4. Voir « Annexe de calculs », p. 185.

5. Le mur de soutènement et ses aménagements associés interviennent sur la topographie du terrain et nécessitent donc la gestion du volume et du profil des sols remués. En revanche, les ouvrages tels que le mur de clôture, le pierrier, etc. sont construits sans intervention sur le terrain lui-même, à l'exception du terrassement préparatif à leurs propres fondations.

6. Nous n'abordons pas les murs porteurs dans cet ouvrage.

7. Par exemple, si le chantier se situe dans une zone réglementée tels un parc naturel régional, zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF).

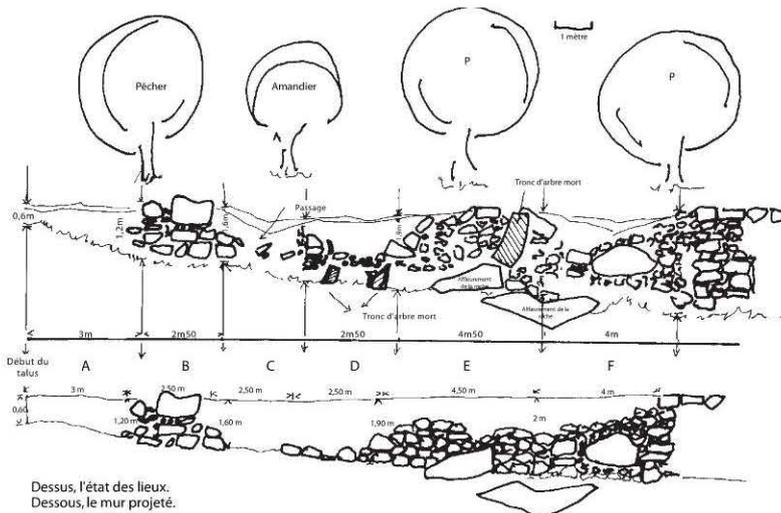


Figure 2
Exemple de comparaison de croquis en élévation.

Cela permet aussi de déterminer la maçonnerie saine qui peut être conservée.

On mesure ensuite la quantité de matériaux disponibles. Les pierres des murs d'origine ne sont pas toujours restées en place, elles peuvent aussi avoir été évacuées. Dans le cas d'un soutènement, la terre et le sol peuvent avoir glissé. En général, le terrassement d'une restauration à l'identique ne nécessite pas d'apport de terre car la terre glissée est remontée, et suffit largement à remblayer la plate-bande.

Enfin, on prend en compte les transformations que l'on souhaite apporter à l'existant – rehausse ou abaissement de la hauteur d'un mur, ouverture de passage ou installation d'un escalier, et autres – et l'on prévoit en conséquence l'apport ou l'évacuation de matériaux.

La création

Lors d'une création, deux cas de figures peuvent se présenter, les chantiers d'aménagement avec et sans soutènement. Dans le cas de soutènements, on distinguera ceux dont l'apport de la terre à soutenir se fait après la réalisation de ceux créés pour gérer une pente existante.

Dans tous les cas, il convient de procéder à l'état des lieux décrit précédemment afin de placer les ouvrages dans l'espace, et de

connaître précisément les conséquences en termes d'organisation du chantier, de quantité de travail et de besoins en matériaux⁸.

Pour la création d'un mur de clôture, disposer d'une quantité de pierres suffisante est l'enjeu majeur. En revanche, pour un mur de soutènement, son ampleur et ses besoins dépendent, eux, de la pente du terrain, de la quantité de pierres et de terre disponibles sur place, et des particularités du terrain telles que la nature du sol sur lequel le mur va reposer, les possibilités d'accès pour l'approvisionnement ou éventuellement pour des engins de terrassement...

Pour l'aménagement du soutènement d'un terrain en pente, l'idéal, si l'on accepte de s'adapter au terrain, est de proportionner la hauteur des murs à la pente du terrain : un terrain de faible pente permet de réaliser des murs de soutènement de faible hauteur et d'obtenir des plates-bandes plus larges ; un terrain en forte pente requiert des murs plus hauts avec des plates-bandes de plus petite largeur. D'ailleurs, il est préférable de construire deux murs de soutènement d'une hauteur moindre qu'un seul mur très haut. En effet, la solidité optimale d'une maçonnerie de soutènement en pierre sèche réside dans des ouvrages ne dépassant pas les 2 mètres de haut⁹.

Le degré de la pente, le cubage de sol disponible pour créer les terrasses, et la hauteur des murs sont donc en relation étroite. Si l'on désire travailler sans apport de sol, ces trois facteurs déterminent non seulement la hauteur des murs mais également leur implantation dans la pente.

Les outils

Pour construire en pierre sèche, deux types d'outils sont nécessaires en fonction des étapes du chantier : ceux utilisés lors du terrassement et des préparatifs, et ceux employés lors de la construction de l'ouvrage proprement dite.



Figure 5
Pioche-hache.



Figure 4
Brouette, râtelier-feuille, barre à mine, pioche, pelle, râtelier (de gauche à droite).



Figure 6
Dameuse.

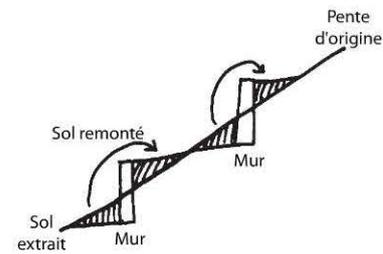


Figure 3
La hauteur des murs de soutènement est en relation avec la pente et le cubage de sol disponible.

8. Voir « Annexe de calculs », p. 185.

9. Cette hauteur est indicative. Elle dépend de facteurs aussi variés que la morphologie de la pierre, l'habileté et la technique du constructeur, la résistance de l'assise sur laquelle repose le mur, etc.

Le terrassement

Dans la plupart des cas, le terrassement se fait très simplement avec une pioche, une pelle, un râteau et des seaux. En revanche, pour les chantiers nécessitant un terrassement plus important, c'est-à-dire ceux qui ne peuvent pas être faits manuellement, une tractopelle ou une minipelle sont alors utilisées.

Pour toute restauration, et dans les cas de construction de mur de soutènement sur terrain caillouteux, il est conseillé d'avoir recours au terrassement manuel. L'utilisation de la tractopelle n'offre un réel gain de temps et d'énergie que si le talus est principalement composé de terre. En terrain caillouteux, elle ne fait pas toujours gagner du temps car il faut ensuite chercher et trier les pierres dans les tas de terre remués.

La pioche-hache est la plus adaptée au terrassement manuel des talus car elle permet de couper les racines sans avoir à les dégager préalablement. La barre à mine est nécessaire pour les terrassements en sol dur et compact. Le têtou ou les outils de taille de pierre, quant à eux, ne servent que si vous devez attaquer la roche ou les sols très durs. Un dernier outil peut être très utile lors du reterrassement pour tasser la terre et le drain : une dameuse.

La maçonnerie

La liste des outils nécessaires dépend de l'état d'esprit avec lequel le murailleur aborde la technique de la pierre sèche (figure 7). Si chaque pierre est retaillée de façon à ce qu'elle corresponde exactement aux pierres qui l'entourent, il doit alors se munir d'un bon outillage de taille de pierre. Cette façon de faire a surtout été celle des anciens Ponts et Chaussées, pour réaliser les murs de soutènement des bords de route. Il peut également adapter sa façon de construire à la forme des pierres. Celles-ci sont alors autant que possible utilisées brutes selon la tradition rurale des bâtisseurs paysans¹⁰.



Figure 7

À droite : le mur de soutènement « rural » dont les pierres ont été utilisées brutes.
À gauche : le mur « savant » dont les pierres ont été systématiquement retaillées.

Opter pour cette seconde attitude réduit l'outillage au strict minimum. Le véritable outil est alors le maçon lui-même. En effet, c'est sa capacité à équilibrer les pierres, par l'œil et par le geste, son degré de patience et d'habileté qui se substituent à l'utilisation d'outils. Seuls un têtou et une massette sont alors indispensables¹¹.

La massette est utilisée pour planter les piquets, pour tasser la pierraille du drain, pour caler en force une pierre, pour percuter des burins, ciseaux, ou pointerolles qui permettent de tailler la pierre.

Le têtou est « le » marteau du murailleur. Il permet de tailler et de revenir sur la forme des pierres. Trois sortes de têtous sont disponibles : à bout de massette, à bout pointu (le têtou pic) et à bout « plat » (le têtou plat). Le pic est plus indiqué pour reprendre les pierres dures et le plat pour reprendre les pierres tendres, le têtou à bout de massette est utilisé comme percuteur au même titre que la massette. Les trois ont la particularité d'être lourds et d'avoir une seconde face de percussion concave. Les arrêtes ainsi dessinées permettent, lors de la percussion et selon la force transmise, d'enlever de gros éclats à la pierre travaillée. Le têtou a donc un

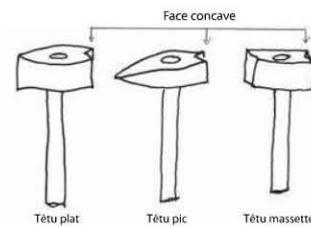


Figure 8
Trois sortes de têtous.



Figure 9
Le mur est formé de pierres retaillées à gauche et de pierres brutes à droite.

double usage, sa face concave sert à dégrossir la pierre, et sa face pointue ou « plate » sert à parfaire une surface. C'est un des premiers investissements que

10. Ch. Lassure fait à ce propos une distinction entre les expressions maçonnerie à joints vifs qui désigne « une maçonnerie de pierres de taille appareillées sans liant » et maçonnerie à pierres crues qui « met l'accent sur le caractère brut, non élaboré du matériau » (La maçonnerie à pierre sèche : vocabulaire).

11. Si vous ne désirez pas vous lancer tout de suite dans l'achat d'outillage, le têtou peut être remplacé par une massette et un burin ou tout autre outil de taille de pierre pouvant être percuté par une massette (figure 13).

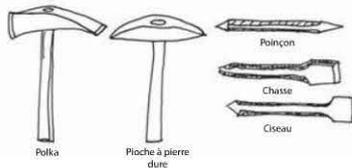


Figure 10
Divers outils de taille manuelle.



Figure 11
Boucharde.



Figure 12
Têtu plat et têtù pic.



Figure 13
Têtu plat, massette et pointerolle.

Utiliser un têtù

Un têtù est un double outil de percussion. Il est composé d'une première face concave utilisée pour reprendre grossièrement les pierres en leur enlevant de gros éclats (figures 14 et 15). L'autre face est utilisée pour affiner la taille, pour adoucir les bosses, et pour raboter les faces (figure 16). Le têtù pointu sert aux pierres dures également dites froides, le têtù plat pour les pierres tendres, et le têtù massette pour percuter des outils de taille ayant le même usage.



Figure 14
Tailler une pierre avec la face concave du têtù...

nous vous conseillons de faire pour construire vous-même en pierre sèche ; il coûte environ 30 euros.

Les autres outils. Selon les caractéristiques du chantier, il est possible de faire appel à d'autres outils tels que la masse pour casser de gros blocs de pierre, la barre à mine pour déplacer des blocs ou extraire des pierres de la roche.

Pour parfaire la finition du mur ou lors de travaux minutieux, tels le montage d'un angle ou le parement d'un mur existant dont l'aspect ressemble à de la pierre sèche¹², il est possible d'affiner la taille des pierres afin d'obtenir un assemblage plus précis.

Des outils plus spécialisés dans la taille des pierres (figure 10)¹³ sont alors utilisés si la finition du têtù ne suffit pas : des chasses et des ciseaux, ou des pointerolles et des poinçons pour les outils manuels, et une disceuse pour une coupe mécanique. Il est également possible d'avoir recours, selon les qualités géologiques de la pierre, à la pioche à pierre dure (également nommée « smille »), au marteau taillant ou à la polka pour les roches tendres, et enfin à la boucharde (figure 11) ou au chemin de fer pour les finitions, outils appropriés pour effacer les marques de disceuse.



Figure 15
... permet de donner une forme à la pierre.



Figure 16
L'autre face est utilisée pour adoucir les surfaces.

12. Voir « Construction d'un parement à l'aspect de la pierre sèche sur un mur existant », p. 149.

13. Cette liste d'outils n'est pas exhaustive.

Choisir et s'approvisionner en pierre

La nécessité d'un approvisionnement en pierre est déterminée par différents facteurs tels que les ressources disponibles sur place, la nature et l'importance du projet, le fait qu'il s'agisse de la restauration d'un ouvrage existant ou d'une création. On peut donc être confronté à deux situations : celle où l'on travaille de façon autonome, et celle où un apport en pierre est nécessaire.

Lors de la création d'un ouvrage sur un terrain caillouteux, il est parfois possible de récupérer suffisamment de pierres sur place afin de réaliser l'aménagement souhaité en totale autonomie. En effet, les pierres déjà présentes sur le terrain et celles extraites lors des travaux sont rassemblées et utilisées.



Figure 17
Terrain caillouteux dont le soutènement est réalisable en autonomie.

La pierre étant recyclable, dans le cas d'une restauration à l'identique, la pierre dégagée de l'ouvrage suffit généralement à réaliser la restauration. Pour cela, le maçon doit cependant adapter sa technique d'assemblage à celle antérieure-

ment utilisée afin que le même volume de mur puisse être réalisé avec la même quantité de pierres. Autrement dit, tailler des pierres auparavant utilisées brutes dans un ouvrage induirait une réduction du volume de mur construit avec la même quantité de pierres. Un apport extérieur de pierres deviendrait nécessaire, et le chantier ne pourrait plus se réaliser en autonomie.

En revanche, dans le cas d'une restauration où l'on souhaite modifier et agrandir un aménagement, on peut être amené à se procurer de la pierre. L'enjeu est donc de retrouver une pierre identique ou de choisir une pierre qui se mariera élégamment avec la pierre d'origine.

Dans le cas de la création d'un aménagement sur un terrain sans pierres, il faut penser à l'approvisionnement de la totalité de la pierre nécessaire.

Trouver les pierres manquantes

Les carrières, les négociants et les marchands de matériaux de construction, les terrassiers, les entreprises de démolition et les agriculteurs offrent diverses possibilités d'approvisionnement au murailleur. Chacun est susceptible de fournir de la pierre, mais dans un « état » différent. Selon les caractéristiques de la pierre sur laquelle va se porter le choix, le bâtisseur pourra être amené à chercher séparément les pierres de couronnement, les chaînages d'angle, les pierres plates pour effectuer une voûte, etc. Il est également possible de mélanger plusieurs types de pierres dans la même maçonnerie. Ceci permet d'obtenir un ensemble final animé par les différences de teintes et de formes des pierres. Les constructions maçonnées à pierres sèches ne nécessitent pas forcément de la pierre « noble ». La plupart des ouvrages existants ont été construits avec des pierres d'affluement, c'est-à-dire avec des pierres récol-

S'approvisionner en terre et en cailloutis

Pour les aménagements de soutènement, il peut être nécessaire d'importer (ou d'exporter) de la terre afin de mettre le sol au bon niveau. On peut s'en procurer auprès des entreprises de terrassement ou dans des jardineries. Un approvisionnement en cailloutis est aussi nécessaire pour réaliser le drain. Il s'achète dans des magasins de matériaux de construction ou directement auprès des carrières.

tées dans les veines supérieures de la roche. C'est d'ailleurs ce qui fait leur charme et leur particularité.

La pierre d'extraction

Les produits des carrières sont très divers. Pour construire en pierre sèche il faut trouver celles qui commercialisent de la « pierre à bâtir », désignée aussi par le terme de « moellons ».

Les carrières

Chaque carrière offre une pierre au caractère très particulier qui influera sur la maçonnerie. Cette pierre est à choisir en fonction de critères variés qui auront tous une incidence sur le mur. Il faut prendre en compte sa couleur et ses variations de teinte, sa nature géologique (calcaire, schiste, granit), sa forme (plutôt ronde, régulièrement plate), son calibrage moyen, sa matière (rugueuse, lisse, brillante) et ses qualités physiques (sa résistance au gel, sa facilité à être taillée). De tous ces éléments, auxquels s'ajoutent la façon de maçonner du murailleur et le choix de l'appareillage adapté à la pierre, naîtra l'aspect final, l'esthétique particulière d'un mur. Certaines carrières exposent des maçonneries



Figure 18
Site d'extraction de roche.

témoins, réalisées avec la pierre qu'elles extraient. Cela donne une première idée de ce que l'on peut en obtenir. Beaucoup de carrières s'arrêtent à la commercialisation en gros. Elles ne gèrent pas la vente au détail, il faut donc passer par l'intermédiaire d'un négociant ou faire appel à un transporteur pour obtenir leurs produits (figure 18).

Les négociants et revendeurs

Les revendeurs et les négociants de matériaux de construction distribuent non seulement les pierres des carrières limitrophes, mais aussi celles d'origine plus lointaine. Cela élargit donc la palette de choix.

Le conditionnement varie du vrac à la palette en passant par le palox¹⁴, le sac, le filet grillagé. L'essentiel n'est pas l'emballage, mais la façon dont les pierres sont rangées : en vrac grossièrement calibrées, en vrac calibrées et non triées, ou calibrées, triées et rangées avec application (figure 19).

La pierre en vrac, sortie de carrière et grossièrement calibrée, fournit un mélange de pierres de tailles différentes. Ce produit est souvent le moins cher. Il est utilisable en pierre sèche pour un mur



Figure 19
Pierre à bâtir conditionnée en palette.

de soutènement puisque ce type de mur nécessite des pierres de tailles variables, allant du cailloutis pour le drain aux blocs pour les fondations et le couronnement. Il peut donc, dans ce cas et selon sa composition, être un choix pertinent à un prix plus intéressant.

La pierre à bâtir en vrac, calibrée mais non triée, a été passée au tamis, elle est comprise dans une fourchette entre les calibres minimal et maximal. Le fournisseur peut donc vous donner le cubage moyen de pierres en vrac nécessaire pour construire un mètre cube de mur¹⁵.

La pierre calibrée et triée est généralement conditionnée en palette. Les pierres sont choisies de façon à être bien rangées, il s'agit déjà en quelque sorte d'une maçonnerie à pierres sèches. Le coefficient est proche de 1, c'est-à-dire qu'avec un mètre cube de pierres en palette, on réalise à peu près un mètre cube de maçonnerie¹⁶.

Le prix de la pierre à bâtir varie en fonction de la qualité de la pierre, de son conditionnement, mais également de l'offre et de la demande. N'hésitez pas, une fois le produit ciblé, à vérifier son prix chez d'autres fournisseurs.

Table de comparaison du poids et du volume des pierres

Lors des préparatifs de la construction, l'une des principales problématiques à laquelle on se trouve confronté est le calcul de la quantité de pierres nécessaire.

Ce calcul est d'autant plus compliqué que les intervenants n'utilisent pas la même unité de mesure tout au long du processus d'approvisionnement.

Vous parlerez en volume dans une carrière ou auprès d'un négociant, puis en poids pour la livraison. Il faut donc demander le rapport poids/volume pour la pierre qui vous intéresse.

Attention, le volume indiqué par le fournisseur ne correspond pas non plus au volume de mur à réaliser. Pour calculer le volume de mur (obtenu en multipliant sa hauteur par sa longueur et sa profondeur moyenne) que vous pourrez réaliser avec la pierre livrée, vous devrez multiplier le volume de celle-ci par un certain coefficient. Ce coefficient sera calculé à partir de l'écart entre le volume de la pierre livrée et le volume de cette même quantité de pierre rangée et ordonnée pour former le mur.

Vous allez ainsi calculer, pour la pierre que vous avez choisie, combien de m³, ou de tonnes, vous devrez faire livrer pour construire votre mur. Si votre fournisseur est une carrière ou un négociant, il devrait être en mesure de vous indiquer ce coefficient, cependant, vous devrez prendre garde au fait que celui-ci reste une donnée moyenne.

14. Grande caisse en bois menuisée sur ses faces, contrairement à la palette.

15. S'il ne le connaît pas, il pourra le demander à son propre fournisseur.

16. Voir encadré ci-contre « Table de comparaison du poids et du volume des pierres ».

(suite)

S'il dépend des caractéristiques physiques de la pierre et de son calibrage, il dépendra aussi de votre capacité à maçonner « correctement », c'est-à-dire à réduire le volume des vides entre les pierres dans la maçonnerie. Vous affinerez donc ce coefficient à l'usage. C'est la raison pour laquelle nous vous conseillons, pour débiter, ou lors de l'utilisation d'une nouvelle sorte de pierre, de morceler vos commandes. Cela vous permettra de mieux ajuster vos approvisionnements en fonction de vos besoins réels.

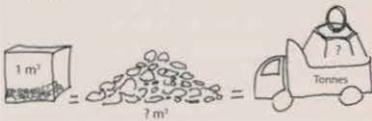


Figure 20
Pour un mètre de mur,
combien de pierres ?

La pierre de récupération

Les pierres de récupération sont le reliquat d'activités telles que le terrassement ou la démolition.

Lors d'un chantier de nivellement de terrain, les terrassiers peuvent extraire de la pierre qu'ils évacuent ensuite. Si cette pierre se prête à la maçonnerie, il est possible d'en acheter pour réaliser des murs. Certains terrassiers la stockent et la commercialisent à la demande, d'autres s'en débarrassent au fur et à mesure. Il faut alors vérifier la qualité de la pierre, et s'assurer qu'elle n'est pas trop friable afin qu'elle ne se délite pas trop vite sous l'action du climat.

La pierre peut aussi provenir de la démolition d'un ouvrage bâti. Il faut alors prendre contact avec les entreprises de démolition qui peuvent fournir en pierre à bâtir selon leurs chantiers en cours.



Figure 21
Pierre de récupération conditionnée sur palette.

Dans les régions à paysage lithique – dont le terroir agricole a été aménagé par des murs de soutènement maçonnés à pierres sèches—, on trouve parfois dans la presse locale des annonces de particuliers cédant sur pied les pierres d'un mur. Les deux derniers cas offrent l'avantage d'avoir en main une pierre qui a déjà servi à bâtir ce qui garantit sa qualité et sa facilité d'utilisation.

La pierre d'épierrement

La pierre d'épierrement a, la plupart du temps, été utilisée pour bâtir et maçonner à pierres sèches dans les zones rurales. Elle était extraite en vue d'une mise en culture, lors de travaux agricoles, après un labour ou pour des utilisations pastorales afin d'obtenir un meilleur pâturage. Dans le cas d'aménagements de terrains en pente, elle était extraite sur place et triée pour servir à retenir la terre avec laquelle elle était initialement mélangée.

L'activité agricole produit encore, selon les terroirs, cette sorte de pierres. Celles-ci sont alors dégagées et stockées aux bords des champs (figure 22 bis). Certains agriculteurs ne voient pas d'inconvénient à les céder. Il faut là encore vérifier qu'elles sont restées au moins une année aux intempéries, afin de s'assurer qu'elles y résistent suffisamment pour être maçonnées.



Figure 22
Pierrier où sont stockées des pierres issues de travaux agricoles.



Figure 22 bis
Pierres extraites d'un champ lors des travaux agricoles.



Figure 23
Exemple de pierre gélive : un calcaire marneux délité par les intempéries.

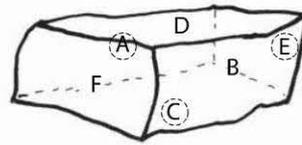
Les pierres d'épierrement varient selon la roche mère ; c'est d'ailleurs cette variation qui donne la personnalité tant recherchée aux murs de chaque terroir. Pour la restauration d'un ouvrage existant, les chances de retrouver la même qualité de pierre dans une carrière proche sont infimes. Utiliser la pierre d'épierrement reste donc l'approvisionnement idéal, et souvent la seule possibilité de trouver des pierres correspondant à celles utilisées lors de la construction des murs à restaurer.

Savoir regarder une pierre

Du galet roulé par la rivière à l'ardoise qui se délite en plaques fines, du cailloutis au bloc, les pierres sont très variées. Elles changent selon leur qualité géologique (calcaire, granit, schiste, etc.) et varient également par la forme et le volume. Leurs caractéristiques résultent du travail du temps, de l'activité volcanique, de la sédimentation, de l'érosion, des activités humaines, végétales ou animales.

La maçonnerie à pierres sèches a un double rapport à cette diversité : d'une part, elle s'y adapte en variant la façon de maçonner et d'appareiller les pierres ; d'autre part, elle l'utilise en attribuant à chaque pierre une fonction technique spécifique dans la maçonnerie selon sa qualité, sa forme et sa taille.

Pour maçonner à pierres sèches, le regard porté sur la pierre est primordial¹⁷, plus encore que la pierre elle-même. Il s'agit de la considérer comme un volume, une forme et une masse destinés à devenir la pièce d'un puzzle constitué au plus juste et selon des règles strictes d'assemblage dans l'espace. C'est ce regard-là qui, tout d'abord, structure les pierres et



Son positionnement dans la maçonnerie détermine des faces.

Figure 24
Les faces d'une pierre maçonnerie : les faces d'assise C et D, et les faces de joint A, B, E, F.

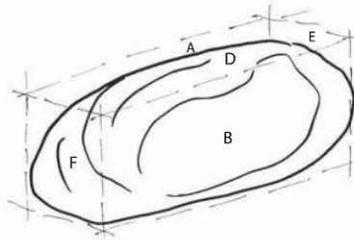


Figure 25
Le schéma en six faces s'applique également aux pierres rondes ou irrégulières.

les positionne selon les besoins de la construction.

Quelle que soit la pierre, elle est ainsi schématisée en un volume composé d'au moins six faces, chaque face étant destinée à occuper une fonction différente dans la maçonnerie. Les faces A, B, E et F (figures 24 et 25) deviennent les côtés, nommés les faces de joint, elles côtoient les faces de joint des pierres voisines. Si l'une de ces faces apparaît en façade, elle forme la face de parement. Les faces C et D constituent les faces d'assise, celles sur lesquelles reposent les pierres les unes sur les autres et où s'exerce le poids du mur.

Les différentes morphologies des pierres

Les pierres se différencient également selon leur morphologie. Il est possible de parler de familles de forme qui s'inscrivent entre deux extrêmes : les pierres plates et les pierres rondes.

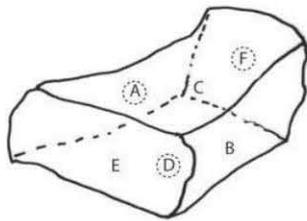
Les pierres plates

Ce sont les pierres idéales pour maçonner à pierres sèches. Une pierre plate ne désigne pas obligatoirement une pierre fine, mais une pierre dont deux faces (figure 26, faces C et D) sont relativement planes et parallèles. Ces pierres permettent de maçonner selon des rangs réguliers, et de croiser les pierres facilement. Leurs faces planes, utilisées comme faces d'assise, sont une garantie de solidité. Dans les terroirs où ces pierres sont majoritaires, des murs réguliers et équilibrés peuvent être construits, et leur aspect final se rapproche des maçonneries qui utilisent de la pierre taillée ou équarrie.

Les pierres rondes

La pierre ronde par excellence est le galet. Cette catégorie peut être élargie aux pierres qui ne présentent pas d'angles vifs, ou toute pierre pour laquelle il est difficile de déterminer des faces ou de la positionner de façon stable. Une pierre ronde et irrégulière, n'offrant aucune face d'assise stable, est appelée « tête de chèvre » en référence à l'impossibilité de lui imposer sa volonté, ou encore « tête de mort » étant donné sa forme et son inutilité. Ces pierres sont les plus délicates à utiliser en pierre sèche. Elles ne permettent pas toujours de garantir la solidité de l'ouvrage à long terme, ni de construire des ouvrages d'une hauteur importante. Selon leur proportion dans le stock de pierres disponibles, elles peuvent être triées et utilisées en blocage dans le corps du mur.

17. Voir « Faire tourner la pierre », p. 31.



Les faces D et C
sont plates et parallèles.

Figure 26
Pierre plate.

Les pierres irrégulières

Entre ces deux types de pierres, plates et rondes, il existe toutes les nuances de formes. C'est par l'adaptation de son geste à ces irrégularités que le maçon construit l'appareillage particulier du mur. Il trouve des solutions d'assemblage afin que chaque pierre, selon sa forme particulière, repose de manière stable, assisée, et puisse répartir de façon équilibrée le poids du mur dans l'ensemble de la maçonnerie.

Les tri des pierres

Suivant leur morphologie, le murailleur trie les pierres en vue de leur utilisation dans la maçonnerie. Le tri s'opère en fonction de la grosseur de la pierre, puis selon sa forme et les proportions entre ses faces. Chaque pierre, compte tenu de ses caractéristiques, est alors destinée à remplir un rôle précis, bien déterminé dans l'ouvrage. Si certaines formes manquent, des pierres d'angle par exemple, il peut alors en prévoir l'approvisionnement, les fabriquer en les taillant, ou encore adapter ses méthodes de maçonnerie pour réaliser son ouvrage sans y avoir recours.

Les pierres de parement

Ce sont des pierres à bâtir que leur forme permet d'utiliser en façade. L'une des quatre faces de joint de la pierre sera à

vue une fois le mur fini. La pierre de parement doit remplir deux conditions liées à l'esthétique :

- la face destinée à rester apparente doit s'inscrire dans le plan du parement. Pour cela, cette face devra être régulière et ne pas présenter d'excroissances. C'est la régularité des faces de parement de chaque pierre utilisée qui donne au mur son homogénéité de façade, et l'aspect esthétique¹⁸ d'un travail bien fait ;

- la face de parement de la pierre est non seulement plane et lisse, mais elle doit également décrire des angles proches de l'angle droit avec ses faces d'assise.



Figure 27
La face de parement est perpendiculaire
aux deux faces d'assise.

Les pierres du corps du mur

C'est le tout-venant du mur, celui que l'on réserve pour l'intérieur. Le corps du mur n'étant pas soumis aux règles esthétiques du parement, les pierres à bâtir informes, ne remplissant pas les conditions pour être placées en façade sont donc utilisées pour le maçonner.

Les pierres en biseau

Ces pierres ont la particularité d'avoir deux faces plates en biseau. Elles permettent de réaliser les arcs et les voûtes¹⁹

(figure 28). Les faces A et B, les lits, appuient sur les claveaux voisins, la face supérieure D est nommée extrados, la face inférieure C est dite intrados, et les faces E et F, qui peuvent apparaître en parement, sont appelées les têtes. Elles peuvent également être utiles pour caler le dessous d'une pierre, préparer une assise (figure 30), ou exceptionnellement redonner du fruit (figure 29).

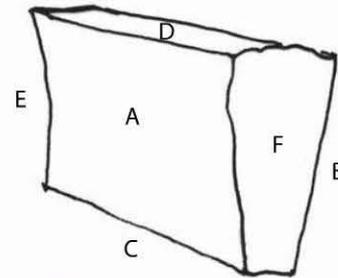
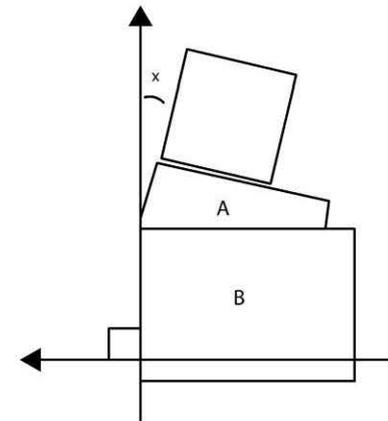


Figure 28
Le claveau.

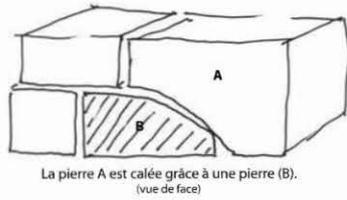


Les faces d'assises de la pierre B sont horizontales,
la pierre A, en biseau, permet
de redonner du fruit au mur.

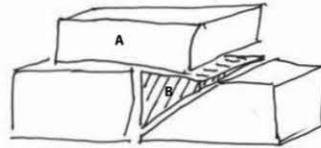
Figure 29
Reprise du fruit grâce à une pierre
en biseau.

18. Une pierre remplissant les conditions pour être utilisée en parement se nomme, en Provence, une « demoiselle ».

19. En pierre sèche, les pierres en forme de claveau (voir « L'arc de décharge », p. 104) peuvent être remplacées par des pierres plates jouant le rôle de claveau grâce à un calage adéquat.



La pierre A est calée grâce à une pierre (B).
(vue de face)



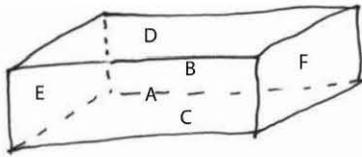
L'assise qui permet de poser la pierre A est aménagée par une pierre en biseau (B).
(vue de face)

Figure 30
Caler une pierre ou préparer une assise à l'aide d'une pierre en biseau.

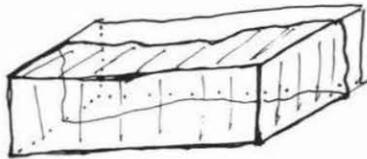
Les pierres d'angle

Ces pierres sont rares, elles sont donc conservées précieusement lors du tri des pierres pour être employées comme pierres d'angle.

Une pierre d'angle doit présenter des faces d'assise (figure 31, faces C et D) régulières et planes afin de coïncider avec la pierre du dessous et préparer une bonne assise pour celle du dessus. Quant aux faces visibles (E, F, A ou B), elles n'ont aucune utilité structurelle : leur régularité et leur alignement satisfont uniquement aux exigences esthétiques du parement.



Le parallélépipède rectangle :
la pierre d'angle idéale.



Une pierre d'angle : sa forme s'inscrit dans un parallélépipède sur au moins cinq de ses faces.

Figure 31
Les pierres d'angle.

Les faces A et B doivent être plus longues que les faces E et F afin de croiser les blocs et permettre leur ancrage dans le reste du mur²⁰.

Les pierres répondant à ces caractéristiques ne sont pas uniquement utilisables pour les chaînages d'angle, elles peuvent également être intégrées dans la maçonnerie. Certains terroirs offrent de la pierre régulièrement parallélépipédique, il y est alors plus facile qu'ailleurs d'y construire en pierre sèche.

Les lauzes

Ce sont des pierres plates dont les faces de joint sont très fines. Elles servent à caler, à préparer des assises, ou à construire des arcs de décharge. Elles peuvent également être utilisées comme matériau principal de construction d'un mur dans les terroirs où elles abondent, ou encore servir pour réaliser une toiture.



Une lauze est une pierre plate et fine.

Figure 32
Lauze.

Les pierres traversantes

Ce sont des pierres d'une longueur suffisamment grande pour traverser le mur de part en part. Elles sont donc installées en boutisse. Essentielles à la stabilité du mur, ces pierres lui donnent une cohésion et le stabilisent dans sa profondeur. Si l'on ne dispose pas de pierres assez longues, on les substitue par des pierres prises en tenaille, ou par un dispositif de demi-pierres traversantes²¹. Les pierres alors utilisées auront les mêmes particularités que les pierres traversantes, c'est-à-dire une grande longueur afin de croiser le plus profondément possible dans le mur.

La pierre traversante repose et croise sur toutes les pierres maçonnées dans le corps du mur.

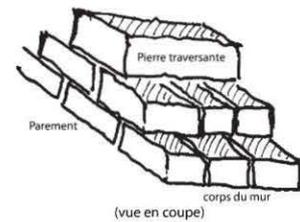
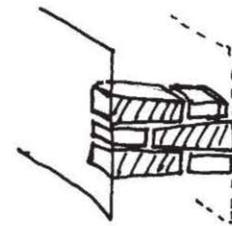


Figure 33
Pierre traversante.

(mur vu en coupe)



Trois pierres traversantes installées en tenaille.

Figure 34
Pierres traversantes se prenant en tenaille.

20. Voir « La maçonnerie des angles », p. 71.

21. Voir « Les autres dispositifs possibles », p. 65.

Les blocs

Les blocs servent essentiellement dans le bas du mur ou en couronnement. Ils sont aussi triés selon leur forme qui les destine dans le corps du mur, en angle ou en façade. Un bloc trop irrégulier pour être utilisé dans la maçonnerie peut également être repris ou même débité en plus petits volumes.

Les pierres de couronnement

Elles doivent répondre à deux conditions : être suffisamment longues pour traverser le mur afin de couvrir toutes les pierres qui le composent (de la même façon que les pierres traversantes) ; et peser suffisamment lourd pour bloquer, par leur inertie, tout mouvement des pierres sur le haut du mur. Il peut ainsi s'agir de blocs mais également de dalles ou de pierres plates mises sur chant²².

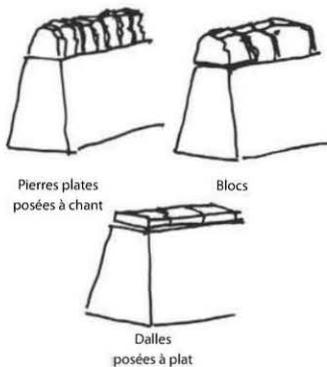


Figure 35
Différents couronnements possibles.

Faire tourner la pierre

Une pierre est un volume, et c'est le regard porté sur ce volume qui permet de décider de la place qu'elle occupera dans le mur. Pour appréhender toutes les faces d'un volume, il faut en faire le tour. C'est donc en faisant tourner les pierres que vous comprenez leur forme. Ce geste permet d'anticiper la position d'une pierre dans le mur avant de la placer. Cela permet également de déterminer quelles faces pourront être utilisées en assise, en parement, ou en face de joint. Pour les pierres plus grosses, profitez des transports pour en appréhender le volume.



Figure 36
Cette face peut être utilisée en parement.



Figure 38
Lors du transport de cette grosse pierre, son volume est évalué.



Figure 37
Cette partie de la pierre sera installée dans le corps du mur.



Figure 39
Cette pierre ira en couronnement, elle sera posée sur chant.

22. Si l'on ne dispose pas de telles pierres pour réaliser un couronnement, il existe d'autres techniques qui seront abordées dans la maçonnerie du couronnement, p. 73.

Boutisse et panneresse



Figure 40
La pierre en boutisse reste plus stable sous la pression.

Les pierres, à moins d'être des pavés, ont toujours une face plus longue que l'autre, donc une longueur et une largeur. Lors du travail de maçonnerie, cette caractéristique permet de définir si une pierre est utilisée comme boutisse ou comme panneresse.

La panneresse est la pierre dont la longueur est mise en façade, et la largeur dans le corps du mur. À l'inverse, la boutisse correspond à la pierre dont la largeur est mise en façade, et la longueur dans le corps du mur.

N'utilisant pas de liant, l'homogénéité et la stabilité d'un mur maçonné à pierres sèches sont d'abord assurées par la stabilité propre de chacune des pierres qui le composent. Aussi, pour la maçonnerie à pierres sèches, on privilégiera toujours la mise en place des pierres en boutisse.

La raison de ce choix est simple à saisir et à expérimenter. Prenez une pierre et posez-la au bord d'un plan (figure 41). Positionnez-la en panneresse, c'est-à-dire la face la plus longue à l'aplomb du bord (figure 42). Avec le bout de vos doigts, simulez la force exercée par le mur sur la pierre (figure 43). Vous constatez alors qu'il ne faut pas pousser beaucoup pour que la pierre se déstabilise et bascule (figure 44). Placez maintenant cette même pierre en boutisse, c'est-à-dire la face la plus courte à l'aplomb du bord. Simulez à nouveau la pression du mur. Même en poussant très fort, vous n'arriverez pas à la déstabiliser avec une seule main (figure 40).



Figure 41
Posez une pierre au bord d'un plan.



Figure 42
Placez-la en panneresse, c'est-à-dire la face la plus longue à l'aplomb du bord.



Figure 43
Simulez la force exercée par le mur sur la pierre avec le bout de vos doigts.



Figure 44
La pierre se déstabilise et bascule facilement sous la pression.

Le sens de pose des pierres sédimentaires

Composées d'éléments déposés les uns sur les autres lors de leur genèse, les pierres sédimentaires se caractérisent par une stratification qui continue à les structurer (figure 45). Elles sont souvent fragiles au niveau du passage d'une strate à l'autre, et il est alors facile de les « déliter », c'est-à-dire de les couper entre deux strates (figure 46). Par conséquent, les pierres sédimentaires supportent les contraintes exercées par les différentes forces du mur uniquement si elles sont perpendiculaires au sens de leurs strates. Elles ne risquent pas alors de se fracturer ou de se déliter. Cette caractéristique entraîne un sens de pose spécifique dans la maçonnerie. Une telle pierre est dite « posée dans son lit » si les strates se retrouvent à plat selon leur position d'origine, et « en délit » si celles-ci sont placées de chant (figure 47). C'est pourquoi dans le cadre d'une maçonnerie croisée, on posera toujours les pierres « dans leur lit », et dans le cas d'une maçonnerie clavée, elles seront « en délit » afin que les forces s'exercent sur elles de façon latérale et perpendiculairement à leurs strates (figure 48).



Figure 45
La pierre sédimentaire est composée de strates, traces de sa sédimentation.

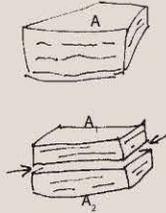


Figure 46
La pierre A se coupe en deux au niveau d'une de ses strates, elle se délite.

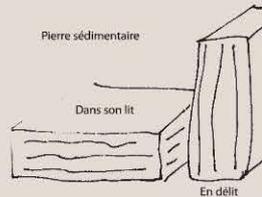


Figure 47
La pierre sédimentaire a un sens de pose déterminé par sa structure.

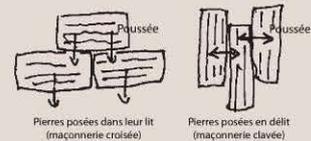


Figure 48
Les poussées du mur doivent s'exercer sur la pierre perpendiculairement aux strates qui la composent (vues de face).

Pierre gélive

Dans un mur en pierre sèche, contrairement à un mur maçonné avec du liant, les pierres sont moins exposées à l'humidité, et par contrecoup aux effets du gel. Choisir une pierre non gélive pour un ouvrage en pierre sèche n'est pas toujours un critère essentiel, cela dépend de la place de la pierre dans le mur et du climat. Ainsi, les pierres à tendance gélive sont à proscrire systématiquement pour les fondations et pour un ouvrage dans des régions très humides et froides.



Figure 49
Mur de soutènement dont la pierre est décomposée par le gel.

La sécurité sur le chantier

Équipements de protection

Comme sur tout chantier, la sécurité des intervenants et des personnes extérieures est à prendre au sérieux. Pour le murailleur, les parties du corps les plus exposées sont essentiellement les pieds, les mains, les yeux, la tête, la peau et le dos. En plus des équipements de protection de base, un casque est nécessaire si vous travaillez à plusieurs et en élévation.

Les chaussures de protection à bout renforcé protègent l'extrémité des pieds qui est une zone particulièrement exposée et vulnérable. Porter ce type de chaussures est absolument obligatoire.

Les gants, de type manutention, ne doivent pas entraver les gestes. Ils éviteront les échauffements rapides de la peau lors du maniement des pierres (généralement très abrasives), et limiteront les désagréments en cas d'écrasement ou de pincement des doigts²³.

Les lunettes de protection ne sont véritablement nécessaires que lors de la taille des pierres, afin de protéger les yeux des éclats. Lors de cette activité il faut aussi penser à la sécurité des autres intervenants sur le chantier, les éclats peuvent les blesser.

La ceinture de force est utile pour soutenir le dos lors d'un très gros effort ponctuel, monter une grosse pierre sur le mur par exemple. Cependant son port n'empêche pas de respecter les bonnes positions du corps lors de l'effort.

Enfin, **une trousse à pharmacie** doit toujours être à portée de main²⁴.

23. Nous avons choisi, lors des prises de vue, de ne pas nous gantier afin que vous puissiez bien analyser les gestes.

Bien porter une pierre

Pour porter une pierre correctement, on commence par s'accroupir face à la pierre, en gardant le dos droit (figures 50 et 51). Il faut ensuite lever la pierre jusqu'à la taille en n'utilisant que la force des bras. Pour cela, les bras reposent sur les cuisses afin de n'utiliser que la force des avant-bras, sans forcer avec le dos (figure 52). Ensuite, on se relève en dépliant les jambes, la pierre maintenue près du corps (figure 53). Le poids de la pierre repose sur le bassin et ne porte que sur les jambes et les bras. Ne portez jamais avec le dos !

Pour poser la pierre, faites les mêmes gestes en sens inverse : pliez les jambes pour vous baisser, et posez la pierre au sol à la force de vos bras.



Figure 50
Accroupissez-vous face à la pierre.



Figure 52
Levez la pierre jusqu'à la taille en posant vos bras sur vos cuisses.



Figure 51
Gardez le dos bien droit.



Figure 53
Relevez-vous ensuite en dépliant les jambes, la pierre près du corps.

Démolir un mur en toute sécurité

La démolition d'un mur nécessite des précautions particulières. Il faut s'assurer que personne ne se trouve dans le périmètre où les pierres peuvent rouler. Il est préférable que l'opération soit effectuée par une seule personne. Celle-ci se placera, elle aussi, en dehors du périmètre de chute des pierres. La rapidité avec laquelle l'éboulement survient ne laisse aucune chance de réaction !

Si le chantier est accessible au public, il sera sécurisé par un balisage adéquat, notamment si des parties de murs risquent de s'effondrer.



Figure 54
Balisage d'un chantier au bord d'un chemin.

Les gestes et les postures

Ne pas se blesser sur un chantier tient également à la bonne gestion de son énergie. La maçonnerie à pierres sèches demande un très grand investissement physique, et des gestes mal appliqués, en particulier lors du terrassement et du transport des pierres, accentuent rapidement la fatigue. Il faut donc connaître ses limites et savoir répartir les efforts selon ses capacités : certains préféreront porter une pierre, d'autres la rouler ou encore la casser. Trouver son propre rythme de travail et s'y tenir, même si cela allonge la durée du chantier, évite de se blesser, et garantit également la pérennité du mur.

Déplacer une pierre avec une brouette ou un diable

Rouler une pierre ne permet pas un déplacement rapide. Si votre pierre est loin du chantier, préférez la brouette ou, si le terrain le permet, le diable (figure 55).

La brouette est tout d'abord couchée près de la pierre (figure 56). On fait alors pivoter la pierre afin qu'elle se retrouve de chant et repose au fond de la brouette (figure 57). Ensuite, la pierre et la brouette sont redressées ensemble afin de remettre cette dernière sur ses pieds (figure 58).

Il suffira de recoucher la brouette pour décharger la pierre. Là encore, ne forcez jamais avec votre dos, utilisez la brouette pour faire effet de levier (figure 59).



Figure 57
Faites pivoter la pierre afin de la positionner de chant au fond de la brouette.



Figure 55
Diable à roues pneumatiques.



Figure 58
Redressez la pierre et la brouette ensemble pour remettre cette dernière sur ses pieds.



Figure 56
Couchez la brouette près de la pierre.



Figure 59
Recouchez la brouette pour décharger la pierre.

24. Elle doit comprendre au minimum : une crème pour les chocs, bleus et bosses, une crème contre les piqûres d'insectes, une crème contre les brûlures, un désinfectant, du Coalgan (ouate contre les saignements), un collyre, divers pansements dont des Strips (sutures cutanées adhésives), des bandes, du sparadrap et quelques compresses. Selon les régions, un Aspivenin est conseillé (serpents et insectes vivent dans les pierres et vous pourrez être amenés à les côtoyer).

Porter une pierre très lourde



Figure 60
Faites rouler la pierre sur la jambe posée au sol, jusqu'en haut de la cuisse.

Lorsqu'une pierre est très lourde, on la fait rouler sur la jambe posée au sol afin de la monter jusqu'en haut de la cuisse (figure 60). Arrivé à ce point, il est plus facile de la faire basculer sur la jambe déjà relevée (figure 61). Le poids de la pierre repose alors sur celle-ci. La pierre a ainsi déjà été relevée sans effort de presque toute la hauteur nécessaire. Le haut du corps étant dégagé du poids de la pierre, on peut se redresser (figure 62). Les bras ne font alors que retenir la pierre qui repose en équilibre sur la cuisse. Le dos ne travaille pas, la jambe porte toujours. Une fois debout, on relève la pierre au niveau du bassin, en faisant porter son poids sur les jambes (figure 63). La bonne position, avec la pierre collée au bassin, est obtenue lorsqu'elle n'empêche ni de marcher ni de plier les jambes (figure 64).

Pour poser la pierre au sol, laissez-la tomber de tout son poids en vous reculant, ou faites les gestes précédents en sens inverse, c'est-à-dire pliez les jambes et faites rouler la pierre au sol doucement sans forcer avec le dos.



Figure 61
La pierre est ensuite basculée sur la jambe déjà relevée.



Figure 62
On se relève ensuite, les bras retenant la pierre qui repose en équilibre sur la cuisse.



Figure 63
Debout, relevez la pierre au niveau du bassin et faites porter son poids sur vos jambes.



Figure 64
En bonne position, la pierre collée au bassin, vous pouvez marcher et plier les jambes.

Rouler une pierre

Lorsqu'une pierre est trop lourde pour être portée, la rouler permet de la déplacer à moindre effort et sans danger pour le dos. Là encore, vous devez rester le dos droit et travailler uniquement avec les bras et les jambes. Aidez-vous alors des points d'équilibre de la pierre pour la pivoter.



Figure 65
Gardez le dos droit, forcez avec les bras.



Figure 66
Accompagnez le mouvement de la pierre avec le poids du corps sans forcer avec le dos.



Figure 67
Ne retenez pas la pierre lorsqu'elle retombe, dirigez-la en l'accompagnant.



Figure 68
La rotation effectuée, recommencez jusqu'à l'endroit choisi.

Terrassement et préparatifs

Cette partie traite de la façon dont le sol doit être préparé pour permettre l'implantation d'un mur. Deux activités simultanées y seront abordées : le terrassement, d'une part, qui consiste à décaisser le sol afin d'y creuser l'emplacement du futur mur et d'installer les drains ; d'autre part, la gestion et le tri des matériaux dégagés par cette activité (pierres, terre), ceux-ci étant réutilisés lors de la construction d'un mur de soutènement²⁵.



Figure 68 bis
Préparatifs d'un mur.

Décaisser

Le décaissage peut être réalisé à la pioche, à la pelle ou éventuellement à la tractopelle (figure 69). Il s'agit de creuser l'espace dans lequel le mur va être construit.

Pour un mur de clôture, une tranchée destinée à recevoir les fondations est creusée dans le sol. Pour un mur de soutènement, s'il s'inscrit dans un talus existant, l'emplacement du mur à construire est creusé dans la pente, ainsi que l'emplacement des fondations dans le sol. En revanche, s'il est prévu de construire le soutènement avant de remblayer, seule la tranchée destinée à



Figure 69
Talus « décaissé » en vue de la construction d'un mur de soutènement.

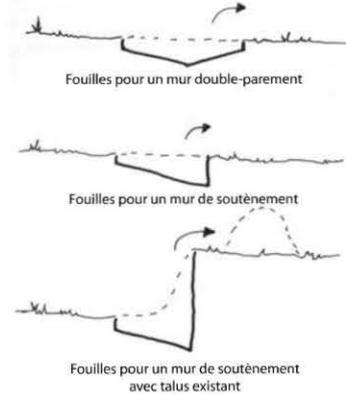


Figure 70
Les différents types de terrassement.

recevoir ses fondations est creusée comme pour un mur de clôture (figure 70).

Comment procède-t-on ? Avant de creuser, l'espace à décaisser est matérialisé afin de ne pas travailler inutilement. En cas de décaissage mécanique, il est possible d'utiliser la peinture de marquage au sol. Pour un travail à la pioche, il est préférable de tendre des cordons entre des piquets profondément plantés dans le sol²⁶. Ces mêmes piquets serviront de guide lors de la suite de la construction du mur.

Installer un cordeau

En tendant un cordeau, on matérialise une ligne dans l'espace qui, selon les étapes

de la construction du mur, va permettre d'accomplir différentes actions : lors du diagnostic, elle simule l'implantation du mur ; elle indique où creuser au cours du terrassement ; au moment de la construction du mur, elle guide l'alignement des pierres posées en façade ; pour la pose du couronnement, elle crée une arase et évite ainsi des dos d'âne sur le sommet du mur. Selon l'appareil choisi, elle peut également servir de repère pour poser les pierres suivant des assises régulières.

Un seul cordeau est nécessaire pour toutes ces actions, à condition de le retendre plusieurs fois, car chacune de ces lignes s'inscrit dans un même plan : la surface du parement du mur. Il existe plusieurs techniques pour guider le cordeau et lui permettre de matérialiser l'alignement du parement.



Figure 71
Cordeau lesté à l'aide d'une brique.



Figure 72
Piquets installés pour guider un cordeau lors du travail de restauration d'un mur de soutènement.

25. Le sol extrait lors des fouilles d'un mur de clôture peut être réutilisé, mais seules les pierres entrèrent dans la composition du mur lui-même.

26. Voir « Installer un cordeau », ci-dessous.

Il est possible de planter des piquets. Ceux-ci doivent être plus hauts que le mur et respecter l'inclinaison du fruit (figure 73). Ils doivent être suffisamment enfoncés pour ne pas être déterrés lors du terrassement, et assez solides pour ne pas bouger lors de la construction.



Figure 73
Les piquets ne sont pas verticaux, mais respectent l'inclinaison du fruit dès leur mise en place.

Les piquets sont de simples tiges dans le cas d'un mur de soutènement, ceux-ci n'ayant qu'une seule face visible (figure 72). En revanche, ils sont doubles pour les murs de clôture qui comportent deux parements (figure 74).

Il est également possible d'utiliser la technique du cordeau volant.

Formes confectionnées en bois ou en métal afin de guider le cordeau lors de la construction d'un mur de clôture

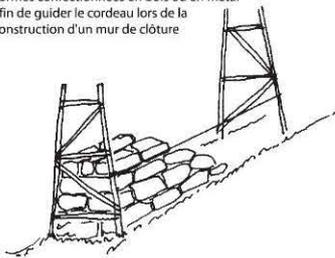


Figure 74
Pour un mur de clôture, il est possible de confectionner des guides pour tendre le cordeau.

Ses extrémités sont alors retenues à des briques ou à des pierres suffisamment lourdes pour maintenir le cordeau tendu. Ce système rend le cordeau facilement amovible : il peut être enlevé ou remis facilement selon les besoins.

Cette dernière technique est très appréciable en restauration. Le mur se monte « en triangles ». Pour cela, une extrémité

du cordeau est fixe, retenue par un poteau ou à l'aplomb du mur déjà construit, et l'autre reste amovible. Le cordeau n'est alors tendu que pour vérifier épisodiquement les alignements, mais il ne dérange pas lors de la manutention des pierres et des matériaux (figure 75).

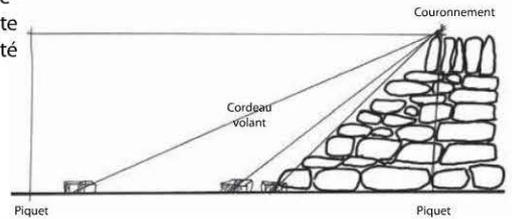


Figure 75
Cordeau volant et mur construit « en triangles ».

Donner du fruit aux piquets



Il existe une façon très simple de planter un piquet en lui donnant le fruit nécessaire à la construction. Pour cela, il faut se tenir droit, poser le bas du piquet au bout de sa chaussure, plaquer le coude contre la hanche à la verticale du talon et tenir l'avant-bras parallèle à l'horizontale. Une fois dans cette position il reste à planter le piquet selon l'axe qui lui est donné. Le fruit ainsi obtenu vaut en général pour des murs allant jusqu'à deux mètres de haut. Pour augmenter ou réduire le fruit, il faut agir de la même façon mais en jouant sur la position du coude par rapport à la verticale du talon.

Figure 76 Planter un piquet.

Le terrassement

Une fois les préparatifs effectués et le cordeau tendu, il s'agit ensuite de déplacer le volume de sol dans lequel s'inscrira le mur afin d'en dégager la forme en creux. Dans le cas d'un terrassement pour la construction d'un mur de soutènement, il faut toujours « monter » la terre, c'est-à-dire la réserver au-dessus de l'espace de travail. Elle servira ensuite à remblayer derrière le mur. C'est aussi lors de cette étape que le sol décaissé est séparé en trois matériaux : la terre, les cailloutis et les pierres. Sur la roche, un travail préparatoire peut aussi être nécessaire²⁷. On ne creuse pas de la même façon selon que l'on décaisse le talus ou les fondations.

Lors du décaissage d'un talus pour un mur de soutènement, creuser la profondeur nécessaire au volume du mur suffit (profondeur du drain compris).

En revanche, pour tout décaissage destiné à recevoir les fondations, il faut creuser jusqu'à atteindre le bon sol. Ce terme désigne la couche de sol stable et bien tassé qui se trouve généralement de 10 à 30 cm de la surface, une fois enlevée la couche d'humus et de terre meuble. Il se caractérise par un sol dur, où la pioche a du mal à pénétrer (figures 82 et 83). Cependant, la notion de bon sol reste empirique et subjective, au même titre que l'est la règle du « un pour trois » pour calculer la profondeur de la maçonnerie d'un mur de soutènement²⁸.

27. Voir « Les fondations sur roc », p. 49.

28. Voir « Calcul du dimensionnement des fondations », p. 46.

Installer un cordeau pour un mur courbe

Si votre mur est courbe, vous devez adapter le cordeau à la situation.

Pour cela, plantez des piquets régulièrement le long de la courbe du futur mur. Entre ces piquets, tendez un cordeau qui servira uniquement à matérialiser la ligne du sommet du mur (figure 77). La ligne ainsi tracée se trouvant à l'intérieur du mur, vous ne pourrez pas monter le cordeau au fur et à mesure et vous en servirez pour aligner le parement. Gardez cette ligne fixe tout au long de la construction, et élevez le mur à l'œil. Les piquets et le cordeau de couronnement constituent des repères fixes sur lesquels vous pouvez vous appuyer pour guider votre regard, vous réussirez ainsi une façade polie, alignée, avec une belle courbe (figures 78 et 79).

Cette technique est aussi valable pour la plupart des restaurations de murs anciens. En effet, ceux-ci suivent souvent les courbes du terrain et n'ont pas été construits avec l'aide de cordeaux (figure 81). Plantez alors des piquets afin de guider votre œil grâce à des repères fixes et ponctuels. Là aussi, déterminez la ligne du haut du mur (figure 80).



Figure 77
Avant le travail de construction d'un mur courbe, le cordeau est tendu au niveau du haut du couronnement désiré.



Figure 79
Le cordeau, vu de dessus, une fois le couronnement réalisé.



Figure 78
Le même mur terminé.

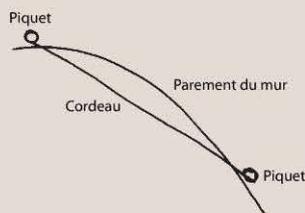


Figure 80
Courbe du parement, ligne du cordeau.



Figure 81
Dans ce cas de restauration, il n'a pas été possible de tendre un cordeau.



Figure 82
Le bon sol.



Figure 83
Coupe de terrain. On y repère clairement le passage du sol instable, foncé et sableux, au bon sol, plus clair, compact et stable.

Le bon sol est différent selon la nature du terrain sur lequel est construit le mur, ce qui influe également sur la profondeur du décaissage :

- sur du roc, il n'y a, en principe, rien à faire ;
- sur un sol très stable, enlever seulement la couche superficielle sur quelques centimètres suffira ;
- sur un sol plus meuble, il faut creuser jusqu'à trouver la couche stable et tassée.

À la différence des murs maçonnés au mortier, les murs maçonnés à pierres sèches sont souples, ils n'ont donc pas les mêmes impératifs concernant leurs fondations. Leur structure n'étant pas rigide, ils peuvent amortir certaines déformations, ou encore accompagner certains tassements sans se déstructurer.

Cependant, cela vaut dans certaines limites qui sont liées à la hauteur du mur et à la nature du sol sur lequel on veut l'implanter. Les indications de profondeur données ci-dessus sont uniquement valables pour un mur d'une hauteur allant jusqu'à 3 mètres²⁹. Plus un mur est haut, plus il est large et plus il implique l'utilisation de pierres. Son poids augmente alors les risques de tassement, qui seront aggravés par la hauteur et la profondeur de la maçonnerie. La souplesse à laquelle nous faisons référence trouvera là ses limites, et le mur ne sera pas pérenne. Il en sera de même si l'on implante le mur sur un sol trop instable.

Prendre en compte le poids et la stabilité du mur

Le fait qu'un mur maçonné à pierres sèches soit souple n'empêche pas d'agir sur son assise pour limiter les tassements et autres glissements ultérieurs. Pour cela, les cinq opérations suivantes sont importantes à réaliser.

Damer le sol

La terre ameublie lors des travaux de terrassement, au fond de la tranchée creusée, sera tassée. Cela permet de réaliser une semelle plus compacte et moins sujette à l'écrasement sous le poids du mur.

Préparer le fruit

Nous reprendrons plus loin les explications relatives au fruit du mur et ses effets sur la maçonnerie proprement dite³⁰. Lors du terrassement, et pour préparer le fruit, la tranchée destinée à recevoir les fondations est creusée en oblique, plus profondément à l'intérieur du mur qu'en façade. Cela a pour effet de donner à l'assise des pierres un angle par rapport à l'horizontale. Cette inclinaison participe au fruit donné au mur, mais a également une conséquence sur son appui au sol. En pré-

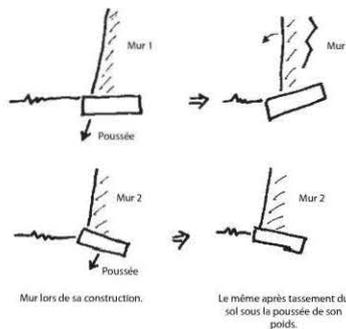


Figure 84 Une assise oblique évite le renversement du mur.

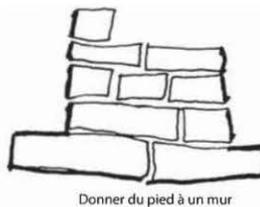


Figure 85 Les pierres de fondation dépassent de l'aplomb du mur pour lui assurer une meilleure assise.

parant les fouilles de cette manière, on fait porter le poids de la maçonnerie vers l'intérieur du mur, ce qui lui assure une plus grande stabilité. On évite ainsi également d'éventuels glissements de l'assise des pierres de fondation vers l'avant, qui peuvent avoir pour effet, à long terme, le renversement du mur (figure 84).

Augmenter la surface d'assise du mur

Si le mur ne repose pas sur la roche, il est préférable de lui donner « du pied », c'est-à-dire d'augmenter la superficie de la semelle du mur (figure 85).

Pour cela, la première rangée de pierres (les pierres de fondation) est construite en déport par rapport à l'aplomb du mur. Les pierres peuvent sortir jusqu'à 20-25 cm, ce qui a pour effet d'augmenter la surface sur laquelle le poids du mur repose, et donc de mieux répartir sa poussée sur le sol³¹.

Installer un géotextile

Même si installer un géotextile³² est facultatif, nous vous conseillons de le faire. En effet, il permet de retarder l'infiltration de la terre dans le drain et dans le mur, ce qui augmente de façon notable la durée de vie de l'ouvrage.

Drainer

Le murailler est avant tout un maçon des sols. Votre ouvrage n'est pas un pur ouvrage de maçonnerie : il s'inscrit dans une réorganisation du sol. Vous devez donc prendre en compte tous les éléments qui le composent, en particulier l'écoulement de l'eau. Les murs de soutènement en pierre sèche sont des drains. Ils réorganisent les écoulements d'eau sur le terrain dans lequel ils sont installés. Aussi, dès les préparatifs, examinez de près la future circulation des eaux de façon à éviter qu'elle n'entraîne des dégâts ou que des parties d'un terrain ainsi aménagé soient inondées.

29. Cette hauteur est indicative. Elle dépend des pierres utilisées et du terrain sur lequel le mur est construit.

30. Voir « Les règles de construction en pierres croisées », p. 56.

31. Nous approfondirons ces deux derniers points dans « Les fondations », p. 46.

32. Un géotextile est très résistant et impu-trescible, il est composé de fibres de polypropylène tissées de façon à retenir les particules de terre tout en laissant passer l'eau. Voir p. 99.

Le terrassement « à l'ancienne »

Cette façon de terrasser concerne la construction d'un mur de soutènement implanté sur un talus existant. Pour un terrassement « à l'ancienne », une pelle, une pioche et deux seaux suffisent, mais ce n'est pas ce qui fait sa particularité. Celle-ci réside dans la façon de procéder.

Au lieu d'effectuer le terrassement d'une seule traite et sur toute la longueur de votre mur, vous commencez à le faire sur 2 à 3 mètres de long. Vous attaquez alors la construction du mur et procédez dans l'ordre en posant vos fondations sur les 2/3 de la longueur préparée, puis en maçonnant le mur autant qu'il est possible de le faire. Lorsque vous êtes bloqué dans la construction sur le tronçon ainsi préparé, commencez alors une nouvelle tranche de terrassement, et ainsi de suite jusqu'au bout du mur.

Cette technique présente un certain nombre d'avantages. Seul ou à deux, elle permet de varier les séquences de travail en passant des efforts très physiques du terrassement à ceux demandant davantage de précision lors de l'assemblage des pierres. Vous pouvez aussi travailler en économisant l'espace de stockage et vous évitez, ainsi, la double manutention des matériaux : la terre et le sol décaissés servent immédiatement à remblayer l'arrière du mur qui vient d'être construit. Il en est de même pour les pierres et les cailloutis extraits du talus, immédiatement utilisés pour le drain ou la maçonnerie. Enfin, cette technique permet également de stopper le travail sans laisser le lieu en chantier.

Cette solution est idéale si vous construisez votre mur de façon intermittente. C'est en particulier ce dernier aspect qui nous fait qualifier cette façon de travailler de « maçonnerie à l'ancienne ». En effet, les paysans constructeurs devaient faire face à de multiples activités et ne disposaient pas toujours de plusieurs journées d'affilée à consacrer à la maçonnerie. Cette manière de procéder leur permettait d'avancer dans la construction selon leur calendrier, sans pour autant « immobiliser » l'espace ni bloquer son utilisation.

Le drainage des fouilles

Vous commencerez par drainer le fond des fondations du mur.

Une fois que le terrassement est terminé, le fond des fouilles damé et un géotextile installé, étalez une couche de cailloutis qui assure le drainage de la tranchée ainsi réalisée. Cette action a pour effet de poursuivre la course des eaux et d'éviter que les eaux collectées par le mur stagnent au niveau des fondations (voir Pas à pas « Installer le drain de l'assise du mur », p. 101).

Les drainages périphériques

Le drainage d'un écoulement d'eau ne le fait pas disparaître ; il dirige le surplus là où le drain s'arrête. Vous poursuivrez donc le drain installé au niveau des fouilles par

un ou plusieurs drains traversant le terrain jusqu'aux points où l'écoulement pourra reprendre sa pente sauvage sans entraîner de dégâts. Selon l'importance de l'aménagement, il est possible d'installer des exutoires aux points bas du mur, ou de créer un véritable réseau de drainage et de fossés dirigeant l'eau vers des citernes ou directement vers des fonds de vallon où son surplus pourra s'écouler naturellement (figure 86).

Trier les matériaux

Cette partie concerne essentiellement la réalisation de murs de soutènement. Lors de la création d'un mur de soutènement dans un terroir pierreux, il est possible d'utiliser les seuls matériaux extraits sur le

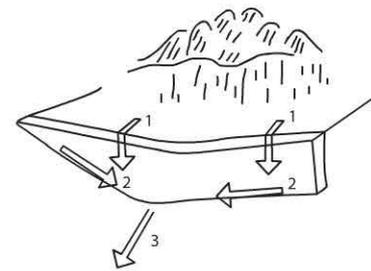


Figure 86
Effet drainant d'un mur en pierre sèche.
Flèches 1 : l'eau s'écoule dans le drain du mur.
Flèches 2 : l'eau s'écoule dans le drain des fondations.
Flèche 3 : l'eau s'écoule dans le drain qui traverse le terrain sous-jacent.
Ces points seront repris dans « Pas à pas : drainage de la résurgence d'un écoulement d'eau », p. 157.

terrain pour le réaliser. Les anciens, qui ont aménagé les actuels terroirs agricoles, ont employé la pierre qu'ils y trouvaient. On peut alors parler de travail en autonomie avec les ressources locales. Les seuls matériaux du talus et de son proche environnement servent à son aménagement et à sa propre stabilité. La diversité, selon les terroirs, des murs bâtis en pierre sèche est issue de cette pratique de construction. Chaque talus représentant un cas unique avec des ressources spécifiques, le soutènement doit s'adapter à ces moyens. L'invention est alors de mise, elle donnera des murs dont la hauteur, la profondeur, la maçonnerie, le fruit, et d'autres facteurs encore varieront. Dans le cadre d'une restauration à l'identique ou d'une création dans le style du terroir, la clé de la réussite réside alors dans sa capacité à se mettre dans les mêmes conditions, à travailler avec les mêmes matériaux que ceux qui ont façonné le terroir et à retrouver la technique spécifique alors mise en œuvre. C'est pourquoi le tri des matériaux extraits est primordial. À la fin du terrassement,

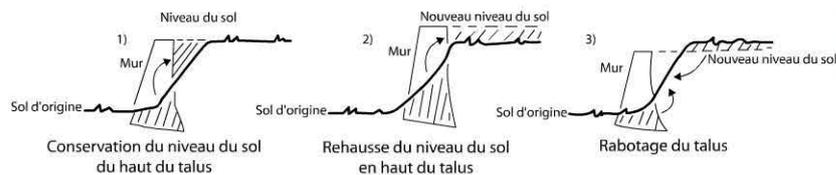


Figure 87
Conservation (1), réduction (2) ou rehausse (3) de la hauteur d'un talus selon les matériaux disponibles.

le muraillier doit se retrouver avec le mur et le sol en pièces détachées, prêts à l'assemblage.

Le tri des matériaux extraits conditionne alors le volume de maçonnerie réalisable et, par conséquent, influe sur la gestion de la hauteur du talus. C'est selon la proportion de pierres et de terre disponibles dans le sol qu'il est décidé de rehausser, de réduire ou de conserver le niveau initial du sol en surplomb (figure 87). Cela dicte l'emplacement du mur par rapport au talus, et donc l'endroit où il faut creuser.

S'il y a de la terre mais peu de pierres, la hauteur du mur sera réduite et, pour utiliser le trop-plein de terre, le mur sera autant que possible implanté plus en aval du talus. En revanche, si la proportion de pierres dépasse celle de la terre, il y a intérêt à augmenter le volume de la maçonnerie du mur afin de s'en débarasser. Celui-ci sera plus haut et la terre du terrassement utilisée en rehaussant le niveau du sol soutenu.

Trier et stocker la terre

La terre extraite est remontée au sommet du talus ; cela permet de dégager l'espace de travail autour du mur et de faciliter le remblayage. Selon les cas, la terre est transportée à l'aide d'une brouette, de seaux ou directement à la pelle (figure 88). Si nécessaire, elle est retenue par des fascines provisoires afin d'éviter qu'elle retombe et gêne le travail (figure 89).

Il faut veiller à ne pas mélanger les couches géologiques et à séparer la terre de surface, humifère³³, de la terre située plus profondément (figure 90). Pour cela, la terre extraite lors des travaux de terrassement est stockée en différents tas afin de respecter la hiérarchie de la bonne et de la mauvaise terre. Ces tas sont réservés jusqu'à la fin des travaux³⁴. Ils sont alors remis dans l'ordre afin de restaurer l'équilibre écologique du sol.

Trier et classer les pierres

Les pierres extraites au fur et à mesure du terrassement (ou du démontage d'un mur) sont stockées en tas distincts en fonction de leur taille et de leur forme. Chaque tas regroupe les pierres que leurs caractéristiques destinent à un usage spécifique dans le mur ; par exemple les blocs de fondation, les pierres de parement,



Figure 88
Terre remontée à la pelle.



Figure 89
Terre retenue sur le talus à l'aide de fascines³⁵.



Figure 90
Tas de terre noire, terre humifère, côtoyant un tas de terre extraite en profondeur, plus compacte et claire.

etc. C'est également ce qui détermine l'emplacement de ces tas sur le chantier. Les pierres sont réservées plus ou moins près en fonction des besoins.

Tri selon la grosseur

La pierre à bâtir est séparée du cailloutis (figure 105). Est considéré comme cailloutis, une pierre dont le volume est plus petit ou égal au poing. Ceux-ci sont stockés en tas implantés en périphérie de l'espace de tra-

33. Une terre humifère est riche en humus. L'humus est le résultat de la décomposition des matières organiques. Ce niveau du sol se caractérise par une couleur plus sombre et contient des débris végétaux souvent non décomposés.

34. Voir « Le retravalement », p. 128.

35. Les fascines sont ici réalisées avec les branchages taillés lors de la préparation du chantier. Les branches servent de piquets, ils sont plantés dans la pente. Le reste des branchages a été tressé autour de ces piquets afin d'aménager une retenue provisoire pour la terre.

Récupérer la bonne terre

La restauration d'un mur de soutènement en pierre sèche est l'occasion de récupérer de la terre d'une fertilité exceptionnelle. Elle se trouve au pied du mur, en grande quantité si des souches d'arbres sont en cours de décomposition. Il suffit de la récolter après en avoir enlevé les pierres. Cette terre est si fine et gorgée de matières organiques, qu'un râteau suffira à la regrouper (figures 91 et 92). Il faut éviter toutefois de la mélanger avec les couches de terre plus profondes. Elle peut être stockée et réutilisée ensuite pour amender et fertiliser votre jardin.



Figure 91
Grattez avec un râteau la couche supérieure du sol au pied du mur.



Figure 92
Regroupez la terre afin de la charger dans une brouette.



Figure 93
Terre réservée, pour amender et fertiliser son jardin.

Récupérer les végétaux avec leurs mottes

Il est possible de récupérer les végétaux enlevés lors du terrassement. Cela concerne en particulier ceux dont les racines forment une motte qui retient la terre comme, par exemple, les graminées. Réservez-les dans un endroit abrité et ombragé jusqu'au reterrassement, et vous les repiquerez à ce moment-là (figure 94).

Ils sont tout à fait adaptés aux conditions du sommet d'un mur et repartiront vite. Grâce à ces mottes, une couverture végétale appropriée recouvrira plus rapidement la terre remuée. Vous éviterez ainsi de laisser le sol à nu au niveau du haut du mur, ce qui contribuera à le stabiliser et à prévenir une infiltration précoce de terre dans le drain et la maçonnerie³⁶.



Figure 94
Les végétaux récupérés sont réservés jusqu'au reterrassement.

vail et de stockage. Ils serviront à la réalisation du drainage de la semelle du mur, au calage des pierres entre elles, et à la réalisation du drain entre le mur et le sol à retenir.

Il faut aussi mettre à part les pierres que l'on ne peut pas porter ou qui nécessitent un effort pour être soulevées, on les appelle des blocs. Ils sont destinés aux

fondations et au bas du mur. Utilisés en premier, ils sont stockés près de l'espace de travail. Certains blocs peuvent également être destinés au couronnement, dans ce cas ils sont portés en périphérie de l'espace de travail afin, d'une part, de ne pas être tenté de les utiliser dans le mur, d'autre part, de ne pas entraver les mouvements lors de la construction.

Les pierres particulières seront aussi mises de côté, par exemple, les pierres traversantes, celles qui permettent de monter un chaînage d'angle, de construire un arc de décharge ou un escalier volant³⁷.

Il ne reste alors que la pierre appelée couramment pierre à bâtir ou moellon que l'on peut stocker selon plusieurs méthodes. Nous en décrivons deux, celle du pierrier et celle des tas en vrac.

Tri selon la morphologie

Les pierres sont également réservées selon leur forme et l'utilité particulière qu'elles peuvent avoir dans la réalisation de la maçonnerie.

Les blocs sont triés selon leur futur usage : s'ils servent au couronnement, au parement ou au corps des fondations, s'ils sont utilisés comme pierres de traverse, pour monter un chaînage d'angle ou pour réaliser des marches. Les moellons, quant à eux, sont triés en deux catégories : ceux dont une face peut être installée en parement et les autres.

On distinguera encore les « pierres spéciales » qui peuvent varier selon la morphologie moyenne des pierres disponibles. Ces pierres, souvent rares, sont réservées à part afin de ne les utiliser que si c'est nécessaire. Ce sont les pierres en biseaux, les pierres plates, les lauzes, les pierres d'angle, etc. Il peut tout autant s'agir de moellons que de cailloutis de forme particulière destinés à caler les moellons entre eux³⁸.

36 . Voir « La protection du mur de soutènement », p. 78.

37. Voir « La maçonnerie des angles », p. 71, « Réaliser un escalier volant dans un mur de soutènement », p. 139.

38. Voir « Savoir regarder une pierre », p. 28.

Protéger les réseaux

Lors du terrassement, il faut tenir compte du passage des réseaux comme l'arrosage, l'électricité, les eaux usées (figure 95). Protégez-les de l'écrasement que le poids du mur peut exercer, enterrez-les le plus profondément possible, placez un linteau ou construisez un arc de décharge³⁹ (figure 96). L'aménagement terminé, les réseaux doivent être invisibles.



Figure 95
Lors du terrassement, pensez à faire passer les réseaux.



Figure 96
Adaptez votre ouvrage à leur présence.



Figure 97
L'aménagement terminé, les réseaux sont enterrés.

Stocker les pierres

Les pierres sont stockées à portée de main, mais en laissant un espace de travail dégagé. Un espace libre d'au moins 1,50 m entre l'aplomb du mur et l'aire de stockage des pierres est nécessaire pour le confort de travail et pour la sécurité.



Figure 98
Au fur et à mesure du travail de terrassement, récoltez les cailloutis dans un seau placé à vos côtés.

En différents tas

Cette méthode consiste à trier les pierres en tas, selon leur taille et leur forme (figure 102). Les pierres à bâtir sont alors divisées en trois tas au minimum : les petites pierres, allant de la taille d'une main à une taille un peu plus importante ; les pierres de taille moyenne ; et les pierres plus grosses. Vous pouvez aussi séparer chacun de ces tas en fonction de la possibilité d'utiliser les pierres en façade ou dans le corps du mur. Lors de la construction, vous n'aurez plus qu'à aller vous servir dans le tas correspondant à la taille de la pierre recherchée.

Dans des pierriers

Les pierres à bâtir sont stockées en un seul tas, un pierrier, qui a toutes les caractéristiques d'un futur mur (figures 103 et 104). Une façade est maçonnée avec les pierres possédant une face de parement et une bonne assise, et le reste des pierres est stocké à l'intérieur du mur ainsi délimité. Cette méthode présente un double inté-

rêt : la pierre ainsi stockée prend moins de place ; de plus elle permet de s'approvisionner en pierres déjà calibrées et triées selon les critères d'une bonne maçonnerie à pierres sèches.

Nous recommandons cette méthode aux novices dans l'art de maçonner. En effet, monter un pierrier est un excellent exercice de préparation à l'assemblage des pierres. Si l'on soigne son pierrier, le mur n'en sera que plus facile à construire.

Un pierrier pour dégager l'espace

Un pierrier peut aussi être utile pour ranger les pierres inutilisées lors d'un chantier, en réduisant l'espace nécessaire à leur stockage. Si vous aménagez un terrain très caillouteux et que vos projets de murs ne consomment pas la totalité des pierres disponibles, construisez un pierrier à l'emplacement qui vous dérangera le moins, afin de ne pas avoir à remuer les pierres une nouvelle fois.

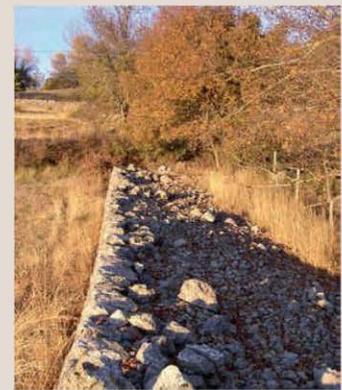


Figure 99
Ce mur pierrier est un moyen de stocker les cailloux issus des activités agricoles, sans empiéter sur la surface cultivable.

39. Voir « La construction d'un arc de décharge », p. 104.

Jeter des pierres

Lancer les pierres est le moyen le plus instinctif et le plus rapide pour les déplacer. Pour construire un mur, avoir des pierres ne suffit pas, il faut également tenir compte de la diversité de leur forme, de leur volume et de leur aspect. Quelques précautions sont à prendre lors de leur maniement, car même si la pierre symbolise la solidité, elle est fragile.

En les jetant, faites en sorte qu'elles atterrissent sur une surface où elles ne casseront pas, ne risqueront pas d'être ébréchées ou abîmées (figures 100 et 101). Ne jetez donc jamais une pierre sur une autre ou sur une surface trop dure. Dans le cas de pierres sédimentaires, évitez d'en abîmer le calcin⁴⁰, cela les fragiliserait. De manière générale, ne laissez pas le hasard casser les pierres, faites-le uniquement selon un besoin dicté par les nécessités de la construction du mur. Casser des pierres inutilement a également pour effet d'augmenter le volume de vos besoins en pierre à bâtir.



Figure 100
Ne jetez pas une pierre n'importe comment.



Figure 101
Visez là où elle ne risque pas de s'abîmer en retombant.



Figure 102
Pierres triées en tas selon leur taille.



Figure 103
Tas de cailloutis au premier plan, et pierres à bâtir extraites lors du terrassement et rangées en pierrier au fond, contre le mur.



Figure 104
Stockage en pierrier des pierres récoltées lors du débroussaillage d'un terrain.

Trier les pierres à la main

Lors du tri et du classement des pierres, il n'est pas toujours facile de décider si une pierre peut servir à bâtir, ou si elle doit être placée sur le tas des cailloutis. Servez-vous de votre main pour en juger, sa longueur sera votre repère. Les pierres, dont la taille se rapproche de celle de votre poing, iront sur le tas des cailloutis, celles qui auront l'envergure de votre main tendue pourront être maçonnées et rejoindre le tas des pierres à bâtir.



Figure 105
Triez les pierres selon la taille de votre main.

40. Le calcin est la partie oxydée d'une pierre calcaire au contact de l'air. Il forme une croûte dure qui s'épaissit au fil des ans. Il assure la protection et la cohésion de la pierre. Si on l'enlève, le calcin ne se reforme que très lentement.

Les fondations

Les fondations sont la clé de la stabilité de la totalité de l'ouvrage : elles en reçoivent le poids et répartissent les efforts. En ce sens, elles jouent un rôle crucial⁴¹ et doivent être très stables, particulièrement soignées et s'appuyer sur un sol bien préparé.

Charnière entre le sol et le mur, elles en forment la semelle. Les fondations doivent donc s'adapter tant aux particularités du terrain qu'à celles du futur mur. Pour qu'elles puissent jouer efficacement leur rôle, des règles de construction sont à respecter. Les techniques de fondations que nous allons développer ici sont valables pour tous les types de mur en pierre sèche (soutènement, clôture). Leur mise en œuvre varie cependant selon les terrains, les sols et les pierres à disposition⁴².

Règles constructives

Calcul du dimensionnement

Le but du calcul est de déterminer les dimensions au sol des fondations qui permettront une résistance du support supérieure à la charge que le mur va exercer sur lui. Ce calcul nécessite de prendre en compte divers facteurs tels que la nature du sol, sa pente, la taille et le poids de l'ouvrage.

Si on veut le faire mathématiquement, des équations sont nécessaires—nous ne les aborderons pas ici. Plusieurs autres méthodes de calcul simples et traditionnelles existent⁴³, elles ont fait leurs preuves pour des constructions de taille moyenne.

La règle la plus simple pour un mur de soutènement est celle du tiers, dite la règle du 1 pour 3 : la largeur au sol ne doit pas être inférieure au tiers de la hauteur totale du mur (figure 106). Bien qu'empirique et générale, nous nous en tiendrons à celle-ci. Cette règle ne s'applique pas aux murs dont la hauteur est inférieure à 1,20 m. Pour des murs de soutènement de faible

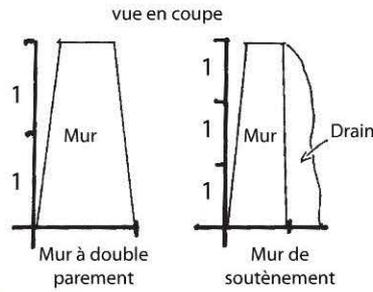


Figure 106
Proportion des murs : pour un soutènement, règle du 1 pour 3, pour une clôture, règle du 1 pour 2.

hauteur, prévoyez une largeur minimale de 40 à 50 cm pour être sûr que la profondeur est suffisante pour structurer votre maçonnerie.

Pour un mur de clôture, la largeur du mur au niveau des fondations doit être au moins de la moitié de la hauteur totale du mur. Là encore, pour une bonne mise en œuvre de la maçonnerie, cette largeur ne doit pas être inférieure à 50 ou 60 cm pour des murs de petite hauteur⁴⁴.

Choix et transport des pierres

Il est préférable de réaliser les fondations avec les plus grosses pierres, notamment celles que l'on peut uniquement rouler car les grosses pierres sont bien sûr difficiles à soulever et à placer plus haut dans le mur. Pour des raisons d'ordre technique, il est évident que les grosses pierres permettent une assise plus stable et plus apte à recevoir le poids du mur. Elles risquent moins de s'écraser et, par leur plus grande inertie, de riper.

Le transport des blocs de fondation nécessite beaucoup d'énergie, il faut donc ménager son dos car l'édification du mur ne fait que commencer. Il vaut mieux rouler les pierres et ne pas hésiter à utiliser une brouette.

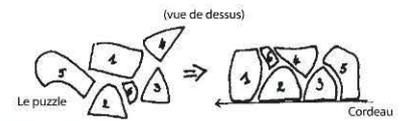


Figure 107
Le mur est un puzzle à trois dimensions.

Profitez de ces transports pour « sentir les pierres ». En les manipulant, cernez chacun des blocs. Identifiez leur face la plus stable, leur hauteur, ceux qui ont une belle façade, les possibilités qu'ils offrent de coïncider les uns avec les autres⁴⁵. Lors de cette appréhension des pierres et de leurs caractéristiques, commencez à assembler votre mur de façon mentale, comme vous le feriez avec les pièces d'un puzzle.

En effet, un choix judicieux et un positionnement bien senti éviteront de bouger plusieurs fois le même bloc, ou d'être ensuite contraint à la reprise par une taille fastidieuse. Cette anticipation doit donc vous conduire à positionner quasiment immédiatement, et de façon correcte, les blocs de fondation sans avoir trop à y revenir. Il faut donc essayer de développer une aptitude pour prendre du recul sur les pierres, autrement dit affiner ce « tour de main » et ce « coup d'œil » essentiel à toute maçonnerie à pierres sèches.

La préparation

Dès le creusement des fondations, l'écoulement des eaux doit être pris en compte. Il faut donc drainer leur assise. Sur roc, assurez-vous que l'eau ne peut pas stagner en aménageant des exutoires par lesquels elle s'évacue. Sur sol meuble, étalez sur le fond de la fouille un drain de petites pierres débouchant sur des exutoires. Ce drain est très important, il évitera au mur de rester les pieds dans l'eau. L'eau stagnante peut déstabiliser le sol sur lequel repose les fondations ou même, selon les régions, geler et déchausser le mur. Faites d'autant plus attention que les murs de soutènement sont drainants par nature : les eaux

41. « Le but des fondations est de transmettre les différentes charges de la construction au sol en évitant leur tassement. », (Massot, 1975).

42. Nous approfondirons deux cas particuliers : les fondations sur roc, p. 49, et celles sur un terrain meuble, p. 51.

43. Les modes de calcul traditionnels ont fait leurs preuves pour des murs ne dépassant pas 3 m de haut.

Des études au sujet du dimensionnement des murs en pierre sèche sont en cours, visant à en instaurer les règles de l'art (voir bibliographie, Villemus, 2004 et Colas, 2009).

44. Les dimensions indiquées varient selon la pierre utilisée, sa taille, sa forme, etc. Elles sont donc à adapter à votre projet.

45. Voir « Faire tourner la pierre », p. 31.

d'écoulement convergent par gravité vers leurs fondations.

Lors de la mise en place des blocs de fondation, il est impératif de tendre un cordeau⁴⁶. En effet, la taille et le poids des pierres utilisées, ainsi que leur position dans le mur ne permettent pas toujours de rectifier leur emplacement facilement. Le cordeau évite ainsi des erreurs d'alignement qui ne deviennent flagrantes que par la suite, lorsqu'il est trop tard pour les corriger.

La mise en œuvre

Les blocs sont rangés et bâtis en fonction de critères précis qui répondent aux exigences attendues des fondations.

La position au sol

Il faut soigner la stabilité propre de chacun des blocs. Premièrement, les blocs de fondation sont toujours posés à plat, et de la façon la plus stable qui soit, c'est-à-dire sur leur plus grande surface. Évitez donc de mettre les blocs sur chant. Une pierre mal positionnée peut s'enfoncer et entraîner un affaissement du mur.

Selon leur forme, il n'est pas toujours possible de faire reposer les blocs au sol sur toute leur surface. Dans ce cas, soit on enlève la partie qui ne touche pas le sol soit on cale le bloc, l'idéal étant alors de le stabiliser avec une seule pierre (figure 108).

La pierre qui sert de cale doit elle-même reposer à plat. Il est important d'obtenir une bonne coïncidence entre les deux surfaces de contact de la cale et du bloc afin de bien répartir le poids du bloc. Si ce n'est pas le cas, le bloc risque de bouger sous le poids du mur, et donc de l'affaiblir dès son fondement.

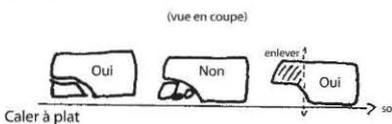


Figure 108
Caler une pierre à plat.

D'autre part, les blocs de fondation sont toujours placés en boutisse⁴⁷ afin de réduire la possibilité de renversement du mur.

Enfin, les blocs doivent être inclinés vers l'intérieur du mur. C'est pourquoi, dès la préparation des fouilles, le sol est creusé en oblique, plus haut en façade et plus bas dans le corps du mur⁴⁸. Cela évite le glissement du bloc de fondation sur le sol, et contrecarre la poussée que le poids du mur exerce sur lui. L'angle de l'inclinaison entraînera l'angle du fruit du mur (figures 109 et 110).

En donnant du fruit au mur, on réduit aussi les risques de renversement du mur vers l'avant. De plus, dans le cas d'un mur de soutènement, on renforce sa capacité à contrecarrer la poussée du sol.

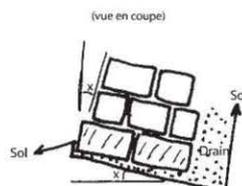


Figure 109
L'inclinaison des blocs de fondation d'un mur de soutènement.

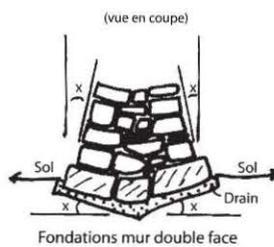


Figure 110
L'inclinaison des blocs de fondation d'un mur de clôture.

Le rapport des blocs entre eux

Dès la mise en place des blocs de fondation, le mur est également à concevoir dans son épaisseur. Faites en sorte que le

Fondations sur terrain en pente

Si votre mur suit une pente, vous devez aménager les fondations sur des marches. En effet, les pierres de fondation ne doivent pas être posées en oblique dans le sens de la pente. Elles doivent pencher vers l'intérieur de la pente, de la même façon qu'elles doivent également, dans le cas d'un soutènement, être inclinées vers l'intérieur du talus, comme nous venons de le voir.

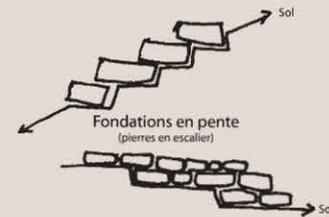


Figure 111
Implantation des fondations dans une pente.

volume des blocs remplisse au mieux l'espace laissé par ses voisins, non seulement en façade mais aussi dans le corps du mur. Pour cela, choisissez-les selon leur forme et n'hésitez pas à les tailler afin d'enlever les pointes ou excroissances qui empêchent la correspondance avec le bloc voisin.

Il est aussi très important de croiser les blocs dans le corps du mur, afin d'éviter les coups de sabre dans sa structure intérieure (figure 112).

Même si l'on choisit bien les blocs de fondation, il y aura toujours des espaces vides

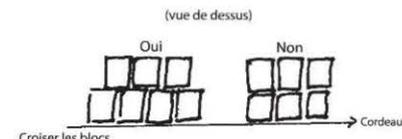


Figure 112
Croisement des blocs à l'intérieur du mur.

46. Voir « Installer un cordeau », p. 37.

47. Voir « Boutisse et panernes », p. 32.

48. Voir « Terrassement et préparatifs », p. 37.

entre leurs faces de joint – à moins de passer beaucoup de temps à les tailler. Ces espaces sont de deux sortes : ceux qui permettent l'insertion de pierres posées à plats et ceux dont la finesse rend les blocs presque jointifs. Pour les espaces remplis avec des pierres mises à plat, on parle de calage. Comme le poids du mur s'exercera également sur ces pierres, elles ne doivent pas créer d'éventuels points d'affaissement. Il est préférable de les prendre d'un seul tenant, comblant l'espace en une seule fois. Cependant, cela est souvent impossible : deux pierres, ou plus, peuvent être nécessaires pour remplir chaque espace. Celles-ci doivent aussi être posées à plat et calées sur toutes leurs faces. Il convient donc d'utiliser des pierres de plus en plus petites, ce qui a le double effet de combler les vides et de caler les différents éléments entre eux.

Pour les espaces presque jointifs, il est recommandé de claver une pierre là où les blocs se touchent⁴⁹ (figure 113).

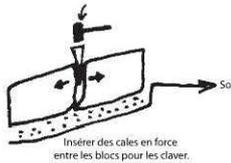


Figure 113
Claver les blocs de fondation.

On enfonce alors en force des pierres plates sur chant dans l'interstice. Cette finition a pour effet de relier les blocs entre eux, et de les rendre solidaires contre les poussées qui vont s'exercer.

Le lien avec la maçonnerie supérieure du mur

L'assise que représente le haut des blocs de fondation est très importante pour les rangs supérieurs de pierres qui formeront le mur. La hauteur est un critère à prendre en compte dans le choix des blocs, au

même titre que tous ceux déjà développés. En effet, organiser les blocs en tenant compte de leur hauteur permet de prévoir une assise sur laquelle il sera plus facile de reprendre le mur. Ils sont rangés de façon à ce qu'ils conservent la plus grande régularité possible, et que leur hauteur ne varie pas en dents de scie (figure 114). Cette assise, en laissant la possibilité de croiser les pierres, évitera de créer des coups de sabre.

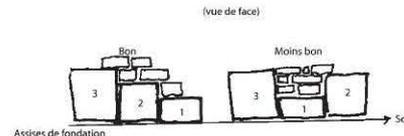


Figure 114
Assises de fondation.

Évidemment, les blocs dont on dispose ne sont généralement pas de la même hauteur. Ainsi, malgré le soin apporté au choix des blocs pour composer l'assise, des irrégularités apparaissent. Il est alors



Figures 115 et 116
Arase préparant le croisement des pierres au rang supérieur. Pierre croisée sur l'arase.

inutile d'égaliser les blocs en les taillant. Pour remédier aux irrégularités et éviter de fragiliser la structure du mur, il vaut mieux effectuer une arase au niveau de chaque décalage, afin de pouvoir croiser les moellons au plus tôt dans la reprise du mur (figures 115 et 116).

Assurez-vous aussi que les pierres du corps du mur ne soient pas plus hautes que celles de la façade, car cela obligerait à poser, sur le rang suivant, une pierre qui penche vers l'avant (figure 117).

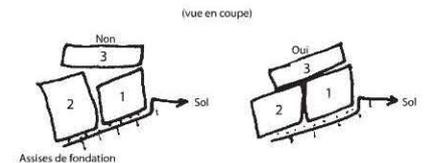


Figure 117
Le bloc du corps du mur ne doit pas dépasser le niveau du bloc en façade.

Si nécessaire, taillez et reprenez la surface du haut des blocs pour affirmer leur pente vers l'intérieur du mur, afin de donner du fruit aux pierres. Le même effet peut également être obtenu en calant le bloc par-dessous. Plus généralement, taillez et reprenez le haut des blocs pour les aplanir et enlever les imperfections, ou les décalages, qui pourraient déstabiliser la rangée suivante (figure 118).

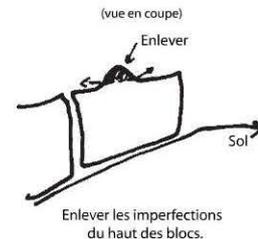


Figure 118
Préparation du haut des blocs de fondation.

49. Voir « Caler une pierre sur ses faces de joint », p. 60.

Fondations selon la particularité du sol

La gestion des fondations peut varier selon le terrain où l'on construit un ouvrage en pierre sèche. Nous retiendrons ici deux possibilités qui englobent la plupart des cas particuliers : les fondations sur roc et celles sur un terrain meuble.

Les fondations sur roc

Si vous pouvez atteindre la roche pour fonder votre ouvrage, celui-ci n'en sera que plus solide (figure 119). Cependant, il est préférable qu'elle ne soit pas trop profondément enfouie, car cela augmente la hauteur du mur et donc la quantité de pierres nécessaires.

Dans le cas d'un mur de clôture, il y a des fondations sur roc uniquement si la roche est présente là où vous avez décidé de positionner l'ouvrage. Le cas échéant, vous taillez la roche uniquement lorsqu'elle décrit une pente qui pourrait déstabiliser l'ouvrage.

En revanche, dans le cas de murs de soutènement, il est judicieux de « chercher la

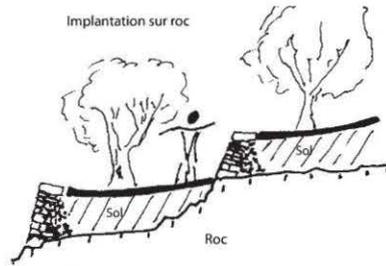


Figure 119
Implantation des fondations sur roc.

roche », même si cela dicte leur implantation dans la pente. Adaptez-vous ainsi au terrain en privilégiant les endroits où la roche affleure pour positionner les murs. Le dessin des murs est alors déterminé par la nature même de l'espace à aménager⁵⁰. Prendre en compte ces caractéristiques revient à se mettre dans la position des anciens aménageurs : ces paysans ont construit des pentes, pour les mettre en culture, en utilisant un outillage non mécanisé avec les matériaux offerts par leurs terrains⁵¹. Cette démarche peut constituer la clé d'un aménagement selon des critères

traditionnels, avec des proportions équilibrées dans le paysage et un aspect final esthétique et harmonieux.

La plupart du temps, la roche décrit une pente qui ne permet pas au mur une assise efficace à la première rangée de pierre : à plus ou moins long terme, cela ferait glisser la pierre et le mur s'affaisserait.

Quel que soit le type d'ouvrage, un mur de clôture ou un mur de soutènement, il faut donc préparer la roche pour baser correctement l'assise du mur. Cela consiste à creuser la roche afin d'aménager un socle prêt à recevoir l'ouvrage tout en lui donnant l'inclinaison nécessaire au fruit⁵² (figure 120).

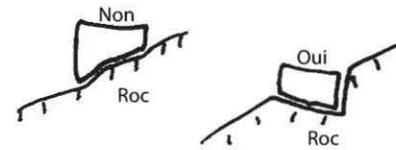


Figure 120
Implantation d'un bloc de fondations sur du roc.

50. À l'usage vous remarquerez qu'un tel choix procure une économie de terrassement et de transport de terre.

51. On parle à leur propos de « faiseurs de champs ».

52. Voir page suivante.



PAS À PAS

Les étapes des fondations sur roc

Outils : pioche, barre à mine, têtou ou autres outils de taille, balai de cantonnier (il est aussi possible d'utiliser un marteau-piqueur mécanique)
Niveau de l'étape dans la construction du mur : fondations

Selon l'endroit où le mur est construit, on peut être amené à l'assiser sur le roc. Même s'il n'y a alors pas de problème de tassement de sol, un minimum de préparation reste nécessaire. Nous allons aborder ce travail préparatif avec un chantier portant sur la création d'un mur de soutènement assisé sur le roc.

Terrasser

Décapez la roche, enlevez la terre et le cailloutis jusqu'à atteindre la roche (figures 121 et 122).

Matérialiser l'emplacement du mur

Tendez ensuite un cordeau pour repérer où le mur passera, et pour éviter de creuser plus que nécessaire (figure 123).



Figure 121
Décaissez.



Figure 122
Dégagez la roche.



Figure 123
Avant de creuser, matérialisez l'emplacement du mur à l'aide d'un cordeau.

Creuser l'assise du mur

Commencez par enlever toute la partie friable du roc avec une barre à mine, une pioche ou des outils de taille comme le têtou ou le burin (figures 124 et 125). Selon la qualité de la roche, le travail est plus ou moins fastidieux (figures 126 et 127). Néanmoins, il est préférable d'enlever systématiquement cette couche de roche car elle peut se révéler trop fragile pour supporter le poids du mur.

Préparez ensuite l'assise du mur en creusant le roc afin d'y aménager un plan légèrement incliné en contre-pente vers la colline. Au fur et à mesure des travaux,



Figure 124
La roche mise à nue.



Figure 125
Attaquez la roche avec une barre à mine.



Figure 126
Le travail est plus ou moins long et difficile selon la nature de la roche.



Figure 127
Ici la roche se délite en cailloutis.



Figure 129
Creusez l'assise en vérifiant votre travail à l'aide d'un cordeau tendu.



Figure 131
Pose d'un bloc de fondation.

nettoyez l'assise pour vérifier la pente (figure 128). Si le cordeau vous gêne, enlevez-le, mais retendez-le régulièrement afin de ne pas creuser inutilement (figure 129). L'inclinaison en contre-pente ainsi obtenue donnera le fruit du mur⁵³ (figure 130).

Poser les fondations

La première rangée de pierres est posée sur cette assise, légèrement inclinée vers l'intérieur afin d'assurer le fruit et la stabilité du mur (figure 131). Contraire-



Figure 128
Nettoyez régulièrement pour voir l'avancement.



Figure 130
La préparation du plan incliné destiné à recevoir le mur est achevée.



Figure 132
Le mur repose directement sur la roche ainsi creusée.

ment aux fondations sur terrain meuble, il n'est pas posé de drain sur l'assise du mur (figure 132) : les cailloutis le composant seraient autant de petites billes sur lesquelles les pierres de fondation pourraient rouler.

Fondations sur terrain meuble

Sur un terrain meuble, comme c'est le cas pour notre mur de référence⁵⁴, vous pou-

vez aussi construire un mur solide. Les fondations d'un mur en pierre sèche n'ont pas à être très profondes, elles doivent surtout reposer sur le bon sol. Il s'agit d'atteindre, lors du décaissage, le niveau du sol qui sera suffisamment stable et tassé pour résister au poids du mur⁵⁵. Procéder ainsi prévient l'affaissement du sol sur lequel repose le mur, et évite le tassement du bas de sa structure – désordre qui peut gagner toute la maçonnerie, ou alors affaiblir le mur à plus ou moins longue échéance⁵⁶.

53. Voir « Terrassement et préparatifs », « Décaisser », p. 37.

54. Voir « Restaurer un mur de soutènement », p. 85.

55. Voir « Terrassement et préparatifs », et « Décaisser », p. 37.

56. Voir « Restaurer et entretenir », p. 173.

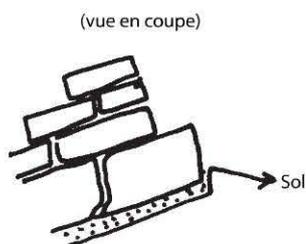


Creuser de 20 à 40 cm suffit la plupart du temps, en dehors de cas particuliers comme des murs très hauts ou des terrains instables. Sur certains terrains très compacts, il n'est même pas nécessaire de creuser si profond. Là encore, s'adapter au lieu demande de la réflexion, du bon sens, et si possible une bonne observation de ce qui s'est fait dans les environs du chantier, dans les mêmes conditions.

Une fois la fouille effectuée, il faut en damer le fond. Si le terrain n'est pas naturellement drainant, étalez une couche de cailloux ou de gravier afin de permettre le drainage du bas du mur (figure 133).



Figure 133
Dispositif de drainage de l'assise d'un mur sur terrain meuble.



Faire dépasser les blocs de fondation pour augmenter la surface de portage.

Figure 134
Avancée de la première pierre de fondations sur terrain meuble.

Récupérer les eaux d'écoulement

En creusant le roc pour y installer vos fondations, vous pouvez créer des « réservoirs » dans lesquels les eaux de ruissellement vont rester. Ne leur laissez pas la possibilité de stagner et aménagez des évacuations afin qu'elles puissent s'écouler. Si ce n'est pas fait, votre mur en sera fragilisé. Par contre, à l'exemple des usages traditionnels, vous pouvez tirer parti de ces écoulements d'eau en les récupérant et en les canalisant vers une citerne.

En posant ce drain, respectez la pente prévue pour le fruit lors du décaissage.

Une fois le drain étalé et compacté, on peut alors poser les premières pierres. De la même façon que pour un mur sur roc, on donne aux blocs une inclinaison vers l'intérieur du mur (figures 109 et 110, p. 47). De plus, il est recommandé de faire dépasser jusqu'à 20 cm les premières pierres par rapport à l'aplomb du mur (figures 134 et 135).

Ce positionnement en déport du premier rang de pierre a pour but d'augmenter la surface sur laquelle s'exercera le poids du mur afin de répartir sur une plus grande surface sa charge au sol.



Figure 135
1. Sol ; 2. Cordeau donnant l'aplomb du mur ; 3. Blocs de fondation en déport.
En terrain meuble, les pierres de fondations dépassent de l'aplomb du mur.





Maçonnerie à pierres sèches

Ce chapitre présente de façon théorique les techniques constructives et les règles de l'art de la maçonnerie à pierres sèches. Les gestes du mûrailleux sont repris en images pour analyser les constructions. Seront abordées les techniques en pierres croisées, en pierres clavées, la

maçonnerie du couronnement, et les particularités d'un mur de soutènement et d'un mur de clôture. L'illustration permet de suivre étape par étape les gestes du maçon pour maçonner à pierres sèches dans les règles de l'art au travers de différents types d'ouvrages.

Construire en pierre sèche consiste à maçonner en posant des pierres en équilibre les unes sur les autres, avec la plus grande stabilité possible. En maçonnerie traditionnelle, un tel empilement de pierres est solidifié avec du mortier qui lie les pierres entre elles.

Pour parvenir aux mêmes fins, le maçon travaillant la pierre sèche fait uniquement appel à la pierre elle-même. Il se sert du propre poids de celle-ci, ainsi que du poids de la structure où elle est employée. Il anticipe également les forces qui vont s'exercer sur l'ouvrage terminé. Construire ainsi suppose de respecter certaines règles de construction afin d'assurer la pérennité de l'ouvrage. Il faut cependant rester souple, accepter tous les moyens permettant d'obtenir un tel équilibre ; ceux-ci dépendent essentiellement de la morphologie de la pierre employée. C'est pourquoi aucune règle, aucune technique n'est générale, elle demande toujours à être adaptée, voire détournée.

Lors de la construction, les pierres étant posées une par une, le murailleur doit appliquer à chacune d'elles les règles de construction qui prévalent dans cette technique. C'est en effet au moment de la pose de chaque pierre que se joue la cohésion globale du mur.

Afin de vous guider dans votre pratique, nous allons nous attacher à décrire ces règles essentielles. Nous commencerons par détailler les principes généraux qui ont trait à la pose de chaque pierre, quelle qu'elle soit. Les conséquences de ces règles sur la globalité de l'ouvrage seront également développées.

Nous décrivons ensuite les règles spécifiques, liées à la place et à la fonction de certaines pierres particulières (pierres de parement ou de traverse...).

Les règles de construction en pierres croisées

Quels que soient la pierre et l'endroit où elle est positionnée dans le mur, la recherche d'équilibre lors de sa pose se résume en quatre règles fondamentales :

- la règle du croisement. Elle permet la répartition du poids et des forces qui lient les pierres les unes aux autres ;
- la règle de l'assise. Elle assure l'appui d'une pierre sur le rang inférieur et sa préparation pour le rang supérieur ;
- la règle du blocage. Elle utilise la stabilité de chaque pierre pour tenir et bloquer les pierres entre elles ;
- la règle du fruit. Elle joue sur la répartition du poids des pierres. En donnant une inclinaison aux pierres, le fruit optimise et dirige leur force.

Le croisement des pierres

Lors de la pose d'une pierre, on dit qu'une pierre « croise » lorsqu'elle est placée à cheval sur les faces de joint¹ des pierres sur lesquelles elle repose. Au contraire, on dit qu'elle ne « croise pas » si ses faces de joint s'inscrivent dans la continuité des faces de joint des pierres du dessous, contribuant ainsi à créer un « coup de sabre » (figures 1 et 2).

Croiser les pierres assure, d'une part, une bonne répartition du poids et, d'autre part, la création d'une structure où chaque pierre se trouve imbriquée, bloquée, comme tissée avec toutes les autres.

La répartition du poids

Chaque pierre pèse de son propre poids, ainsi que du poids qui s'exerce sur elle.

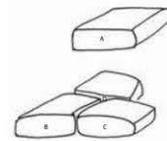


Figure 1
Comment poser la pierre A sur les pierres B, C et D en respectant la règle du croisement ?

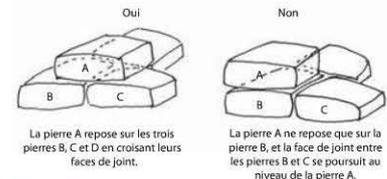


Figure 2
À gauche, la pierre A est posée en croisant, à droite, elle crée un coup de sabre.

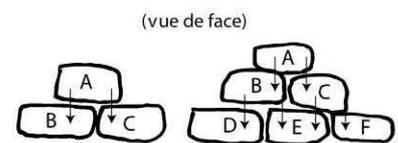
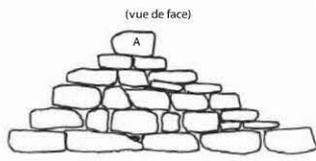


Figure 3
L'assise sur laquelle reposent les pierres s'agrandit au fur et à mesure que le mur monte.

Ce poids, transmis par une pierre, se répartit sur les pierres sur lesquelles elle repose. Au fur et à mesure que le mur monte, cette répartition du poids permet donc d'agrandir l'assise sur laquelle chaque pierre repose. Ainsi sur la figure 3, la pierre A, en croisant sur les pierres B et C, répartit son poids entre elles. Et la répartition se poursuit lorsque B et C croisent également sur les pierres inférieures. Grâce au croisement, la pierre de couronnement pèse sans rupture sur un grand nombre de pierres jusqu'aux fondations (figure 4).

1. Notion abordée dans « Savoir regarder une pierre », p. 28.



Pierres sur lesquelles le poids de la pierre A repose et se répartit grâce à la règle du croisement.

Figure 4
La pierre de couronnement pèse sans rupture sur un grand nombre de pierres jusqu'aux fondations.

La création de la structure maçonnée

L'enjeu d'une telle répartition du poids est son utilisation comme agent de liaison des pierres. En croisant systématiquement les pierres, tant en façade que dans le corps du mur, la répartition du poids de chaque pierre crée une structure où chacune est solidarisée dans le mur par le poids de toutes les pierres qui s'exerce sur elle (figure 5).

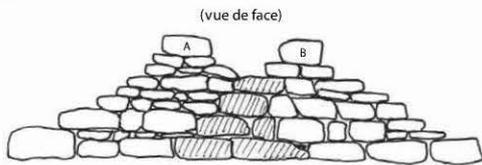
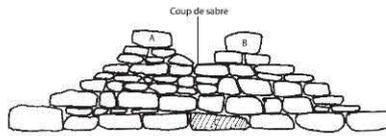


Figure 5
Les pierres A et B pèsent ensemble sur les pierres hachurées.

Le maillage ainsi réalisé lie et maintient les pierres les unes aux autres. En revanche, si les pierres ne sont pas croisées correctement sur plusieurs niveaux, une rupture nommée coup de sabre fractionne la structure du mur (figures 6 et 7).

Cette structure, créée par le croisement des pierres et la répartition de leur poids, peut être observée sur des vestiges de vieux murs. Une pierre plus lourde continue à retenir la maçonnerie sur laquelle elle pèse, alors que le reste du mur a disparu, ainsi la pierre notée A sur les figures 8 et 9



La pierre C est la seule à recevoir le poids des pierre A et B.

Figure 6
Un coup de sabre crée une rupture dans la structure du mur.



Figure 7
Coup de sabre en parement.

continue à retenir la maçonnerie sur laquelle elle repose et pèse.

Il est essentiel de tenir compte de la forme et du volume des pierres pour parvenir à réaliser une telle structure. Le murailleur doit s'adapter à la pierre utilisée (figure 10). Pour suivre la règle du croisement, il peut décider de reprendre les pierres par une taille minutieuse afin de les formater et de leur donner le volume idéal, ou au contraire les utiliser telles quelles et rechercher la pierre qui convient le mieux.

L'assise

On nomme « assise d'une pierre » la surface sur laquelle elle repose. L'assise est toujours double car elle est réalisée par la mise en rapport de deux surfaces : d'une part, les faces supérieures des pierres déjà maçonnées, et,



Figure 8
Vue de face.



Figure 9
Le même mur vu de profil.

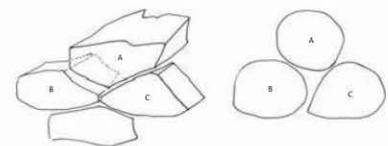


Figure 10
La règle du croisement vaut pour toutes les formes de pierre.

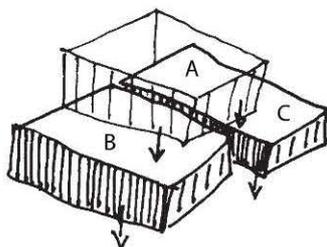
d'autre part, la face inférieure de la pierre que l'on y dépose. Ce rapport est important à plusieurs titres : il compose l'assiette sur laquelle repose la pierre, et détermine ainsi sa stabilité ; c'est également de lui que dépend la possibilité de croiser et de créer la structure définie plus haut².

2. Par extension un rang de pierres est également nommé une assise, et un mur dont les rangs sont composés de pierres de la même hauteur est dit maçonné selon des assises régulières.

Assurer la stabilité

Une bonne assise assure l'assiette et la stabilité d'une pierre. En effet, les pierres doivent être non seulement stables, mais la force qu'exerce leur poids doit être également contrôlée afin de ne pas déséquilibrer les pierres alentour (figure 11). Pour cela, les pierres sont posées à plat sur toute leur face d'assise, la plus grande partie de leur volume, bien insérée dans le corps du mur, reposant de façon stable dans la maçonnerie³.

Une pierre posée de façon instable peut donner l'impression d'être calée par le poids du mur qui l'englobe. Cependant, à long terme, elle introduit une faille qui déstabilise la totalité de la structure. Il est donc impératif de vérifier, lors de la pose de chaque pierre, qu'elle ne balance pas sur les pierres du rang inférieur⁴.



La pierre A repose à plat sur les pierres B et C.

Figure 11
L'assise doit permettre à la pierre posée à plat de peser de façon stable sur les pierres du dessous.

Les points d'appui

Contrairement à la maçonnerie traditionnelle qui utilise le liant pour créer une surface d'assise parfaitement jointive, en maçonnerie à pierres sèches, l'assise est assurée par des points d'appui. Chaque pierre repose alors sur au moins trois points, les plus larges possibles. Ces points d'appui doivent être équilibrés et bien distribués, tant sur les pierres du dessous que

sur la surface d'assise de la pierre installée. Ainsi, la pierre posée touche chacune des pierres sur lesquelles elle repose. Ces appuis lui permettent de reposer à plat, de façon franche et stable.

Permettre le croisement

Une pierre ne croise que si son assise le permet. Préparer l'assise destinée à recevoir la pierre du rang supérieur, tout en lui permettant de croiser, nécessite donc une anticipation lors de la pose des pierres inférieures. Cette préparation est plus ou moins difficile selon la forme des pierres à maçonner. Le cas le plus simple est celui des pierres plates (pierres dont les deux faces d'assise sont plates et parallèles). Préparer l'assise consiste dans ce cas à installer au même niveau les faces d'assise supérieures de deux pierres, niveau sur lequel croquera la pierre supérieure⁵.

Au contraire, si les pierres sont de forme moins régulière, la préparation de l'assise diffère selon les pierres disponibles, la possibilité de les caler, de les tailler, ou tout simplement de les choisir. Cette préparation consiste alors à reproduire en négatif le profil de la face d'assise de la pierre à installer (figure 12). Une bonne assise permettant de croiser dépend donc autant de la préparation des assises que du choix (et éventuellement de la taille) de la pierre posée.

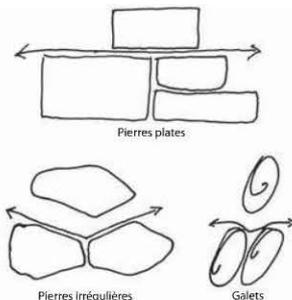


Figure 12
La surface d'assise permet le croisement et la stabilité des pierres (vue de face).

Caler une pierre sur sa face d'assise

Caler une pierre sur sa face d'assise permet de lui offrir une assiette stable et de faire en sorte qu'elle repose bien à plat sur son appui. Un calage d'assise bien réalisé permet de répartir le poids qui s'exerce sur une pierre sans la déstabiliser, et sans qu'elle déstabilise la maçonnerie sur laquelle elle repose.

Choisir une cale qui s'inscrit dans l'espace vide entre la pierre et son assise n'est pas facile. La difficulté réside dans l'estimation de la forme et du volume de la cale la mieux ajustée, cet espace étant partiellement caché.

Cette estimation peut se faire en glissant la main sous la pierre (figure 13).



Figure 13
La main glissée sous la pierre permet d'estimer l'épaisseur, la profondeur et le volume de l'espace à caler.



Figure 14
Ces indications aident à choisir la cale.

3. Voir « Boutisse et panneresse », p. 32.

4. Voir « Vérifier la stabilité d'une pierre lors de sa pose », p. 59.

5. Voir « Respecter l'assise d'une pierre », p. 112.

(suite)

Cela donne des indications sur l'épaisseur, la profondeur et le volume de l'espace à caler, et donc de la cale à trouver).



Figure 15
Pose de la cale.

Vérifier la stabilité d'une pierre lors de sa pose

Lorsque vous posez une pierre, vous devez en vérifier la stabilité avant de poser la suivante. Pour cela, deux gestes sont à faire systématiquement.

Le premier geste permet de vérifier la bonne assise de la pierre. Il simule les pressions que va exercer le reste du mur sur elle. Cela détermine ainsi si la pierre est bien calée et si elle ne balance pas. Posez la paume de votre main à plat sur le dessus de la pierre et exercez une pression ponctuelle sur chacun de ses bords (figures 16 à 20). Si la pierre accompagne une de ces poussées, vous devez la reprendre : soit en la calant soit en enlevant ce qui la fait balancer.

Le second geste permet de s'assurer de la stabilité de la pierre et de sa solidarité avec les pierres voisines. Posez la paume de votre main ouverte sur la pierre en exerçant une franche poussée verticale de toute votre main, doigts compris. Puis essayez alors de tourner votre main, comme si vous vouliez entraîner la pierre dans un mouvement de rotation dont l'axe serait le centre de votre paume (figure 21).



Figure 16
Plaquez la main solidement sur la pierre.



Figure 19
La pierre ne doit pas bouger sous les pressions...



Figure 17
Appuyez fort sur un de ses bords.



Figure 20
... ni faire bouger les autres pierres.



Figure 18
Faites de même sur les trois autres bords.



Figure 21
Tester la stabilité de la pierre.

(suite)

Non seulement la pierre ne doit pas accompagner votre mouvement, mais aucune pierre ne doit bouger autour d'elle. S'il y a déplacement, les raisons peuvent être multiples : le calage est instable ou trop fragile, les points de contact avec les pierres du dessous sont insuffisants ou déséquilibrés, une « bosse » déstabilise la pierre, une ou plusieurs pierres du rang inférieur peuvent avoir bougé.

Ce dernier geste peut être adapté en utilisant les deux mains pour des pierres de volume plus important, l'une et l'autre main essayant de faire bouger la pierre afin de tester sa résistance.



Figure 22
Pour des pierres plus grosses, testez leur stabilité à deux mains.

Par ces deux gestes, vous vous assurez de la qualité de votre travail pierre après pierre.

Vous pouvez également vérifier tout au long de la construction la stabilité des pierres posées en marchant sur le mur. En effet, une fois le rang de pierres de façade terminé et le corps du mur achevé, il doit être possible de marcher dessus sans qu'aucune pierre ne bouge.

Vérifier l'assise à la main

La main, mieux que l'œil, est un bon outil pour vérifier que la pierre posée assure une bonne surface d'assise aux pierres du rang à venir. Cette assise est nécessaire pour permettre aux pierres de croiser. Pour la vérifier, aplatissez la paume de la main à la jonction entre deux pierres (figures 23 et 24). Toute différence de niveau sera ressentie immédiatement. Ce geste permet aussi de localiser les défauts ponctuels qui pourraient gêner la pierre supérieure. Vous pouvez alors les reprendre avec des outils de taille, sans attendre que la pierre supérieure soit choisie.



Figure 23
Lors du choix d'une pierre, il faut anticiper l'assise qu'elle va former pour le rang supérieur.



Figure 24
La main permet de vérifier la qualité de l'assise.

Caler une pierre sur ses faces de joint

On appelle « faces de joint » les faces verticales de la pierre prises dans la maçonnerie. Pour éviter toute possibilité de jeu entre les pierres du mur, ces faces doivent être jointives avec les pierres voisines. Si elles ne le sont pas, comblez le vide à l'aide de cales.



Figure 25
La cale.



Figure 26
La cale est installée.



Figure 27
Toutes les faces de joint sont calées sans exception.

Le blocage

Cette troisième règle complète celles que nous venons d'aborder. Il s'agit de s'assurer que chaque pierre est bien calée et accolée à toutes ses voisines, afin d'éviter tout jeu qui lui permettrait de travailler individuellement sous l'effet de poussées quelconques. En effet, en croisant les pierres et en portant attention à leur assise, le maçon utilise et canalise les forces verticales que les pierres exercent par leur poids, dans le but de leur assurer une stabilité et de les lier dans une même structure. De ces deux règles résulte un blocage des pierres, principalement sur leurs deux faces d'assise. Or, les pierres doivent également être bloquées sur les faces de joint, afin d'éviter qu'un espace laissé vide permette à une pierre de glisser ou de riper latéralement.

Le blocage assure donc un calage latéral des pierres. Il peut être obtenu de plusieurs façons : en choisissant des pierres dont les faces de joint sont bord à bord, en taillant les pierres pour qu'elles le soient, ou encore en calant les faces de joint lorsque celles-ci ne sont pas jointives. Le calage est alors réalisé avec des pierres intermédiaires positionnées entre les faces de joint afin de combler les vides⁶.

Le fruit

« Donner du fruit » à une pierre consiste à la poser en donnant à sa face de parement un angle plus ou moins affirmé par rapport à la verticale. Cela a pour effet de donner un angle par rapport à l'horizontale à ses faces d'assise, le « pendage » (figures 28 et 29). Le fruit a plusieurs fonctions : il prévient le renversement du mur et distribue le poids des pierres vers l'intérieur du mur.



Figure 28
En façade, le fruit d'un mur donne l'impression qu'il penche.

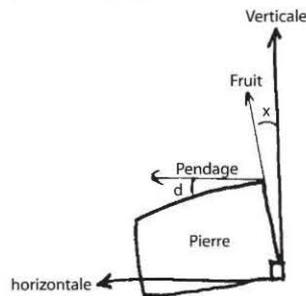


Figure 29
Pierre posée selon la règle du fruit.

Prévenir le renversement du mur

Une maçonnerie à pierres sèches doit résister aux mouvements et évolutions de sa propre structure, lorsque celle-ci est confrontée aux poussées qui s'y exercent et aux déformations que son propre poids entraîne. Le fruit, qui donne à chaque pierre une inclinaison vers l'intérieur du mur, a pour effet d'ancrer celle-ci sur son assise d'une façon particulière : le poids de la pierre est non seulement dirigé vers l'intérieur du mur, mais son positionnement est tel qu'elle ne peut pas riper sur son assise et glisser hors du mur.

Au niveau de l'assise des fondations, le fruit prévient également le tassement du sol à l'avant des pierres. Un tel tassement pourrait entraîner le glissement vers l'avant des pierres de fondation, et créer les conditions du renversement du mur.

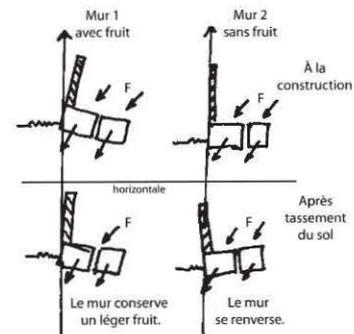


Figure 30
Évolution d'un mur sous l'effet de poussées (vue en coupe).

Distribuer le poids vers l'intérieur du mur

Une pierre à laquelle on donne du fruit ne repose plus à l'horizontale mais selon un angle qui permet à son centre de gravité de peser plus loin vers l'intérieur du mur (figure 31). Ce dernier aspect a des répercussions différentes selon qu'il s'agit d'un mur de clôture ou d'un mur de soutènement.

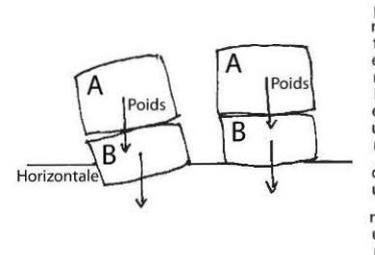


Figure 31
Quand les pierres sont posées avec du fruit, la force exercée par leur poids se rapproche de l'intérieur du mur.

6. Voir « Tailler une pierre », p. 68, et « Caler une pierre sur ses faces de joint », p. 60.

Dans le cas d'un mur de clôture, le fruit donné à chacun des parements leur permet de reposer l'un contre l'autre. De l'équilibre entre ces deux forces, qui appuient l'une sur l'autre, naît une solidité plus grande. La lettre F sur la figure 32 indique, pour le mur à double parement, la force résultant du fruit des pierres.

Dans le cas d'un mur de soutènement, le fruit donné au parement et au corps du mur permet de mieux contrecarrer la poussée des terres du talus. Sur la figure 32, G représente la force exercée par le poids du mur. F indique, pour le mur de soutènement, la résultante des forces de poussée du sol.

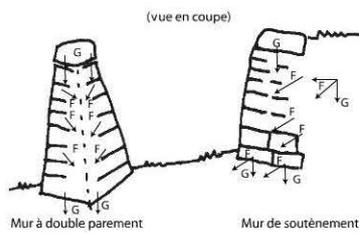


Figure 32
Forces s'exerçant sur les murs.

Pour résumer

Chaque pierre doit :

- croiser ;
- poser sur une bonne assise ;
- permettre une assise stable aux pierres du rang supérieur ;
- être bloquée sur toutes ses faces ;
- décrire un angle avec l'horizontale afin de lui permettre de mieux recevoir et redistribuer les forces qui s'exercent sur elle.

C'est l'application, pierre après pierre, de toutes ces règles qui détermine une structure appelée « appareil ».

L'appareil

La déclinaison des formes que peuvent prendre les pierres est très variée. Cependant, de chaque terroir, de chaque veine de roche, se dégage une certaine unité qui résulte de l'histoire géologique particulière du lieu où sont extraites les pierres. Elle se traduit par



Figure 33
Mur en plaques de schiste (Haute-Corse).

la taille, la forme, la texture et la couleur des pierres. Pour réussir à créer la structure adéquate avec les pierres dont il dispose, le murailleur adapte son geste à ces caractéristiques. Il réalise ainsi un enchevêtrement toujours particulier, qui naît des contraintes de la construction et de la forme des pierres. L'appareil est alors le résultat des solutions choisies par le maçon pour adapter la forme des pierres disponibles à toutes les règles de construction vues plus haut. Le mur terminé, l'appareil, visible en parement, témoigne de l'assemblage des pierres entre elles lors de la construction (figures 33 à 38, quelques exemples d'appareil).



Figure 35
Mur en moellons bruts de calcaire (Haut-Var).

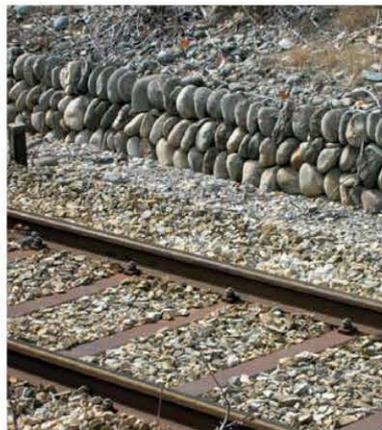


Figure 34
Mur en galets (vallée de la Durance).



Figure 36
À gauche, mur appareillé en moellons bruts de calcaire et, à droite, mur appareillé en moellons de calcaire taillés (Bouches-du-Rhône).



Figure 37
Mur en moellons de calcaire appareillés de façon aléatoire (Alpes-Maritimes).



Figure 38
Mur en blocs de calcaire taillés (Alpes-de-Haute-Provence).

Le parement

Le parement est la face visible du mur. Tous les murs ont deux faces, cependant un mur de clôture a deux parements tandis qu'un mur de soutènement n'en a qu'un seul. La face du mur de soutènement qui n'est pas visible ne demande pas le même soin, il est possible d'y laisser des pierres dépasser (figure 39). En effet, l'alignement du parement n'est pas structurellement nécessaire à la solidité du mur, il s'agit véritablement d'un impératif purement esthétique⁷.

Les pierres dites de parement sont les pierres dont une face reste apparente en



Figure 39
Mur de soutènement vu en coupe. A est la face de parement, B la face arrière du mur.

façade une fois le mur construit. Elles arrêtent le mur. Sans déroger aux règles vues plus haut, leur pose demande une attention supplémentaire. Leurs faces doivent être alignées, et c'est l'aspect final soigné de cet alignement qui confirme la dextérité du bâtisseur.

Pour parvenir à réaliser le parement, le choix des pierres est primordial. Deux conditions déterminent si une pierre peut être installée en parement : premièrement, la pierre présente une face de joint relativement plate et lisse pour s'inscrire dans le plan du parement; deuxièmement, cette face de joint décrit un angle correct avec ses faces d'assise afin de pouvoir être dressée sans que la pierre soit déstabilisée (figures 40 et 41).

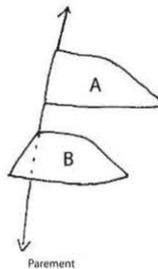


Figure 40
La pierre A s'inscrit dans le plan du parement et a une bonne assise, ce qui n'est pas le cas de la pierre B (pierres vues en coupe).

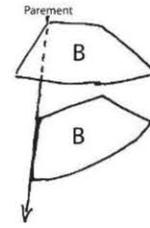


Figure 41
Si l'on aligne la face de joint de la pierre B sur le parement, son assise n'est plus correcte (pierre vue en coupe). Il faudrait la tailler.

Pour des raisons de facilité, la construction commence toujours par la mise en place des pierres de parement. En effet, l'alignement les rend plus difficile à choisir que les autres pierres. Ce n'est qu'une fois ces pierres disposées en façade que les pierres du corps du mur sont installées.

Vérifier l'alignement d'une pierre en façade

Pour régler l'alignement d'une pierre en façade, vous pouvez, comme pour les gestes de vérification de l'assise des pierres, utiliser la paume de la main. En plaquant celle-ci à cheval sur plusieurs pierres, vous ressentirez les différences d'alignement et cela vous guidera pour affiner le positionnement de la pierre.



Figure 42
Posez la paume à plat sur plusieurs pierres pour vérifier leur alignement.

7. Toutefois un parement lisse et plat peut permettre un meilleur glissement des eaux de pluie. C'est une fonction non négligeable pour les pierres tendres soumises à l'érosion et exposées à la pluie.

(suite)

Ce geste ne vous empêche pas de vérifier plus précisément l'alignement d'une pierre en façade. Pour cela, vous pouvez utiliser l'œil et, bien entendu, le cordeau (figure 43). Il est conseillé de prendre très souvent du recul pour regarder le mur et repérer les pierres qui ne sont pas correctement alignées. Ceci permet de les reprendre avant que trop de poids ne repose sur elles.



Figure 43
Vérifiez également l'alignement à l'œil et, si possible, au cordeau.

Le corps du mur

Les pierres du corps du mur s'adaptent aux pierres placées en parement. Elles doivent autant que possible les bloquer par leurs faces de joint, mais également poursuivre leurs assises, afin que les pierres du rang supérieur puissent croiser et avoir du fruit⁸, ce qui a pour effet de déterminer leur hauteur (figure 44).

Le corps du mur poursuit l'arrière du parement jusqu'à l'autre face du mur, on parle alors de remplissage. Même s'il n'est plus visible une fois le mur achevé, il demande autant de soin que le parement et doit respecter toutes les règles décrites plus haut pour chacune des pierres qui le composent. Il est indispensable dans un mur en pierre sèche (figure 45).

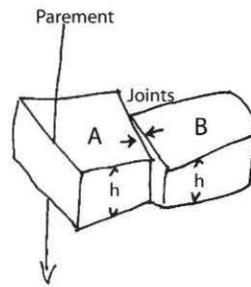


Figure 44
Les pierres A (en parement) et B (dans le corps du mur) sont jointives et leur hauteur (h) permet de croiser au rang supérieur.



Figure 45
Ce mur n'est composé que d'une seule rangée de pierres en façade. Il n'a pas de corps de mur. Il n'est pas bien construit et ne tiendra pas longtemps.

Les pierres traversantes

Placer une pierre de la largeur du mur

Une pierre qui traverse de part en part la maçonnerie d'un mur est appelée bousillage parpaing, pierre de liaison ou pierre traversante.

La structure d'un mur en pierre sèche, qu'il soit de clôture ou de soutènement, est composée d'empilements de pierres croisées les unes avec les autres. Ces empilements ne peuvent pas toujours croiser systématiquement dans la profondeur, il en résulte la possibilité d'un jeu entre les deux faces du mur. C'est pourquoi la pierre traversante est indispensable : elle permet l'homogénéité du mur en solidarifiant ses deux faces entre elles, ce qui évite qu'elles travaillent séparément et que le mur se disloque.

Pour sa solidité, il est important de placer, à intervalles réguliers, de telles pierres dans un mur. Elles seront donc réservées dès le début du chantier pour ne pas être utilisées inutilement.

Une règle de base donne les indications idéales pour placer les pierres traversantes : elle recommande de les poser tous les mètres linéaires de maçonnerie, et ce, à partir d'une hauteur de 50 cm, puis tous les 50 cm supplémentaires. Ce principe s'applique au mur de soutènement comme au mur de clôture. Cependant, étant donné la diversité des situations possibles, il n'y a pas, là encore, de règles fixes déterminant la quantité exacte de pierres traversantes nécessaires et leur emplacement dans le mur. En effet, ce nombre

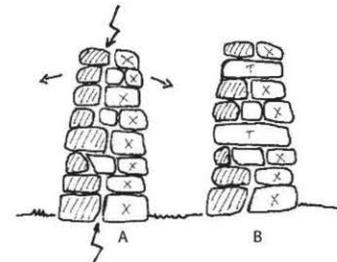


Figure 46
Le mur A, sans pierre traversante, peut se disloquer. Les deux faces du mur B sont solidarifiées par des pierres traversantes (vue en coupe).

8. Voir « Le fruit », p. 61.

dépend de la possibilité d'avoir de telles pierres, et des spécificités des pierres employées. Si vous construisez avec des pierres plates, régulières, faciles à appareiller et à croiser sans espaces, la quantité de pierres traversantes est moins importante que celle nécessaire pour parvenir à une même solidité avec des pierres plus irrégulières et dont les faces s'épousent difficilement.

Les autres dispositifs possibles

Même si vous ne disposez pas de pierres suffisamment longues, vous devez réaliser la liaison des deux faces du mur. Vous y parviendrez alors en croisant régulièrement les pierres à l'intérieur du mur selon des dispositifs prenant les pierres en tenaille. Cette façon de faire peut se substituer à l'utilisation de pierres traversantes.

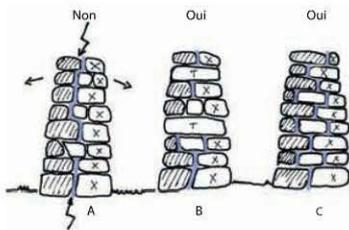


Figure 47
Mur A réalisé sans pierre de traverse et sans croiser dans le corps du mur. Mur B réalisé avec des pierres de traverse. Mur C réalisé avec des pierres en tenaille.



Figure 48
Trois pierres croisant en tenaille.

Dans le cas d'un mur de soutènement, les pierres traversantes ne sont pas limitées (dans leur profondeur) à la seule largeur du mur : il est bienvenu qu'elles dépassent dans le drain et même dans le sol à l'arrière du mur (figure 49). Ce cas de figure présente l'avantage d'ancrer le mur au talus.

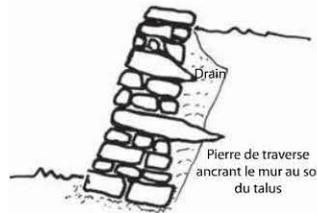


Figure 49
Mur de soutènement ancré au sol par une pierre traversante.

Le calage et la taille

L'irrégularité des pierres brutes ne permet pas une maçonnerie parfaite. Entre celles-ci se créent inévitablement des espaces vides qui peuvent, à plus ou moins long terme, déséquilibrer les pierres. Pour réduire et combler ces vides, deux actions différentes aux résultats semblables, peuvent être réalisées : le calage et la taille des pierres.

Le calage

Une des solutions pour bloquer les pierres non jointives consiste à utiliser des cales, c'est-à-dire des pierres s'insérant dans les espaces restés vides. Elles peuvent être placées partout : en parement comme dans le corps du mur, pour caler les faces d'assise comme les faces de joint⁹ (figure 50). Toutefois, le principe du calage diffère selon la face de la pierre à caler.

Le calage des faces d'assise

Il s'agit d'un calage d'appui. Il a une double utilité : d'une part, il redistribue les pous-



Figure 50
Mur maçonné en blocs de calcaire avec utilisation de nombreuses cales apparentes en parement.

sées verticales sur les pierres du dessous et, d'autre part, il crée une assiette stable à la pierre à installer. Les cales doivent être positionnées en respectant autant que possible les règles de maçonnerie applicables aux pierres à bâtir, à savoir croisement, assise et blocage (figures 51 à 54). Elles ne doivent pas laisser la possibilité aux pierres de « rouler » ou de « glisser ». Il ne faut pas non plus qu'elles puissent faire levier ou agir comme un coin entre les



Figure 51
Calage d'assise en parement.

9. Voir « Caler une pierre sur ses faces de joint », p. 60.

pierres qu'elles calent (figure 54), sauf si c'est l'effet recherché, pour un calage clavant par exemple.

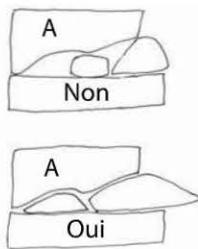


Figure 52
Bon et mauvais calages de la pierre A.

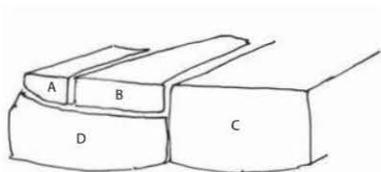
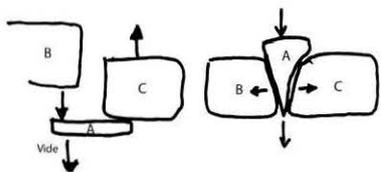


Figure 53
Les pierres A et B, en préparant l'assise de la pierre supérieure, sont également considérées comme des cales d'assise.



Sous l'effet du poids de la pierre B, la cale A fait levier sur la pierre C. Sous le poids du mur, la cale A s'enfonce et écarte les pierres B et C.

Figure 54
Une cale ne doit pas agir comme un levier ou un coin.

Le calage des faces de joint

Ce calage permet de bloquer les pierres afin d'éviter qu'elles ne glissent ou jouent ultérieurement (figure 55). L'action de



Figure 55
Dispositif de calage de faces de joint visible en parement.

poser de telles cales est appelée le remplissage ou le blocage. Son principe consiste à combler les vides entre les faces de joint par un volume qui lui corresponde au plus près. Il ne s'agit pas forcément de cales sur lesquelles la pierre supérieure trouve un appui, il n'est donc pas nécessaire que les forces verticales s'exercent sur ce calage



Figure 56
La pierre A, posée sur chant et en délit, cale latéralement les faces de joint des pierres B et C. La pierre supérieure ne repose pas sur A (vue de face).

(figure 56). Il n'est pas indispensable non plus que ces cales forcent sur les faces de joint qu'elles relient. Ces cales ne sont, en quelque sorte, pas « actives », leur rôle n'apparaît qu'avec le temps et le tassement du mur. En effet, leur présence évite surtout qu'un espace laissé vide permette aux pierres de travailler latéralement lors de l'usure du mur et sous les poussées qu'il peut subir (figures 57 et 58).

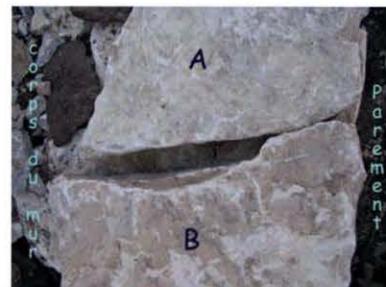


Figure 57
Un espace vide qui subsiste entre les faces de joint des pierres A et B leur laisse la possibilité de glisser latéralement (vue de dessus).

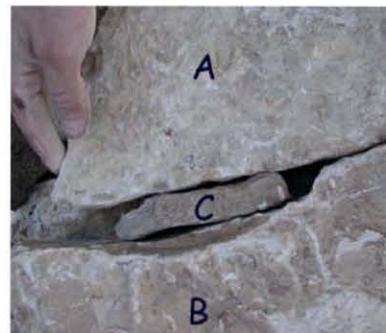


Figure 58
La cale C empêche alors ce mouvement.

Le calage clavant

Le calage clavant consiste à glisser une cale exerçant une force latérale sur les faces de joint des pierres qu'elle relie

(figure 59). Le principe de ce calage est le même que celui mis en œuvre lors de la construction d'un arc de décharge. En effet, la cale est choisie pour s'insérer entre les pierres à la façon d'un claveau. Elle est installée à l'aide de la massette ou du têtou afin de forcer contre les pierres. Mais son installation doit être réalisée en douceur, la force exercée pour la positionner doit être limitée : les pierres qu'elle relie ne doivent être ni décalées ni poussées par son installation, elles doivent juste être calées.

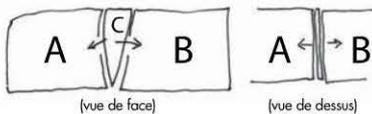


Figure 59
Calage clavant.

Contrairement au remplissage des faces de joint, c'est un calage « actif ». La cale est enfoncée comme un coin entre les pierres qu'elle solidarise. L'ensemble formé par les pierres, clavées par les forces latérales que la cale exerce, résiste alors solidairement aux poussées.

Ce calage est systématiquement utilisé lorsque l'on doit relier horizontalement les pierres les unes aux autres, notamment lors de la confection des fondations, du couronnement, des arcs de décharge, ou de certains aménagements comme les escaliers. Il peut également être réalisé dans la maçonnerie, jusqu'à en devenir le principe même¹⁰. Il renforce la structure du mur puisqu'il ajoute à l'utilisation du poids des pierres agissant de façon verticale, un élément de redistribution latérale des forces.

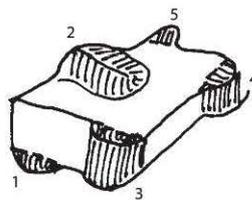
La taille

Les pierres peuvent être maçonnées brutes ou bien taillées. Utiliser les pierres brutes offre plusieurs avantages : réduire considérablement le temps de travail ;

augmenter le volume de mur construit avec le volume de pierre disponible ; retrouver l'aspect rustique original dans le cas d'une restauration de mur rural ; et permettre un meilleur drainage du talus (dans le cas d'un mur de soutènement) par les espaces vides laissés entre les pierres.

En revanche, la taille est une solution pour faire coïncider les pierres entre elles. Tailler une pierre permet d'en enlever les parties gênantes. Par cette action, il est possible de réduire l'épaisseur des joints, ou de retravailler la partie des pierres exposée en façade ou destinée à l'assise¹¹.

Tailler une pierre consiste à reprendre son volume en fonction des besoins. Dans un premier temps, assurez-vous qu'elle puisse convenir en la présentant à l'endroit où vous voulez la placer. Si elle convient, c'est-à-dire si son épaisseur, son volume et sa forme correspondent grossièrement à l'emplacement à combler, il reste alors à repérer ce qui gêne et qui doit être taillé afin que la pierre trouve exactement sa place.



Les points de reprise d'une pierre

Figure 60
Le point 1 concerne l'assise de la pierre, le point 2 l'assise pour la pierre supérieure, le point 3 la face de parement, les points 4 et 5 les faces de joint.

Posez-vous toujours les mêmes questions : qu'est-ce qui gêne la pierre du dessus ? Qu'est-ce qui empêche de bien reposer sur la pierre du dessous ?

Que dois-je enlever pour que la pierre corresponde mieux aux pierres voisines ? Dois-je en reprendre la façade (figure 61) ? Ce temps de réflexion s'impose car il est toujours possible, avec une même pierre, d'agir différemment (figures 62 et 63).

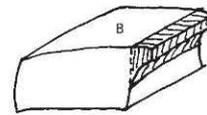
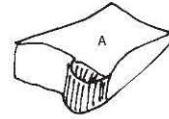


Figure 61
Préparez les façades des pierres en enlevant ce qui peut dépasser de l'aplomb du mur.

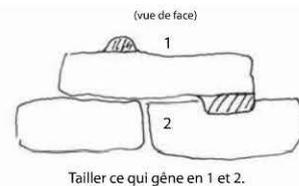


Figure 62
Taillez ce qui empêche la pierre de bien reposer sur la pierre du dessous et ce qui gênera la pierre du dessus.



Figure 63
Mais il est toujours possible, avec la même pierre, d'agir différemment.

10. Voir « La maçonnerie en pierres clavées », p. 70.

11. Voir « Tailler une pierre », p. 68.

Tailler une pierre

Pour maçonner à pierres sèches, il n'est pas nécessaire de tailler minutieusement les pierres pour qu'elles soient parfaitement appareillées. Les pierres sont avant tout choisies pour correspondre au plus près à la pierre recherchée. Cependant, la taille d'une pierre, limitée à quelques reprises, peut être nécessaire dans certains cas : sur sa face de parement pour qu'une pierre soit correctement alignée sur le plan de la façade ; sur ses faces d'assise, afin qu'elle repose en équilibre et qu'elle ne déséquilibre pas les pierres du rang supérieur ; enfin sur ses faces de joints pour qu'elle corresponde avec les pierres voisines.

Reprendre la face de parement d'une pierre

Lorsqu'une pierre présente une excroissance qui dépasse de l'alignement du parement (figure 64), elle est taillée à l'aide du têtou (figures 65 et 66).



Figure 64
Pierre dont une excroissance dépasse de l'alignement de la façade.



Figure 65
Taille du morceau qui dépasse avec la partie concave du têtou.



Figure 66
La pierre peut maintenant être maçonnée et s'inscrire dans l'alignement du parement.

Reprendre la face d'assise d'une pierre

Pour tailler ce qui déséquilibre l'assise de la pierre, commencez par situer la bosse. Pour cela, faites bouger la pierre avec une main. Grâce à ce mouvement, vous localisez l'endroit à reprendre. Repérez alors cet endroit avec votre autre main (figure 67, main 2) et estimez la quantité de matière à enlever afin que les pierres soient jointives sur leurs faces. Gardez un doigt sur l'endroit en question lorsque vous tournez la pierre et ne l'enlevez que lorsque vous êtes prêt à la tailler (figures 68 et 69).

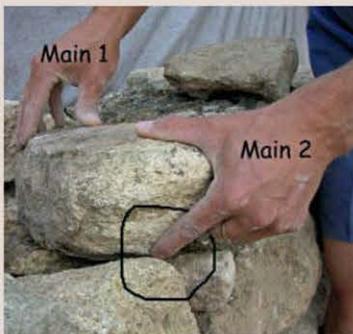


Figure 67
Repérez l'origine d'un déséquilibre d'assise sous une pierre.



Figure 68
Gardez un repère sur la pierre lorsque vous la manipulez.



Figure 69
Rabotez ce qui gêne avec le têtou en mesurant votre geste pour ne pas casser la pierre.

Reprendre les faces de joint

L'espace entre les faces de joint de deux pierres peut être calé. Cependant il est parfois préférable de reprendre une des pierres afin de l'adapter au profil des pierres voisines (figures 70 à 72).



Figure 70
Placez la pierre puis repérez la zone à retoucher.



Figure 71
Taillez-la à l'aide du têtou.



Figure 72
La pierre épouse alors la forme des pierres voisines.

Trouver « la » pierre manquante

Vous devez choisir chaque pierre en fonction de sa forme et de ses dimensions. Pour vous aider dans la recherche d'une pierre, mesurez à l'aide de votre main l'espace dans lequel celle-ci doit s'insérer.

Vous pouvez le faire à l'aide d'un empan ou en utilisant votre main tendue. L'empan est plus utile pour trouver la pierre qui comble un espace (figure 73). La main tendue est plus efficace si vous cherchez une pierre d'une hauteur particulière. Une main posée sur la pierre la plus haute, vous marquez par une pression du doigt cette hauteur sur l'autre main (figures 74 et 75). Avec le souvenir tactile sur la paume, vous recherchez ensuite dans le pierrier la pierre correspondant à cette hauteur (figures 76 et 77). Dans les deux cas, utiliser votre main est préférable à l'usage d'un mètre. En effet, la mesure précise donnée par le mètre est moins adaptée à la situation, le souvenir conservé par la main renforce votre capacité à saisir et à retrouver le volume recherché. La main reste le principal outil de la fabrication d'un mur en pierre sèche. Elle saisit le creux et le volume bien mieux que l'œil, et sait les lui transmettre.



Figure 73
Utilisation de l'empan pour déterminer la dimension de la pierre manquante.



Figure 74
La hauteur de la pierre recherchée s'aligne sur la pierre la plus haute afin de pouvoir croiser au rang supérieur et éviter un coup de sabre.



Figure 75
Marquez cette hauteur par une pression du doigt sur la paume de l'autre main.

(suite)



Figure 76
Dans le pierrier, recherchez les pierres correspondant à cette hauteur à l'aide du souvenir tactile sur cette main.



Figure 77
La pierre est de la bonne hauteur, il sera possible de croiser au rang supérieur.

La maçonnerie en pierres clavées

À l'instar de la maçonnerie en pierres croisées, la maçonnerie en pierres clavées consiste également à créer une structure stable, avec des pierres posées sans liant et en équilibre les unes avec les autres.



Figure 78
Mur en plaques de calcaire clavées (sud de la Drôme).

Tout ce qui structure une maçonnerie croisée y a donc cours. Les quatre règles de base sont, là aussi, à respecter et leurs conséquences sont toujours « actives ». Cependant, le principe d'assemblage diffère par l'introduction d'une règle de construction supplémentaire qui va entièrement transformer la structure de l'équilibre de l'ouvrage : il s'agit de la règle du clavage.

La solidité et la résistance de cette technique particulière font qu'elle est utilisée dans des conditions où le mur subit de fortes contraintes (par exemple, coulées d'eau en bord de ruisseau ou en fond de ravin). Elle est également très souvent utilisée en couronnement.

Notez que maçonner ainsi demande une bonne maîtrise technique, il est donc conseillé d'avoir d'abord fait ses preuves en maçonnerie croisée.

L'utilisation de la pierre

Une telle maçonnerie ne peut véritablement être mise en œuvre que si l'on dis-

pose de pierres relativement plates, ceci afin que leurs faces soient bien jointives. Les pierres sont posées sur chant et non plus à plat, dans le but d'augmenter la surface destinée à recevoir les poussées (figure 79). Si dans le cas d'une maçonnerie en pierres croisées, les faces d'assise sont privilégiées, pour la maçonnerie clavée ce sont les faces de joint qui supportent les plus fortes contraintes.

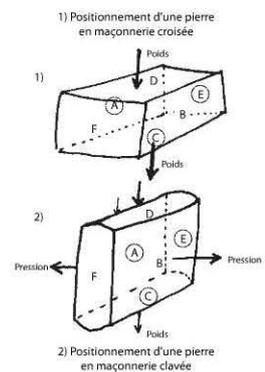


Figure 79
Positionnement d'une pierre selon le principe de maçonnerie choisi.

Privilégier le contact des faces de joint revient alors à offrir une plus grande surface d'appui avec les pierres voisines au niveau des joints, c'est-à-dire là où s'exerce la force du voûtement.

Le clavage

Il consiste à claver chaque pierre sur ses faces de joint avec les pierres voisines. Cela a pour effet d'organiser une structure de voûtement généralisée, qui cale chaque pierre latéralement les unes avec les autres. Ces voûtements ajoutent une stabilité supplémentaire à celle obtenue par la seule utilisation du poids. En effet, le poids n'est plus seulement un agent de liaison vertical, il est détourné pour tendre et caler les pierres sur leurs faces de joint. Contrairement à la pose croisée, les pierres ainsi maçonnées ne travaillent plus sur deux faces mais sur quatre, puisque les faces de joint latérales sont également mises sous tension par la force du voûtement.

Le croisement

C'est à ce niveau que réside la complexité de la mise en œuvre de cette maçonnerie. La nécessité de croiser s'applique tant aux

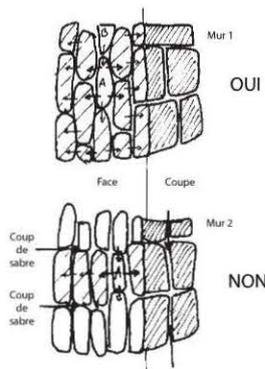


Figure 80
Dans le mur 1, la pierre A répercute le poids exercé sur elle sur toutes les pierres qui l'entourent, alors que dans le mur 2 elle pousse seulement sur les pierres de sa rangée.

joints qu'aux assises des pierres, ceci afin de bien répartir les poussées issues du clavage sur le plus grand nombre de pierres possibles. Le but est d'obtenir des arcs de décharge dont les structures sont emboîtées, et non parallèles.

Le poids

Il est important de poser du poids au sommet d'un mur en pierres clavées. C'est lui qui va en effet « nourrir » la cohésion des pierres les unes avec les autres.

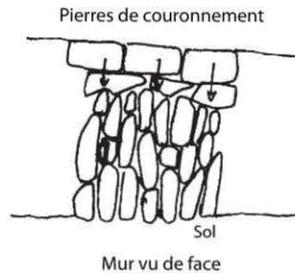


Figure 81
Le poids installé au sommet du mur le renforce.

La maçonnerie des angles

Les angles permettent d'arrêter ou de couder un mur. Ils ont une dimension esthétique indéniable. Un angle propre, bien aligné et dont les pierres sont bien ajustées s'harmonise parfaitement au mur et apporte une grande satisfaction à l'œil.

Un angle est principalement composé de ce que l'on appelle un chaînage d'angle. Celui-ci est construit avec des pierres qui se croisent, selon le principe du chevauchement d'une boutisse avec une panneresse. La particularité est que chaque pierre devient en même temps boutisse et panneresse, selon la face de l'angle que l'on considère.

Les arbres et la maçonnerie clavée

Les maçonneries clavées et croisées ne réagissent pas de la même façon à la croissance d'un arbre dans leur structure. Si une maçonnerie croisée en est facilement déstructurée, la maçonnerie clavée peut y trouver un élément de tension supplémentaire ayant pour effet de la renforcer. Les racines insérées entre les pierres appuient de façon latérale et participent alors à l'effet clavant du système de construction.



Figure 82
Amandier retenant un bout de mur en pierres clavées.

Chaque bloc répartit le poids du mur et exerce un contrepoids sur la pierre précédente, là où son équilibre est le plus fragile. Ainsi, la face de la pierre en panneresse est bloquée solidement par la pierre supérieure posée en boutisse, ce qui a également pour effet de mieux l'ancrer au mur.

Cette particularité de montage des pierres, si elle est bien respectée, fait du chaînage d'angle un point fort du mur. Ceci explique qu'ils soient souvent les derniers vestiges lors de la ruine d'un vieux mur. C'est également cette caractéristique qui permet de les utiliser dans le cadre



Figure 83
Chainage d'angle d'une cabane en pierre sèche, servant également d'escalier volant pour accéder à la toiture.

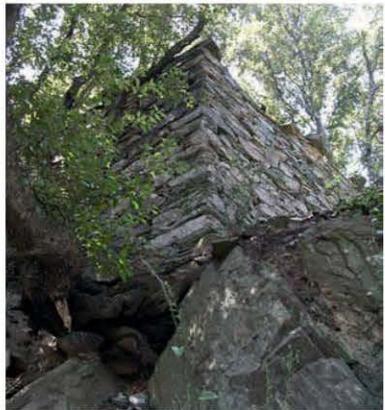


Figure 84
Angle d'un mur de soutènement assisé sur la roche.

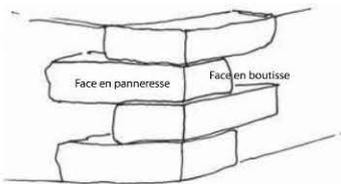


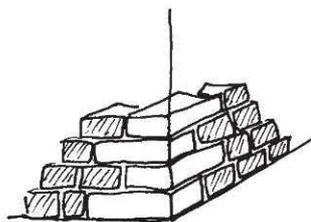
Figure 85
Chainage d'angle.



Figure 86
Mur dont la ruine a été stoppée par la présence de chaînages d'angle.

d'une restauration partielle pour en arrêter la maçonnerie : le chaînage désolidarise le mur repris de la partie non restaurée et plus fragile¹².

Toute pierre n'est pas une « pierre d'angle ». Celle-ci se repère à sa taille, son volume et sa forme. Elle doit s'inscrire dans un parallélépipède, au moins sur cinq de ses faces¹³. La pierre d'angle présente une taille et un volume moyens, plus imposants que les autres pierres du mur, car elle doit également croiser avec les pierres de la maçonnerie du mur (figure 87). Il faut une liaison avec la maçonnerie du mur particulièrement soignée, sans coup de sabre, afin de ne pas désolidariser l'angle du reste de la construction.



Le chaînage d'angle croise également dans la maçonnerie.

Figure 87
Par la taille imposante des pierres utilisées, le chaînage d'angle croise dans la maçonnerie.

Certains terroirs offrent des pierres régulièrement parallélépipédiques, vous n'aurez alors aucun problème pour réaliser un chaînage d'angle. D'autres endroits présentent des pierres de forme plus irrégulière, cherchez alors les pierres d'angle et mettez-les de côté pour être sûr d'en disposer le moment venu. S'il n'y en a pas, vous devez alors reprendre, par une taille plus ou moins fastidieuse, les blocs de pierre disponibles jusqu'à obtenir les caractéristiques d'une pierre d'angle.

Le couronnement d'un angle

Le couronnement d'un angle assure sa solidité. L'idéal, afin qu'il retienne et protège bien le haut du mur, est de le choisir avec un volume et un poids suffisant de manière à chapeauter et à gueuser¹⁴ les dernières pierres tant du chaînage d'angle que de la maçonnerie (figure 88). Ce dispositif a pour effet de redistribuer les poids du couronnement sur chaque face du chaînage (ainsi que sur le mur lui-même) et d'assurer son blocage.

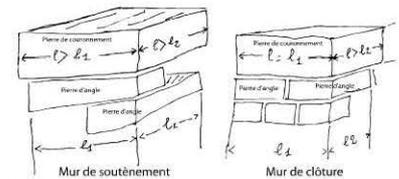


Figure 88
Les dimensions minimales de la pierre de couronnement d'un angle.

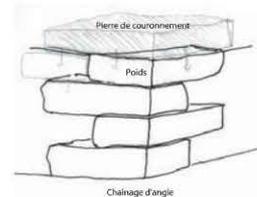


Figure 89
Le poids de la pierre de couronnement est réparti sur l'ensemble du chaînage d'angle.

12. Voir La maçonnerie, dans « La restauration d'un mur de soutènement », p. 106.

13. Voir « Savoir regarder une pierre », p. 28.

14. Ajuster du poids à un élément pour le rendre plus stable.

Les particularités d'un mur de clôture

Dans le cas d'un mur de clôture, vous pouvez être amené à bâtir des angles d'arrêt, également nommés «têtes de mur» (figure 90). Ceux-ci doivent respecter scrupuleusement les croisements boutisses et panneresses, ainsi que les liaisons avec le reste du mur afin de ne pas en devenir le point faible. Le principe de la construction est alors le même que celui vu plus haut, mais compliqué par la largeur du mur. La difficulté de la construction réside alors dans le rapprochement et le chevauchement des deux chaînages d'angle.



Figure 90
Mur de clôture arrêté par un double chaînage d'angle.

Là encore, adaptez-vous aux pierres disponibles. Vous aurez certainement à les reprendre afin qu'elles s'insèrent correctement dans l'espace de la maçonnerie du mur, tout en respectant les règles de l'équilibre qui garantissent sa solidité. Utilisez alors régulièrement des pierres traversantes, assez grandes pour traverser d'un parement à l'autre. Ces pierres, participant en même temps aux deux chaînages, solidarisent les deux parements du mur et garantissent la solidité des angles.

Selon l'épaisseur du mur et les disponibilités en pierre, une telle liaison des deux faces du mur ne peut parfois être réalisée.

Il faut alors procéder selon la technique « en tenaille » (figure 92). Elle consiste à croiser trois pierres d'angle pour tenir ensemble les deux parements du mur.

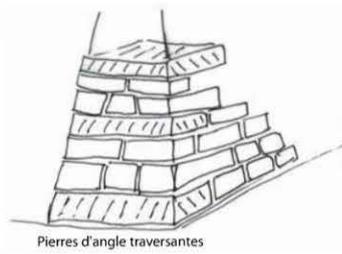


Figure 91
Angle d'arrêt idéal pour un mur de clôture, avec utilisation de pierres traversantes d'un chaînage d'angle à l'autre.

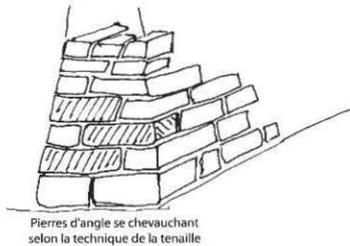


Figure 92
Angle d'arrêt d'un mur de clôture utilisant la technique de la prise en tenaille pour solidariser les deux parements.

La maçonnerie du couronnement

Son rôle

Faire tomber ou enlever une pierre d'un mur en pierre sèche, sur laquelle aucun poids ne repose, est un jeu d'enfant. Une seule pierre est manquante et le mur commence à se dégrader : les pierres limitrophes ne sont plus bloquées, tombent à leur tour, et ainsi de suite de plus en plus rapidement. Les pierres de couronnement,

posées en haut du mur, sont là pour éviter qu'un tel processus puisse s'enclencher. Comme une couture dans une pièce d'étoffe, elles empêchent la structure d'un mur en pierre sèche de se défaire pierre après pierre.

Le couronnement a ainsi une double fonction : d'une part, le poids qu'il exerce maintient et participe au maillage de la maçonnerie du mur ; d'autre part, son inertie évite que le passage des gens ou des bêtes emporte les pierres. Ces caractéristiques, liées à la fonction de cette dernière rangée de pierres, ont également une conséquence sur l'aspect esthétique du mur.

Finaliser la structure

Comme nous venons de le développer, un mur en pierre sèche est un dispositif d'assemblage de pierres reliées par une pose croisée et la répartition du poids qui en résulte. Le couronnement a donc un rôle primordial car il parachève ce dispositif en le bloquant au sommet. Étant le dernier rang de pierres, il pèse sur toutes les autres, tant en parement que dans le corps du mur, et ce, jusqu'aux fondations. Les pierres de couronnement ont donc tout intérêt à être lourdes afin, d'une part, de bien bloquer les pierres sur lesquelles elles reposent et, d'autre part, de se bloquer elles-mêmes. Le couronnement est ainsi partie prenante de la structure du mur qu'il finalise.

Protéger le haut du mur

Positionné en haut du mur, le couronnement doit supporter des contraintes particulières. Il est exposé aux passages et à tous les « accidents » qui peuvent advenir. Tant qu'il résiste et ne bouge pas, le mur est protégé ; la plus grande qualité que l'on puisse donc lui donner, lors de sa construction, est l'inertie. Le poids de la pierre joue déjà dans ce sens. À cela s'ajoutent la stabilité sur le

reste du mur, l'inclinaison donnée par le fruit, le calage minutieux des espaces entre les blocs (et, dès que possible, le clavage des blocs entre eux). Selon les cas de figures et les pierres disponibles, des solutions particulières peuvent être mises en œuvre, comme l'insertion dans le sol du talus, la construction en maçonnerie clavée.

L'esthétique

Pour réaliser un couronnement fonctionnel qui termine la structure et protège le haut du mur, le maçon organise les pierres de façon différente de celle du reste du mur. Une fois le mur achevé, cette différence se voit, le couronnement se détache de la masse du mur, il le souligne de façon esthétique.

Les pierres et la structure du couronnement

C'est de la pierre disponible que dépend la structure choisie par le murailleur pour réaliser le couronnement (figures 94 à 99). Quelles que soient sa forme et sa nature (bloc, dalle ou pierre plate), la pierre de couronnement idéale a une longueur de la largeur du mur, pour reposer sur toutes les pierres dans la profondeur. Elle a également une belle arête en façade qui dessine l'angle de finition du mur.

Si l'on ne dispose pas de pierres suffisamment longues pour traverser le mur, les techniques de pose en tenaille ou avec demi-pierre traversante peuvent être utilisées¹⁵. Les pierres sont alors obligatoirement posées sur chant et reliées par un calage clavant, afin d'obtenir un dispositif

Couronnement vu de dessus



En pierres sur chant, clavées et se chevauchant « en tenaille ».

Figure 93
Dispositif de pierres prises en tenaille.



Figure 94
Couronnement réalisé avec des dalles.

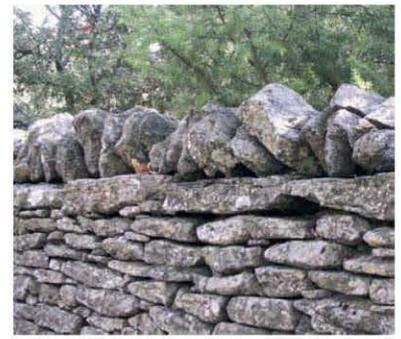


Figure 97
Couronnement réalisé avec des dalles, sur lesquelles un deuxième couronnement de pierres sur chant a été installé.



Figure 95
Couronnement composé de pierres plates clavées.



Figure 98
Couronnement composé de dalles clavées.



Figure 96
Couronnement dissuasif : les blocs dépassent pour empêcher les animaux de passer.



Figure 99
Le talus recouvre et protège le sommet du couronnement.

15. Voir « Les pierres traversantes », p. 30.

solidaire (figure 93). Si les pierres sont trop petites pour réaliser un couronnement tel que nous venons de le décrire, il reste deux solutions : soit maçonner au mortier les pierres du haut du mur afin de les relier ensemble, créant ainsi artificiellement des pierres de couronnement traversantes (figure 100), soit entretenir régulièrement le haut du mur en remettant en place les pierres tombées.



Figure 100
Trop petites pour traverser le mur, les pierres de couronnement sont scellées entre elles à l'aide d'un mortier de chaux.



Figure 101
Un couronnement en béton est, par contre, inesthétique et inadapté à la souplesse d'un mur en pierre sèche.

L'arase de couronnement

Si les pierres dont vous disposez pour réaliser le couronnement sont de la même hauteur, vous pouvez terminer la maçonnerie proprement dite du mur par une arase de couronnement. Le plus simple pour la réaliser est de tendre un cordeau à la hauteur voulue, et d'aligner les surfaces d'assise des dernières pierres posées sur cette ligne (voir chap. 4, p. 125). Une fois cette arase achevée, vous n'avez plus qu'à installer les pierres de couronnement. Le haut du mur dessine ainsi deux lignes parallèles : celle du haut de la maçonnerie et celle du haut du couronnement. Si les pierres sont de hauteurs différentes, il faut adapter l'arrêt de la maçonnerie à chaque pierre de couronnement. La ligne du haut du couronnement est alors la seule à être tendue au cordeau.

Les particularités d'un mur de soutènement

Par sa souplesse, son poids, ses qualités drainantes, un mur en pierre sèche est la solution idéale pour le soutènement d'un sol paysager. N'étant pas rigide comme un mur en béton, il peut amortir les forces et parfois même se déformer avec leurs poussées, plutôt que d'y céder. Il fait le poids, et cette particularité lui permet de rivaliser avec de fortes poussées. La structure et le fruit, donnés à l'assemblage des pierres qui composent le mur, lui permettent également de diriger, de répartir et d'utiliser les forces qui s'exercent sur lui en les redistribuant sur ses appuis les plus stables. Enfin, il est résistant car il ne s'oppose pas frontalement à la poussée des eaux. Il les laisse passer, s'écouler, tout en les dirigeant. Il évite ainsi la contrainte la plus dangereuse pour un soutènement :

retenir un sol dont le poids augmente en s'imbibant d'eau, à la façon d'une éponge.

Pour remplir ses fonctions, et notamment retenir les sols, un mur de soutènement en pierre sèche est généralement composé de deux parties distinctes : le mur proprement dit et le drain. Au mur revient la fonction du soutènement, quant au drain, il l'assiste en atténuant les conséquences que l'eau et le climat ont sur les mouvements du sol.

Le mur

La souplesse

Les sols ne sont pas inertes, ils sont en perpétuels mouvements et exercent de fortes contraintes sur tout ouvrage de soutènement visant à les retenir. Dans ce rapport de force, la souplesse est la première qualité d'un ouvrage en pierre sèche. Contrairement à un mur maçonné avec du liant, qui se fissure, il accompagne la poussée sans que sa maçonnerie en soit obligatoirement déstructurée.

Le poids

La pierre est un matériau lourd, on parle d'ailleurs de « mur poids » à propos des murs de soutènement en pierre sèche. Par son inertie, le poids du mur participe à contrecarrer la poussée des terres.

La gestion des poussées

Lors de sa construction, le maçon met tout en œuvre afin que les forces, tant internes qu'externes, s'exercent sur le mur soient distribuées de la façon la plus stable possible. Ainsi chaque pierre est insérée dans un maillage qui répartit toute poussée sur le plus grand nombre de pierres possible. De plus, elle reçoit un fruit qui a le double effet de déplacer son propre centre de gravité vers l'intérieur du mur, et de positionner ses

faces d'assise le plus perpendiculairement possible à la force résultant de la poussée du sol. Ainsi, cette poussée est utilisée pour renforcer le poid que le mur lui oppose¹⁶ (figure 102).

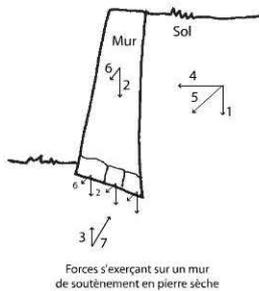


Figure 102
(1) Force exercée par le poids du sol, (2) force exercée par le poids du mur, (3) et (7) forces de réaction du sol sous le mur, (4) poussée du sol à l'horizontale, (5) résultante des forces de poussée du sol, (6) force exercée par la force 5 sur les pierres du mur.

Sa porosité

Enfin, en l'absence de liant entre les pierres, le mur est lui-même poreux, il ne retient pas l'eau, elle le traverse, il est drainant au même titre que le drain dont il continue et amplifie le rôle. Cette porosité a également pour effet de réduire le taux d'humidité dans la maçonnerie, ce qui rend les murs de soutènement en pierre sèche moins sensibles aux effets du gel que les murs ourdis.

L'importance du drain

Lors de la construction ou la restauration d'un mur de soutènement, le drainage est un élément primordial. Un mur de soutènement en pierre sèche est avant tout un aménagement drainant. Le drain participe de sa structure. Il est installé entre le mur et le talus, il recueille et

dirige les eaux d'écoulement, joue le rôle de tampon lors des phases d'expansion ou de retrait du sol, et sert de filtre contre la pénétration des particules de terre (figure 103).

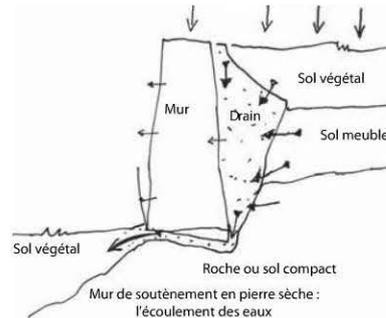


Figure 103
L'écoulement des eaux de ruissellement dans un mur de soutènement en pierre sèche.

En drainant les eaux de ruissellement dans le sol, le drain d'un mur réduit considérablement leur écoulement en surface et évite ainsi certains dégâts liés à l'érosion.

Il permet également une meilleure infiltration des eaux dans le sol, qui est ainsi mieux irrigué et humidifié. Lorsqu'un mur est mal drainé, le surplus d'eau ne s'écoule pas rapidement, et cette eau retenue dilate le sol qui pèse sur le mur. C'est ce qui arrive la plupart du temps aux vieux murs : la terre a fini par s'y infiltrer, l'eau ne s'y écoule plus aussi facilement, et lorsque le taux d'humidité augmente, la terre gonfle et pousse directement le mur. Le drain ne fait plus office de zone tampon. Une fois ressuyé, le sol se rétracte à nouveau. Ces mouvements, dans un sens comme dans l'autre, déstructurent et finissent par cisailer l'ouvrage : le mur fait d'abord un ventre puis, un jour, il s'effondre¹⁷.

Un sol bien drainé travaille moins et, s'il reste soumis à ces phases de dilatation et de retrait, le drain permet de leur opposer

une zone tampon qui protège le mur. En effet, le drain, constitué de cailloux compactés, offre une composition souple qui absorbe les variations de volume du sol et en protège la maçonnerie du mur.

Enfin, en recueillant les eaux de ruissellement, le drain agit comme un filtre et protège le mur de l'infiltration des matières du sol. Installer, entre le sol et le drain, un géotextile est idéal pour retenir ces infiltrations de particules tout en laissant passer l'eau.

Le drain est constitué de cailloutis. Ils correspondent à des pierres dont la taille varie du gravier à celle d'une main, mais ils peuvent être plus gros selon la quantité et la nature des pierres disponibles. Cependant, des matériaux stables tels que de la terre cuite, des tuiles ou du verre peuvent également y être intégrés.

Le drainage du bas du mur est primordial dans les régions froides et humides où le gel peut gagner le sol en profondeur. Sans lui, les fondations du mur seraient soulevées et déchaussées par la dilatation de l'eau stagnante prise par le gel.

Le corps du mur

Il existe plusieurs façons de construire un mur de soutènement en pierre sèche. Celles-ci diffèrent par la façon dont les pierres sont maçonnées dans le corps du mur.

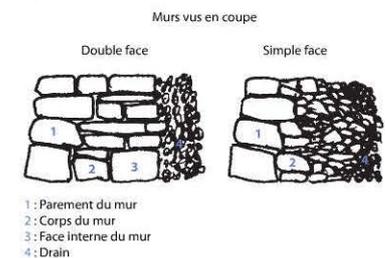


Figure 104
Deux manières de construire un mur de soutènement.

16. Ch. Lassure emploie l'image de l'équerre d'une bibliothèque pour expliquer ce phénomène (Les Terrasses de culture à mur de soutènement en pierre sèche, Centre d'études et de recherches sur l'architecture vernaculaire, CERAV, n° 23, 2003).

17. Voir « Restaurer et entretenir », p. 173.

Le mur double face

C'est l'exemple développé tout au long de ce livre. Tant que le volume de pierres disponibles le permet, il est préférable de choisir cette option car construire un mur ainsi lui donne une bonne solidité à long terme. Le mur lui-même est alors réalisé comme un mur de clôture, dans le sens où il a deux faces : l'une apparaît en façade et l'autre est masquée par le talus¹⁸. Façade, corps du mur et face arrière sont imbriqués en une même maçonnerie, le drain est quant à lui indépendant.



Figure 105
Mur de soutènement construit selon la technique du mur double face.

Le mur simple face

Si le volume de pierres à bâtir disponibles n'est pas suffisant pour réaliser un mur double face, il est possible d'utiliser cette autre technique de construction. Elle consiste à construire avec les pierres à bâtir en façade, et à maçonner dans le corps du mur avec de plus petites pierres (figure 106). La limite entre le mur proprement dit et le drain n'est alors plus clairement démarquée. Les plus grosses pierres servent au parement, les moyennes sont imbriquées dans le corps du mur, et ainsi de suite jusqu'aux plus petites qui forment le drain. Chacune des pierres, jusqu'aux plus petites, est alors rangée et maçonnée selon les règles déterminées précédemment.

Cette technique est courante dans les terroirs aux sols très caillouteux, mais dont les pierres sont rarement plus grosses que la main. Elle permet de stocker et d'utiliser les cailloutis, sans empiéter sur la surface de culture.



Figure 106
Mur de soutènement construit selon la technique du mur simple face.

Les dimensions du drain

Il n'y a pas de règles précises pour calculer le volume du drain d'un mur de soutènement. Si vous avez généré suffisamment de cailloutis lors des divers terrassements et/ou si votre terrain est très caillouteux et que vous avez de la pierraille à revendre, la taille du drain pourra être extensible (figure 107). Il servira alors véritablement de zone de stockage des cailloutis afin d'optimiser la surface arable de votre terrain. Le calcul de l'épaisseur du drain se pose si vous devez récolter et transporter le cailloutis ou l'acheter. L'épaisseur moyenne du drain équivaut à un peu moins de la moitié de l'épaisseur du mur. Ainsi un mur de 1,80 m de haut doit avoir une épaisseur minimale de 60 cm (selon la règle du tiers¹⁹), et le drain une épaisseur moyenne de 25 à 30 cm. La règle mnémotechnique est donc : « le drain doit avoir une épaisseur de la moitié du tiers de la hauteur du mur ».

(suite)



Figure 107
Cas d'un mur de soutènement dont le drain est très épais.

L'épaisseur du drain n'est pas obligatoirement homogène le long du mur. En haut du mur, il peut être réduit pour laisser de l'espace à la mise en place de terre, et ainsi permettre la culture. En bas de mur, il peut être plus fin et donc éviter un terrassement trop difficile (figure 108).

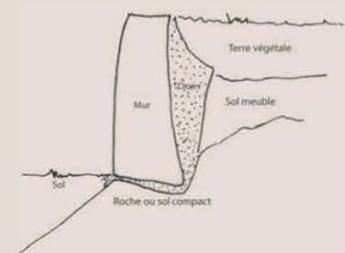


Figure 108
Le drain et ses proportions, cas général (vue en coupe).

18. Cette technique est également utilisée pour construire des ouvrages qui barrent les fonds de ravins. Les murs ainsi réalisés provoquent ce que l'on appelle des atterrissements c'est-à-dire qu'ils retiennent les particules de sol entraînées par l'érosion lors de l'écoulement des eaux de ruissellement et permettent ainsi la création de terrasses de culture.

19. Annexe de calculs, p. 185.

**Poser le drain
avant l'apport de terre**

Le drain est positionné entre le talus et le mur. Si vous construisez un mur de soutènement avant que la terre ne soit apportée, vous ne pouvez pas poser le drain de la même façon que dans le cas de l'aménagement d'un talus existant (figure 109). Commencez par construire le mur (figure 110). Une fois celui-ci achevé, installez le drain, recouvrez-le de géotextile et terminez par la mise en place de la terre (figure 111).



Figure 110
Arrière d'un mur de soutènement construit avant la mise en place du talus à retenir.



Figure 109
Vue en coupe d'un mur de soutènement dont la terre a été apportée après la construction.



Figure 111
Le même mur après la pose du drain et du géotextile.

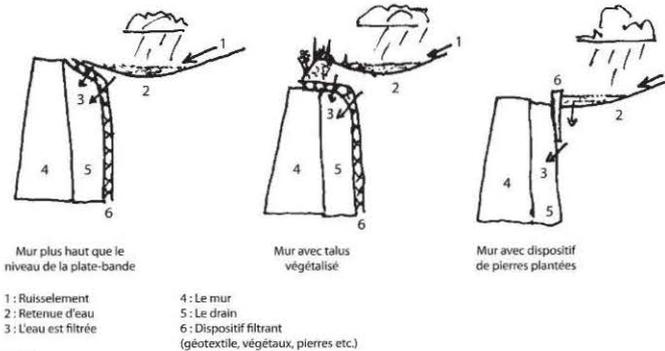


Figure 112
Lors de la remise en place du sol, le dispositif de protection du couronnement contre le ruissellement des eaux est installé.

La finition

Si, une fois la maçonnerie terminée, la finition d'un mur de clôture consiste à faire un grand nettoyage du chantier, celle d'un mur de soutènement est structurelle et participe à la réalisation du mur. Il s'agit d'assurer sa protection et de retrasser autour de lui afin de mettre le sol en place.

La protection du mur de soutènement

Comme nous l'avons vu, la maçonnerie à pierres sèches est fragilisée par l'infiltration des particules de terre. À l'arrière du mur, le drain et le géotextile filtrent et retardent l'infiltration du sol dans la maçonnerie proprement dite. Mais le couronnement, où aboutit le ruissellement des eaux à la surface de la plate-bande, est, lui aussi, exposé aux infiltrations du sol. Il faut donc, comme pour l'arrière du mur, l'en protéger. Ce dispositif de protection se réalise lors de la remise en place du sol (figure 112).

Pour cela, différentes solutions sont envisageables : des pierres plantées, du géotextile, un rehaussement du mur par rapport à la plate-bande, un jeu sur la largeur du drain, un talutage végétalisé, etc. Ces solutions ne sont pas exclusives et peuvent être panachées. Là encore, si vous restaurez un mur ou désirez le réaliser dans le style des murs locaux existants, inspirez-vous de la solution qui a cours dans votre terroir, elle est certainement la plus adaptée à vos besoins.

Le rehaussement du mur par rapport à la plate-bande

C'est la solution la plus courante. Le mur dépasse le niveau de la plate-bande, son couronnement ne peut donc pas être atteint par les eaux de ruissellement, filtrées par le drain avant d'arriver au mur. Ce dispositif nécessite toutefois de protéger le haut du drain, c'est-à-dire là où

le ruissellement est recueilli. Il faut le filtrer et n'en laisser passer que l'eau. Le géotextile, posé de façon à recouvrir le drain, est dans cette situation la meilleure solution technique.

Le talus végétalisé

Cette option utilise les racines des plantes pour retenir le sol, et lui permettre de filtrer les eaux de ruissellement sans qu'elles l'emportent. C'est une solution assez courante, qui a également l'avantage de protéger le couronnement du mur des dégâts dus aux passages des bêtes et des hommes²⁰.

Les pierres plantées

Ce procédé nécessite de disposer de pierres relativement grandes et plates. Il est très efficace car il retient également les particules de terre. Le géotextile peut être ainsi remplacé par des pierres dressées, disposées entre le drain et le sol. Celles-ci sont placées de façon à dépasser du niveau du sol pour faire barrage et retenir les boues du ruissellement (figure 113).



Figure 113
Pierres plantées pour protéger le haut d'un mur.

La remise en place du sol

Gérer l'écoulement des eaux

Sur la plate-bande supérieure du mur, le sol n'est généralement pas remis à niveau. Une cuvette y est aménagée le long du mur (figure 114) afin de récolter les eaux de pluie, de limiter leur écoulement direct dans le drain, et de permettre une meilleure infiltration dans le sol²¹.

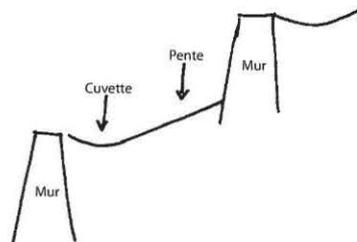


Figure 114
Lors du retassement, il est préférable de prévoir une « cuvette » de réception des eaux, et de donner de la pente au terrain.

De plus, le sol est installé afin de décrire une pente qui permet, d'une part, d'augmenter la hauteur du substrat en haut de la plate-bande, d'autre part, de lui faire bénéficier d'un meilleur ensoleillement. Les plantes sont ainsi placées comme sur des gradins, et l'ombre de leurs voisines ne leur cache pas le soleil. Puis la pente a également un aspect esthétique, surtout dans le cas de terrains très pentus et pour lesquels il est nécessaire d'implanter plusieurs murs d'affilée. La pente du sol réduit alors la hauteur des murs et l'impression d'écrasement qui pourrait être perçue au pied de l'aménagement.

Le profil du terrain a tendance à s'estomper avec le temps. Remonter la terre et recreuser la cuvette fait alors partie intégrante de l'entretien du mur. Une cuvette comblée laisse l'eau ruisseler et la boue ravier directement dans le mur.

Remettre en place le sol

Remettre le sol en place nécessite tout d'abord de respecter les strates de la terre extraite lors du terrassement : la terre retirée en profondeur est remise en profondeur, la terre enlevée en surface est étalée en surface, etc. Cela permet de ne pas mélanger les couches de sol, et évite d'enterrer l'humus à une profondeur où les racines des plantes n'ont pas accès. Les plantes bénéficient ainsi immédiatement d'un substrat de bonne qualité pour les plantations.

Un sol travaillé augmente de volume. Il est donc important de bien tasser les couches de terre au fur et à mesure de leur remise en place²². Cela permet d'obtenir un sol stabilisé en profondeur et minimise le tassement ultérieur.

La végétalisation d'un ouvrage en pierre sèche

Les plantes dans les murs

Les murs sont construits afin que les végétaux ne puissent pas s'y implanter. C'est pourquoi ceux-ci sont absents d'un mur neuf. S'ils s'y implantent, c'est de façon spontanée, à la faveur d'un processus d'usure du mur. Cette usure a une double origine :

- d'une part, elle est due à l'érosion des pierres (vent, humidité, oxydation) et à leur colonisation par des mousses, lichens et autres micro-organismes. Ces événements créent un substrat fait de poussières et de matières organiques sur lequel d'autres plantes peuvent ensuite s'installer;
- d'autre part, elle est la conséquence de l'infiltration de particules de terre dans le drain et la maçonnerie. Des plantes trouvent dans cette terre les conditions nécessaires à leur épanouissement.

20. Voir « Restaurer un mur de soutènement », p. 85.

21. Dans les régions à climat humide et très pluvieux, des drains supplémentaires sont aménagés dans la pente afin de collecter une partie des eaux de pluie et d'éviter l'engorgement au niveau du bas de la plate-bande. Dans les régions sujettes à des orages violents, comme sur le pourtour méditerranéen, un dispositif d'exutoires complète l'installation pour permettre au surplus d'eau de s'évacuer rapidement et sans dommages en cas de nécessité.

22. Pour un volume de terre important, une dameuse est nécessaire. En revanche, si le volume est moindre comme dans le cas de notre chantier pratique, le tassement avec les pieds suffit.



Figure 115
Mousses, lichens et petite fougère appelée « polypode ».



Figure 116
Sédum installé sur le substrat préparé par les mousses et les lichens.



Figure 117
Sédum installé entre deux pierres de cou-ronnement.

Il est possible de connaître l'état d'usure d'un mur à l'analyse des végétaux qui y poussent, ils en sont les témoins. La première étape est la colonisation par les lichens et les mousses (figure 115). Puis viennent des plantes pionnières peu gourmandes dont les racines n'ont pas besoin d'un substrat profond (figures 116 et 117) : orpins, nombrils de Vénus, capillaires, etc. (la liste est longue et varie selon le climat et l'orientation du mur). Plus le substrat s'accumule, plus les conditions sont favorables à l'installation d'un grand nombre de variétés de plantes. Pariétaires, saponaires sont présentes dans les murs dont l'usure commence à être bien avérée. La dernière étape concerne les murs dont la terre a finalement investi tous les vides, elle correspond également au moment où le mur commence à « faire le ventre » et menace de s'écrouler.

Les plantes autour du mur

Un mur de soutènement maçonné à pierres sèches intervient sur la globalité de l'environnement : il est non seulement l'élément structurant de l'aménagement paysager, mais il transforme aussi la nature même du milieu en intervenant sur deux de ses composantes principales, le cycle de l'eau et la température.

Le mur de soutènement, en tant qu'élément drainant pour la plate-bande supérieure, redistribue l'eau ainsi captée vers la plate-bande inférieure. De plus, l'eau entraînée sous la surface se diffuse plus facilement dans le sol, va directement aux racines, et son évaporation est réduite.

Le mur joue également sur la température : selon son exposition, il emmagasine pendant la journée la chaleur du rayonnement solaire et la redistribue la nuit, comme un radiateur à accumulation. Les coteaux aménagés par des murs de soutènement en pierre sèche ont ainsi des amplitudes de température beaucoup

moins importantes et risquent moins le gel. Dans certaines régions, c'est une raison de leur emploi agricole, pour des cultures telles que l'olivier ou la vigne.

Ces caractéristiques font également de ces murs l'habitat d'une grande diversité biologique. Un terrain soutenu (et/ou surplombé) par un mur de soutènement en pierre sèche est composé de plusieurs micromilieus, chacun régi par des caractéristiques différentes selon sa distance avec le ou les murs. Le sol, directement en contact avec le mur qui le soutient, est particulièrement sec, le substrat n'y est pas profond.



Figure 118
Phylodactyle habitant les murs en pierre sèche du Sud.

Le reste de la plate-bande devient plus humide en se rapprochant du mur supérieur. De la même façon, la température est davantage clémente près des murs, notamment au pied du mur supérieur, celui-ci réfléchissant le rayonnement solaire pendant la journée (figure 119). Chacun de ces milieux favorise le développement de différentes plantes selon leurs besoins particuliers.

Les zones recouvrant le mur et le drain, de par la faible présence de terre et leur sécheresse, nécessitent des plantes adaptées tels les iris, les plantes de rocaille, les graminées. Elles sont dites techniques : par

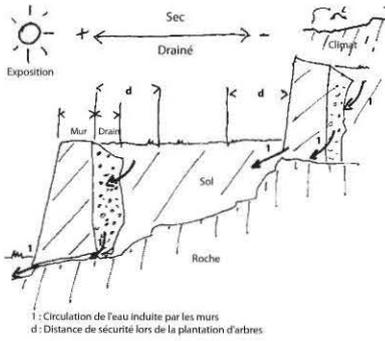


Figure 119
Un mur de soutènement draine le sol qu'il retient et arrose celui qu'il surplombe.

leurs racines, elles stabilisent le sol qu'elles recouvrent, et leur présence ne représente pas un danger pour la maçonnerie et le drain²³. Elles ont donc un rôle de protection. Les iris, par leurs rhizomes traçants, stabilisent les pierres du haut d'un mur et empêchent également que la terre ne « coule » dans le drain. Les sédums, les jubarbes et certaines graminées ont le même effet (figure 120). La vigne sert également de rambarde naturelle, elle est traditionnellement plantée entre le drain et



Figure 120
Couronnement d'un mur de clôture colonisé par la jubarbe.

la plate-bande, ses racines ne grossissant jamais suffisamment pour mettre en danger l'équilibre de l'arrière du mur.

Ces zones doivent être entretenues régulièrement afin d'éviter la croissance de plantes dont les racines iraient courir puis grossir dans le drain (comme les arbres et les arbustes), ou dont la présence étoufferait les plantes techniques (telles certaines vivaces de printemps qui disparaissent le reste de l'année).

Une certaine distance doit être respectée lors de l'implantation des arbres : ils ne doivent pas être plantés trop près des murs afin de ne pas les déstructurer par leurs racines ou leurs branchages (figure 121). La distance varie selon les caractéristiques des arbres à planter. Par exemple, elle est plus petite pour un arbre aux racines pivotantes, et plus grande s'il s'agit d'un arbre aux racines traçantes.

Dans tous les cas, les murs en pierre sèche sont un régal pour qui veut créer en peu d'espace un jardin regroupant des conditions très diverses de vie pour les végétaux et un refuge pour une grande variété d'animaux.

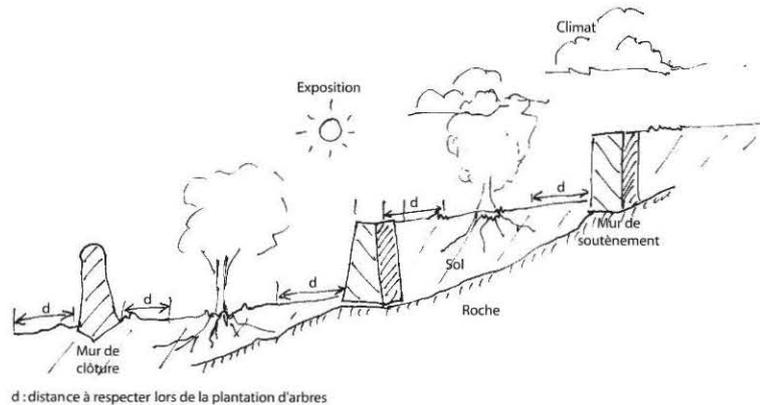


Figure 121
Plantez les arbres à une certaine distance des ouvrages (vue en coupe).

Les particularités d'un mur de clôture

Un mur de clôture présente les deux faces appareillées en parement. De ce fait, il est préférable que deux personnes le réalisent en se faisant face, afin de monter simultanément les deux parements. Le mur de clôture est plus « difficile » à maçonner que le mur de soutènement. Il demande plus de temps de travail pour le même volume de maçonnerie. Ceci ne tient pas au fait qu'il soit techniquement plus complexe à maçonner, mais en grande partie au travail sur les pierres et à la minutie que nécessite leur assemblage. En effet, les deux faces du mur étant des parements et devant répondre à des impératifs d'alignement stricts, le constructeur n'a pas la même souplesse qu'avec un mur de soutènement dont l'une des faces peut être irrégulière et où les pierres peuvent dépasser. Le maçon est amené à reprendre plus souvent les pierres pour qu'elles respectent l'alignement tout en coïncidant avec celles déjà placées pour le parement opposé. Cela augmente notablement le temps nécessaire au choix, à la taille et à la reprise des pierres.

23. Voir « Restaurer un mur de soutènement », p. 85.

Le corps du mur

Contrairement au mur de soutènement qui trouve un appui sur le talus, le mur de clôture ne s'appuie que sur lui-même. C'est pourquoi le travail de construction du corps du mur est essentiel. Il ne doit pas laisser de place au vide. En effet, chaque face du mur est construite selon un fruit qui permet aux pierres qui le composent d'appuyer vers l'intérieur du mur, soit sur le corps du mur lui-même (figure 122). Celui-ci ne doit donc pas se tasser, sous peine de laisser glisser les pierres du parement et de déstructurer la maçonnerie.

Pour réaliser le blocage du corps du mur, il existe plusieurs techniques qui peuvent se résumer en deux tendances : la pierre tassée et la pierre maçonnée (figure 123).

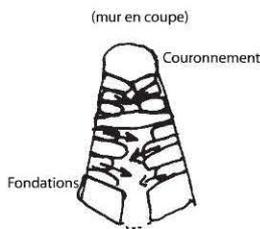


Figure 122
Le fruit donne aux pierres de parement un appui vers l'intérieur du mur. Les deux appuis s'équilibrent s'ils trouvent un blocage stable dans le corps du mur.

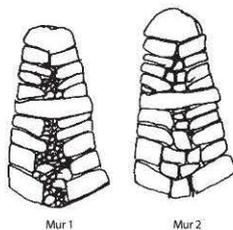


Figure 123
Le corps du mur 1 est bloqué par de la pierre tassée, le corps du mur 2 est maçonné dans la continuité des parements.

La technique de la pierre tassée consiste à monter les deux parements et à combler l'espace intérieur du mur par des pierres tout-venant. Ces pierres ne sont pas maçonnées, mais elles sont bien tassées, de la même façon que le drain d'un mur de soutènement.

La technique de la pierre maçonnée, comme son nom l'indique, revient à maçonner l'intérieur du mur dans la continuité des parements et selon les règles de maçonnerie développées tout au long de ce chapitre (figures 124 et 125). Le choix d'une technique plutôt qu'une autre dépend principalement de la pierre dis-



Figure 124
Effondrement d'une partie du mur

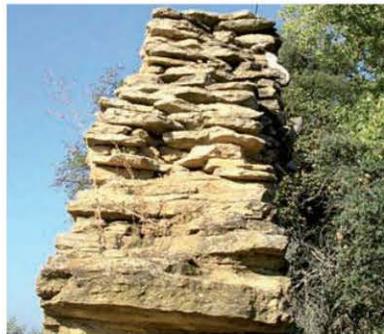


Figure 125
Ce mur a été maçonné en continuité des parements dans le corps du mur.

ponible pour bâtir. Cependant, dans la mesure du possible, pour la solidité du mur, il est préférable d'opter pour la pierre maçonnée.

L'effondrement d'une partie du mur à la figure 124 permet d'en observer la coupe : de facture très soignée, il n'y a pratiquement pas de pierres en corps du mur, les pierres de parement croisent celles du parement opposé.

Les pierres traversantes

Les pierres de traverse sont primordiales dans un mur de clôture. Elles tiennent ensemble les deux parements et constituent donc un élément central de la solidité du mur (figure 126). Sans elles, les deux faces d'un mur de clôture ne sont pas reliées et solidarisées en une même structure, et celui-ci ne résisterait pas longtemps.



Figure 126
La pierre A est une pierre traversante, elle a stoppé la brèche.

Le couronnement

Les couronnements d'un mur de clôture et d'un mur de soutènement sont équivalents, tant par leur fonction que par leur structure. Cependant, là encore, du fait qu'un mur de clôture s'inscrit entre les deux plans de ses parements, son couronnement demande un soin particulier. Si les pierres de couronnement d'un mur de

soutènement peuvent dépasser sur le talus, les deux faces de celles d'un mur de clôture doivent être alignées avec les parements. Les pierres destinées au couronnement sont la plupart du temps taillées pour être bien alignées. Cela entraîne un surplus de travail non négligeable.



Figure 127
Couronnement de mur de clôture composé de pierres taillées.



Figure 128
Au premier plan, couronnement de mur de clôture composé de dalles sur chant.



Restaurer un mur de soutènement

Ce chapitre illustre en images les notions constructives abordées dans le chapitre précédent en détaillant chaque étape de la restauration d'un mur de soutènement : de la phase de conception du projet à la mise en place de la dernière pierre, sans oublier

bien sûr le re Terrassement et le stockage des matériaux. Après avoir posé le diagnostic du mur existant, vous suivrez la restauration du terrassement au couronnement en passant par la construction d'un angle et d'un arc de décharge.



La conception

Action : préparer la restauration d'un mur de soutènement en pierre sèche.

Outils : bloc-notes, crayon, mètre, calculatrice.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : préparation et réflexion.

Nous sommes dans un ancien espace agricole dont la pente a été aménagée par des murs de soutènement maçonnés à pierres sèches. Le mur à restaurer soutient le sol d'un verger et se trouve non loin de l'habitation. Il surplombe un champ labouré et la rampe d'accès au verger (figure 1). Le mur étant en ruine, le projet consiste à le restaurer à l'identique, c'est-à-dire le réintégrer dans le paysage selon les dimensions d'avant sa détérioration, en utilisant les mêmes techniques de maçonnerie et des matériaux identiques.



Figure 1
Vue d'ensemble du mur à restaurer.

Après une observation générale du projet, nous établissons un état des lieux du mur. Ce dernier est divisé en plusieurs sections selon les travaux à réaliser. Pour chaque section, l'état des lieux confronté au résultat final désiré aboutit à un dia-

gnostic qui définit la gravité des désordres et les solutions à leur apporter.

État des lieux

C'est lors du diagnostic que vous déterminez les différents aspects du travail à réaliser, ainsi qu'une première estimation du temps nécessaire pour le mener à bien. Les données de l'état des lieux sont confrontées avec le résultat final désiré, en prenant en compte la gravité des désordres et les solutions à leur apporter.

Regardez le mur sous tous les angles, ne vous précipitez pas, laissez aller vos impressions : observez les désordres, les différences de structure dans ce qui apparaît encore de la maçonnerie ruinée, la végétation, le sol, la présence (ou l'absence) de pierres et de terre éboulées au pied du mur.

Lors de cette observation, prenez également en compte l'environnement du mur. Par exemple, un endroit plus abîmé que les autres peut être dû à un passage « instinctif »¹, prévoyez si possible d'aménager ce passage plutôt que de reproduire la cause du désordre. Explorez aussi les ressources en pierre autour de l'ouvrage à restaurer. Pierriers, tas de pierres, éboulements. Dans notre cas, un tas de pierres se trouve à portée de brouette (figure 2). Selon les cas, prévoyez aussi l'approvisionnement en terre, pour remettre à niveau le sol au-dessus du mur à restaurer.

Profitez de ce moment de réflexion pour vous inspirer des murs alentour, observez leur appareillage, leur aspect général, prenez-les pour modèle de restauration (figure 3).

Un ouvrage est rarement ruiné uniformément. Des parties peuvent être intactes, alors que d'autres ont entièrement disparu. Les raisons à cela sont très variées



Figure 2
Un tas de pierres non loin du mur.



Figure 3
Exemple de mur à proximité pouvant servir d'exemple.

et chacune de ces parties nécessitera une intervention spécifique. C'est pourquoi nous vous conseillons de diviser le mur en tenant compte de ces différences.

Une fois cette observation effectuée, faites un croquis qui figure l'état des lieux du mur en faisant apparaître les différentes sections (figure 4). Reportez sur celui-ci les mesures de hauteur, de longueur et les éléments qui vont déterminer

1. Une passade désigne une brèche due aux passages répétés des hommes ou des animaux.

Diagnostic

les décisions à prendre. Ces éléments sont variés. Dans le cas de ce mur, nous retons les points suivants : la présence de souches d'arbres morts, les affleurements de roc, une estimation du pourcentage de mur encore viable, et enfin l'existence d'une passade.

L'état des lieux s'attache à l'état du mur avant travaux et permet ainsi d'axer le regard sur les aspects techniques. En le confrontant ensuite à votre projet, il permet de définir un premier prévisionnel (figure 5). Celui-ci donne une indication,

d'une part, de la quantité de travail à fournir, d'autre part, de la quantité de matériaux (pierres, terre, drain) non disponibles sur le site.

Les six sections de mur déterminées lors de l'état des lieux vont maintenant être analysées séparément. Nous reviendrons alors sur les raisons de ce découpage. Nous déciderons des parties du mur sur lesquelles nous n'interviendrons pas. Nous calculerons pour chaque tronçon le volume de mur à reprendre, le volume de pierres et de cailloutis nécessaires, ainsi qu'une estimation du temps de travail².

La section A

Il n'y a plus de mur visible, seul reste le talus de terre (figure 6). Le mur est donc à refaire entièrement, nous sommes dans le cas d'une création d'un mur de soutènement. Nous aurons peut-être la bonne surprise d'y trouver des pierres de fondation, mais nous ne le saurons que lors du terrassement. Nous devons prévoir les réalisations d'un chaînage d'angle de 60 cm de haut qui fera office de tête de mur et d'un couronnement sur les 3 m linéaires de longueur de la section. Il faut également anticiper la difficulté que représente la liaison avec la maçonnerie encore en place du tronçon B.

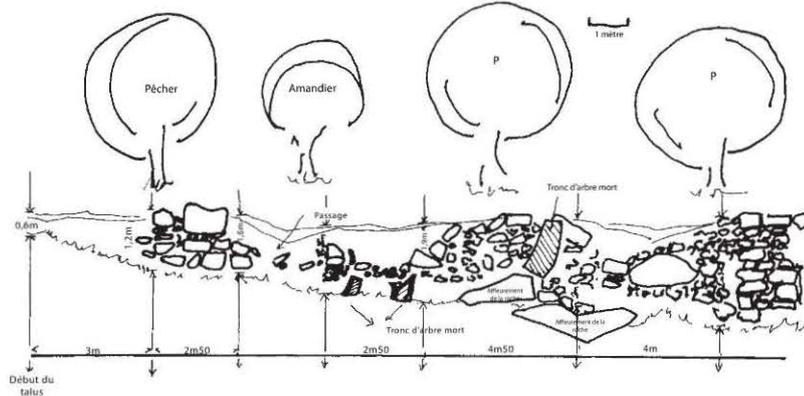


Figure 4
Croquis du mur à restaurer.

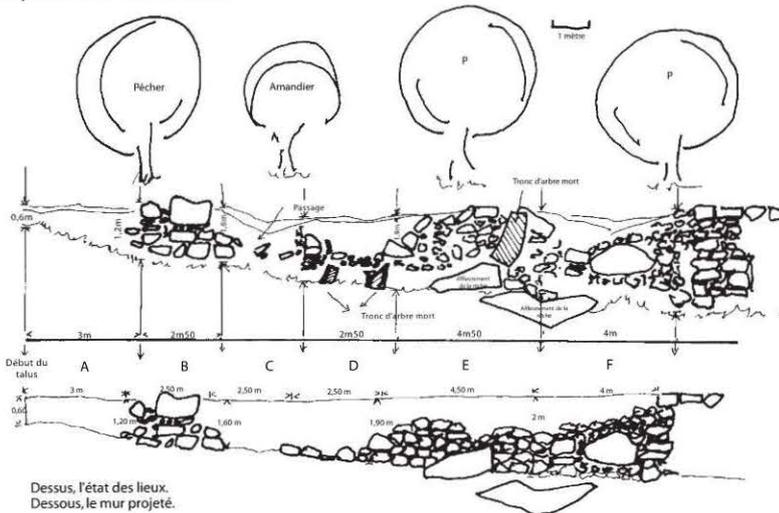


Figure 5
Le projet confronté à l'état des lieux.



Figure 6
État des lieux du tronçon A.

2. Voir « Annexe de calculs », p. 185. Éléments pour calculer les dimensions d'un mur, les matériaux et le temps de travail nécessaire.

La section A

H = Hauteur, E = Épaisseur,
 L = Longueur, Vm = Volume mur,
 Vd = Volume drain, T = Temps
 Volume du mur à refaire :
 $V_m = H \times E \times L$
 $= 1,1 \times 0,6 \times 3 = 2 \text{ m}^3$
 Volume de pierres à prévoir :
 $V_m \times 1,4 = 2,8 \text{ m}^3$
 1,4 représente le coefficient, dit
 de foisonnement, il correspond à
 la moyenne du volume de pierres
 en vrac du lieu nécessaire pour
 construire 1 m³ de mur.
 Volume de drain :
 $V_d = H \times E/2 \times L = 1 \text{ m}^3$
 Estimation du temps de travail³ :
 $T = V_m \times 12 \text{ h} = 24 \text{ h}$
 (Voir « Annexe de calculs », p. 185)

Il ne semble plus y avoir de pierres à réemployer, celles de l'ancien mur ont certainement été évacuées au fur et à mesure pour ne pas gêner le passage sur le chemin en contre-bas. Ce n'est que lors du terrassement que nous saurons si nous dégageons suffisamment de cailloutis pour réaliser le drain. Ceci sera également valable pour les cinq autres tronçons du mur.

La section B

Il s'agit d'une partie du mur encore debout (figure 7). Cela est certainement dû au volume imposant des pierres qui le composent. La terre du talus semblant être bien infiltrée dans le drain, la partie haute de la section pourrait être déman-

La section B

Volume du mur à refaire :
 $V_m = 0 \text{ m}^3$
 Estimation du temps de travail :
 $T = 2 \text{ à } 3 \text{ h}$



Figure 7
 État des lieux du tronçon B.

telée afin d'être reconstruite à neuf. Cependant le mur ne menace pas de tomber, il semble même plutôt sain. La partie basse, quant à elle, du fait du volume des pierres, n'offre aucun doute en termes de solidité. Nous choisirons, pour des raisons esthétiques, de garder le mur en l'état et de réaliser notre restauration autour de cette section. Nous n'aurons alors qu'à rafraîchir le haut du tronçon pour l'intégrer au couronnement du mur, ce qui ne devrait pas consommer beaucoup de pierres ni demander un travail important.

La section C

Il s'agit de ce que l'on appelle une passade, hommes et bêtes ont ainsi raccourci leur chemin à l'endroit où la hauteur du mur leur permettait de sauter (figure 8). Les

La section C

Volume du mur à refaire :
 $V_m = H \times E \times L$
 $= 1,9 \times 0,6 \times 2,5 = 2,85 \text{ m}^3$
 Volume de pierres à prévoir :
 $V_m \times 1,4 = 4 \text{ m}^3$
 Volume de drain :
 $V_d = H \times E/2 \times L = 1,4 \text{ m}^3$
 Estimation du temps de travail :
 $T = V_m \times 12 = 35 \text{ h}$



Figure 8
 État des lieux du tronçon C.

pierres et une bonne partie de la terre ont été entraînées au bas du mur. Là encore, elles ont été évacuées pour ne pas gêner le passage. La présence de souches en cours de décomposition au pied du mur laisse peu d'espoir sur la possibilité de conserver les parties de maçonnerie encore visibles. Nous sommes dans le même cas de figure que la section A, à la seule différence que nous devrions pouvoir y retrouver davantage de pierres. Une partie de la terre retenue par le mur a été entraînée au niveau inférieur.

La section D

Le mur est toujours en place mais très abîmé (figure 9). La poussée de la terre l'a fortement déstructuré, le haut du mur a disparu. On peut également observer que les pierres qui le composent sont en contrefruit, penchant non plus vers le talus mais vers le vide, elles indiquent que le mur menace de se renverser. La particularité réside dans la présence, à la base du mur, de souches d'arbres morts en décomposition dont les racines courent dans la maçonnerie. Aucun diagnostic ne peut être fait avant d'avoir effectué le dessouchage. C'est seulement après que l'on pourra décider des parties du mur à conserver⁴. Nous devrions retrouver sur place toutes les pierres nécessaires à la reconstruction du

3. Douze heures représentent, pour une personne seule, le temps nécessaire à la construction de 1 m³ de maçonnerie à pierres sèches (du terrassement au couronnement). Cette durée moyenne est indicative, elle peut varier du simple au double car elle dépend de la difficulté du terrassement, du rythme de travail, de la forme et de la taille des pierres, ainsi que d'autres facteurs, telle l'utilisation d'échafaudage, etc.

La section D

Volume du mur :
 $V_m = H \times E \times L = 2 \times 0,7 \times 2,5 = 3,5 \text{ m}^3$
 Volume de pierres à prévoir :
 $V_m \times 1,4 = 5 \text{ m}^3$
 Volume de drain :
 $V_d = H \times E/2 \times L = 1,7 \text{ m}^3$
 Estimation du temps de travail :
 $T = V_m \times 12 = 42 \text{ h}$

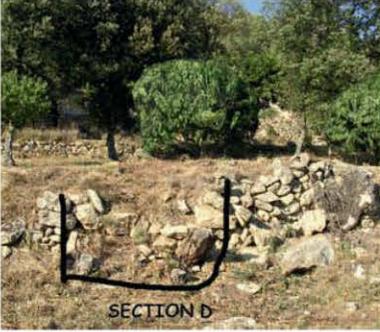


Figure 9
État des lieux du tronçon D.

mur. Celles-ci, ne gênant pas le passage, ne semblent pas avoir été déplacées.

Le tronçon E

La maçonnerie est ancienne et déstructurée (figure 10). Le diagnostic est le même que pour la section D. L'équilibre du mur repose sur son alliance avec la souche d'un vieux chêne mort dont les racines courent dans la maçonnerie. Celles-ci ne sont pas décomposées et continuent à retenir le mur. L'ensemble est déstructuré, fragile et nécessite une restauration, cependant il est suffisamment stable pour ne pas menacer d'un éboulement immédiat. Nous n'interviendrons pas sur cette section, nous limiterons là notre restauration. Cette partie du mur sera restaurée en même temps



Figure 10
État des lieux du tronçon E.

que le tronçon F, lors d'une prochaine campagne de travaux. Dans l'attente, nous arrêterons notre restauration par un chaînage d'angle qui en garantira la solidité au niveau de la liaison avec la section E.

Les sections F et G

La section G, quoique ancienne, est encore en bon état jusqu'à son couronnement. La section F semble encore viable sur deux tiers de sa hauteur. Cela est dû à l'utilisation, comme pour la section B, de pierres d'un volume important. Les pierres éboulées sont pour partie restées au pied du mur, nous les utiliserons si nécessaire pour notre restauration.

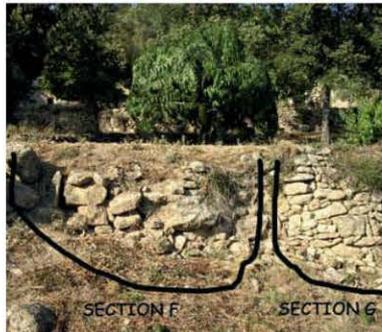


Figure 11
État des lieux des tronçons F et G.

Bilan estimatif total

Maçonnerie à réaliser : $8,35 \text{ m}^3$
 Pierres en vrac nécessaires : 12 m^3
 Pierres « particulières » à trier :
 8 m linéaires de pierres de couronnement,
 60 cm de chaînage d'angle en tête de mur de la section A + 2 m de chaînage d'angle pour arrêter la restauration entre les sections D et E.

Volume du drain : 4 m^3

Temps de travail à effectuer : 100 h

Ont été dégagés les premiers éléments qui permettront de nous organiser et d'approvisionner le chantier de restauration du mur. Le chantier nécessite environ 12 m^3 de pierres en vrac, une grande partie sera fournie par le démontage des parties restantes, nous estimons à environ 4 m^3 la quantité qui ne sera pas disponible (section A en totalité et 20 % des parties C et D). Il est difficile de savoir si les pierriers environnants suffiront à satisfaire ce besoin. S'il en manque, nous avons la possibilité d'accéder à d'autres pierriers appartenant au même propriétaire.

Le mur se situe dans un environnement agricole, et le fait d'utiliser la pierre extraite sur place (pierres d'épierrement) a un impact sur le rendu esthétique. En effet, utiliser ces pierres issues de l'aménagement du lieu, permet la plupart du temps de retrouver l'aspect esthétique initial de la maçonnerie.

Le travail de réflexion et de prise de décision est achevé. La prochaine étape est le terrassement. Il faut enlever les souches et les parties de mur abîmées afin de bien dégager les parties à conserver, et de préparer l'assise du mur à reconstruire. Ceci nous permet de partir sur de bonnes bases.

4. Voir
« Le dessouchage »
p. 93.

Le terrassement et le stockage des matériaux

Action : terrasser afin de dégager l'assise des parties de mur à restaurer, trier et ranger les matériaux.

Outils : pioche, barre à mine, tête (ou massette), pelle, râteau, brouette, seaux et de façon facultative, niveau, balai de cantonnier, râteau à feuille.

Matériel : piquets et cordeau pour repérer le passage du mur, géotextile.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : terrassement.

Niveau de difficulté technique : facile.

Niveau de difficulté physique : difficile.

La section A

Longueur du tronçon : 3 m.

Hauteur moyenne : 1,10 m.

Profondeur totale du terrassement : 0,90 m.

La préparation

Sur le tronçon A, le mur est complètement à reconstruire (figures 12 et 13). Avant toute chose, un piquet doit être planté afin de repérer l'emplacement du mur. Il n'est pas planté verticalement mais incliné vers le talus afin de prévoir l'inclinaison du fruit (figure 14). Le piquet est suffisamment enfoncé pour ne pas être déchaussé lors du terrassement ultérieur, et assez haut pour dépasser la hauteur du mur envisagé. En effet, il servira aussi tout au long de la construction pour tendre le cordeau qui servira de guide pour obtenir un parement soigné et bien aligné (figure 15). Il ne reste plus qu'à décaisser.



Figure 12
Le tronçon A.



Figure 13
Le même tronçon, terrassement achevé.

Le terrassement

Bien que le mur à construire ne soit pas haut (60 cm environ), il est néanmoins maçonné sur une profondeur de 60 cm afin de garantir sa solidité. Cette profondeur est également déterminée d'une part, par la pierre utilisée, sa grosseur et sa forme « moyenne », et d'autre part, par son abondance sur le terrain. En ajoutant la profondeur du drain, environ de 30 cm, cela implique de creuser sur 90 cm dans le talus.

La terre extraite est remontée sur le plat du niveau supérieur, et les cailloutis sont récupérés et stockés à part. Lorsque cela est possible, les végétaux sont réservés



Figure 14
Plantez les piquets repérant l'emplacement du mur en tenant compte de l'inclinaison du fruit.



Figure 15
Piquets et cordeau permettent de matérialiser l'emplacement du mur et guident le terrassement.

avec leurs mottes⁵. Il y a peu de pierres, elles sont réunies dans un pierrier en face du mur en faisant attention de ne pas gêner le passage et de conserver une surface de travail suffisante.

D'un côté, le terrassement est arrêté par le roc. Celui-ci penche vers l'aval, il faut

5. Voir « Récupérer les végétaux avec leurs mottes », p. 43.



Figure 16
L'inclinaison du roc est corrigée à la barre à mine pour pencher vers le talus.



Figure 17
Nettoyage de la liaison avec l'ancien mur.

donc le corriger afin que l'assise du mur soit correcte (figure 16).

De l'autre, la portion de mur que nous avons décidé de garder est atteinte. Les pierres de l'ancienne maçonnerie sont nettoyées : la terre et les pierres instables sont enlevées afin de ne garder que la maçonnerie stable (figure 17). On vérifie que les pierres de l'ancien mur conservées ont toujours l'angle nécessaire avec l'horizontale, qui donnera le fruit du mur (figure 18).

Une fois ce travail achevé, les finitions sont réalisées par la pose d'un géotextile et du



Figure 18
L'angle des pierres de l'ancien mur conservées avec l'horizontale donne le fruit du mur.

drain de l'assise du mur. Ces actions sont réalisées à la fin du terrassement de chacune des sections, c'est pourquoi nous les expliquons dans des pas à pas indépendants, « Installer un géotextile », p. 99 et « Installer le drain de l'assise du mur », p. 101.

La section B



Figure 19
État initial de la section B.

Dans cette section, seul le drain est rafraîchi (figures 20 et 21). Pour cela, le sol est creusé à l'arrière du mur afin d'extraire la partie du drain d'origine dans lequel la terre s'est infiltrée (figure 21). La terre est ensuite séparée des cailloux afin de ne



Figure 20
État du chantier à la fin du terrassement du tronçon B. Notez les tas de stockage de la terre qui longent la tranchée et les tas de cailloutis.



Figure 21
Extraction du drain de la partie B.

remettre que du cailloutis. Seul le haut du drain est enlevé, car creuser trop profondément aurait un effet négatif sur la structure du mur, risquant de déstabiliser son équilibre actuel.

Cette opération permet également de vérifier notre diagnostic et l'état du haut du mur : lors des travaux de terrassement, il apparaît que les blocs de couronnement demandent à être recalés.

C'est alors l'occasion de les réaligner sur les parties neuves du mur, obligeant à intervenir sur la dernière rangée de pierres de la maçonnerie ancienne. Ce travail sera fait en continuité avec la maçonnerie des autres parties du mur.

Les jeunes arbres qui poussent dans le mur ainsi que les racines qui y courent sont enlevés (figure 22). À l'arrière du mur notamment, il y a de très bonnes conditions de croissance, dans un sol riche et bien drainé.



Figure 22
Ce chêne vert croît dans un sol riche et bien drainé à l'arrière du mur. Au fond, les pierres à bâtir extraites lors des travaux de terrassement ont été assemblées en pierrier.

La section C

Longueur du tronçon : 2,5 m.
Hauteur moyenne : 1,9 m.
Profondeur totale du terrassement : 0,90 m.

Nous sommes ici dans la zone du mur définie comme une passade (figure 23). Ce n'est que lors du terrassement que l'on décide si certaines parties du mur peuvent être conservées, ou si le mur doit être entièrement repris, à l'instar de la section A.



Figure 23
Avant le terrassement.



Figure 24
Le haut du mur est dégagé.



Figure 25
La base du mur est dégagée afin d'en découvrir les fondations.

Le terrassement débute dans la continuité du travail effectué sur la section B, donc par le nettoyage du haut du mur (figure 24).

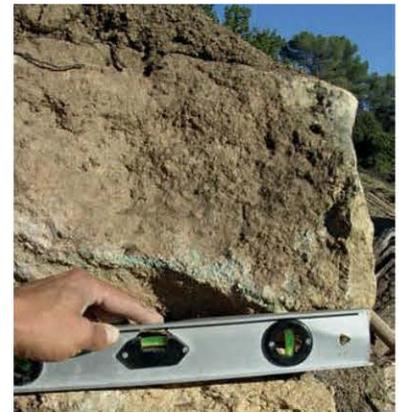


Figure 26
Les pierres penchent en contre-fruit, le mur est sur le point de se renverser.

La base du mur est ensuite nettoyée de la terre et des pierres qui s'y sont éboulées, afin de retrouver l'aplomb du mur d'origine et de découvrir les fondations (figure 25). Il faut se rendre à l'évidence. La portion de mur doit être reprise dans son intégralité, les pierres encore en place penchent en contre-fruit (figure 26).



Figure 27
Après le terrassement.

Les fondations sont en partie appuyées sur des racines décomposées et ont été basculées vers l'avant sous l'effet conjugué de la poussée du sol et d'une mauvaise assise. Elles sont inutilisables.



Figure 28
Les blocs de fondation ont basculé vers l'avant.

Il faut donc procéder au démontage du mur, à l'enlèvement des blocs de fondation, au dessouchage, pour finalement reprendre l'assise et donner de bonnes bases au mur. Démontez un mur en pierre sèche est simple. Rien ne liant les pierres entre elles, il suffit de les faire basculer les unes après les autres. Respectez toutefois les règles de sécurité tant pour vous-même que pour les autres⁶.

L'extraction des fondations

Une fois le mur démolí, il reste à enlever les fondations. Pour les blocs importants, servez-vous d'une barre à mine (figures 29 et 30).

Le dessouchage

Une fois les fondations extraites, on peut accéder aux racines et enlever les souches.



Figure 29
Extraction d'un bloc de fondation.



Figure 30
Utilisez une barre à mine pour extraire les blocs importants.

Celles-ci sont ensuite éloignées du chantier afin de ne pas gêner la suite des travaux (figures 31 et 32).

La reprise de l'assise du mur

L'assise de l'ancien mur ne convient pas. Elle ne permet pas un support correct des blocs de fondation, car elle penche vers l'extérieur du mur (figure 33).



Figure 31
La première souche est un amandier mort dont la racine principale s'était glissée sous les fondations.



Figure 32
La seconde est celle d'un chêne.



Figure 33
L'assise n'est pas correcte, elle penche vers l'extérieur du mur.

6. Voir « Démolir un mur en toute sécurité », p. 96.

Elle est reprise pour être en contre-pente vers le talus. Une fois au niveau du bon sol, la pioche et la barre à mine ont du mal à s'enfoncer, il s'agit donc d'une couche stable qui résistera au poids du mur (figures 33 et 34). Le terrassement du tronçon C est achevé (figure 36).



Figure 34
L'assise a été reprise et décrit une pente vers le talus.



Figure 35
Les pierres à bâtir ont été stockées en pierrier le long de la rampe d'accès au champ. Au premier plan, les blocs destinés aux fondations.



Figure 36
Vue du chantier à la fin du terrassement de la section C, notez l'augmentation de la taille du pierrier (voir figure 19 section B).



Figure 38
Les sections C et D, terrassement fini.

La section D

Longueur du tronçon : 2,5 m.
Hauteur moyenne : 2 m.
Profondeur totale du terrassement : 1 m.

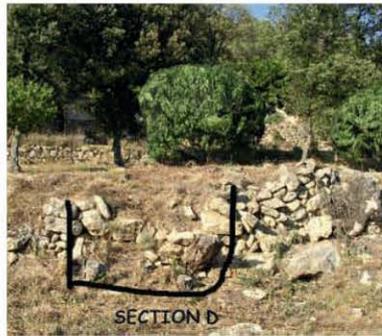


Figure 37
La section D.

Le tronçon D est très abîmé, le terrassement va nous permettre de définir précisément l'ampleur des travaux (figure 37). Il commence cette fois-ci par le dessouchage et le nettoyage de ce qui a glissé au bas du mur (figures 39 et 40). On peut profiter de cette opération pour récupérer la couche supérieure du sol, afin de



Figure 39
Une fois la couche superficielle du sol enlevée, le pied du mur est dégagé.



Figure 40
Les souches sont enlevées, la terre et les pierres triées.



fertiliser le jardin⁷. Deux souches et une bonne quantité de pierres à bâtir sont également extraites.

Le nettoyage du mur lui-même peut commencer. Il apparaît qu'aucune pierre ne peut être laissée en place car, comme dans le cas de la section C, toutes sont en contrefruit et menacent de glisser (figure 41). La démolition se fait progressivement de haut en bas. Tout d'abord, la terre est remontée

au niveau de la plate-bande supérieure. Il faut se placer sur celle-ci pour que ce geste soit plus facile (figure 42). Les végétaux sont récupérés avec leurs mottes (figure 43). À l'aide de la pioche, on dessine la forme de l'intérieur du mur dans le talus (figure 44). Puis on poursuit la démolition du mur en descendant (figure 45). Les pierres extraites sont envoyées en bas du mur et rangées dans le pierrier (figures 46 et 47).



Figure 41
Le nettoyage du bas du mur est terminé, la prochaine étape est la démolition du mur.



Figure 42
Pour remonter la terre avec le moindre effort, il vaut mieux se placer en haut du mur.



Figure 43
Récupération des végétaux avec leurs mottes.



Figure 44
La forme de l'intérieur du mur se dessine peu à peu dans le talus.



Figure 45
La démolition se poursuit en descendant.



Figure 46
Les pierres extraites sont envoyées en bas du mur.



Figure 47
Elles sont rangées dans le pierrier.

7. Voir « Récupérer la bonne terre », p. 43.

Au cours de la démolition, veillez toujours à vous placer là où vous n'avez aucun risque de glisser avec le mur si celui-ci venait à s'écrouler (figure 48).

Comme pour le tronçon C, arrivé au niveau des fondations de l'ancien mur, il apparaît qu'il n'est pas possible de les garder en l'état. Il faut creuser pour reprendre l'assise. L'ancien mur est bien posé sur le « bon sol », stable et suffisamment solide pour le recevoir, cependant l'assise décrit une forte pente vers l'extérieur (figure 49). Nous découvrons ainsi la raison du mauvais état du mur d'origine. De plus, les fondations risquent de glisser et d'emporter le mur dans leur mouvement.

Il faut donc creuser l'assise dans le sol pour ne pas reproduire la même erreur. Le sol est très dur, le travail à la pioche et à la barre à mine est long et difficile (figure 50), les heures prévues lors du diagnostic sont largement dépassées. Un bloc de roche dont nous ne venons pas à bout avec les outils manuels est laissé en place. Celui-ci n'est pas aligné sur la façade du mur, il sera enjambé par



Figure 48
En démolissant une maçonnerie instable, veillez à ne pas glisser avec le mur.



Figure 49
Le sol d'assise des fondations de l'ancien mur n'est pas correct, il penche en aval.



Figure 50
Le sol est très compact, le travail se fait à la barre à mine.

un arc de décharge. Le travail de fouille terminé, l'assise penche vers le talus (figure 51). Le sol extrait au niveau du « bon sol » est peu fertile. Il n'est pas



Figure 51
Vérification de la pente de l'assise.

remonté car nous en avons déjà suffisamment extrait pour remblayer le haut du mur. Il est donc étalé au pied du mur pour égaliser le chemin (figure 52). Enfin, un géotextile, puis un drain qui permettra l'évacuation des eaux d'écoulement au niveau de l'assise du mur sont installés (figure 54).

La section E

Bien que nous ayons décidé de ne pas intervenir sur cette portion de mur, il faut toutefois gérer sa liaison avec la restauration. Cela nous obligera certainement à reprendre une partie du haut de sa maçonnerie pour la mettre en sécurité. La structure du mur de la section E est fragile : la

terre du talus s'y est infiltrée, elle est donc soumise aux variations de volume et aux mouvements du terrain. Étant destiné à être repris à plus ou moins longue échéance, ce tronçon doit être désolidarisé de notre restauration. Un chaînage d'angle sera réalisé afin de permettre un arrêt net et solide au mur restauré, tout en facilitant la reprise de la future restauration⁸.



Figure 52
Le sol extrait, de mauvaise qualité, sert à remblayer la rampe d'accès.



Figure 53
Terrassement terminé. Le bloc de roche, trop difficile à creuser, reste en place.



Figure 54
Géotextile installé et drain posé.

8. Voir « Liaison d'une partie restaurée avec le mur d'origine », p. 114.



PAS À PAS Le dessouchage

Outils : pioche-hache, barre à mine.
Niveau de l'étape dans la construction du mur : terrassement.
Niveau de difficulté technique : facile.
Niveau de difficulté physique : difficile.

Avant de construire ou de restaurer un mur, vous devez enlever les souches d'arbres et d'arbustes qui se trouvent sur son passage. Cette opération s'appelle le dessouchage. Les arbres trouvent de très bonnes conditions de croissance dans le sol riche et bien drainé à l'arrière d'un mur en pierre sèche. Certains ont des racines traçantes qui s'insèrent profondément dans la maçonnerie du mur (figure 55), d'autres ont des racines pivotantes qui s'enfoncent directement dans le sol. Pendant leur croissance, ces racines grossissent et poussent les pierres en déstructurant le mur. Cependant, tant que celui-ci ne risque pas de s'écrouler, vous pouvez conserver l'arbre qui apporte un certain charme.



Figure 55
Souche d'arbre mort à racines traçantes insérées dans la maçonnerie d'un mur.

Un heureux mariage est souvent observé entre murs et arbres. Leurs racines retiennent parfois des parties de maçonnerie d'anciens murs disparus, là où ils n'étaient pas retenus (figure 56). À la mort de ces arbres, les racines pourrissent et l'équilibre dans lequel le mur était maintenu disparaît, il s'écroule alors. Lors du diagnostic précédant la restauration d'un mur, vous devez évaluer la présence de souches dans la maçonnerie et prévoir le travail qui peut en résulter.



Figure 56
Portion de mur soutenu par la racine d'un chêne.

La pioche-hache est l'outil idéal du dessouchage (figure 57). À l'aide de celui-ci, creusez profondément autour de la souche pour découvrir les racines (figure 58). Coupez les racines qui partent de la souche le plus loin possible. S'il y a besoin de forcer, employez la barre à mine au lieu de la pioche (figure 59). Enfin, procédez à l'extraction de la souche avec la pioche-hache.



Figure 58
Découvrez les racines en creusant profondément.



Figure 57
La pioche-hache, l'outil du dessouchage.



Figure 59
Préférez la barre à mine à la pioche pour donner de la force.



Outils : ciseaux ou couteau, chevillettes.
 Niveau de l'étape dans la construction du mur : terrassement.
 Niveau de difficulté technique : facile.
 Niveau de difficulté physique : difficile.

Le géotextile protège le drain d'un mur de soutènement des infiltrations de terre, mais il n'est pas obligatoire. Nous vous conseillons cependant de l'installer car cela prolonge durablement la vie de votre ouvrage. Le géotextile peut s'acheter dans les magasins de matériaux de construction ou dans les jardineries, conditionné en feuilles ou en rouleau. Il retarde l'infiltration des particules de terre dans le drain et dans la maçonnerie. La présence de terre dans le mur est la raison la plus courante de la détérioration des ouvrages en pierre sèche. La terre retient l'humidité dans le mur et varie de volume selon les conditions climatiques, ce qui fait bouger les pierres indépendamment les unes des autres et remet en cause leur équilibre.

Commencez par recouvrir la surface avec le géotextile. S'il est en rouleau, placez celui-ci à une extrémité, déroulez-le et coupez-le à la longueur souhaitée (figures 60 et 61). Retenez-le à l'aide de chevillettes plantées dans le sol (figure 62).



Figure 60
Déroulez-le.



Figure 61
Coupez-le à la longueur souhaitée.



Figure 62
Des chevillettes plantées dans le sol maintiennent le géotextile.

PAS À PAS Installer un géotextile

mur lorsque le couronnement sera posé. Ceci prévient les coulées de boue lors du ruissellement des eaux au sommet du mur.

Le géotextile posé, la prochaine étape est l'installation du drainage de l'assise du mur (figure 64).



Figure 63
Le géotextile recouvre le talus et le sol d'assise du mur.



Figure 64
Le géotextile est posé.



Une alternative au géotextile pour éviter les infiltrations de la terre ?

Avant la commercialisation du géotextile, les constructeurs utilisaient d'autres moyens pour parvenir aux mêmes fins.

Des fibres végétales, tassées entre le sol meuble et le drain, permettaient ainsi de retenir la terre le temps de leur décomposition. Une fois les fibres disparues, la terre avait eu le temps de se tasser et de s'agréger, les risques d'infiltration étaient alors bien moindres. Les végétaux à tiges creuses, comme la paille ou les tiges de ronce, étaient les plus appréciés pour réaliser cette protection, leurs tiges creuses permettant à l'eau de mieux s'écouler.

Dans certains terroirs, où les dalles de pierre abondent, une autre technique a été employée. Plantées verticalement entre le drain et le talus, les dalles retiennent la terre et l'empêchent de couler dans le drain, comme le ferait du géotextile. De plus, installées de façon à dépasser du niveau du talus, elles évitent que la boue ne ruisselle dans le mur par son couronnement.

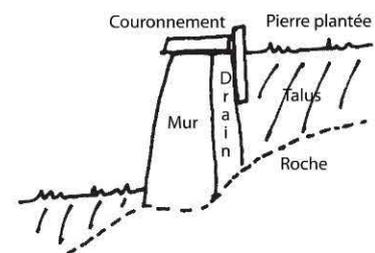


Figure 65
Dalle plantée, destinée à protéger le drain des infiltrations de terre.





Outils : seau, brouette, pelle, dameuse ou massette.
 Niveau de l'étape dans la construction du mur : terrassementfondations.
 Niveau de difficulté technique : facile.
 Niveau de difficulté physique : facile.

Drainer l'assise d'un mur est essentiel pour sa stabilité. En effet, c'est à ce niveau que se regroupent les eaux de ruissellement et d'infiltration. Leur permettre de s'évacuer, c'est éviter que les fondations du mur soient inondées et que son assise soit fragilisée. Le drain de l'assise du mur est constitué de cailloutis, identiques à ceux utilisés pour

le drain de l'arrière du mur (figure 66). L'assise du mur penchant vers le talus, des exutoires d'écoulement des eaux de ruissellement sont aménagés (figure 67). Remplissez également ces exutoires de cailloutis (figures 68 et 69). Ensuite, le drain est damé et compacté pour ne pas travailler ultérieurement sous le poids du

PAS À PAS

Installer le drain de l'assise du mur

mur (figure 70). Nous installons un tel drain ici, car nous sommes sur un terrain suffisamment meuble, nous ne l'aurions pas fait sur de la roche. Une fois ce drain installé (figure 71), la prochaine étape est la mise en place des blocs de fondation.



Figure 66
Le cailloutis est étalé sur l'assise du mur.



Figure 68
Remplissez ces exutoires de cailloutis.



Figure 70
Le drain est damé et compacté.



Figure 67
Aménagez des exutoires afin de permettre à l'eau de s'écouler hors du mur.



Figure 69
Ce drain évite à l'eau de stagner dans la cuvette creusée lors du terrassement pour donner du fruit aux blocs de fondation.



Figure 71
Drain installé.

Les fondations

La section A

Les actions décrites dans cette section sont menées de façon identique dans les autres sections du mur. Nous avons décomposé ces actions en une seule séquence de travail afin de montrer un échantillon représentatif de l'action réalisée. L'objectif est d'installer les fondations dans leur totalité.

La pose de la première pierre

La première pierre est choisie en fonction de la jonction avec les pierres du mur conservé. Pour un mur de faible hauteur, utiliser de très gros blocs n'est pas toujours esthétique (figure 72). Sa forme doit épouser celle de la pierre en place, sur la face où elles se côtoient. Sa hauteur doit être choisie de manière à croiser lors de l'installation des pierres supérieures. Commencer à construire sans prendre en compte la partie du mur conservée pourrait amener à créer un coup de sabre à l'endroit de la liaison entre les deux maçonneries. Posez la pierre en veillant à sa stabilité et à son alignement (figures 73 et 74).

La structure de la maçonnerie

Une fois cette pierre installée, continuez en posant une autre pierre en parement (figures 75 et 76), puis procédez à la maçonnerie du corps du mur (figures 77 et 78). Les pierres doivent être choisies afin de coïncider sur leurs faces de joint en laissant le moins de vide possible. Il faut toujours rester attentif à leur stabilité.

Les pierres ainsi disposées en fondations respectent l'angle du fruit (figure 79) : les faces d'assises supérieures des pierres du fond du mur sont plus enfoncées que celles installées en façade. Puis un calage minutieux de chacune des pierres est effectué afin de réduire au maximum les possibilités de jeu entre elles¹⁰.

10. Voir « Caler une pierre sur ses faces de joint », p. 58.



Figure 72
Si le mur n'est pas haut, il n'est pas nécessaire d'utiliser de très gros blocs.



Figure 73
Veillez à la stabilité et à l'alignement de la pierre.



Figure 74
Vue de dessus, de la pierre posée.



Figure 75
Deuxième pierre posée (vue de dessus).



Figure 76
Vérification de la stabilité.



Figure 77
La troisième pierre, s'insère et cale les deux premières (vue de dessus).



Figure 78
Selon les mêmes critères de stabilité et de coïncidence entre les pierres, le mur est maçonné dans sa profondeur (vue de dessus).



Figure 79
Le niveau à l'horizontale confirme le fruit des pierres installées (vue de profil).

Les sections C et D

Nous ne sommes plus dans le même cas que la section A, le mur à construire est plus haut, il est préférable d'utiliser les blocs difficiles à soulever et à transporter pour réaliser les fondations. De plus, un arc de décharge sera construit afin d'enjamber la roche qui n'a pu être enlevée lors des fouilles.

Maçonnerie des fondations

Des blocs sont utilisés pour les fondations (figure 80). Ceux-ci doivent coïncider au plus près avec les blocs voisins, ils sont retaillés si nécessaire (figures 81 et 82). C'est à l'aide de la barre à mine que



Figure 80
Utilisez les plus gros blocs pour les fondations.



Figure 81
Les blocs doivent coïncider au plus près.



Figure 82
Ils sont retaillés si nécessaire.

l'on place les blocs avec précision (figure 83). Les blocs sont ensuite calés avec des pierres et des cailloutis (figure 84).

Le dernier bloc de fondation, à la liaison des parties D et E, a été choisi afin de débiter un chaînage d'angle (figures 85 et 86). Cela permet d'arrêter de façon stable le mur restauré et de désolidariser de la section E.



Figure 83
La barre à mine est le meilleur outil pour manier les blocs avec précision.



Figure 84
Les blocs sont ensuite calés et les fondations sont construites dans le corps du mur.

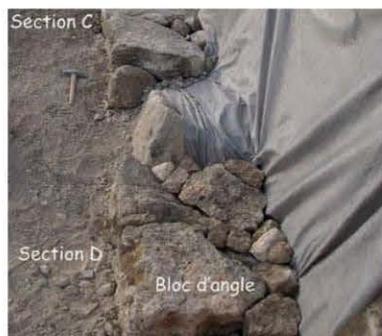


Figure 85
Les fondations des tronçons C et D achevées.



Figure 86
Le bloc d'angle vu de face.

L'arc de décharge

L'arc de décharge permet d'enjamber la roche qui ne se trouve pas dans l'alignement du mur. Pour sa construction, des pierres relativement plates et dont la forme se rapproche du claveau ont été recherchées alentour et réservées¹¹.

Les sommiers de l'arc sont d'abord mis en place (figure 87). Il s'agit de deux pierres destinées à recevoir la poussée de la voûte. Faites en sorte qu'elles donnent de l'angle pour l'installation des claveaux de l'arc (figure 88).

Une fois les sommiers posés, des pierres grossièrement empilées vont servir de cintre, afin de retenir les claveaux le temps

de la construction (figure 89). Des cailloutis sont disposés sur les pierres, ils assurent la finition du galbe du cintre (figure 90). Ce dispositif ne sera enlevé que lorsque le poids du mur s'exercera sur la voûte¹².



Figure 87
Installation des sommiers.



Figure 88
Les sommiers en place de part et d'autre de l'arc.



Figure 89
Mise en place des pierres du cintre.

11. Voir « Savoir regarder une pierre », p. 28.

12. Voir « Enlèvement du cintre », p. 114.

Les claveaux sont ensuite placés, ajustés et calés afin qu'ils reposent bien les uns contre les autres (figures 91 et 92). Il faut bien choisir les pierres qui vont entourer la clé de voûte et celle qui va la former (figures 93 et 94). Celle-ci est souvent taillée pour convenir parfaitement (figures 95 et 96). La clé de voûte en façade posée, le parement de l'arc de décharge est terminé (figure 97).



Figure 90
Finition du galbe du cintre à l'aide de cailloutis.



Figure 91
Les deux premiers claveaux posés.



Figure 92
Pose d'un claveau.



Figure 93
Vérification de la clé de voûte.



Figure 94
Choix des pierres pour parfaire la mise en place des claveaux autour de la clé de voûte.



Figure 95
Il est rare de trouver la pierre qui convient parfaitement.



Figure 96
Il faut alors tailler.



Figure 97
La pierre convient, l'arc de décharge est terminé au niveau du parement.



Figure 98
Les pierres sont calées doucement avec le têtou.



Figure 99
L'arrière de l'arc est construit selon la même technique.



Figure 100
Chaque pierre est calée afin de bien tenir avec ses voisines.

Les pierres sont calées doucement avec le têtou. C'est ensuite l'arrière de l'arc qui est construit, selon la même technique (figure 99). Le tout est calé (figure 100). On achève ainsi l'arc de décharge (figure 101). Les fondations sont terminées (figure 102), la prochaine étape est la maçonnerie du mur.



Figure 101
L'arc fini, vu de dessus.



Figure 102
État du chantier à la fin de l'installation des fondations des sections C et D.

La maçonnerie du mur

Action : construire le mur.

Outils : outils de taille.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : construction.

Niveau de difficulté technique : moyenne.

Niveau de difficulté physique : moyenne.

Les actions pour maçonner le mur se reproduisent de la même manière à la pose de chaque pierre, pour chaque partie du mur. Nous présenterons donc le travail par séquences de travail successives, et non section par section.

La pose du parement, du corps du mur puis du drain

Il est plus facile de poser en premier les pierres de parement, puis les pierres du corps du mur. En effet, une pierre de parement, en plus des impératifs techniques liés à sa pose, doit respecter des règles esthétiques : sa face de joint qui reste apparente doit s'inscrire le mieux possible dans le plan dessiné par la façade du mur.

Pose d'une pierre de parement

Pour choisir une pierre de parement, il faut au préalable repérer l'assise sur laquelle elle va reposer et estimer l'espace disponible (figure 103). La pierre sélectionnée est mise en place : si elle croise sur les pierres du dessous et correspond en hauteur aux pierres voisines, elle convient (figure 104). Elle doit être alignée en façade et bien stable (figures 105 et 106). Ensuite, on pose les pierres dans le corps du mur avant de poursuivre la pose en façade avec une nouvelle pierre (figures 107 et 108).



Figure 103
Estimez l'espace disponible sur l'assise avant de choisir une pierre.



Figure 106
Elle doit être stable.



Figure 104
Essayez la pierre pour vous assurer qu'elle convient.



Figure 107
Pose d'une pierre dans le corps du mur, une fois la pierre de façade installée.



Figure 105
Son parement est aligné en façade.



Figure 108
Pose d'une nouvelle pierre en façade.

Construction du corps du mur

La pierre précédemment placée dans le corps du mur est repositionnée afin de mieux correspondre au nouvel alignement des pierres de parement (figure 109). Sa face d'assise est taillée car elle ne repose plus correctement sur les pierres inférieures (figure 110), puis la pierre est calée (figure 111).



Figure 109
Repositionnement de la pierre précédemment placée dans le corps du mur.



Figure 110
Taille de la face d'assise.



Figure 111
Calage de la pierre.

Économiser son temps et son énergie

La construction en pierre sèche implique de trouver en permanence la pierre la mieux adaptée à chaque emplacement donné. Celle-ci est alors choisie en fonction de sa correspondance avec le volume à combler. Elle est recherchée dans le tas de pierres disponibles. Cependant, si la pierre pressentie ne va pas là où on pensait la mettre, il est préférable d'essayer de la poser ailleurs dans le mur avant de la rejeter sur le tas de pierres. Si elle trouve une place, du temps et de l'énergie seront ainsi économisés.

On vérifie l'assise, destinée au rang supérieur, fournie par cette pierre et les deux pierres de parement (figure 112). Les faces de joint sont à nouveau calées et l'assise vérifiée, jusqu'à trouver une bonne stabilité (figures 113 à 115).

Ensuite, la maçonnerie dans le corps du mur se poursuit (figures 116 et 117). Pour assurer le remplissage jusqu'à l'autre face du mur avec la dernière pierre, l'espace à combler est mesuré (figure 118).



Figure 116
Une nouvelle pierre est posée dans le corps du mur.



Figure 112
Vérification de l'assise pour le rang supérieur.



Figure 114
Nouvelle vérification de l'assise pour le rang supérieur.



Figure 117
Une autre pierre, qui nécessite un calage, est placée dans le corps du mur.



Figure 113
Les faces de joint sont calées.



Figure 115
Fin du calage des faces de joint.



Figure 118
Mesure de l'espace jusqu'à l'autre face du mur pour trouver la pierre correspondante.

Cette dernière pierre est posée, sa stabilité vérifiée, et le corps du mur est ainsi comblé.



Figure 119
La dernière pierre pour combler le corps du mur est posée.

Pose du drain

Le drain est installé de préférence au fur et à mesure que le mur est monté (figure 120). Lors de cette opération, n'hésitez pas à



Figure 120
Le drain est posé au fur et à mesure que le mur monte.



Figure 121
Poser le drain en marchant sur le mur, pour en vérifier sa stabilité.



Figure 122
Le drain est tassé.



Figure 123
Pose du rang supérieur en commençant par une nouvelle pierre en façade.

marcher sur le mur, cela permet de vérifier la stabilité des pierres qui viennent d'être posées (figure 121). Le drain est ensuite tassé (figure 122). Puis la construction du mur se poursuit, suivant les mêmes processus, en commençant par la pose d'une nouvelle pierre en façade (figure 123). Elle s'achève au dernier rang avant le couronnement (figures 124 et 125).



Figure 124
Le mur vu de dessus, une fois le drain posé.



Figure 125
Le même mur vu de face.

Monter une grosse pierre dans le mur

Comment monter, sans outils, une grosse pierre que vous n'arrivez pas à soulever. Préparez la pierre en l'avancant au pied du mur (figure 126). Composez un socle avec plusieurs pierres, et placez-la sur ce socle (figure 127). Soulevez la pierre d'un côté de manière à glisser dessous une nouvelle pierre, puis recommencez de l'autre côté pour en glisser une autre (figures 128 à 130). Servez-vous, sans forcer, du centre de gravité de la pierre pour cet exercice. Vous construisez ainsi, petit à petit, une pyramide de pierres sous la pierre à soulever. Soulevez de manière à la hisser jusqu'au point où vous pouvez la faire pivoter sur le mur, sans effort (figures 131 et 132). Ne la laissez pas tomber de tout son poids, elle abîmerait le mur. Il ne reste plus qu'à enlever les pierres ayant servi à soulever le bloc. Pour arriver au même résultat, vous pouvez également utiliser un bastaing sur lequel vous ferez glisser la pierre jusqu'au point du mur où vous désirez la monter.



Figure 130
Une pyramide de pierres se construit ainsi sous la pierre à soulever.



Figure 126
Une fois la pierre au pied du mur, préparez un socle avec plusieurs pierres.



Figure 128
Soulevez-la d'un côté et glissez une pierre dessous.



Figure 131
À la hauteur voulue, faites-la pivoter sur le mur sans effort.



Figure 127
Faites reposer la pierre sur ce socle.



Figure 129
Puis glissez une autre pierre en la soulevant de l'autre côté.



Figure 132
Ne laissez pas tomber la pierre de tout son poids.





Figure 133
Une fois dans le mur, la pierre paraît beaucoup plus petite.

Respecter la règle du croisement des pierres

La pierre A de la figure 134 est posée en parement. Lors de son positionnement dans la maçonnerie du mur, il faut veiller à respecter la règle du croisement.

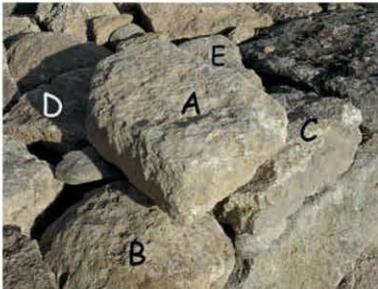


Figure 134
La pierre A croise en façade sur les pierres B et C et, dans le corps du mur, sur les pierres D et E.

Le croisement des pierres permet une répartition du poids dans le mur, mais également une utilisation de ce même poids comme agent de liaison entre les pierres. Le croisement se fait en façade mais également dans le corps du mur (figure 135). Les figures 136 à 140, en simulant la construction d'un mur, indiquent comment parvenir à ce résultat.

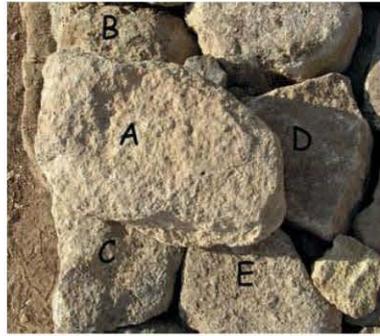


Figure 135
La même pierre, vue de dessus.



Figure 136
Six pierres d'assise (vue de dessus).



Figure 137
La pierre A est posée de façon à reposer sur les pierres 1 et 2, on dit qu'elle croise sur 1 et 2.

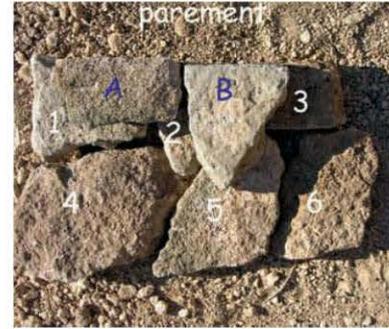


Figure 138
La pierre B partage avec la pierre A le croisement sur la pierre 2, elle repose également sur les pierres 3 et 5.

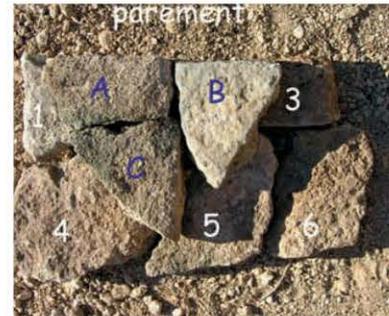


Figure 139
La pierre C partage avec les pierres A et B son croisement sur la pierre 2, elle croise également sur les pierres 1, 5 et 4.

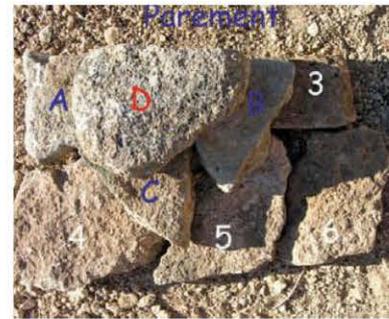


Figure 140
La pierre D est posée à cheval sur les trois pierres A, B et C. Elle repose donc également sur les pierres 1, 2, 3, 4 et 5.

Respecter la règle du blocage des pierres

Lors de la construction, bloquer les pierres revient à s'assurer qu'il ne reste pas d'espaces vides entre leurs faces de joint. Ce résultat est obtenu par le choix de la forme des pierres posées et, si nécessaire, par la pose de cales (figures 141 à 145).



Figure 141
Pose d'un moellon D croisant dans le corps du mur. Il est jointif avec les pierres A et B, mais laisse un espace avec la pierre C.



Figure 142
Pose d'une cale de blocage comblant l'espace entre les pierres B, C et D.



Figure 143
La cale est ajustée sans forcer à l'aide du têtou.

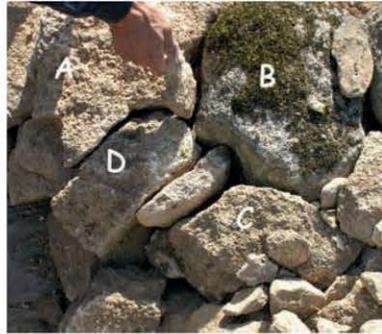


Figure 144
Pose d'une cale de blocage destinée à combler l'espace entre les pierres A et B.



Figure 145
Après le calage, la construction du mur continue par la pose d'un nouveau moellon.

Respecter la règle de l'assise

L'assise d'une pierre se prépare lors de la pose des pierres du rang inférieur, par la taille ou par le calage. Une bosse sur la face d'assise d'une pierre est éliminée à l'aide du têtou (figures 146 à 147). Si une pierre est plus haute que les autres, une cale d'assise est placée sur les pierres voisines pour rattraper le niveau afin de permettre à la pierre du rang supérieur de croiser (figures 148 à 151). La meilleure solution est de trouver une cale qui respecte elle-même les bonnes règles de construction.



Figure 146
Cette pierre présente une bosse qui peut gêner l'assise de la pierre supérieure (vue de face).



Figure 147
La bosse est enlevée à l'aide du têtou.



Figure 148
Cette pierre est également plus haute que sa voisine. Il faut poser une cale d'assise.



Figure 149
La cale est trop haute et ne va pas non plus en longueur car elle n'appuie que sur une pierre et ne croise pas.



Figure 150
Cette cale est de la bonne hauteur et elle croise sur deux pierres.



Figure 151
La pierre supérieure va trouver là une bonne assise.

Respecter la règle du fruit

Le fruit est le nom donné à l'inclinaison par rapport à la verticale du parement des pierres vers l'intérieur du mur. On parle de pendage pour l'angle par rapport à l'horizontale qui en résulte pour leurs faces d'assise. Il est initié dès la première pierre de fondation et préparé lors du terrassement. Il se vérifie à l'œil tout au long de la

construction. La face d'assise d'une pierre doit pencher vers l'intérieur du mur et ainsi former un angle avec l'horizontale (figure 152). Certaines pierres sont retaillées ou calées afin que leur surface d'assise supérieure ait du fruit. En façade, le fruit des pierres se repère par l'inclinaison du parement. Il a été préparé lors de la pose des piquets destinés à tendre le cordeau.



Figure 152
Le niveau indique l'horizontale. La pierre est posée selon la règle du fruit.



Figure 153
En façade, le fruit des pierres se repère par l'inclinaison du parement par rapport à la verticale.

Enlèvement du cintre de l'arc de décharge

Lorsque le mur est avancé et pèse suffisamment sur l'arc de décharge, le cintre qui le maintient est enlevé, les éléments qui le composent sont récupérés (figures 154 à 156).



Figure 154
Les pierres du cintre sont enlevées.



Figure 156
L'arc de décharge est achevé.



Figure 155
Le cailloutis est récupéré pour le drain du mur.

Le raccord entre le nouveau et l'ancien mur

Pour prendre en compte la fragilité du mur conservé en section E, nous avons décidé d'arrêter notre restauration par un chaînage d'angle. Il a pour principale fonction de désolidariser la structure du mur restauré de celle de l'ancien mur. Il la protège en cas d'éboulement de l'ancien mur et facilite le travail lors de la reprise de la restauration.

Nous n'effectuons aucun terrassement pour la section E et ne touchons pas non plus au cône de pierres éboulées au pied du mur (figure 157). Ces pierres participent à l'équilibre qui tient la section debout. Nous nettoyons cependant la partie ancienne du mur des pierres qui menacent de tomber. Cela nous oblige à en

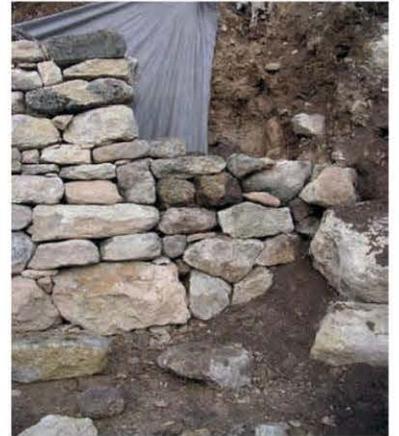


Figure 157
Nous ne terrassons pas le bas du mur provisoire. Nous l'appuyons sur l'éboulement qui est suffisamment stable et tassé.

reprendre une bonne partie au niveau supérieur (figure 158). Comme ce travail a un caractère provisoire, nous n'y apportons pas le même soin que pour le reste de l'ouvrage (figure 159).



Figure 158
Le haut du mur est, par contre, mis en sécurité et toutes les pierres instables sont enlevées.



Figure 159
Vu de face, le coup de sabre généré par le chaînage d'angle entre les sections D et E.



PAS À PAS

Placer une pierre de traverse

Outils : lètu.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : maçonnerie du mur.

Niveau de difficulté technique : facile.

Niveau de difficulté physique : peut être difficile en fonction du poids de la pierre et de la hauteur du mur.

Les pierres traversantes sont indispensables à la structure d'un mur maçonné à pierres sèches. Elles sont d'une longueur suffisante pour traverser de toute la largeur du mur (figures 160 à 163). En reposant à plat sur chaque pierre qu'elles relient, elles assurent la cohésion de la maçonnerie dans sa profondeur et retiennent ensemble les deux faces du mur.



Figure 160
Pose d'une pierre traversante dans un mur de soutènement.



Figure 161
Pose d'une pierre voisine.



Figure 162
Début de la pose du corps du mur.



Figure 163
Les pierres sont choisies afin que leurs faces soient bien jointives avec la pierre traversante.



PAS À PAS

Placer un dispositif de pierres se prenant en tenaille

Outils : têtou.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : maçonnerie du mur.

Niveau de difficulté technique : facile.

Niveau de difficulté physique : peut être difficile en fonction du poids des pierres et de la hauteur du mur.

Lorsque l'on ne dispose pas de pierres traversantes d'une longueur suffisante pour traverser la largeur du mur, on peut leur substituer un dispositif de pierres se prenant en tenaille. Les pierres sont alors choisies méticuleusement, et se croisent de façon à créer ensemble un enchevêtrement qui les relie les unes aux autres, répartissant ainsi le poids du mur sur toute son épaisseur.

La pose en tenaille est réalisée sur trois rangs de pierres. Une première pierre A est installée en boutisse (figure 164). Sa longueur est inférieure à celle du mur. La seconde pierre B est placée derrière la pierre A, ensemble elles forment le premier rang qui traverse le mur de part en part (figure 165). Leurs faces de joint sont éventuellement taillées pour correspondre exactement. Sur le deuxième rang, la pierre C en

parement est choisie d'une taille équivalente à la pierre B (figure 166), et la pierre D, qui repose sur une bonne longueur de la pierre A et sur la pierre B, complète l'épaisseur du mur dans la continuité de la pierre C (figure 167). Leurs faces jointives sont également taillées si nécessaire. Au troisième rang, la pierre E finit la construction de la tenaille, elle appuie sur les pierres C et D (figure 168).



Figure 164
Pierre A installée en boutisse (mur vu en coupe).



Figure 165
La pierre B, ajoutée à la pierre A, traverse le mur de part en part.



Figure 166
La pierre C est choisie d'une taille équivalente à la pierre B. Sa face d'assise a été taillée pour correspondre exactement avec la pierre A (mur vu en coupe).



Figure 167
La pierre D repose sur les pierres A et B
(le mur vu en coupe).



Figure 169
La pierre F permet de former une assise pour le rang suivant
(mur vu en coupe).

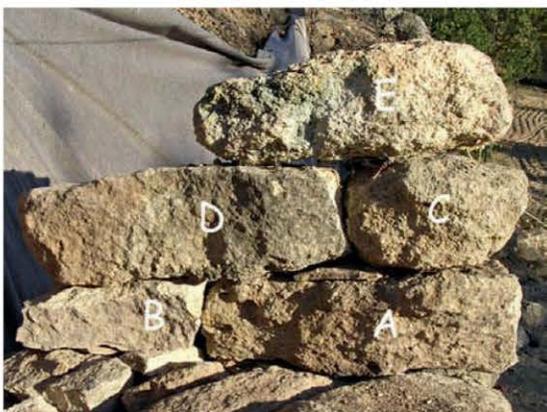


Figure 168
La pierre E forme le dernier élément de la
tenaille (mur vu en coupe).



Figure 170
La tenaille, formée par les pierres A, D et E,
remplace une pierre traversante (mur vu en coupe).



PAS À PAS

Placer un dispositif de deux pierres demi-traversantes

Outils : têtou.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : maçonnerie du mur.

Niveau de difficulté technique : moyenne.

Niveau de difficulté physique : en fonction du poids des pierres et de la hauteur du mur.

Faute de pierres traversantes et d'un nombre suffisant de pierres longues permettant de construire des dispositifs en tenaille, on peut placer, pour relier entre elles les deux faces d'un mur, un montage composé de deux pierres demi-traversantes. Ces deux pierres sont

choisies de façon à pénétrer sur une grande profondeur dans le corps du mur, de manière à se croiser sur la plus grande surface possible.

La liaison des faces du mur se fait donc sur deux rangs. Au premier rang, la pierre A est installée en boutisse, sa longueur est inférieure à celle du mur (figure 171). La pierre B ajoutée à la pierre A traverse le mur de part en part (figure 172). Au deuxième rang, la pierre C doit être suffisamment longue pour croiser avec la pierre A (figure 173). C'est par ce croisement que les deux faces du mur sont reliées entre elles. La pierre D achève le dispositif en permettant de croiser au rang suivant (figure 174).

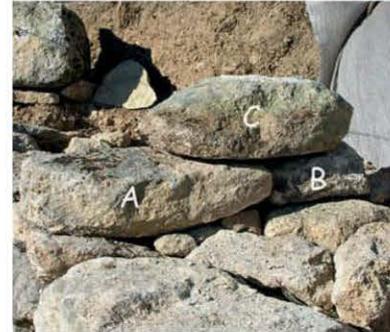


Figure 173
C'est le croisement entre les pierres C et A qui relie les deux faces du mur (mur vu en coupe).



Figure 171
La pierre E forme le dernier élément de la tenaille (mur vu en coupe).



Figure 172
La pierre B complète l'épaisseur du mur sur le premier rang (mur vu de dessus).



Figure 174
La pierre D achève le dispositif (mur vu en coupe).

La maçonnerie d'un angle

Action : arrêter le mur de façon esthétique et solide.

Outils : outils de taille.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : construction et couronnement.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : moyenne.

Après avoir posé les premières pierres de la section A (voir p. 85) débute la construction de la tête du mur. Dans le pierrier, des pierres ont été réservées à cet

effet. La première est choisie en fonction de sa hauteur, de façon à faire coïncider sa face supérieure avec celles des pierres de fondation installées (figures 175 et 176). Cette précaution permet de former une assise sur laquelle la prochaine pierre pourra croiser.

La construction se poursuit ensuite par le parement de la tête de mur (figures 177 et 178).

Une fois cette première rangée de pierres maçonnerie, l'opération recommence en plaçant la deuxième pierre du chaînage

d'angle puis, autour de celle-ci, les pierres du parement, et enfin le corps du mur et le drain.

La difficulté consiste surtout à trouver la pierre d'angle qui convient. Une pierre dont le volume et la forme semblent convenir est essayée afin de repérer les corrections à lui apporter (figure 179).

Ici, la pierre est tendre, le têtù plat suffit à la tailler et à la reprendre (figures 180 à 182). La pierre ainsi reprise s'inscrit de façon stable et esthétique dans le chaînage



Figure 175
La hauteur de la première pierre du chaînage d'angle coïncide avec celle des pierres de fondation déjà en place (vue de face).



Figure 177
La première rangée de pierres du parement de la tête de mur (vue de face).



Figure 179
La pierre est d'abord placée pour vérifier si elle peut convenir et pour repérer ce qui doit être taillé.



Figure 176
Les mêmes pierres vues du dessus.



Figure 178
La première rangée des pierres de l'angle (vue de dessus).



Figure 180
Reprise d'une de ses faces en parement pour respecter l'ouverture de l'angle et l'alignement avec le parement.

d'angle, elle est alors calée là où elle repose sur le vide (figure 183).

Ensuite, la maçonnerie encadrant la pierre posée commence. Il est essentiel de respecter la hauteur des assises afin de pouvoir croiser au rang supérieur (figures 184 et 185). Enfin sont réalisés le corps du mur et le drain (figure 186). Les pierres du corps du mur s'insèrent autant que possible en croisant par rapport à celles posées en façade (figure 187). L'ensemble est ajusté et bloqué au mieux (figure 188).



Figure 183
La pierre taillée est posée puis calée.



Figure 186
Le parement réalisé, la construction du corps du mur débute.



Figure 181
Reprise d'irrégularités gênant l'assise.



Figure 184
Maçonnerie autour de la pierre posée.



Figure 187
Essayez de croiser les pierres du corps du mur avec celles posées en façade.



Figure 182
Il s'agit d'une pierre tendre, un têtù plat suffit.



Figure 185
Pierres de parement installées et angle (vue de dessus).



Figure 188
Le tout est ajusté et bloqué.

Le deuxième rang est alors terminé (figures 189 à 191). De la même manière, on réalise le troisième rang, de la pose de la pierre d'angle jusqu'au drain (figures 192 et 193), et ainsi jusqu'à l'assise du couronnement (figures 194 et 195). Une fois l'angle monté, il reste à poser le couronnement. Le cordeau est installé pour matérialiser la ligne du haut du mur¹³. Le bloc de couronnement est choisi pour bien peser sur l'angle et éviter qu'il soit emporté par d'éventuels passages de bêtes ou d'hommes (figure 196).



Figure 191
Le deuxième rang terminé vu de la façade du mur.



Figure 194
Pose du quatrième rang.



Figure 189
Le deuxième rang terminé vu de dessus.



Figure 192
La troisième pierre du chaînage d'angle.



Figure 195
Essayez de croiser les pierres du corps du mur avec celles posées en façade.



Figure 190
Le deuxième rang terminé vu de la tête de mur.



Figure 193
Le troisième rang fini.



Figure 196
Mise en place du bloc de couronnement et vérification de son alignement avec la paume de la main.

13. Voir « Installer un cordeau de couronnement », p. 124.

Il croise avec les pierres de la maçonnerie (figure 197). Le couronnement de la tête de mur et l'intérieur du mur sont aussi construits avec des pierres suffisamment lourdes et importantes (figures 198 et 199). Après un calage méticuleux des blocs entre eux pour qu'ils soient solidaires (figure 200), l'angle du mur est terminé (figure 201). La prochaine étape de cette partie du mur est le retrassement.



Figure 197
Le bloc de couronnement vu de face.



Figure 198
Le couronnement de la tête de mur.



Figure 199
Pose d'un bloc pour l'intérieur du mur.



Figure 200
Les blocs sont calés pour être solidaires.



Figure 201
L'angle du mur terminé.

Le drain

Action : poser le drain à l'arrière d'un mur de soutènement.
Outils : massette, seaux.
Niveau de l'étape dans la construction du mur : construction.
Niveau de difficulté technique : facile.
Niveau de difficulté physique : facile.

La pose du drain ne pose pas de difficultés particulières, les seaux sont remplis de cailloutis et versés entre le mur et le talus (figures 202 et 203). Ils sont ensuite compactés à la massette ou avec une dameuse



Figure 202
Le drain comble l'espace entre le mur et le talus.



Figure 203
Les cailloutis sont jetés en vrac.

La récolte du drain

Si le terroir dans lequel vous habitez est de nature pierreuse, il existe un moyen facile et rapide de se procurer des cailloutis pour réaliser le drain. Pour ce faire, ratissez la surface d'une terre labourée ou mise à nue par des travaux de culture, afin de récupérer uniquement les pierrailles (figure 206). Vous aurez vite fait de regrouper des tas de cailloutis que vous n'aurez plus qu'à ramasser (figure 207).

(figures 204 et 205). Le compactage du drain est important : s'il doit être suffisamment aéré pour permettre l'écoulement de l'eau, il ne doit pas, à la longue, se tasser sous son propre poids. Un tel tassement, en créant un espace vide à l'arrière du mur, peut être la cause d'une déstructuration de la maçonnerie qui n'est alors plus calée par la masse du drain.



Figure 204
Ils sont ensuite damés et compactés pour éviter les tassements ultérieurs.

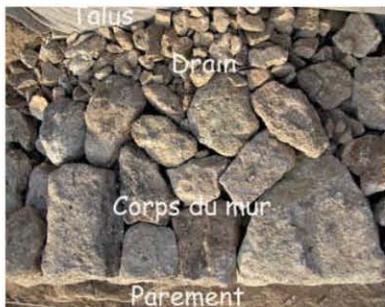


Figure 205
Le mur vu de dessus, le drain posé.



Figure 206
Ratissez la surface d'un sol travaillé.



Figure 207
Faites des tas de cailloutis et récoltez-les.

Poser le drain au fur et à mesure de la construction du mur

Il est préférable de poser le drain au fur et à mesure que vous montez le mur. Faire ainsi permet de bien le compacter. En effet la pierraille ne se compacte correctement que couche après couche. À partir d'une certaine épaisseur, vous n'en tassez plus que la couche superficielle. Agir de cette manière aide également à aborder la construction de façon méthodique, et présente l'avantage de dégager le chantier en cours.

La maçonnerie du couronnement

Action : finaliser le mur en posant le couronnement.

Outils : outils de taille.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : couronnement.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : difficile.

Lorsque le mur est construit, il reste à poser le couronnement. Il est ici réalisé avec les blocs de pierre disponibles dont le poids suffit à bloquer et à finaliser solidement le mur.

En premier lieu, il est recommandé d'installer un cordeau de couronnement, celui-ci détermine la ligne que ne devront pas dépasser les pierres de couronnement (figures 208 à 210). Il est d'une aide précieuse pour le choix des blocs¹⁴.



Figure 208
Installation du cordeau de couronnement.

14. Selon la hauteur du mur et votre habileté à construire en pierre sèche, ce cordeau peut suffire à vous guider lors de la restauration d'un mur (voir « Installer un cordeau pour un mur courbe », p. 39).



Figure 209
Le cordeau est réglé pour matérialiser le haut du couronnement.



Figure 210
Il permet de déterminer la hauteur des blocs de couronnement en matérialisant la ligne qu'ils ne doivent pas dépasser.

La pose d'un bloc de couronnement

L'assise du couronnement

Lors de la pose d'un bloc de couronnement, la première chose à faire est de réaliser l'assise sur laquelle il reposera. Celle-ci fait encore partie de la maçonnerie du mur proprement dite. Elle doit permettre au bloc de poser de façon stable, et de répartir son poids sur toute la maçonnerie.

Pour cela, les blocs de couronnement sont tout d'abord essayés. Cette première mise en place permet de vérifier l'alignement du bloc en hauteur et de visualiser le travail à accomplir pour son assise. Lors de ce positionnement, des cales provisoires sont installées (figure 211). Elles serviront, quand le bloc sera enlevé, pour appréhender et matérialiser le travail à réaliser. La simulation permet également de prévoir en quels points le bloc doit être taillé pour reposer correctement sur l'assise et pour correspondre au plus juste avec les blocs voisins.

Cette simulation faite, le bloc est enlevé et réservé non loin. Commence alors le travail de maçonnerie de l'assise. Les cales installées provisoirement indiquent la hauteur de la maçonnerie à réaliser pour asseoir le bloc de couronnement. L'assise est construite afin de recevoir sur toute sa surface le poids du bloc et de le redistribuer au mieux aux pierres composant le mur (figures 212 et 213). Puis le bloc est remis en place.



Figure 211
Installation de cales provisoires (A et B) sous un bloc de couronnement afin de régler sa hauteur de pose.



Figure 212
Réalisation de l'assise destinée à recevoir le bloc de couronnement.



Figure 213
L'assise réalisée.



Figure 214
Le bloc remis en place.

La hauteur du bloc

C'est la hauteur du bloc de couronnement qui détermine la hauteur à laquelle la maçonnerie est arrêtée. Les blocs disponibles ici n'ayant pas tous la même taille, il n'est pas réalisé d'arase au cordeau, la hauteur de la maçonnerie du mur est adaptée à la taille de chaque bloc (figure 215).

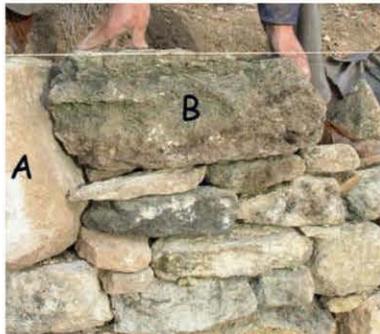


Figure 215
Les blocs de couronnement A et B n'ont pas la même hauteur, la maçonnerie est adaptée à leur profil.

Le réglage et le calage du bloc de couronnement

La pose du bloc n'est pas encore complètement achevée. Pour la solidité du mur, il est important que les blocs de couronnement soient solidaires les uns des autres. Pour cela, le bloc est taillé sur sa face de joint afin qu'il soit le plus jointif possible avec le bloc déjà en place (figures 216 et 217). La pose se termine par le calage du bloc dans la profondeur du mur (figures 218 et 219). Le calage du bloc de couronnement ne s'achèvera qu'avec la pose du bloc suivant (figures 220 à 221), et par le remplissage de l'espace jusqu'au talus. Le couronnement se poursuit ainsi pierre après pierre (figure 222).



Figure 216
Analyse de la taille à effectuer afin de rendre les blocs jointifs.



Figure 217
Taille du bloc.



Figure 218
Pose d'une cale dans l'intérieur du mur pour maintenir le bloc.



Figure 219
Calage dans le corps du mur.



Figure 220
Bloc A déjà posé. Présentation et pose du bloc suivant.



Figure 221
Le calage du bloc A peut alors être finalisé.



Figure 222
Vue de dessus, le bloc de couronnement A, une fois la pose terminée.

La section B

Le couronnement de la partie B n'est pas conservé en l'état (figure 223), il est recalé et remanié afin de s'aligner sur la ligne du cordeau. Cela permet également de « nettoyer » la terre infiltrée (figure 224).



Figure 223
Démontage du couronnement de la partie B.



Figure 224
Nettoyage de la terre.

Les pierres sont réutilisées sur place. Une fois le couronnement démonté, son assise reprise, des blocs sont installés de la façon que nous venons d'indiquer (figure 225). La prochaine étape sur cette section est le reterrassement.



Figure 225
Le couronnement des sections A et B achevé.

Les sections C, D et E

Le couronnement se poursuit bloc après bloc, de la même façon que nous venons de le voir pour les autres tronçons du mur (figures 226 et 227). Il s'agit de la dernière étape de la maçonnerie proprement dite.



Figure 226
Le mur, couronnement installé jusqu'à la portion C.



Figure 227
Le mur, couronnement terminé.

Le retrassement

Action : remettre le sol en place une fois le mur achevé.

Outils : râteau, pelle, seaux (dameuse facultative).

Niveau de l'étape dans la construction du mur : finition.

Niveau de difficulté technique : facile.

Niveau de difficulté physique : facile.

Une fois le mur achevé, il reste à remettre le sol en place, c'est-à-dire étaler la terre remontée lors du terrassement dans le cas de notre chantier. À l'instar de tous les murs alentour, nous allons procéder selon la technique du talutage du haut du mur¹⁵. Pour ce faire, le haut du mur est protégé des infiltrations de terre par le géotextile, tendu lors du terrassement. Celui-ci est alors posé sur le couronnement et la terre est ensuite étalée dessus (figure 228).



Figure 228
Géotextile recouvrant le haut du mur des sections A et B pour le protéger de la terre.

L'épaisseur de terre sur le mur n'est pas très haute, la terre précédemment remontée va être étalée sur la terrasse elle-même, et permettre de former la cuvette de réception des eaux (figure 234).

On commence par la jonction avec le mur, pour laquelle il faut apporter un soin par-

ticulier au retrassement. La terre doit y être stabilisée au plus vite pour éviter qu'elle ravine. Les mottes réservées lors du terrassement pour la végétaliser sont alors utilisées (figures 229 à 231). Il est également possible de semer des plantes pour obtenir ce résultat. Cependant, le haut d'un mur offre des conditions de vie difficiles pour la végétation, il faut choisir une variété de plante résistante. L'idéal est



Figure 229
Mise en place des mottes de graminées.



Figure 230
Les mottes sont positionnées afin de retenir la terre meuble en l'empêchant de couler dans le mur.

d'utiliser les variétés qui ont fait leurs preuves et que l'on trouve sur place, par exemple ici, une graminée capable de sécher totalement en été et de reverdir à la première pluie.

Ensuite, la terre est étalée et tassée sur la totalité de la plate-bande (figures 232 et 233). Le mur vu de face, une fois le retrassement terminé (figure 235).



Figure 231
Si les mottes réservées ne sont pas suffisantes, d'autres sujets peuvent être récoltés aux alentours.



Figure 232
La terre est étalée à l'aide d'un râteau.

15. Voir « La finition », p. 78.



Figure 233
La terre est étalée et tassée sur toute la plate-bande.



Figure 234
Elle forme une cuvette pour retenir les eaux de pluie.



Figure 235
Le sommet du mur en parement, une fois le retrassement terminé.



5

Aménager d'autres ouvrages

Après avoir déroulé le carnet de chantier de la restauration d'un mur de soutènement, nous allons traiter de plusieurs types d'aménagements en pierre sèche comme la construction d'escaliers en pierres plantées ou en pierres maçonnées, d'un arc de décharge, d'un parement dont l'aspect ressemble à

de la pierre sèche, la construction d'une niche, le drainage d'un sol, le caladage d'une allée. Pour vous guider au mieux dans la mise œuvre de ces procédés, nous avons réalisé des séquences pratiques en images qui montrent l'avancement des travaux pas à pas.

La construction d'un escalier



Figure 1
Escalier en pierre sèche.

L'utilisation de murs de soutènement en pierre sèche implique généralement la construction d'une rampe ou d'un escalier pour accéder aux plates-bandes aménagées.

La pierre sèche offre trois techniques de réalisation : les escaliers en pierres plantées, en pierres maçonnées ou les escaliers volants. Ils sont modulables selon l'espace disponible ; et leur implantation peut varier selon la pente et par rapport au mur. Le choix d'une solution technique et/ou d'une implantation dépendent autant d'impératifs liés à l'espace disponible qu'à la nature, la taille et la forme des pierres utilisées pour leur réalisation.

Les escaliers permettent de relier les différents niveaux d'un terrain. Ils sont composés de marches dont la hauteur est nommée la contremarche, la profondeur, sur laquelle repose le pas, le giron, et l'angle formé par ces deux surfaces – le nez de marche (figure 2). Leur pente dépend du dénivelé et de la distance à parcourir, son angle est modulable en jouant sur l'une ou l'autre de ces données et il influe également par contrecoup sur la hauteur et la profondeur des marches.

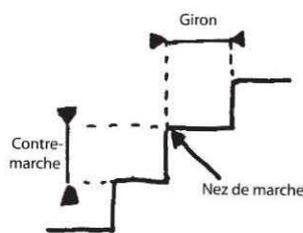


Figure 2
Contremarche, giron et nez de marche.

L'utilisation de la pierre sèche étant paysagère avant tout, les règles de proportion des escaliers sont beaucoup moins strictes que dans le cadre d'une architecture d'intérieur. La hauteur, le giron des marches et l'angle donné à la pente dépendent surtout des pierres disponibles et de l'espace dans lequel l'escalier doit être implanté. Toutes ces données interagissent ensemble pour déterminer l'escalier qui convient le mieux.

La hauteur des marches

Pour une pente très douce ne dépassant pas 10 %, il n'est pas nécessaire de faire des marches, on parle alors de pas-d'âne (figure 3). Plus le dénivelé est abrupt, plus la hauteur des marches doit être grande, celle-ci peut alors dépasser 20 cm de haut.

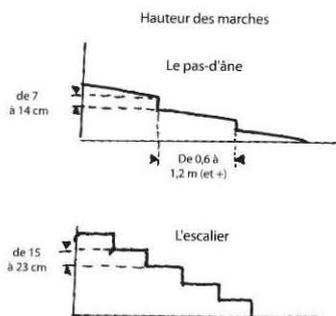


Figure 3
La hauteur des marches.

Cependant, lorsque les conditions le permettent, préférez toujours une hauteur de marche comprise entre 17 et 19 cm, afin que l'escalier soit plus confortable et moins fatigant à emprunter.

Le giron

Le giron est l'endroit où le pied se pose. Sa profondeur est une donnée importante : une marche dont le giron est trop court, ou mal proportionné à la hauteur de la marche et à la longueur du pas, peut être dangereuse ou difficile à emprunter. En revanche, il n'y a pas de limite maximale à sa longueur. Il peut également, comme dans le cas du pas-d'âne, ne pas être horizontal (figure 3). La pente qui lui est donnée permet ainsi de gagner sur la hauteur et de limiter le nombre total de marches à bâtir.

Le calcul des dimensions

Il est important de déterminer l'emprise au sol d'un escalier, cette donnée étant nécessaire à sa construction dès le terrassement. Celle-ci est calculée une fois la hauteur des marches et la longueur des girons définies. Dans le cas du pas à pas de l'escalier en pierres maçonnées (p. 137), 4 marches de 20 cm de haut suffiront pour un dénivelé de 80 cm, et si le giron de chacune des marches est de 30 cm, l'escalier occupera au sol une longueur de 4 x 30 cm, soit 1,20 m.

Dans le cas de la maçonnerie à pierres sèches, la hauteur des marches est la plupart du temps déterminée par la hauteur moyenne des faces des pierres disponibles. Une fois la hauteur à franchir déterminée, il suffit de la diviser par la hauteur des pierres choisies pour composer le futur escalier et déterminer ainsi le nombre de marches qu'il va être nécessaire de poser.

Le calcul de la profondeur des giron dépend, quant à lui, de l'espace disponible pour recevoir l'escalier ; il est calculé avec la formule de Blondel : $60\text{ cm} \leq G + 2\text{ H} \leq 70\text{ cm}$ ¹ et est idéalement égal à 63 cm.

L'implantation

Un escalier peut être implanté perpendiculairement, parallèlement au talus, ou être mixte en formant un coude. Ce sont les contraintes du terrain qui motivent le choix de la solution à adopter, celle-ci impliquant une emprise au sol et des besoins en pierres spécifiques. Les possibilités d'implantation d'un escalier restent nombreuses (figure 4).

Les techniques de construction

Escalier en pierres plantées

Il s'agit de la technique la plus simple et la plus économique pour réaliser un escalier (figure 5). Cependant, elle nécessite des pierres relativement planes et longues. Celles-ci sont directement plantées dans le sol en affleurant de manière à former le nez de marche (figure 6). Le giron de la marche est composé du



Figure 5
Vestiges d'un escalier en pierres plantées à usage agricole.

sol compacté. Ou, si la pierre s'y prête, de la surface supérieure de la pierre restée à l'air libre. Cette réalisation suppose d'implanter l'escalier dans la pente d'un talus, et non dans la maçonnerie d'un mur.

Lors de la réalisation d'un tel escalier, le terrassement est une étape délicate. Il est préférable d'utiliser le tassement existant du sol pour recevoir les pierres qui serviront de nez de marche. Creuser inutilement le sol sur lequel la pierre doit reposer a pour conséquence de l'ameublir, et entraîne un travail de recompactage dont la réalisation n'est pas toujours

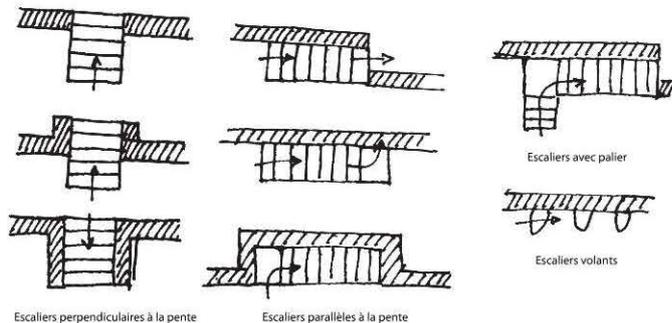


Figure 4
Cas de figures les plus courants pour implanter un escalier en pierre sèche.

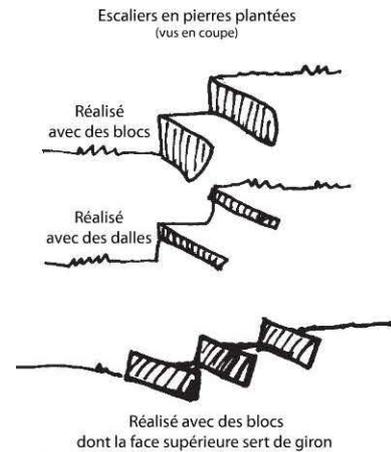


Figure 6
Trois types d'escaliers en pierres plantées.

évidente. Le terrassement d'un escalier en pierre plantée s'effectue au fur et à mesure de la pose des marches (figure 7).

Cette technique, très simple, peut s'adapter à différentes situations: les pierres peuvent, selon les cas, être calées

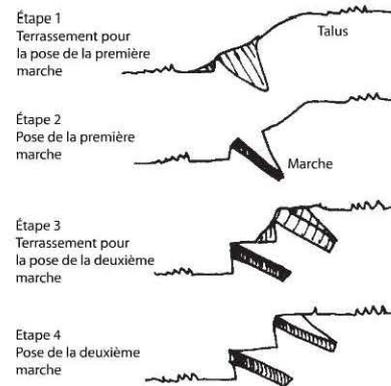


Figure 7
Les étapes du terrassement d'un escalier en pierres plantées (vue en coupe).

1. « G » est la dimension du giron et « H » celle de la hauteur de marche, en cm.

par d'autres pierres, plus ou moins inclinées, ou être plus épaisses de façon à dessiner la totalité de la contremarche. Dans tous les cas, elles seront posées avec le plus de fruit possible afin de résister à la force exercée par les pas.

à son propre volume et, d'autre part, au besoin de construire une plus grande surface de mur pour l'encadrer.

Lors de sa réalisation, l'accent doit être mis sur le choix des pierres destinées à composer les marches. Afin de ne pas gêner



Figure 8
Escalier réalisé en dalles plantées sur un sol meuble.

Escalier en pierres maçonnées

Contrairement à l'escalier en pierres plantées, l'escalier en pierres maçonnées est construit selon les mêmes principes que le mur dans lequel il s'intègre. Il est d'ailleurs construit en même temps que celui-ci, ce qui permet de croiser les pierres de l'escalier et celles du mur.

Un tel escalier consomme une grande quantité de pierres. Ceci est dû, d'une part,

le pas, elles doivent être de hauteur équivalente. De plus, il faut qu'elles reposent à plat sur leur assise et permettent non seulement l'appui confortable du pied, mais également l'assise de la marche supérieure. Elles doivent être enfin d'une taille suffisamment importante pour ne pas être ébranlées par les forces exercées par le pas des usagers.

Réaliser intuitivement les escaliers

Monter et descendre l'escalier au fur et à mesure de sa fabrication reste la meilleure façon de vérifier si les marches déjà placées sont fonctionnelles, et si l'escalier est confortable à utiliser. C'est également l'occasion de tester la solidité et le bon calage des pierres qui le composent. Cette pratique, très empirique, permet également de réaliser un escalier sans grands calculs préalables. Une première marche est posée, puis en simulant l'action de monter à partir de cette première marche, le pas indique de façon instinctive où poser la marche suivante.

Contrairement à la maçonnerie traditionnelle, qui utilise du mortier pour caler les marches, la stabilité d'une marche en pierre sèche est le résultat de l'inertie de son propre poids, chaque marche a ainsi les mêmes caractéristiques qu'une pierre de couronnement. Cette inertie est renforcée par le fruit qui lui est donné et par son intégration dans la maçonnerie de l'ouvrage réalisé.

PAS À PAS

Réaliser un escalier en pierres plantées

Un escalier existant, perpendiculaire à la pente, permet de monter au niveau du jardin. Afin de libérer de l'espace et de réduire son empiètement sur la plate-bande, il va être transformé en dessinant un coude (figure 10).

Le nombre de marches nécessaires pour accéder au niveau supérieur est donné par l'escalier existant. Il en est de même pour la longueur de l'emprise au sol du nouvel escalier. Trois piquets suffisent pour



Figure 9
Vue de l'escalier à réaménager.

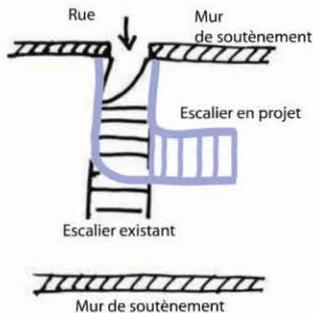


Figure 10
Plan de l'escalier existant (en noir), et de celui à construire (en mauve).

matérialiser l'espace où seront implantés les murs et l'escalier (figure 11). Ces piquets vont servir de repères dans un premier temps lors du terrassement, puis pendant la construction proprement dite.

Le terrassement de l'escalier peut commencer. Pour ne pas ameublir inutilement le sol sur lequel les marches vont reposer et ainsi risquer d'en affaiblir l'assise, il se fait au fur et à mesure de leur pose. Pour la première marche, le terrassement s'effectue jusqu'au coude du nouvel escalier (figure 12). La terre est remontée sur la plate-bande supérieure, elle servira de remblai pour la partie de l'ancien escalier à combler. Les pierres et cailloutis découverts lors de la fouille sont réservés pour la construction.

Avec cette façon de procéder, il est préférable de construire les murs environnants au fur et à mesure de la construction des marches. Le terrassement nécessaire à la réalisation des murs de soutènement qui vont encadrer l'escalier se fait donc simultanément.

Les pierres qui composeront les marches sont choisies dans le tas de pierres disponibles. Elles doivent poser de façon stable et être enterrées le plus profondément possible. Leur forme, au niveau de leur



Figure 11
Pose de piquets, repères pour l'implantation du nouvel escalier.

Outils : outils de terrassement, outils nécessaires à la construction, tête ou autres outils de taille, niveau (facultatif).

Matériel : piquets et cordeau pour repérer le passage des murs et de l'escalier.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : des fondations à la construction.

Niveau de difficulté technique : moyen.

Niveau de difficulté physique : difficile.

partie émergée, doit également être adaptée au confort du pas. Elles sont placées sur un sol fortement damé, avec un fruit important vers le talus, afin de ne pas basculer sous l'effet de la force des pas (figure 13). Des pierres sont placées à l'arrière pour bien les bloquer et le tout est clavé par des cales (figure 14). De la terre est ensuite répandue. Elle peut être mélangée à des cailloutis. En se tassant, elle achèvera le blocage des pierres entre elles et formera le giron de la marche (figure 15). Une fois la première marche posée, le bas du mur est construit (figure 16). Puis on effectue le terrassement de la seconde marche (figure 17), sa pose et la construction du mur correspondant (figure 18). L'escalier et le mur montent en même temps (figures 19 et 20), jusqu'à la réalisation complète des ouvrages (figures 21 et 22).



Figure 12
Le terrassement est réalisé jusqu'au seuil où l'escalier va décrire un coude.





Figure 13
Pose d'une première marche.



Figure 16
Les murs sont construits simultanément.



Figure 19
L'escalier et le mur montent ensemble.



Figure 14
Les pierres placées en nez de marche sont bloquées et clavées.



Figure 17
Terrassement pour la seconde marche.



Figure 20
Même étape vue de face.



Figure 15
Ensuite les pierres sont recouvertes de terre pour former le giron de la marche.



Figure 18
Pose de la seconde marche et construction du mur correspondant.



Figure 21
L'aménagement terminé.



Figure 22
L'escalier achevé.



Figure 23
Des tuyaux en PVC anticipent
l'installation d'une rambarde.

PAS À PAS

Réaliser un escalier en pierres maçonnées

Outils : outils de terrassement, outils nécessaires à la construction, têtus ou autres outils de taille.

Matériel : piquets et cordeau pour repérer le passage des murs et de l'escalier.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : des fondations à la construction.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : difficile.

Nous allons suivre la réalisation d'un escalier implanté perpendiculairement à un mur de soutènement. La différence de niveau entre les deux plates-bandes est de 80 cm environ. L'escalier sera donc composé de 4 marches d'une hauteur d'environ 20 cm, le giron de chaque marche faisant 30 cm. Les pierres destinées à le réaliser ont été triées, choisies et mises de côté dès le début du chantier. Il s'agit de pierres dont les deux faces d'assise sont planes et parallèles, et dont la hauteur correspond à celle des marches souhaitées.

Le travail débute par le terrassement. Des piquets sont plantés pour délimiter le mur et l'emplacement de l'escalier, puis les fondations sont creusées (figures 24

et 25). La pose des pierres composant le mur et l'escalier peut alors commencer (figures 26 et 27). Il n'est pas fait de différence entre chacune des entités, elles sont construites simultanément, dans une même structure (figures 28 à 32).

Les faces apparentes des marches constituent en quelque sorte un parement particulier, mais les règles de construction sont exactement les mêmes que pour un mur. Il faut veiller à la continuité des maçonneries entre le mur et l'escalier (figure 33).

Lorsque l'escalier est achevé et le niveau de la plate-bande supérieure atteint (figure 34), le chantier s'achève par le couronnement du mur.

Implanter une rambarde

L'implantation d'une rambarde doit être prévue dès la construction du mur. En effet, la pérennité de la maçonnerie à pierre sèche reposant sur l'équilibre des pierres les unes avec les autres, il est préférable de ne pas y revenir en enlevant des pierres dans le corps du mur une fois celui-ci achevé. Sur la figure 23, des tuyaux de PVC inclus dans le drain permettront de sceller au mortier les piquets de la rambarde lorsque l'aménagement sera achevé. Ces tuyaux ne seront plus visibles l'aménagement achevé (figure 22).





Figure 24
1. Cordeau au mur ; 2. Repère mur/escalier ;
3. Repère escalier.
Les fondations du mur.



Figure 27
La première marche est posée.



Figure 30
Présentation des pierres destinées
à construire la troisième marche.



Figure 25
Les fondations de l'escalier.



Figure 28
Les fondations du mur sont placées,
elles se poursuivent au niveau de l'escalier
afin de recevoir le poids des marches.



Figure 31
Les pierres sont placées, elles sont alignées
avec le parement du mur.



Figure 26
Pose de la première pierre.



Figure 29
La deuxième marche est placée,
le mur monté.



Figure 32
Pose des pierres de la quatrième
et dernière marche.



Figure 33
Continuité entre les maçonneries
du mur et de l'escalier.



Figure 34
L'escalier est achevé, le niveau
de la plate-bande supérieure atteint.
Il reste à finir le couronnement du mur.

PAS À PAS

Réaliser un escalier volant sur un mur de soutènement

L'intérêt de réaliser un tel ouvrage réside dans l'économie de place qu'il permet. C'est pourquoi il est souvent utilisé dans les terrains en terrasse pour passer d'un niveau à un autre, sans empiéter sur l'espace utile. Cet aménagement peut être réalisable sur un mur de soutènement comme sur un mur de clôture.

Le choix des pierres

Réservez des pierres pour les marches. Celles-ci doivent être longues (comme les pierres traversantes) et avoir une surface sur laquelle le pied trouvera assez de

confort pour prendre appui sans glisser (figure 35). Ces marches seront intégrées dans la maçonnerie sur au moins deux tiers de leur longueur, un seul tiers dépassant de l'aplomb du parement du mur (figure 36). Les marches doivent dépasser de 20 à 30 cm au moins pour permettre une utilisation confortable, les pierres doivent donc avoir une longueur totale comprise entre 60 cm et 1 m.

Il faut ensuite réserver des pierres de grande taille pour bien caler les marches. Elles seront maçonnées autour de celles-ci et leur assureront la stabilité ainsi que le contrepoids nécessaire à la poussée exercée par le poids du corps lors de l'usage de l'escalier.

Utiliser de grosses pierres permet aussi de réduire joints et vides, qui sont autant de possibilités de jeu dans la structure du mur et, par contrecoup, de fragilisation des marches. Vous devez apporter un soin particulier à faire coïncider vos pierres entre elles, en respectant les assises données par l'épaisseur des marches. Il est alors souvent nécessaire de retravailler la forme des pierres en les taillant.

Outils : les mêmes que pour la maçonnerie du mur.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : maçonnerie annexe du mur.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : difficile.

La préparation

À l'endroit où l'implantation de l'escalier volant est prévue, préparez un terrassement plus profond dans le talus afin d'augmenter l'épaisseur du mur. Elle permettra de bien croiser des pierres dont le volume est plus important que dans le reste du mur. Ceci donne également une plus grande inertie au mur et permet de mieux caler les marches. La première marche étant posée proche du niveau du sol de l'aplat inférieur, soignez particulièrement les fondations du mur à ce niveau.

La construction

La construction de l'escalier se fait en même temps que celle du mur. La pierre marche est considérée comme une





Pierre de la maçonnerie à part entière, elle doit remplir les mêmes conditions (figures 36 et 37). Elle croise en façade et à l'intérieur du mur avec les pierres voisines afin de ne pas créer de coup de sabre. Elle est calée et insérée dans la maçonnerie selon les mêmes critères. Et elle a aussi l'inclinaison donnée par le fruit du mur (figure 38).

Lors de la construction de l'escalier, il est préférable de reprendre toutes les pierres par une taille minutieuse. Cette taille doit permettre de réduire les joints entre les pierres, de les croiser au plus près et

d'éliminer tous les défauts d'assise. En limitant ainsi les possibilités de jeu entre les pierres, vous assurez la résistance aux vibrations entraînées par les pas.

Un poids suffisant doit aussi reposer sur la dernière marche, pour qu'à l'usage elle ne bascule pas. Pour cela, vous pouvez l'installer sous le rang de couronnement pour lequel vous aurez choisi des pierres particulièrement lourdes et profondes (figure 39). Si vous n'avez pas les pierres adéquates, utilisez du mortier de chaux et liez entre elles les pierres autour de cette dernière marche².

L'implantation des marches

Décidez de l'implantation des marches dans le mur en vous aidant de votre pas, en fonction des pierres que vous aurez sous la main, et de la longueur de mur dans laquelle celles-ci s'inscrivent. Pour implanter une nouvelle marche, placez-vous sur celles que vous venez de caler et simulez l'action de monter l'escalier. Votre pied indiquera, mieux que toutes les explications, l'emplacement idéal de la marche suivante.



Figure 35
Les marches de l'escalier sont des pierres très longues.



Figure 37
La pierre marche, insérée en profondeur dans le mur, doit être parfaitement calée et solidaire du mur grâce à un bon croisement avec les pierres voisines.



Figure 39
Les pierres marches sont maintenues par le poids et la cohésion du mur. Bloquez la dernière marche par un couronnement adapté.



Figure 36
Moins d'un tiers de la longueur dépasse de l'aplomb du mur et permet au pied de prendre appui.



Figure 38
Les pierres marches ont l'inclinaison donnée par le fruit du mur.



Figure 40
L'escalier fini.

2. Le mortier de chaux a l'inconvénient de garder la pierre humide à l'endroit du scellement. En hiver, elle risque alors de casser sous l'action du gel. C'est pourquoi cette solution est autant que possible à éviter.

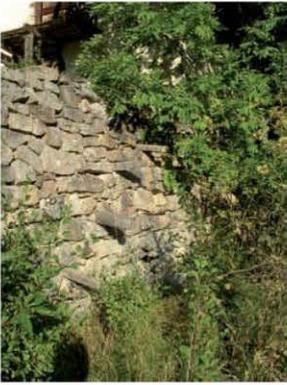


Figure 41
Vieil escalier volant en bois dans un mur de soutènement à Colmars-les-Alpes.

Afin de réaliser un tel escalier, cette fois-ci en bois, remplacez les pierres de marche par des bastaings ou des planches et installez-les lors de la construction du mur selon les mêmes principes développés plus haut.

Vous pouvez également installer un escalier volant en bois sur un mur de soutènement existant. En effet, la maçonnerie à la pierre sèche n'utilisant pas de liant, il est possible d'insérer des planches dans l'espace des joints entre les pierres.



Figure 42
Préparez des planches taillées en pointe pour faciliter leur insertion.



Figure 43
Enfoncez en force les planches dans le mur sur les deux tiers de leur longueur.



Figure 44
Vous obtenez rapidement un escalier praticable.

La construction d'un arc de décharge

Lors de la construction d'un mur en pierre sèche, plusieurs raisons peuvent vous amener à construire un arc de décharge. Lorsque des points de l'assise du mur (rocher en pente, arbre, etc.) empêchent une stabilité optimale, un arc de décharge permet de les contourner (figures 45 et 46). C'est également une solution pour un mur haut, et donc très lourd. En effet, l'arc de décharge réduit et redistribue le poids qu'exerce le mur sur lui-même et sur son assise (figure 47). On peut aussi envisager la réalisation d'un arc de décharge pour faire passer des réseaux sous le mur en évitant leur écrasement. Il s'agit du cas développé ci-après.



Figure 45
Mur dont l'éboulement est dû à son assise sur une roche instable.



Figure 46
Restauration du même mur avec un arc qui enjambe la partie instable de la roche.



Figure 47
Arcs de décharge permettant de réduire et de redistribuer la poussée que le poids du mur exerce sur lui-même.



PAS À PAS

Construire un arc de décharge qui évite l'écrasement des réseaux

Utilité : éviter l'écrasement des réseaux.

Outils : piquets et cordeau pour repérer le passage des murs et de l'escalier.

Matériaux : lauzes, pierres plates ou en biseau pour l'arc, terre et pierres pour le coffrage.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : fondations.

Niveau de difficulté technique : difficile et minutieux.

Niveau de difficulté physique : facile.

Nous allons aménager un passage pour les réseaux en construisant un arc de décharge dans le mur (figure 48). Il reposera d'un côté sur une grosse pierre qui sert de fondation, et de l'autre sur le roc qui affleure (figures 49 et 50). Chaque côté est préparé en créant un plan incliné sur lequel les premières pierres de la voûte reposeront à plat (figures 51 et 52). La solidité et le calage doivent être soignés. Réalisez ensuite un coffrage afin d'obtenir la forme intérieure de la voûte. Celui-ci peut être en bois ou en pierre (figure 53). Tassez de la terre sur le cintre pour affiner sa forme (figure 54). Il reste alors à bâtir la voûte, pierre après pierre. Veillez à croiser les pierres, et assurez-vous qu'elles sont collées à leurs voisines (figures 55 à 57). Après avoir posé la clé de voûte, les pierres sont calées afin de supprimer tout jeu entre elles (figure 58). Le coffrage est retiré uniquement lorsque du poids s'exerce sur la voûte (figure 59). Le mur et l'arc sont alors achevés (figure 60).



Figure 48
Un passage de réseaux doit être aménagé.



Figure 51
Chaque côté est préparé pour recevoir les premières pierres de la future voûte.



Figure 49
D'un côté, une grosse pierre sert de fondation.



Figure 52
Il s'agit de créer un plan incliné sur lequel les premières pierres de l'arc reposeront.



Figure 50
De l'autre côté, le roc affleure.



Figure 53
Un coffrage en pierre est réalisé afin d'obtenir la forme intérieure de la voûte.



Figure 54
Le coffrage est recouvert de terre tassée pour parfaire la forme du cintre.



Figure 56
Les pierres doivent croiser dans le corps de la voûte.



Figure 58
La clé de voûte posée, il reste à caler toutes les pierres pour qu'il n'y ait plus de jeu entre elles.



Figure 55
La voûte est bâtie, pierre après pierre.



Figure 57
Elles doivent aussi être collées à leurs voisines.



Figure 59
N'enlevez le coffrage que lorsque du poids s'exerce sur la voûte.



Figure 60
Le mur et l'arc sont achevés.





PAS À PAS

Réaliser une niche dans un mur de soutènement

Les niches sont traditionnellement présentes dans les murs en pierre sèche. Lors des travaux des champs, elles servaient à mettre à l'abri des objets, un panier ou des outils ; elles pouvaient également recevoir des ruches. Il existe ainsi de véritables « murs à abeilles » (figure 61) entièrement aménagés en pierre sèche (voir « Bibliographie », p. 189) ; les murs, alors orientés sud, optimisaient la production de miel en créant pour les abeilles des conditions optimales de vie.



Figure 61
Mur à abeilles à Gordes.
© Jean Laffitte

Insérer une niche dans un mur en pierre sèche fragilise le mur. Aussi, les pierres qui servent à construire la niche doivent être choisies de façon à ce que leur assise soit la plus stable et la plus parallélépipédique possible ; la profondeur du mur est plus importante à l'endroit où la niche sera insérée.

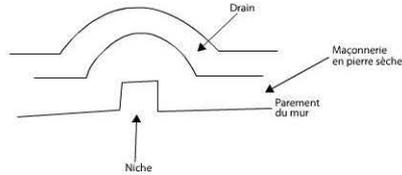


Figure 62
Le mur sera plus profond au niveau de la niche.

La construction d'une niche demande de la minutie et du temps. La niche est constituée de deux chaînages d'angles qui composent des parois latérales, d'un parement en fond et d'un linteau qui la coiffe.

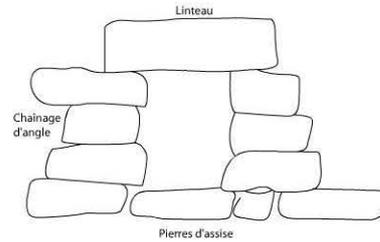


Figure 63
Pierres d'assise



Figure 64
Un premier chaînage d'angle a été réalisé sur le côté droit de la niche.



Figure 65
Début de la construction du second chaînage par la pose d'une pierre d'angle.



Figure 66
Construction du parement intérieur de la niche.



Figure 67
Parement intérieur de la niche (vue de dessus).



Figure 68
Une seconde pierre d'angle est posée ; elle doit anticiper l'assise du linteau. Sa face d'assise supérieure doit être au même niveau que celle du chaînage d'angle opposé.



Figure 69
Seconde pierre d'angle posée (vue de dessus).



Figure 70
La construction du mur reprend.



Figure 71
La construction du mur reprend (vue de dessus).



Figure 72
Présentation du linteau.



Figure 73
Après le calage du linteau, la construction du mur reprend.



Figure 74
Après le calage du linteau (vue de dessus).





Le linteau reçoit le poids du mur alors qu'une grande partie de sa surface n'appuie sur aucune pierre ; il peut alors facilement casser. Il est donc préférable de répartir les charges afin que le poids du mur repose le moins possible sur sa partie aérienne. Différentes solutions peuvent être envisagées, comme l'installation d'un arc de décharge ou d'une voûte (voir « Construction d'un arc de décharge », p. 141). Nous vous proposons ici une troisième solution qui consiste à le doubler par un deuxième linteau.



Figure 75
Pose de deux pierres en parement destinées à recevoir le deuxième linteau.



Figure 76
La niche dans le mur.



Figure 77
Chacune des pierres n'empiète que sur un tiers de la surface du linteau inférieur laissant libre de contrainte sa partie la plus fragile (vue de dessus).



Figure 78
Pose du deuxième linteau.



Figure 79
Pose du deuxième linteau (vue de dessus).



Figure 80
Une pierre sur laquelle ne s'exerce aucune pression peut être glissée pour combler visuellement l'espace vide entre les deux linteaux.



Figure 81
La niche est terminée : la construction reprend.

Insertion d'espaces destinés à accueillir des nids

Selon les mêmes principes de construction, il est possible d'offrir le gîte à certains animaux (oiseaux principalement et chauves-souris) en installant des nichoirs dans vos murs en pierre sèche. Ces nichoirs seront positionnés suffisamment haut dans le mur pour les tenir hors de portée des chiens et des chats. Afin de ne pas trop fragiliser la structure maçonnée,

Dimensions des nichoirs

Ces sites Internet sont utiles pour déterminer les dimensions des nichoirs selon les espèces :

<http://nichoirs.net/>

<http://lilisfec.chez-alice.fr/nichoirs.htm>

www.gcprovence.org/

www.gmb.asso.fr/

vous devrez choisir des points centraux du mur.

Les dimensions de l'accès au nid et du nichoir varient en fonction de l'espèce ou des espèces que vous souhaitez accueillir.

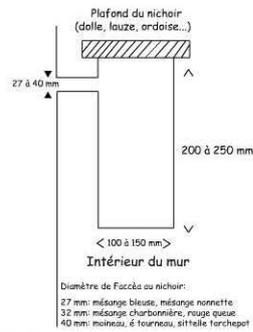


Figure 82
Schéma d'un nichoir à oiseaux.

Insertion d'espaces destinés à accueillir des chauves-souris

En dehors de celui utilisé pour la construction du mur, le matériel nécessaire pour réaliser un nichoir se limite aux gabarits destinés à guider la construction autour de l'espace du futur nid. Nous utiliserons ici un tube de PVC et un branchage.

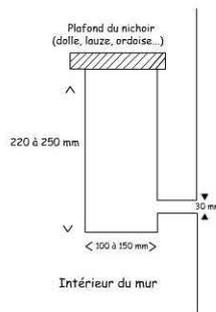


Figure 83
Schéma d'un nichoir à chauves-souris.



Figure 84
Positionnez vos gabarits afin de réserver l'espace du futur nichoir.



Figure 85
Repérez sur le tube la hauteur de construction.



Figure 86
Construisez le mur autour des gabarits.



Figure 88
Une fois que le mur est à la bonne hauteur, le gabarit peut être retiré.



Figure 91
Enlevez le gabarit de l'entrée du nid.



Figure 87
Construction du mur autour du gabarit (vue de dessus).



Figure 89
Vue de dessus après le retrait du gabarit.



Figure 90
Pose d'une grosse pierre faisant office de linteau.



Figure 92
Le mur est terminé : le nichoir est indécélable.

Construction d'un parement à l'aspect de la pierre sèche sur un mur existant

Avertissement

Les indications données ici sont valables uniquement pour des ouvrages paysagers dont la hauteur ne dépasse pas un étage (soit 2 à 2,50 m de hauteur). Le parementage est régi par le DTU 20.1, c'est pourquoi pour des travaux d'envergure, il est préférable de faire appel aux conseils d'un professionnel.



Figure 92 bis
Parement à l'aspect de la pierre sèche sur une façade de bâtiment.

Cette technique est utilisée pour habiller des façades de bâtiments (figure 92 bis) par un décor en pierre. C'est aussi la solution idéale pour masquer un mur de soutènement en béton ou un mur en parpaing. Elle a pour but d'habiller la face visible d'un mur avec une façade en pierre où n'apparaît pas l'utilisation du mortier. On parle de mur ayant l'aspect de la pierre sèche car, si la pierre est bien maçonnerie au mortier, celui-ci ne se voit plus une fois le parement achevé.

La pierre n'est donc utilisée qu'à des fins esthétiques, elle n'a aucune utilité structurale. La réalisation d'un tel parement, qui consiste à plaquer une couche de pierre et de mortier sur un ouvrage existant, nécessite de prendre des précautions particulières. Afin de garantir à la nouvelle structure ainsi créée, la solidité et la cohésion, des règles techniques et des principes esthétiques doivent être respectés pour obtenir un aspect final satisfaisant.

Les règles techniques

Approvisionnement et choix des pierres

Les pierres déterminent le parement. Vous pouvez utiliser celles que vous avez déjà sur le terrain. Il est aussi possible de se procurer des pierres déjà calibrées auprès des marchands de matériaux ou dans des carrières qui commercialisent directement ce produit. Les pierres calibrées du commerce sont généralement livrées en palette de 1 m³ (figure 93). Vous pouvez également vous approvisionner avec des pierres en vrac. Elles sont moins chères, mais génèrent plus de chutes lors de la construction³.

Pour des raisons de solidité, il est impératif de choisir une pierre non gélive. Par ailleurs, la taille des pierres est détermi-



Figure 93
Pierres triées, calibrées et conditionnées en palette.

née en fonction de la surface du mur à recouvrir. Afin de respecter les proportions, pour un mur de faible hauteur, un effet plus « naturel » est obtenu avec des pierres d'un volume relativement petit.

Le choix des pierres et leur taille moyenne n'influent pas uniquement sur l'aspect esthétique final du parement. Ils induisent également des données d'ordre technique à prendre en compte lors de son montage. En effet, la pierre détermine l'épaisseur minimale du parement, mais aussi le nombre moyen de rangs de pierres qu'il est possible de superposer dans la hauteur du mur à recouvrir.

L'épaisseur d'un parement

Pour calculer l'épaisseur du parement, plusieurs facteurs sont à considérer : la taille moyenne des pierres, la facilité à les tailler et à les réduire sans perte et, dans certains cas, l'espace disponible pour réaliser un tel parement.

Le recouvrement de façade de la figure 92 bis, par exemple, a une épaisseur de 25 cm. Celle-ci a été déterminée par la largeur moyenne des pierres disponibles et afin d'éviter de les retailler. Le tour de piscine décrit ci-après⁴ a été réalisé avec des pierres plus petites, son épaisseur est de 17 cm.

Dans les deux cas, il a fallu environ 1 m³ de pierre pour réaliser 4 m² de parement. Cependant, cette estimation peut être réduite s'il s'agit de pierres parfaitement calibrées et préparées pour ne pas avoir à les retailler. De la même façon, elle peut être majorée si l'on utilise de la pierre tout-venant.

La structure du mur et les fondations

Ajouter une couche de pierres maçonnées à un mur existant ne va pas de soi. Le poids du parement ajouté, son inertie et sa nature

3. Voir « Choisir et s'approvisionner en pierre », p. 25.

4. Voir « Parementage d'un tour de piscine à l'aspect de la pierre sèche », p. 152).

doivent être en cohérence avec le mur support afin de ne pas le déstabiliser. C'est pourquoi, selon la nature du mur à parementer et suivant la configuration des fondations existantes, la façon de procéder diffère.

La cohérence avec le mur existant

Le dispositif est différent si le mur à parementer est en béton ou construit avec d'autres matériaux tels que briques, de type Siporex, bois, ou autres.

Pour des murs en parpaing ou en béton, le parement est solidarisé au mur à l'aide d'un treillis soudé traité antirouille. Celui-ci est, par exemple, fixé parallèlement au mur, à l'aide de fers à béton pliés en U, également traités antirouille, scellés chimiquement dans le mur (figure 94). Le mur à parementer doit auparavant obligatoirement être enduit afin de garantir la cohésion de l'ensemble.

En revanche, dans le cas de murs construits avec d'autres matériaux (bois, brique, etc.), le parement est désolidarisé du mur à parementer par un vide d'air d'au moins 2,5 cm. Ce vide, qui peut être réalisé par un coffrage remonté au fur et à mesure des travaux, doit être ventilé par l'aménagement de barbacanes. Il faut préalablement traiter le mur support contre l'humidité.

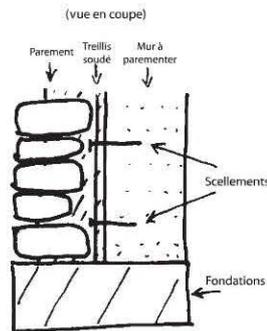


Figure 94
Treillis maintenu au mur par scellement chimique.

Les fondations

Afin de ne pas s'affaisser sous son propre poids ni entraîner le reste de l'ouvrage, la structure de la maçonnerie du parement doit reposer sur un sol stabilisé. Avant de maçonner un parement pierre, il faut donc s'assurer que celui-ci reposera sur un socle stable. Trois cas de figures peuvent se présenter :

- le mur est en béton (ou en parpaing) et la fondation du parement a été prévue lors de la fondation du mur lui-même (figure 95);
- le mur est en béton (ou en parpaing) mais la fondation s'arrête à l'aplomb du mur. Il faut alors créer des fondations pour le parement, celles-ci seront dissociées des fondations existantes par l'épaisseur d'un polystyrène putrescible de 5 mm (figure 96);
- le mur est d'une autre nature, brique, bois, de type Syporex, etc. Il faut obligatoirement dissocier les fondations du parement, que les fondations soient préparées avant ou après la construction du mur (figure 97).



Cas d'un mur en béton ou parpaings

Figure 95
Les fondations du parement ont été prévues lors de la construction du mur.

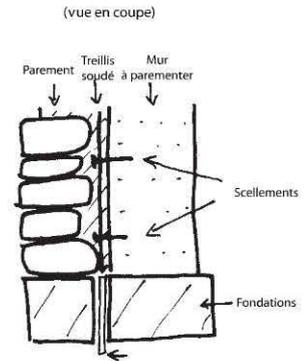


Figure 96
Les fondations du parement n'ont pas été prévues, elles sont réalisées après coup.

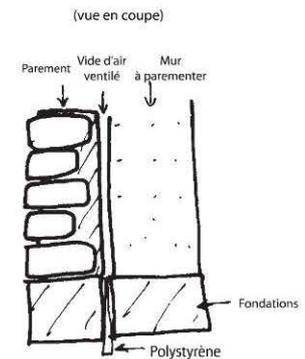


Figure 97
Si le mur n'est pas en béton ou en parpaing, la fondation du parement doit absolument être dissociée.

Calculer ses besoins

Le choix des composants du mortier

Nous vous conseillons de choisir du sable de granulométrie moyenne de type 0/4 et de la chaux dans laquelle a été ajouté du ciment⁵. Il est aussi possible de travailler avec un mortier de ciment, prenez alors du ciment à maçonner 12,5. Pour les dosages, reportez-vous aux indications fournies par le fabricant.

Le travail va consister à monter un empilement de pierres posées les unes sur les autres, maçonnées uniquement à l'arrière afin que l'emploi du mortier ne soit pas visible. Poser la pierre ainsi n'est pas logique en termes d'équilibre et de stabilité, ce qui induit une certaine fragilité. Pour y remédier, il est conseillé d'ajouter au mortier un produit améliorant ses propriétés d'adhérence.

Risques lors de l'utilisation de la chaux

Si vous utilisez de la chaux, son maniement demande des précautions particulières: elle est très irritante, attaque durablement la peau et peut être dommageable pour les yeux. Si vous recevez des éclaboussures ou poussières de chaux dans les yeux, lavez-les immédiatement à grande eau.

Quantité de matériaux et temps nécessaires

Ce calcul est relatif, il dépend de facteurs tels que la pierre, son calibrage, l'aspect final désiré, l'importance du parement à réaliser, le tour de main, etc. Pour donner un ordre d'idée, nous évoquerons deux exemples de réalisation : le parement de muret de tour de piscine (figure 115), et le parement de façade de bâtiment (figure 92 bis).

Le parement du tour de piscine, d'une épaisseur de 17 cm, a été réalisé avec des pierres calibrées et triées (de 5 à 10 cm de hauteur de rang pour une profondeur de 12 à 20 cm). L'impératif esthétique était de soigner les joints entre les pierres afin de ne jamais apercevoir le mortier. Cet impératif a entraîné la nécessité d'ajuster chaque pierre de façon très minutieuse avec les pierres voisines. Il a fallu 20 kg de NHL-5Z et 0,3 m³ de pierre par mètre carré réalisé. Le travail moyen a été de 12 heures par mètre carré.

Le parement de façade, d'une épaisseur de 25 cm, a été mis en œuvre avec des pierres calibrées (de 7 à 15 cm de hauteur de rang, et de 15 à 28 cm de profondeur. Il a fallu 35 kg de NHL-5Z et 0,25 m³ de pierre par mètre carré réalisé. Le travail moyen a été de 9 heures par mètre carré.

Les règles esthétiques

Lors de l'analyse de la maçonnerie à pierre sèche, nous avons vu que les impératifs techniques et les obligations liées aux lois générales de la pesanteur ne laissent que peu de champ au hasard dans l'agencement des pierres. Cela avait pour conséquence de déterminer l'aspect final de l'ouvrage⁶. En revanche, en simple parement, les pierres peuvent facilement trouver une assise plus fantaisiste grâce à la présence du mortier qui les cale. Il faut donc se tenir à une rude discipline pour obtenir un résultat donnant l'aspect final de la pierre sèche. Ce résultat est atteint en choisissant chaque pierre avec une grande attention parmi l'ensemble que forment les pierres voisines, et en simulant son équilibre, comme si elle n'était pas scellée.

Avant de sceller les pierres, il faut préparer le mur en les posant comme s'il était construit



Figure 98
Mise en place du couronnement
d'une jardinière parementée.

en pierre sèche. Les pierres doivent donc être bien assemblées et reposer au mieux les unes sur les autres. Pour les faire coïncider et réduire l'importance des joints, il ne faut pas hésiter à les reprendre et à les retailler.

Toujours dans un souci esthétique d'obtenir un aspect qui ressemble à de la pierre sèche, les règles de base de cette technique sont à appliquer. Ainsi, on prend soin de poser les pierres sédimentaires dans leur lit, on évite les coups de sabre, on ne pose pas les pierres sur chant ou de biais. De même, les pierres plus volumineuses sont disposées en bas de mur, les angles et le couronnement sont soignés (figures 98 et 99). En effet, c'est en s'attachant à ce genre de détail que le mur donnera le change ou paraîtra complètement artificiel. Il est donc important de souvent vérifier ces aspects en prenant du recul, car on ne s'aperçoit pas toujours des défauts lorsque l'on travaille sur l'ouvrage. Observez le montage sous tous les angles et dans son ensemble, prenez du recul avant de sceller les pierres, cela permet de corriger les imperfections, par exemple des pierres dont la position n'est pas satisfaisante à l'œil. C'est lors de cette opération d'assemblage que se joue l'esthétique du mur, c'est là aussi ce qui justifie le temps nécessaire à un tel travail.



Figure 99
La jardinière terminée.

⁶. Voir
« L'appareil »,
p. 62.



PAS À PAS

Parementage d'un tour de piscine, à l'aspect de la pierre sèche

Outils : Pour les scellements, perceuse ou perforateur avec mèches, pistolet squelette.

Pour le mortier, bétonnière, brouette, pelle, truelle, gamate et taloche.
 Pour la taille des pierres : un têtou et/ou tout autre outil de taille, des bâches de protection du sol, ainsi qu'un bastaing ou : un pavé de pierre dure comme support de taille (prévoir une aire pour la taille des pierres).

Niveau de l'étape dans la construction du mur : parement.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : moyenne.

Nous sommes ici dans le cas de figure du parement d'un mur en béton enduit pour lequel nous n'avons pas à intervenir sur les fondations.

La cohésion entre la couche de parement et le mur à parementer

Afin de permettre une bonne cohérence entre le parement et le mur, ce dernier est tout d'abord piqueté afin de faire tomber les parties fragiles de l'enduit et de réduire l'aspect lisse de sa paroi (figure 100). Ceci donne une meilleure adhérence au mortier du parement sur le mur. Il faut ensuite bien dépoussiérer le mur (figure 101). Pour les mêmes raisons, les pierres utilisées doivent elles aussi être propres et lavées.



Figure 100
Mur piqueté.



Figure 101
Nettoyage et dépoussiérage du mur.



Figure 102
La barbotine est étalée au pinceau.

Il est préférable de passer une couche de barbotine, dont le choix varie selon l'importance de l'ouvrage. Pour ce chantier, elle se compose d'eau mélangée à de la chaux et à une résine d'adhérence commercialisée dans les magasins de matériaux. La barbotine est étalée au pinceau ou au balai selon la surface à couvrir (figure 102). Enfin, le treillis soudé, destiné à armer le mortier du parement et à l'ancrer au mur, est installé (figure 103). Il faut veiller à ne pas coller le treillis au mur : des pierres sont glissées aux endroits où l'espace n'est pas suffisant pour assurer son décollement (figure 104).



Figure 103
Pose du treillis soudé.



Figure 104
Pose d'une cale pour écarter le treillis du mur.

Utilisation du mortier et pose des pierres

Humidification des supports et des pierres

Le mur support doit toujours être humidifié. Les pierres le sont également, sans être trempées, elles ne seront utilisées que bien essuyées. Cela évite les coulures et assure une meilleure prise à la pierre dans le mortier. Le mortier n'est pas gâché trop humide pour ne pas couler entre les pierres et apparaître en façade.

Garder le mur humide sans le noyer

En saison chaude, certaines précautions sont à prendre pour éviter que le mortier ne « cuise » sous l'effet de la chaleur ou d'une évaporation trop rapide, ce qui le rendrait friable. Sans le noyer, l'ouvrage est, d'une part, maintenu humide tant que la prise du mortier n'est pas achevée, par exemple avec du tissu (figure 105), d'autre part, il est gardé à l'ombre avec des parasols.



Figure 105
Humidification du mur et protection contre le soleil à l'aide de draps maintenus humides.

Maçonner les pierres

Le mortier est posé à l'arrière des pierres (figure 106). Il faut veiller à ne pas trop en mettre afin qu'il ne déborde pas en façade. Il est disposé dans un premier temps sous forme de plot à l'aide d'une truelle à l'endroit du scellement (figure 107). Il est ensuite étalé de manière à couvrir la moitié arrière de la surface sur laquelle la pierre va reposer (figure 108). Ce geste est réalisé avec le tranchant de la truelle, il dessine des hachures fines et régulières dans le mortier afin de lui laisser la souplesse nécessaire et lui permettre de s'étaler lors de la pose de la pierre. Assurez-vous que le mortier reste à l'arrière du parement pour ne pas couler en façade lorsque vous placez les pierres.

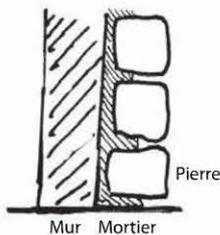


Figure 106
Coupe d'un mur parementé pierre.



Figure 107
Plot de mortier posé contre le mur support.

La pierre à sceller est présentée puis placée en appuyant sur le mortier (figures 109 et 110). Celui-ci, pour assurer un bon scellement, doit s'écraser sous la pierre, et être tassé derrière celle-ci afin d'éviter au maximum les vides dans la structure et de réduire l'effet de retrait du mortier lors de son séchage. Le bourrelet de surplus de mortier qui se forme est chassé vers l'arrière de la pierre, il suffit généralement à combler le vide. Lors de cette action, les autres pierres ont tendance à glisser et à sortir. Il faut les retenir et vérifier ensuite systématiquement leur alignement.



Figure 108
Le plot de mortier est étalé avec le tranchant de la truelle.



Figure 109
Présentez la pierre à sceller.





Il est préférable de tendre un cordeau pour assurer l'alignement des pierres en les posant. Une fois le mortier pris, il n'est plus question de les reprendre. Dans le cas d'un mur courbe, il est possible de vérifier, à l'aide d'un mètre, la largeur du parement à chaque pierre installée (figure 111).



Figure 110
Placez la pierre en appuyant sur le mortier. Le bourrelet de surplus de mortier doit être chassé vers l'arrière de la pierre.



Figure 111
Vérification de l'alignement d'une pierre dans le cas d'un mur courbe.

Tailler les pierres

Il est possible de chercher à chaque fois la pierre idéale, et ainsi d'éviter leur taille. Cependant, à l'usage, il est plus rapide de reprendre les pierres pour qu'elles s'intègrent dans le mur. Tailler les pierres devient donc la règle, et rares sont celles qui vont sans retouches dans la réalisation du parement à l'aspect de la pierre sèche.

Une zone de taille est alors préparée (figure 112). Un bastaing ou des pavés de pierre dure sont un bon support sur lequel les pierres trouveront appui pendant la taille (figure 113). Il est préférable d'étaler une bâche afin de recueillir les éclats et les chutes de pierre, ce qui évite un nettoyage fastidieux en fin de journée. L'outillage utilisé est, là encore, le têtou ou tout autre outil de taille.

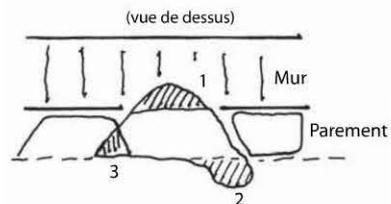
Il faut identifier les différents points de reprise de la pierre (figure 114), puis procéder à la taille. Pour les techniques de taille, reportez-vous, p. 68.



Figure 112
La zone de taille.



Figure 113
Utilisez un bastaing ou un pavé de pierre dure comme support de taille.



- 1 : Tailler la pierre dans la profondeur.
- 2 : Reprendre la façade.
- 3 : Ajuster la pierre aux voisines.

Figure 114
Points de reprise d'une pierre par la taille.



Figure 115
Le parement achevé. Il fournit un bel habillage architectural.

PAS À PAS

Drainage et gestion de l'eau

L'aménagement d'un terrain en pente par des murs de soutènement en pierre sèche est un aménagement paysager qui intervient sur la structure du sol, et sur l'écoulement et l'absorption des eaux pluviales. La course de l'eau est drainée et dirigée par les ouvrages installés. Chacun des murs réalisés recueille le ruissellement de surface au niveau de ses fondations ; la fondation draine l'eau qui s'écoule jusqu'à son point bas. Comme tout drain, les murs dirigent l'écoulement de l'eau, permettent sa diffusion dans les sols mais ne la font pas disparaître. Selon la quantité des précipitations, l'eau poursuit ensuite sa course hors des murs et rejoint son réseau naturel d'écoulement.

Poursuivre le drainage sur le terrain à partir des murs est impératif : la stagnation de l'eau aux points bas des fondations, l'érosion du terrain pouvant entraîner la sape des ouvrages et la possibilité de dégâts des eaux seront ainsi écartées. C'est pourquoi chaque point bas des fondations doit être aménagé d'un exutoire qui permet au flux de l'eau de poursuivre si nécessaire sa course sans dommage pour le mur. Cet exutoire est poursuivi par un drain dont la fonction est de diriger l'écoulement du surplus d'eau dans le terrain. Tous ces drains forment un réseau qui finit par déboucher dans un fossé ou un fond de vallon où l'eau peut reprendre sa course sauvage.

Le réseau d'écoulement d'eau ainsi installé peut également alimenter les citernes ou les bassins et servir à l'arrosage en périodes sèches.

Quoique peu visibles une fois l'aménagement d'un terrain terminé, les ouvrages de gestion de l'écoulement de l'eau, comme

les exutoires, les drains et les fossés, font partie intégrante du travail d'un aménagement en pierre sèche. Ils seront donc envisagés dès les préparatifs, et ce, en fonction du réseau hydraulique du terroir dans lequel se trouve le terrain.

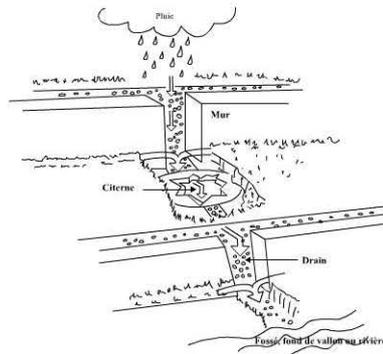


Figure 115 bis
Écoulement des eaux pluviales dans un aménagement en pierre sèche.

Croquis d'après Cesare Andreini

La pierre étant un matériau très utilisé pour aménager des ouvrages liés à la gestion de l'écoulement de l'eau, nous vous proposons ici quelques réalisations en ce sens : le caladage d'un fond de fossé, le drainage de la résurgence d'un écoulement d'eau et le drainage des fondations d'un mur de soutènement.

Caladage d'un fond de fossé

La technique du caladage est appropriée pour stabiliser les surfaces sur lesquelles s'écoulent épisodiquement les eaux de ruissellement et éviter ainsi l'érosion du fond d'un fossé où se regroupent les eaux de pluie.

Ici, la technique de caladage est la même que celle abordée p. 164 et est adaptée à l'usage qui en est fait.



Figure 116
Une buse dirige les eaux pluviales sur le terrain en aval sans aménagement ; le sol est raviné.



Figure 117
Un fossé est creusé afin de diriger l'écoulement d'eau vers le fond de vallon.



Figure 117 bis
Le terrassement anticipe la création des digues qui dirigeront le flot, prépare le fond de forme sur laquelle sera posée la calade et s'adapte à la pente en créant des ressauts qui diminueront la force du courant.



Figure 118 bis
Les ressauts sont construits à l'aide de grosses pierres que le flux de l'eau ne pourra pas emporter.



Figure 119 bis
La calade est installée au fond du fossé.



Figure 118
Des murs de soutènement sont construits pour protéger les berges des digues.



Figure 119
Les murs, et les pierres utilisées pour les ressauts servent de conducteurs lors du remplissage de la calade.



Figures 120 et 121
Le chantier est achevé.

Écoulement des eaux

Lors du parementage d'un mur de soutènement, les barbacanes aménagées pour permettre le drainage des eaux d'écoulement ne doivent pas être bouchées. Il faut donc prolonger les dispositifs mis en place dans le mur initial à travers le parement ajouté pour permettre l'écoulement de l'eau.



Figure 122
Ne bouchez jamais les barbacanes.

Drainage de la résurgence d'un écoulement d'eau

Outils : outils de terrassement ; massette ou dameuse.

Matériel : géotextile.

Niveau de difficulté technique : facile.

Niveau de difficulté physique : moyenne.

Description du lieu avant intervention

Un écoulement épisodique, certainement dirigé par le drain du mur en pierre sèche existant, apparaît à la surface du rocher sur lequel le mur lui-même repose (figures 123 et 124). La terre et la végétation ne suffisent pas à absorber le suintement, il arrive à l'air libre lorsque la roche affleure.



Figure 123
La roche où s'écoule le suintement est repérée par le chiffre 1.

Solution retenue

Les travaux envisagés consistent à diriger le suintement vers la plate-bande par un drain, afin de rendre l'écoulement souterrain (figure 125). De rehausser la plate-bande en la soutenant par un nouveau mur en pierre sèche, dont le drain entraînera l'éventuel suintement résiduel sous la surface du terrain.

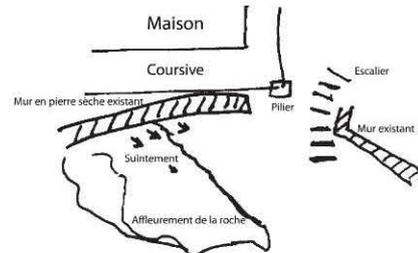


Figure 124
Plan de la situation existante.

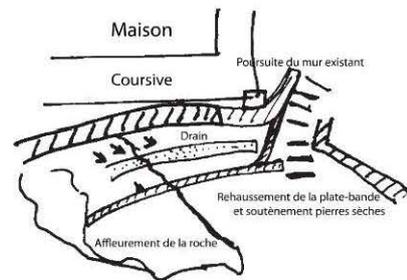


Figure 125
Installation d'un dispositif de drainage pour l'écoulement du suintement.



Mise en œuvre

La pose du drain et le terrassement

On commence par creuser pour enlever la terre et mettre la roche à nu (figure 126). La couche superficielle de roche est enlevée à la barre à mine (figure 127). Elle se délite facilement car elle est devenue poreuse et fragile au contact des éléments. Arrivé à la roche mère, une rigole est creusée afin de diriger l'écoulement vers le drain à installer (figure 128). Dans la poursuite de cette rigole, la tranchée destinée à recevoir le drain est creusée et sa pente vérifiée en faisant couler de l'eau (figures 129 et 130). Le drain est ensuite installé : du géotextile est étalé sur la tranchée, du cailloutis y est tassé, puis le géotextile est refermé (figures 131 à 133). Enfin, la terre est remise en place (figure 134).



Figure 127
Enlevez à la barre à mine la couche superficielle de roche.



Figure 129
La tranchée destinée à recevoir le drain est creusée dans la poursuite de la rigole.



Figure 126
Creusez pour enlever la terre et mettre la roche à nu.



Figure 128
Une rigole est creusée dans la roche mère afin de diriger l'écoulement vers le drain à installer.



Figure 130
Vérifiez la pente en faisant couler de l'eau.



Figure 131
Pose du géotextile.

La construction du mur

Le mur de soutènement en pierre sèche de la plate-bande est ensuite construit. Il drainera le suintement souterrain résiduel, au niveau de ses fondations (figures 135 et 136). Cela humidifiera le sol de la plate-bande inférieure, il faudra donc y planter des végétaux adaptés à l'humidité.



Figure 133
Refermez le géotextile.



Figure 132
Tassez du cailloutis dans le géotextile.



Figure 134
La terre est remise en place.



Figure 135
Le mur maintient le suintement souterrain.

Figure 136
L'aménagement est terminé.





Drainage des fondations d'un mur de soutènement

La préparation des fondations crée une tranchée dans le sol (figure 139). Une fois le mur construit, cette tranchée fonctionne comme un drain géant où s'écoule tout le surplus d'eau lors des précipitations (figure 140). Si le mur s'inscrit dans une pente, toute l'eau se regroupe au point bas du mur.

Lorsque le drainage n'est pas poursuivi hors du mur, l'eau se retrouve piégée et s'écoule sur le terrain lui-même, ce qui a le double effet négatif de déstabiliser le sol sous les fondations et de raviner le terrain (figures 137 et 138).



Figure 137
Point bas d'un mur où stagne l'eau (risques d'affaissement des fondations et de renversement du mur).



Figure 138
En cas de fortes pluies, ce même point bas déborde et l'écoulement de l'eau emporte le terrain.

C'est pourquoi au drain des fondations doit succéder un drainage enterré qui dirige l'eau là où elle ne peut pas entraîner de dégradations et qui peut être réalisé comme le drainage de la résurgence d'un écoulement d'eau (figures 123 à 136).



Figure 139
La tranchée creusée pour les fondations fonctionnera comme un drain géant une fois que le mur sera construit.

Ce drainage peut alimenter des citernes (figure 140 bis) et doit être envisagé de façon à ce que l'eau termine sa course dans un fossé, une zone humide ou un fond de vallon où l'eau reprendra sa course sans occasionner de dégâts.



Figure 140
Toute l'eau se regroupera aux points bas du mur.



Figure 140 bis
Exemple de citerne traditionnellement installée dans le réseau de drainage d'un terroir aménagé en pierre sèche.

PAS À PAS

Recyclage de matériaux divers

En dehors de la pierre, certains matériaux peuvent être utilisés lors de la réalisation de constructions en pierre sèche. Il s'agit principalement de matériaux en terre cuite tels que les tuiles, les briques ou les tessons de céramique⁷. Il est possible de recycler tous les éléments qui ne subiront pas une réduction de volume avec le temps, ou une déformation sous l'effet du poids des autres matériaux : du verre, des graviers en tas au fond du jardin, des morceaux de béton (figure 141), des tuiles cassées issues de la dernière réfection de la toiture, les briques d'une cloison, des parpaings. Tous ces matériaux sont intégrés soit dans le drain d'un mur de soutènement (figure 142) soit, pour certains, directement dans la maçonnerie en tant que cale ou moellon.

À l'inverse, les gravats de maçonnerie, les plâtres et autres restes d'aménagement ne peuvent être utilisés dans la construction car l'humidité et le temps les déliment, les



Figure 141
Mur de soutènement construit avec des morceaux de béton dans le corps du mur et des pierres du terroir en façade (vu de dessus).



Figure 142
Tuiles et briques creuses cassées utilisées dans le drain d'un mur de soutènement.

réduisent en poussière. Les espaces laissés vides par leur disparition déséquilibreraient alors l'ouvrage. Cependant, ils peuvent offrir un bon substrat à la végétation⁸, c'est pourquoi, lors d'un aménagement en talus, ils peuvent être utilisés en remblai. Leur volume est alors pris en compte dans le projet d'aménagement, et ils permettent ainsi d'économiser sur l'approvisionnement de remblai extérieur.

Utilisation des gravats d'un terrain pour l'implantation d'un mur de soutènement



Figure 143
Vue du terrain au début des travaux.



Figure 144
Un des tas de gravats remis sur le terrain.

Un recyclage des gravats est opportun, par exemple sur ce terrain inaccessible aux véhicules et dans lequel les déblais issus de travaux des maisons alentour se sont entassés et n'ont jamais été enlevés (figure 144).

Un aménagement du terrain par la construction d'un mur de soutènement permet alors d'évacuer, en les utilisant comme remblai, les matériaux mis en décharge (figures 145 et 146).

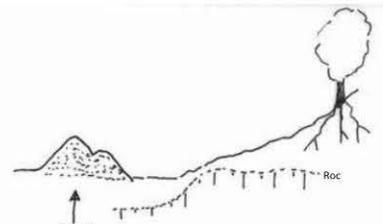


Figure 145
Vue en coupe du terrain avant travaux.

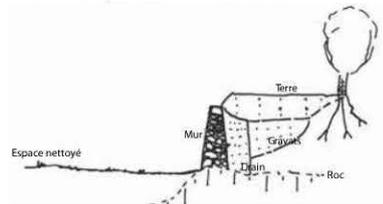


Figure 146
Vue en coupe du terrain après les travaux.

7. Lors de la restauration d'un mur de soutènement ancien, vous pourrez retrouver (dans le drain et la maçonnerie) des tessons de poteries et de tuiles. Ces pots cassés mis en décharge dans le mur peuvent donner une indication de la date de construction.

8. Il faut évidemment qu'ils ne contiennent pas de matières polluantes.



Il faut commencer par séparer et trier la terre, les pierres, les gravats et les cailloutis. Les pierres et les blocs de béton servent à la construction du mur de soutènement proprement dit ; les cailloutis à la confection du drain à l'arrière de ce mur ; les gravats et autres matériaux de décharge, ainsi que les cailloutis restants remplissent le remblai à l'arrière du mur et permettent le rehaussement du terrain. Enfin, la terre est étalée sur le sol ainsi mis à niveau. Les travaux terminés, tous les matériaux ont ainsi été recyclés (figures 147 et 148).



Figures 147 et 148
Vues du terrain, les travaux finis. Tout a été recyclé dans le mur.

PAS À PAS

Tas de gravats en rocaïlle

La technique de la pierre sèche repose sur la mise en équilibre de volumes de pierre pour créer une structure autoportante. Celle-ci peut être réalisée avec tout autre matériau. Il est ainsi possible de monter des murets, selon les mêmes principes, avec des gravats, des bûches de bois, des tuiles, ou un autre matériau dont vous

disposez en quantité suffisante. Selon le matériau, la construction sera moins pérenne et ne permettra pas un soutènement des sols, cependant elle offrira l'avantage de ranger et d'intégrer dans votre terrain, le temps de leur décomposition, des matériaux indésirables.

Cette technique peut s'illustrer par l'aménagement en « rocaïlle » d'un tas de gravats (figure 149). Selon le même principe qui préside au terrassement lors des préparatifs de la construction en pierre sèche, le tas est remanié afin de trier les morceaux de gravats supérieurs à la taille

d'une main. Ceux-ci sont ensuite maçonnés à sec afin de retenir le reste du tas en talus. Les gravats sont utilisés dans la maçonnerie selon leurs caractéristiques et leur forme : les briques servent à monter les angles, les morceaux de béton assurent le couronnement, les plâtras forment la masse des moellons (figure 150).

Dans notre exemple, un compost, suffisamment grand pour recueillir la masse des déchets végétaux du jardin, est créé (figure 151). Des plantes de rocaïlle, adaptées aux conditions du talus, sont plantées afin de le recouvrir de verdure.



Figure 149
Le tas de gravats au début des travaux.



Figure 150
L'aménagement terminé (vu de face).



Figure 151
L'aménagement terminé ayant utilisé tous les gravats.

PAS À PAS

Agrandissement
d'un espace de parking

Le recyclage des matériaux peut, par exemple, servir à aménager un espace de parking. Dans notre exemple, les matériaux issus de l'aménagement du jardin, et notamment d'un cabanon en ruine, vont être utilisés comme remblai et matériaux de construction (figure 152). Après

le terrassement et le tri des matériaux (figure 153), le mur est monté, les remblais sont évacués à l'arrière et compactés (figure 154). Le cabanon en ruine est démolì. Ses matériaux servent au remblai (figure 155). Puis, le couronnement du mur est réalisé, composé de briques

pleines calées en force (figure 156). L'aménagement est ainsi terminé: les pierres ont été utilisées en parement et les déblais ont disparu dans la masse du mur et du remblai (figure 157).



Figure 152
Etat des lieux avant travaux.



Figure 154
Le mur est monté, les remblais sont évacués à l'arrière et compactés.



Figure 156
Des briques pleines, calées en force, font office de couronnement.



Figure 153
Terrassement et tri des matériaux.



Figure 155
Les matériaux du cabanon servent au remblai.



Figure 157
L'aménagement de la place de parking est terminé.



PAS À PAS

Calader à la terre

La pierre peut également être utilisée pour réaliser des calades. La calade est un sol pavé avec des pierres brutes non taillées. Elle est installée pour le protéger contre le piétinement, ou l'érosion due à l'écoulement des eaux en surface.

Elle servait traditionnellement à de multiples usages, comme aménager les chemins et les rues des villages, les alentours des bâtiments afin d'éviter que le sol se transforme en boue avec les activités humaines et le passage des bêtes (espaces appelés « patègues » en Provence) ; elle était également installée sur les ouvrages destinés à canaliser et à drainer les eaux d'écoulement ; enfin elle participait à l'aménagement d'ouvrages techniques tels que les aires de battage.

La calade a le grand avantage d'être un sol drainant : elle laisse l'eau s'infiltrer et réduit ainsi considérablement les ruissellements, tout en arrosant en profondeur les sols.



Figure 158
Découverte d'une calade sous le bitume d'une rue de village.



Figure 159
Fond de fossé d'écoulement caladé.

Si ses utilisations sont nombreuses et variées, la technique elle-même est relativement homogène et facile à mettre en œuvre. Elle répond tout d'abord à deux règles de base :

- Les pierres sont plantées dans le sol en ne laissant apparaître en parement que la face la plus petite. Les pierres sont ainsi systématiquement placées en boutisse, la plus grande partie possible étant enterrée. Cette règle de construction réduit les possibilités d'arrachement des pierres lors de l'usage de la calade.

- Les pierres sont croisées et calées entre elles afin de créer, là encore, comme pour un mur, un ensemble souple et homogène de pierres calées entre elles par leurs faces de joint. Cette seconde règle a pour effet de renforcer chaque pierre par la poussée que toutes les autres exercent sur elle et de répartir sur chaque pierre les contraintes exercées sur l'ouvrage.

À ces deux règles s'ajoute la nécessité de stopper et de contenir la calade là où elle s'arrête. Des pierres plus grosses et plus profondément ancrées dans le sol sont alignées sur ses limites afin d'offrir un cadre fixe et stable sur lequel la calade pourra s'appuyer. Ces pierres sont désignées par les termes « conducteurs » ou « raidisseurs ».



Figure 160
Exemple de calade à motifs.

Calade à la terre

La technique que nous vous présentons est la technique de la calade rurale à la terre. Les calades peuvent aussi être réalisées sur sable ou au mortier, voire sur semelle béton selon les contraintes qui vont s'y exercer, comme le passage de véhicules.

Temps de réalisation

La technique de la calade à la terre demande du soin et du temps.

Pose d'un cheminement caladé

Nous installons ici un chemin caladé qui permettra d'accéder à la maison à travers le jardin. La calade est maçonnée à la terre et composée de galets.

Comme tout aménagement, la première phase est celle de la réflexion ; le choix se porte sur une bande caladée limitée à 1,3 m de large, inscrite au centre d'un passage déjà dessiné par le bâtiment d'habitation, d'un côté, et les végétaux du jardin, de l'autre.

Une fois que le projet est arrêté, les travaux débutent par la matérialisation du futur ouvrage.



Figure 161
Les outils.



Figure 163
Les cordeaux matérialisent le niveau final du sol.



Figure 165
Le cordeau sert de repère.



Figure 162
Les cordeaux inscrivent la future calade dans l'espace.

Des cordeaux sont alors tendus : ils sont là pour inscrire l'ouvrage dans l'espace et matérialiser le niveau final de sol caladé.

Le terrassement peut désormais commencer. Il s'agit de décaisser le sol d'une profondeur équivalente à la taille des pierres utilisées pour réaliser la calade. Nous utilisons des galets calibrés entre 70 et



Figure 164
Le sol est creusé de 15 cm.

150 mm, et nous creuserons donc le sol de 15 cm en prenant le cordeau pour repère.

La terre extraite est conservée tout près : elle sera utilisée par la suite.

Les conducteurs

Le terrassement étant terminé, le travail de caladage proprement dit peut commencer. La première étape consiste en la pose des conducteurs : les plus gros galets sont triés et installés le long des cordeaux, et sont ensuite scellés au mortier de chaux ; un fil d'eau est également installé (voir ci-dessous). Morcelez la surface à calader en carrés pour augmenter la longueur totale des conducteurs, ce qui aura pour effet d'optimiser la solidité de la calade.





Figure 166
Présentation d'un galet conducteur.



Figure 168
Vérification de la profondeur.



Figure 170
Les conducteurs sont scellés au mortier de chaux.



Figure 167
Le sol est rehausé pour recevoir les conducteurs.



Figure 169
Pose des conducteurs.

Le fil d'eau

Sur un terrain en pente, la calade est un revêtement de sol particulièrement adapté aux allées extérieures du fait de sa double capacité à résister aux piétinements et à gérer les écoulements d'eau. Son installation est réfléchie afin de diriger les eaux de pluie et de les drainer jusqu'où elles pourront s'écouler sans dégâts pour les aménagements. Le fil d'eau est composé d'une double rangée de pierres de la taille des conducteurs

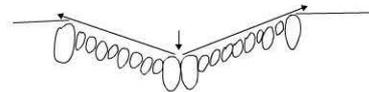


Figure 171
Chemin caladé avec fil d'eau vu en coupe.

(figure 173) et fait office de caniveau où le flot résultant d'une forte pluie peut s'écouler sans dommage. Afin d'obtenir ce résultat, les pierres qui le composent sont installées en dessous du niveau des conducteurs délimitant la calade sur ces côtés (figures 171 et 172) ce qui a pour effet de contenir le flot de l'eau. Le fil d'eau est généralement placé au centre de la calade.



Figure 172
L'ossature de la calade : les conducteurs et le fil d'eau au centre.



Figure 173
Pose du fil d'eau selon le même principe.

Le remplissage

Une fois que les conducteurs sont posés, l'action du « remplissage » peut commencer : les galets sont placés serrés – leurs faces de joint doivent être le plus jointives possible – dans l'espace précédemment délimité. Pour ce faire, commencez par étaler une épaisseur de terre tamisée (voir « Tamiser de la terre au râteau », p. 170). C'est sur cette terre que vous planterez les galets les uns après les autres jusqu'à ce que le carré soit entièrement rempli. Faites en sorte, en insérant les galets, de tasser la couche de terre qui se retrouve en dessous afin d'éviter un tassement ultérieur ; ainsi, selon la taille des galets, vous ajouterez ou creuserez la terre étalée au fond du carré.



Figure 174
De la terre tamisée est étalée au fond du carré.



Figure 175
Sur ce lit de terre seront posés les galets.



Figure 176
Pose d'un premier galet.



Figure 177
Pose d'un deuxième galet.





Figure 178
... et ainsi de suite, en évitant les espaces entre les faces de joint des galets posés.

Le travail de caladage est maintenant terminé. Malgré tout le soin que vous aurez porté à faire coïncider les faces de joint des galets installés, des espaces vides risquent encore de fragiliser votre ouvrage. En effet, ces espaces vides créent un jeu entre les galets qui fait que les galets s'arrachent à l'usage.

Il s'agit donc maintenant de caler l'ensemble. Repérez les espaces vides, et insérez-y des cales qui vont « tendre » la calade et finaliser la cohésion des galets les uns avec les autres.

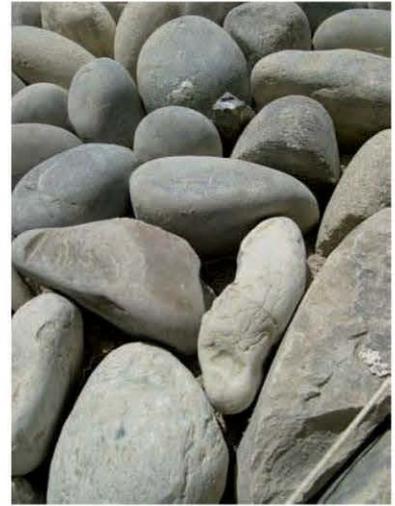


Figure 181
Repérez les espaces vides.



Figure 179
Les galets sont enfoncés au maillet afin de tasser la terre sur laquelle ils vont reposer...



Figure 180
... ceci jusqu'à ce que le carré soit entièrement rempli.

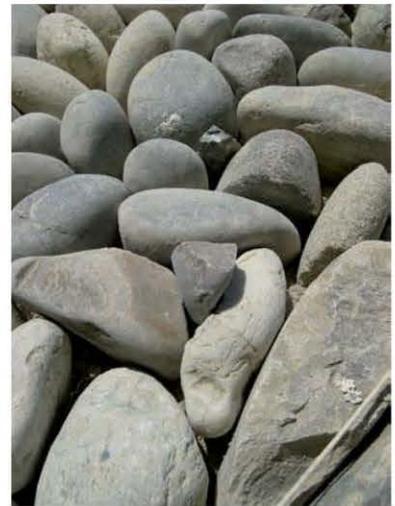


Figure 182
Préparez une cale.



Figure 183
Insérez la cale en force au maillet.



Figure 185
Les travaux de caladage et de calage sont finis.



Figure 187
La terre est étalée à la balayette afin qu'elle coule dans les joints.



Figure 184
Les faces de joint sont calées ; les galets n'ont plus de jeu.

Les finitions

Après l'opération de calage, rappez de la terre bien sèche et tamisée qui va s'insérer entre les galets et parfaire la solidité et la cohésion de l'ouvrage.



Figure 186
De la terre fine est rapportée sur la calade.



Figure 188
L'action est terminée.





Figure 189
La calade est terminée.
© Manuelle Meranda

Tamiser de la terre au râteau

Parmi les différentes façons de tamiser la terre, nous vous conseillons le râteau pour économiser votre effort et gagner du temps.

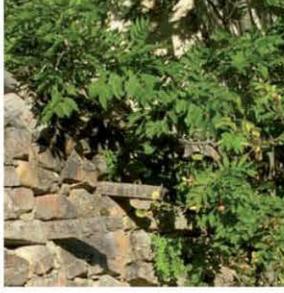
Étalez la terre sur une surface propre à l'aide du râteau ; vous regroupez ainsi les cailloutis en tas et récoltez une terre fine et tamisée.



Figure 190
Étalez la terre à l'aide du râteau.



Figure 191
Récoltez la terre fine et tamisée.





6

Restaurer et entretenir

Lors de la construction, le murailleur installe chaque pierre selon un ordre précis. De cet ordre naît l'équilibre nécessaire à la pérennité de l'ouvrage. Quels que soient les efforts déployés pour assurer dans le temps l'équilibre des pierres, cet état est transitoire et tôt ou tard le désordre s'y installe. Deux sortes de désordres peuvent être distingués : celui dont la cause est externe, qui

advient après un accident, et celui dû à des défauts engendrés par une mauvaise structure du mur. Dans les faits, les désordres sont souvent le résultat d'un panachage de ces circonstances, et il est difficile de déterminer quelle en est la cause première. Ce chapitre vous donnera les clés pratiques pour pallier ces inconvénients et pour y remédier le cas échéant.

Prévenir, repérer et réparer

Les désordres accidentels

Ils ont principalement deux origines : l'action des végétaux et l'activité des hommes ou des animaux qui déstabilise les pierres.

Les végétaux

Déstructurant la maçonnerie, les racines de végétaux ne sont jamais les bienvenues dans un mur en pierre sèche. L'idéal est d'entretenir régulièrement l'ouvrage et ses abords afin d'empêcher l'implantation et la croissance de végétaux non souhaités.

Pourtant, si un arbre est déjà installé dans un mur, la décision de l'enlever n'est pas toujours évidente à prendre. Ce choix n'est pas seulement d'ordre technique, il dépend aussi de critères subjectifs et esthétiques. Il est possible de conserver l'arbre si un équilibre entre lui et le mur persiste. Inversement, l'enlever, quand il est déjà âgé, entraîne généralement la réfection totale du mur tant ses racines sont intimement mêlées à la maçonnerie (voir « Restaurer un mur de soutènement », « Le diagnostic », p. 87, et « Le dessouchage », p. 93). En effet, supprimer la partie aérienne d'un arbre ne suffit pas. Ses racines implantées dans le mur (ou courant sous son assise), en se désagrégant, dégageront des espaces vides dans lesquels les pierres glisseront. Cela provoquera un tassement et l'effondrement de l'ouvrage (figure 1).

Les passages

C'est la cause principale de dégradation des murs de soutènement et des clôtures peu élevées, on parle alors de passage (figure 2). Les passages répétés déstabilisent les pierres de couronnement, celles-ci

commencent par jouer sur leur assise et finissent par glisser. Ensuite, la maçonnerie du mur proprement dite n'étant plus retenue par leur poids, les pierres tombent l'une après l'autre, le processus de détérioration court alors de haut en bas du mur. Il continue même lorsque les passages ont cessé.



Figure 1
Mur de soutènement assisé sur des racines de chênes.



Figure 2
Début de passage sur un mur de clôture couronné par des dalles.

Le meilleur entretien pour prévenir ce genre de désordre est la vérification régulière de la stabilité des pierres de couronnement. La fréquence de vérification dépend de la structure du couronnement. Généralement, une vérification annuelle est largement suffisante. Sans entretien, une passade peut devenir une brèche importante dans un mur. Nous abordons, par la suite, la réparation d'un tel désordre (voir « Réparation d'une brèche dans un mur de soutènement », p. 176).

Les petits accidents

Outre les passages, les causes de détérioration des ouvrages sont nombreuses : une branche qui tape avec le vent, un petit animal qui niche dans le mur et pousse une cale, un coup de gel sur une pierre imbibée d'eau, etc. Toutes ces petites détériorations, à l'instar des passages, peuvent être à l'origine d'une brèche (figure 3). Là encore, seule une vérification régulière peut permettre de les repérer et d'y remédier avant que la situation n'empire.

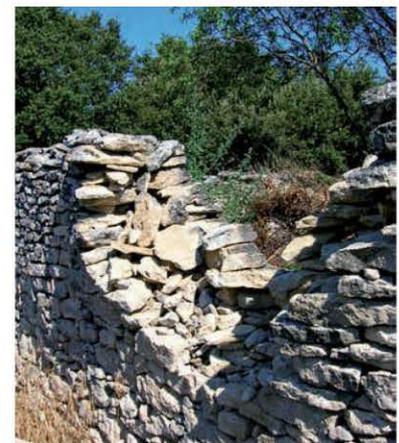


Figure 3
Brèche dans un mur de clôture.

Les désordres structurels

Certains désordres sont dus à la structure de la maçonnerie elle-même. Ils peuvent trouver leur origine dans des défauts de construction ou tout simplement dans l'usure du mur.

Le tassement

Le tassement est un désordre très courant. Son origine peut être variable et multiple : un tassement du sol sur lequel le mur repose, un défaut de calage et/ou de remplissage dans la maçonnerie, ou encore un drain insuffisamment damé. Dans tous les cas, des pierres sont déstabilisées et glissent dans le tassement. Ceci crée un espace vide qui va, à son tour, entraîner les pierres supérieures vers le bas en les privant de leur assise. Le processus court ainsi de bas en haut du mur et entraîne son effondrement, à moins d'être arrêté provisoirement par la présence d'un voûtement.

Il n'existe pas d'entretien contre un tel processus, qui peut aussi bien provenir d'un vice de construction que d'une usure liée à l'âge de l'ouvrage. La seule solution est de reprendre entièrement la maçonnerie touchée si le mur menace de s'effondrer.

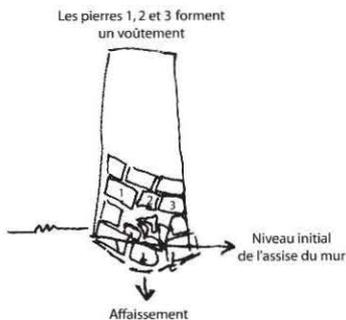


Figure 4
Le voûtement.

Le ventre

Ce désordre touche surtout les murs de soutènement, il est lié à leur usure. Visible en parement, un ventre indique que les particules de terre ont fini par envahir le drain ainsi que la maçonnerie (figure 5).



Figure 4 bis
Ventre dans un mur de soutènement.

Le sol n'est pas inerte, il gonfle avec l'humidité et se rétracte lorsqu'il s'assèche. Tant que le drain assure son rôle de tampon entre le sol et le mur, ce dernier n'en subit pas les mouvements. En revanche, lorsque la terre s'infiltre jusque dans la maçonnerie, celle-ci est poussée par l'expansion du sol et ne « revient » pas lorsque celui-ci se rétracte. Le mur menace alors de s'effondrer. Là encore, la seule solution est la reprise intégrale de la maçonnerie touchée.

Il n'est pas possible d'entretenir l'intérieur du mur, mais un entretien du drain est possible (voir « Le terrassement », section B, p. 86). Rappelons que la mise en place d'un géotextile à la construction assure une bonne prévention contre l'infiltration de terre et optimise la durée de vie du mur.



Figure 5
Araignée vivant dans les murs de pierre sèche du Var.

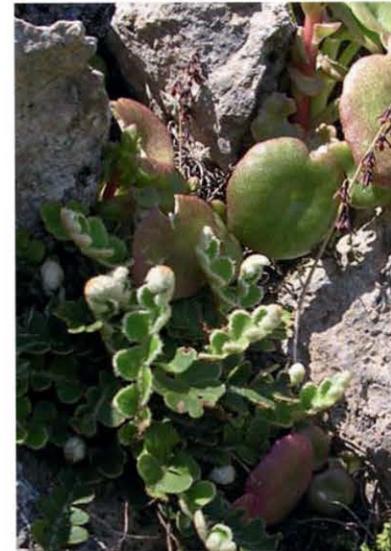


Figure 5 bis
Nombriil de Vénus et Ceterach officinal poussant dans un mur de pierre sèche.



PAS À PAS

Restaurer une brèche dans un mur de soutènement

Outils : pioche, pelle, seaux, têtou ou autres outils de taille.

Niveau de l'étape dans la construction du mur : des fondations au couronnement selon l'étendue de la passade.

Niveau de difficulté technique : difficile.

Niveau de difficulté physique : en fonction du poids des pierres et de la hauteur du mur.

La première chose à faire devant une brèche est de nettoyer l'espace effondré (figures 6 et 7). La terre est remontée sur le talus supérieur, les cailloutis et les pierres sont triés et stockés à part (figures 8 à 10). Il ne faut pas hésiter à nettoyer large pour supprimer toute la maçonnerie instable. La reconstruction du mur peut ensuite commencer (figures 11 et 12).



Figure 6
Brèche dans un mur de soutènement.



Figure 7
Le sol du niveau supérieur tombe dans la brèche.



Figure 8
La brèche est nettoyée et bien creusée à l'intérieur afin de refaire également le drain.

Liaison d'une partie restaurée avec le mur d'origine

Lors de la restauration partielle d'un mur en pierre sèche se pose le problème de la liaison entre l'ancien mur et la partie rénovée. Il faut alors prendre en compte divers facteurs : la souplesse des murs en pierre sèche, l'usure de l'ancien mur et, selon les cas, la pierre employée.



Figure 9
Le nettoyage réalisé, toute la maçonnerie instable est enlevée. Il ne faut pas hésiter à nettoyer large.



Figure 10
Vue du chantier, une fois le travail de préparation achevé. Les pierres ont été triées et classées.

Un mur ancien a travaillé sous les actions conjointes de sa propre souplesse, des poussées qu'il a subies, et parfois du tassement du sol sur lequel il est basé. Cela a eu diverses conséquences sur la structure de sa maçonnerie qui, au niveau du parement, se traduit par une perte de fruit et une façade moins « lisse ».

Le raccord de fruit

Comme nous l'avons vu, il faut donner du fruit à un mur de soutènement pour



Figure 11
La reconstruction du mur peut alors commencer.



Figure 12
La brèche est réparée.

contrecarrer la poussée du terrain qu'il retient. Avec le temps, le mur travaille sous l'effet de cette poussée : son fruit se réduit, la façade se redresse en diminuant l'angle qu'elle forme avec la verticale.

Dans le cadre de la reprise partielle d'un bout de mur et pour respecter la règle du fruit, le parement à reprendre sera moins vertical que celui de la partie conservée. Cela a plusieurs conséquences : une différence d'aplat en parement entre les deux parties et la difficulté de croiser correctement les pierres entre les deux maçonneries.

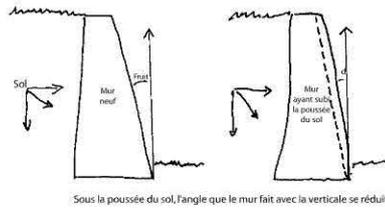


Figure 13
Réduction du fruit d'un mur de soutènement sous la poussée du terrain qu'il retient.

La solution la plus simple consiste à laisser le raccord visible (figure 14). Dans ce cas, il faut anticiper les mouvements du nouveau mur. Ceux-ci ne doivent pas se répercuter sur l'ancien pour ne pas le faire tomber. Il ne faut donc pas ancrer trop solidement le nouveau mur à l'ancien, tout en le renforçant au niveau de la liaison à l'aide de pierres plus grosses et en installant des pierres traversantes. Vous le désolidarisez ainsi de l'ancien mur et créez



Figure 14
Raccord de murs avec différence de fruit.

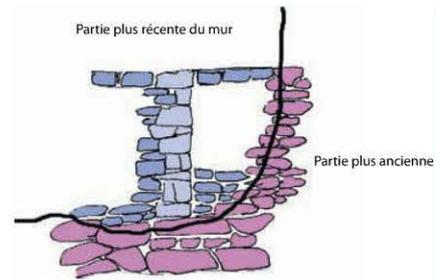


Figure 15
Restauration d'un mur de soutènement intégrant l'utilisation d'un chaînage d'angle (vue de face).

en même temps un point solide qui le rendra plus pérenne. Vous pouvez également arrêter votre restauration par un chaînage d'angle qui a, lui aussi, pour effet de le désolidariser de l'ancien mur et de l'arrêter solidement (voir « Restaurer un mur de soutènement », p. 85 et figure 15).

Une autre possibilité consiste à réduire progressivement le fruit de la partie récente du mur afin que son angle corresponde, au point de raccord, à celui de l'ancien. Soignez alors ce raccord entre les deux murs de la même façon que décrite plus haut, mais sans que cela soit visible au niveau du parement. Plus esthétique, cette manière de procéder demande plus de soin et est moins durable à plus longue échéance.





Tendre un cordeau lors d'une restauration

Dans le cas d'une restauration pour tendre un cordeau vous pouvez vous aligner sur le mur existant en vous en servant comme d'un piquet. Pour fixer un cordeau sur le mur en pierre sèche existant, les outils de la maçonnerie classique sont peu adaptés, préférez-leur des piquettes de jardin démanchées. Les deux pointes d'une piquette insérées dans les creux du mur constituent une bonne fixation pour le cordeau, que vous passerez par le trou destiné à recevoir le manche.



Figures 16 et 17
Fixez un cordeau sur un mur en pierre sèche existant à l'aide de piquettes démanchées.

PAS À PAS

Restaurer un mur de clôture



Figure 18
État du mur avant intervention.



Figure 19
État de la brèche dont nous allons suivre la restauration.

État des lieux et préparatifs

Comme pour tout travail de restauration, la première étape consiste à nettoyer le chantier et à démonter les parties du mur instables en récupérant les pierres pour le reconstruire. Enlevez les pierres déjà éboulées (figure 20), puis démontez les pierres instables du mur en élargissant la brèche (figure 21). Une fois ces préparatifs effectués, la reconstruction peut démarrer (figure 22).



Figure 20
Récupération des pierres éboulées et nettoyage du bas du mur.



Figure 21
Curage de la brèche jusqu'à atteindre la maçonnerie saine.



Figure 22
Début de la reconstruction du mur.





La construction

Lors de la construction d'un mur de clôture, le murailleur doit adapter son geste de façon à inscrire la maçonnerie dans l'espace déterminé par les plans des deux parements et à bâtir chaque face avec un fruit contraire, ce qui rend plus difficile le respect des quatre règles du croisement, de l'assise, du blocage et du fruit (voir « Les règles de construction en pierres croisées », p. 56). Pour obtenir un équilibre convenable et respecter les règles de construction, le choix des pierres et leur ajustement dans la maçonnerie demandent plus d'attention et de minutie ; le murailleur intervient alors par un calage, ou une taille des pierres plus difficile à mettre en œuvre que pour un mur de soutènement à simple parement.

Le croisement

Un mur de clôture a une épaisseur qui varie sur toute sa hauteur (voir « Calcul du dimensionnement », p. 46) : il rétrécit au fur et à mesure que l'on se rapproche de son couronnement. Le croisement des pierres dans le corps du mur est rendu difficile si l'on s'attache à respecter l'alignement des parements. Ce croisement est obtenu principalement de deux façons : en insérant régulièrement des boutisses traversantes (figures 23, 24, 25 et 26 et en installant dès que possible des dispositifs de pierres se prenant en tenaille, ou de pierres demi-traversantes (figures 27, 28 et 29, et voir chapitre 4 « Restaurer un mur de soutènement », p. 85).



Figure 23
Pose d'une boutisse traversante.



Figure 24
Le mur se poursuit.



Figure 25
La boutisse (vue de face).



Figure 26
Les boutisses sont installées le plus régulièrement possible. Ici, le même tronçon de mur, deux rangs d'assise plus haut et trois boutisses traversantes installées.



Figure 27
Les pierres de chaque parement croisent dans la profondeur du mur et croisent également dans leurs appuis sur les pierres inférieures.



Figure 28
Vue identique à la figure 27, mais plus large.



Figure 29
Croisement des pierres à l'intérieur du mur et dispositif de pierres demi-traversantes ; au fond, une boutisse traversante.

Le blocage

Le blocage des pierres ne s'obtient pas toujours par le seul choix des pierres brutes et nécessite souvent un calage minutieux ou une retouche par la taille à l'aide du têtou. Ces actions sont réalisées afin que les faces de joint et d'assise des pierres posées ne leur laissent pas la possibilité de jouer (figures 30 et 31).



Figure 30
Les pierres ne croisent pas dans le corps du mur : un calage est réalisé pour assurer leur blocage.



Figure 31
Les pierres croisent dans le corps du mur et leurs faces de joint sont presque jointives : ce tronçon de mur nécessite peu de calage.

L'assise et le fruit

Les pierres de chacun des parements du mur ont un fruit et un pendage contraires à celles du parement opposé. Il est ainsi plus difficile de mettre en place une assise correcte pour les pierres participant des dispositifs de croisement dans le corps du mur. Pour les boutisses traversantes, il sera souvent nécessaire de caler l'assise à l'intérieur du mur afin qu'elles reposent sur toute leur face d'assise (figure 32). Quant aux pierres participant des dispositifs de tenaille ou de demi-boutisses traversantes, elles seront la plupart du temps choisies pour leur forme et afin qu'elles croisent sans contre-carrer les fruits de chaque face du mur. Leur face en parement sera plus épaisse que la face opposée et se trouvant dans le corps du mur (figures 29, 33 et 34).



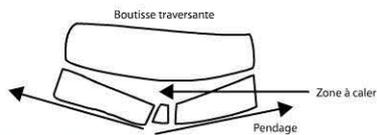


Figure 32
Calage de l'assise d'une boutisse traversante.

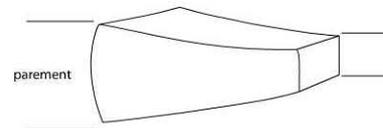


Figure 33
Pierre dont la face en parement est plus épaisse que la face interne.

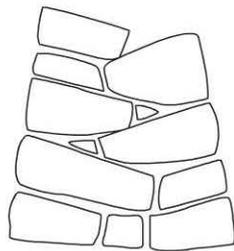


Figure 34
Cette sorte de pierre permet une construction dans les règles du fruit et du croisement dans le corps du mur.

Le couronnement

Une fois le mur construit, reste à poser le couronnement, qui est composé de grosses pierres. Ces pierres coiffent la structure du mur. Par leur poids, elles appuient sur les pierres de la maçonnerie et en protègent la structure. Elles jouent également un rôle de boutisses traversantes et relient les pierres composant les deux parements.

Le couronnement repose sur une arase (figures 35 et 36).



Figure 35
Arase sur laquelle reposeront les pierres de couronnement (vue de dessus).



Figure 36
L'arase (vue de face).

Ce couronnement a ceci de particulier qu'il est conçu dans le but d'être défensif : les blocs qui le composent dépassent de l'aplomb des parements afin de dissuader les animaux de sauter (figure 37). Cette particularité est également exploitée à une autre fin : l'installation d'un larmier. Les blocs sont posés avec un pendage qui permet à l'eau de s'écouler sans tomber sur le mur (figures 38 et 39).



Figure 37
Couronnement défensif : il dissuade les animaux de sauter.



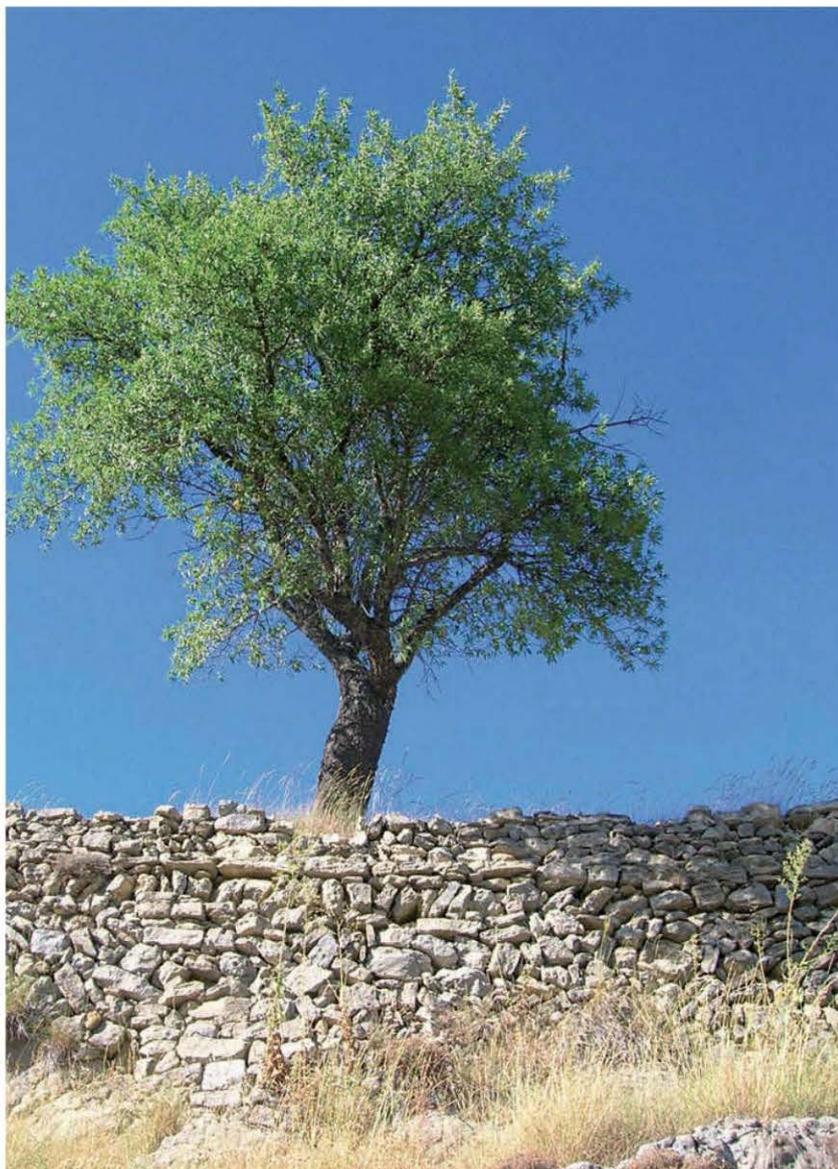
Figure 38
Le haut des blocs de couronnement permet à l'eau de s'écouler.



Figure 39
Le mur de clôture est terminé.



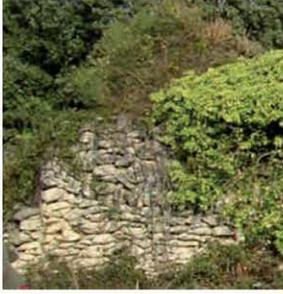
Figure 40
Le mur de clôture inscrit dans le paysage.



*« Vent de galerne
ou de suroît,
les murs
de Jean des Pierres
chantent toujours
sur la baie
d'Audierne. »*

Pierre-Jakez Hélias,
*Les Autres et les
Miens*,
Plon, 1977.







Annexe de calculs

Ces calculs sont des règles générales qu'il convient d'adapter à votre projet, ils dépendent de facteurs aussi divers que la pierre, le sol, le climat, votre façon de maçonner, etc. Ils sont approximatifs mais vous pouvez néanmoins vous appuyer sur ceux indiqués ici afin d'avoir une première idée générale des quantités requises.

Le mur

Le volume

Le volume d'un mur (V_m) se mesure en mètres cubes (m^3). Pour le calculer, multipliez sa longueur (L_m) par sa hauteur (H_m) et son épaisseur ($É_m$)

$$(L_m) \times (H_m) \times (É_m) = (V_m)$$

La hauteur d'un mur (H_m) se mesure du bas des fondations jusqu'au couronnement. L'épaisseur ($É_m$) quant à elle, est mesurée à mi-hauteur puisque les murs, du fait du fruit, sont trapézoïdaux.

L'épaisseur et la hauteur d'un mur

Quel que soit le mur (soutènement ou clôture) et afin de construire un mur solide, l'épaisseur de la maçonnerie ($É_m$) est déterminée en fonction de la hauteur maximum du mur (H_m).

Pour un mur de soutènement appliquez la règle du tiers :

La hauteur ne devant pas dépasser trois fois l'épaisseur.

$$(H_m) = 3 \times (É_m)$$

Pour un mur de clôture appliquez la règle de la moitié :

La hauteur ne devant pas dépasser deux fois l'épaisseur.

$$(H_m) = 2 \times (É_m)$$

L'épaisseur minimum du drain

L'épaisseur du drain ($É_d$) d'un mur de soutènement se calcule à partir de l'épaisseur du mur ($É_m$). Nous indiquons ici une épaisseur de la moitié de celle du mur, or celle-ci dépend traditionnellement de la quantité de cailloutis présents dans le sol.

$$(É_d) = (É_m)/2$$

Le volume du mur à restaurer

Dans le cas d'une restauration partielle, calculez le volume total du mur (V_m), puis estimez le pourcentage de mur à reprendre ($X\%$). Le volume de mur à restaurer ($V_{m\grave{a}r}$) sera le résultat de l'opération :

$$(V_m) \times (X\%) = (V_{m\grave{a}r})$$

Vous procéderez de même pour le drain.

$$(V_d) \times (X\%) = (V_{d\grave{a}r})$$

Les matériaux

Les besoins en pierre et cailloutis

La quantité de pierre nécessaire pour bâtir un mur (Vp) dépendra du volume (Vm) de celui-ci.

À l'achat et lors de son transport, la pierre est mesurée en tonnes (T) ou en volume (Vp). Dans tous les cas, vous devrez convertir les indications de poids (T) en volume (Vp) pour réussir à calculer vos besoins. Cette opération s'obtient grâce à un coefficient moyen (Coef P/V) que les fournisseurs de pierres sont généralement à même de vous indiquer.

$$(T) \times (\text{Coef P/V}) = (Vp)$$

Vous obtenez alors un volume de pierres en vrac (Vp) qui ne correspond pas au volume de cette même pierre maçonnée en mur (Vm). Là encore, vous devez connaître (ou déterminer) le coefficient qui vous permettra de calculer combien il faut de pierres en vrac pour construire votre mur (Coef Vp/Vm). Ce coefficient peut vous être donné par le fournisseur s'il est habitué à travailler avec des maçons, ou par des maçons ayant l'habitude de travailler avec la pierre de votre choix. Vous pourrez également déterminer vous-même ce coefficient en le calculant selon votre usage.

Le calcul sera alors le suivant :

$$(Vp) = (Vm) \times (\text{Coef Vp/Vm})$$

De la même façon que pour les pierres, le volume du drain (Vd) ne correspondra pas au volume de cailloutis (Vc) que vous allez devoir commander. Cela est dû au fait que vous allez damer et tasser le cailloutis pour qu'il assure de façon stable la fonction de drain. Morcelez vos commandes car vous allez devoir déterminer seul le coefficient qui permettra de calculer la quantité de cailloutis à commander pour obtenir le volume de drain désiré. Effectuez alors le même calcul que celui utilisé plus haut pour la pierre :

$$(Vc) = (Vd) \times (\text{Coef Vc/Vd})$$

Les besoins en terre

Si vous êtes dans le cas de l'aménagement d'une pente par des murs de soutènement, vous pouvez décider de vous adapter à celle-ci et n'aurez ainsi pas besoin de commander de la terre (voir chapitre « Le terrassement » p. 88).

Si vous devez importer de la terre, là encore le volume de sol (Vs) à remplir ne correspondra pas au volume de terre livrée (Vt). Il va falloir que vous preniez en compte le tassement de la terre (le foussement). Comme pour la pierre ou le cailloutis, vous devrez connaître le coefficient de tasse-

ment de la terre choisie (Coef t/s). Le fournisseur ou des terrassiers des environs vous indiqueront ce coefficient.

$$(Vt) = (Vs) \times (\text{Coef t/s})$$

Attention, le tassement de la terre ainsi rapportée peut être relativement long, n'hésitez pas à dépasser le niveau du sol désiré, afin de ne pas avoir à ajouter de la terre une fois la végétation implantée.

Le temps de travail

Le temps de travail moyen dépend de facteurs aussi différents que le choix de la pierre, la hauteur du mur, les aménagements annexes (escaliers, chaînages d'angle, etc.) et votre rapidité à maçonner.

Le temps de travail moyen (Tm) correspond au temps nécessaire à une personne seule pour réaliser un mètre cube de mur. Vous allez devoir déterminer ce temps par et pour vous-même. Nous indiquons dans le chantier pratique un temps moyen de 12 h par mètre cube. Pour calculer le vôtre, il suffira de déterminer le temps mis pour construire un mètre cube.

$$(Vm) \times (Tm) = (T)$$

Le volume de mur à construire (Vm) multiplié par votre temps de travail moyen (Tm) vous donnera l'estimation du temps nécessaire pour réaliser votre projet.



Sitographie

Voici un choix réduit de sites sur la pierre sèche. Chacun d'eux comporte des pages de liens qui permettent d'accéder à tout ce qui concerne la pierre sèche sur le Net, autant en France que dans le reste du monde.

En France

Le blog de Louis Cagin :
<http://pierreseche.over-blog.com>

L'architecture en pierre sèche, le site du CERAV. Site complet présentant l'histoire, les techniques, un lexique, une bibliographie et l'actualité de la pierre sèche :
www.pierreseche.com

Christian Lassure :
www.pierreseche.chez-alice.fr

Association Pierre d'Iris. Portail et forum spécialisé sur la pierre sèche :
www.pierreseche.net

Association des lavières et muraillers de Bourgogne : www.lm2b.fr

Thèse d'Anne Sophie Colas sur la résistance des murs de soutènement en pierre sèche :
<http://bibli.ec-lyon.fr/exl-doc/acolas.pdf>

Pierre sèche dans le Sarladais :
www.pierre-seche.eu

Pierre sèche en pays mellois :
<http://mursenpierresseches.blogspot.com>

« La pierre apprivoisée » un séminaire de décembre 2005 :
<http://www.unicaen.fr/mrsh/socruales/pole/pdf/sem131205.pdf>

La maison de la pierre sèche en Dordogne :
<http://www.maisonpierreseche.com/fr/index.htm>

Internationale

La pierre sèche en Catalogne :
www.conseildemallorca.net/mediambient/repis

Association pour la sauvegarde des murs en pierre sèche (Suisse) :
www.pierreseche.ch

Association britannique Dry Stone Walling :
www.dswa.org.uk

Dry Stone Conservancy (Kentucky, États-Unis) : www.drystone.org

A stone upon a stone (Australie) :
<http://www.astoneuponastone.com/>

The dry stone wall association of Canada
www.jboyweb.com/drystonewall/





Bibliographie

Reuves

Actes des rencontres de Saint-Faust, « Bâtir pour les abeilles, l'architecture vernaculaire en apiculture traditionnelle », novembre 1998, Écomusée de Saint-Faust, 1998, 204 p.

Bories, Aix-en-Provence, Parc naturel régional du Luberon/Edisud, 1994, coll. Luberon images et signes, 80 p.

Bulletins de l'Association de sauvegarde du patrimoine en pierre sèche du Var, « Pierre sèche varoise », n° 1 à 7, 1999-2005.

Bulletins du Centre d'études et de recherche sur l'architecture vernaculaire, « L'architecture rurale en pierre sèche », tous les tomes depuis 1977.

Cahier de l'Aser, « La pierre sèche, expression et dynamique des territoires ruraux », sup. n° 11, 2003, 52 p.

Cahier de l'Aser, « Pierre sèche-regards croisés », sup. n° 8, 2000, 195 p.

La pierre apprivoisée : la pierre sèche dans le Var, Draguignan, Musée des arts et traditions populaires de Draguignan, 2005, 35 p.

Les cahiers de Salagon, « Les ruchers dans les murs », n° 5, avril 2002, 64 p.

Pierres en Provence, Collectif, Aix-en-Provence, ACEP/Edisud, 1987, 120 p.

Salamandre, « Des murs pour la vie », n° 181, août-sept. 2007, p. 20-41.

Ouvrages théoriques

AMBROISE Régis, FRAPA Pierre, GIORGIS Sébastien, *Paysages de terrasses*, Aix-en-Provence, Edisud, 1989, 189 p.

BLANCHEMANCHE Philippe, *Bâtisseurs de paysages : terrassement, épierement et petite hydraulique agricole en Europe du XVII^e au XIX^e siècle*, Paris, Maison des sciences de l'homme, 329 p.

BROMBERGER Christian, LACROIX Jacques, RAULIN Henri, *L'architecture rurale française : Provence*, Paris, Berger-Levrault, 1980, 357 p.

COSTE Pierre, MARTEL Pierre, *Pierre sèche en Provence*, Mane, Les Alpes de lumière, n° 89/90, 1986, 94 p.

DOMINIQUE, Florence, *25 balades sur les chemins de la pierre sèche*, Manosque, Le Bec en l'Air, 2009, 287 p.

GARNER Lawrence, *Dry stone walls*, Ed. Shire Books, 1984, 40 p.

KALMAR Éric, *Cabanes en pierre sèche de la Provence littorale*, tome 1 : *Le Var*, Chez l'auteur, 1995, 110 p.

LASSURE Christian, *La maçonnerie à pierres sèches : vocabulaire*, Cerav, coll. Études et recherches d'architecture vernaculaire, n° 22, 2002, 53 p.

LASSURE, Christian, *La tradition des bâtisseurs à pierre sèche*, Cerav, coll. Études et

recherches d'architecture vernaculaire, n° 1, 1981, 38 p.

LASSURE Christian, *Les terrasses de culture à mur de soutènement en pierres sèches*, Cerav, coll. Études et recherches d'architecture vernaculaire, n° 23, 2003, 60 p.

LASSURE Christian, REPÉRANT Dominique, *Cabanes en pierre sèche de France*, Aix-en-Provence, Edisud, 2004, 247 p.

MAGNAUDEIX Irène, *Pierres assises, pierres mouvantes*, Mane, Les Alpes de lumière, n° 144, 2002, 191 p.

MASSOT Jean-Luc, *Maisons rurales et vie paysanne en Provence*, Arles, Actes Sud, 2004, 287 p.

Ouvrages et thèses techniques

Architecture en Luberon : connaître et restaurer, Aix-en-Provence, Parc naturel régional du Luberon/Edisud, 2002, 164 p.

Murs de pierres sèches. Manuel pour la construction et la réfection, Vienne, Fondation Actions en faveur de l'environnement/Éd. Haupt, 1996, 83 p.

Pierre sèche. Guide des bonnes pratiques de construction de murs de soutènement, Collectif ENTPE/CAPEB, 2008, 158 p.

Restaurer la pierre sèche : cabanes, murs de soutènement et murets de séparation, Collectif, Caylus, CPIE Midi-Quercy, 2007, 52 p.

BROOKS Alan, ADCOCK Sean, *Drystone walling: a practical handbook*, Ed. British Trust for Conservation Volunteers, 2004, 160 p.

COIGNET Jean, COIGNET Laurent, *Maçonnerie de pierre : matériaux et techniques, désordres et interventions*, Paris, Eyrolles, coll. Au pied du mur, 2007, 116 p.

COLAS, Anne-Sophie, *Mécanique des murs de soutènement en pierre sèche*, Thèse de doctorat, École nationale des travaux publics de l'État, Lyon, 2009, 251 p.

COSTE Pierre, SETTE René, CORNU Claire, LARCENA Danièle, EMERY François-Xavier, *Pierre sèche*, Manosque, Le Bec en l'Air, 2008, 160 p.

LASSURE Christian, *La pierre sèche : mode d'emploi*, Paris, Eyrolles, 2008, 72 p.

ROUVIÈRE Michel, *La restauration des murs de soutènement de terrasses*, Parc national des Cévennes, coll. Les cahiers pratiques, 2002, 40 p.

SETTE René, PAVIA Fabienne, *Calades : les sols de pierre en Provence*, Manosque, Le Bec en l'Air, 2002, 128 p.

VILLEMUS Boris, *Étude des murs de soutènement en maçonnerie de pierres sèches*, Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées, Lyon, 2004, 225 p.

VIVIAN Jean, *Murets et allées de pierre sèche*, Paris, Berger-Levrault, 1979

Romans et autres

BAUDOIN, Edmond, *Couma Acò*, Paris, L'Association, 2005, 44 p.

HÉLIAS Pierre-Jakez, *Les Autres et les Miens*, Paris, Plon, 1977, 510 p.

MICHELET Claude, *La Grande Muraille*, Paris, Robert Laffont, 1981, 157 p.

PAGNOL Marcel, *La Gloire de mon père*, Paris, Pastorelly, 1957, 304 p.

