

# Notice de Mise en œuvre du Pisé



CARACOL

<https://caracol46.noblogs.org/>

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

Préalables.....	3
Composition.....	4
Préparation de la terre à pisé.....	7
Coffrage.....	9
Décoffrage.....	13
Remplissage et Compactage.....	15
Cure de séchage.....	18
Scellement et Chaînage.....	19
Evolution du pisé.....	20
Bibliographie.....	21

## À QUOI SERT CETTE BROCHURE ?

Cette brochure présente les différentes étapes de mise en œuvre du pisé pour la réalisation de 2 ouvrages : un châssis maçonné servant de micro-serre à semis et le soubassement d'un local agricole en paille porteuse.

Ces ouvrages ont la particularité d'utiliser le mur de pisé au niveau du sol naturel. Tandis qu'il est souvent préconisé de mettre le mur en pisé hors d'eau sur un soubassement étanche, CRAterre (2006, 253) le mentionne bien au chapitre des soubassements. Le pisé doit alors être posé sur des fondations bien drainantes et stabilisé à la chaux pour augmenter sa résistance à l'eau et à la compression.

## LEXIQUE

**Pisé** : Technique de construction en terre permettant d'ériger des murs par la mise en œuvre de terre damée (aussi appelée « terre à pisé ») entre des planches. Le mur ainsi réalisé s'appelle mur en pisé ou simplement pisé.

**Banche** : Composé de deux panneaux de banches et d'un ou deux fonds et d'éléments de liaison, elle sert de coffrage pour damer la terre et monter les murs de pisé. On appelle « banchée » une section de mur ainsi réalisée.

**Béton de terre** : Terme souvent rencontré dans la littérature technique contemporaine pour désigner un matériau de construction – mélangeant graviers, sable et limon, liés par de l'argile – ou plus simplement la terre à pisé. Lorsqu'un agent stabilisant est ajouté pour améliorer ses performances (à la compression, traction, à l'imperméabilité, etc.), on le nomme B.T.S (béton de terre stabilisé).

**Panneaux de banche** : Ensemble de planches composant les pièces latérales de la banche, ils sont parfois appelés banches.

**Fond de banche** : Petit panneau fermant la banche dans le sens de progression du mur et perpendiculairement aux panneaux de banche, permettant de fermer la banche sur ses 4 côtés.

La terre à pisé est composée de grains (argile, limon, sable, cailloux, graviers) de différentes granulométrie en des proportions respectant un certain fuseau granulaire (intervalle entre une limite inférieure et supérieure de fractions de granulats admissibles dans un matériau).

Fuseau granulaire recommandé	
Cailloux (200-20mm)	0-20 %
Graviers (20-2mm)	0-35 %
Gros sable (2-0,2mm)	20-40 %
Sable fin (0,2-0,02mm)	13-25 %
Limon (0,02-0,002mm)	6-17 %
Argile (>0,002mm)	6-18 %

Pour **stabiliser** la terre à pisé, de la **chaux** (NHL 3,5) est ajoutée (résistance à la compression et étanchéité), ainsi que de la **paille** (résistance à la fissuration, à la traction et augmentation du caractère isolant).

Différents **tests** sont effectués en prenant compte de la composition de la terre disponible sur site, ou ici « terre du terrain » :

Composition de la terre du terrain		
Argile	50 %	19,6 %
Limon		58,1 %
Sable fin		6,7 %
Sable grossier		10,1 %
Matière organique		5,5 %
Graviers et cailloux	50 %	

**NB :** Le taux de matière organique ne doit pas dépasser les 20 %. Tous les débris végétaux visibles devront être retirées.

## TESTS

Plusieurs **échantillons de compositions variables** sont préparées à l'aide d'un moule en bois ciré (formant un rectangle de 32 cm de haut sur 16 cm de large). Après une cure de séchage de 28 jours, sont contrôlés : la résistance à la compression, à l'humidité, l'aspect esthétique (pour plus de spécificité sur la réalisation des tests, voir CRAterre 2013).

## COMPOSITION RETENUE

Proportions des grains	
Cailloux (200-20mm)	8 %
Graviers (20-2mm)	20 %
Gros sable (2-0,2mm)	30 %
Sable fin (0,2-0,02mm)	20 %
Limon (0,02-0,002mm)	11 %
Argile (>0,002mm)	11 %
Proportions des stabilisants	
Chaux NHL 3,5	15 %
Paille (≤4cm)	6 %

Composition de la terre à pisé	
Terre du terrain	1,70 L
Cailloux (20-40mm)	0,72 L
Graviers (4-16mm)	0,95 L
Gros sable (0-4mm)	2,53 L
Sable fin (0-2mm)	1,69 L
Argile sèche	0,66 L
<i>Soit en barbotine</i>	<i>1,37 L</i>
Chaux	1,24 L
Paille	0,5 L
TOTAL	9,97 L

Une méthode de confection de certaines matières est choisie :

- La **paille** est broyée, les brins sont d'environ 4 cm de long, la poussière est évacuée.
- L'argile est transformée en **barbotine** de texture épaisse, préparée à l'avance.
- La **chaux** est transformée en pâte, préparée et immédiatement utilisée, mélangée à la barbotine. NB : En contexte humide, la chaux peut être mélangée au sable puis au reste des matériaux.
- La **terre du terrain** est tamisée à l'aide d'un grillage à poules < 40mm en veillant à évacuer les débris végétaux.

Masse volumique retenue pour les calculs (L / kg)	
Terre du terrain	1,9
Cailloux (20-40mm)	1,3
Graviers (4-16mm)	1,5
Gros sable (0-4mm)	1,7
Sable fin (0-2mm)	1,7
Limon (0,02-0,002mm)	1,5
Argile sèche (>0,002mm)	1,5
Barbotine	1,45
Chaux	0,7
Paille	0,11

NB : 1 kg d'argile sèche = 0,67 L d'argile sèche

= 1,38 L de barbotine (1kg d'argile sèche + 1kg d'eau ÷ 1,45)

Avant de commencer la mise en œuvre du pisé, il faut s'assurer que tous les outils et toutes les matières nécessaires soient préparées et présentes sur le chantier de manière à éviter son interruption.

Dans l'idéal, 5 personnes sont nécessaires pour mener à bien l'opération : 3 pour préparer la terre à pisé, 2 pour verser et damer.

Recette à partir de 100 L de matière sèche			
Matière	Quantité (en litre)	En kg (pour info)	En seaux de 10 litres
Barbotine	13,67	19,82	1 + 3 L
Chaux	12,39	8,67	1 + 2 L
Paille	4,95	0,54	0,5
Terre du terrain	17,02	32,34	1 + 0,7
Gros sable (0-4)	25,33	43,06	2 + 0,5
Sable fin (0-2)	16,92	28,76	1 + 0,7
Gravier (4-16)	9,51	14,27	1 petit seau
Cailloux (20-40)	7,21	9,37	0,7
TOTAL	107	156,84	106

### MISE EN ŒUVRE

L'idéal est de disposer d'un malaxeur planétaire. La quantité de mortier à préparer est fonction de la capacité du malaxeur et du groupe de travail à mettre en œuvre le mélange le jour même. La présence de la chaux n'autorise pas la préparation à l'avance.

Bien que fastidieux il est possible de préparer la terre à pisé à la main :

**1.** Dans une auge de 400 L, mélanger la **moitié de la terre du terrain**, les **sables** et la **paille** à la houe.

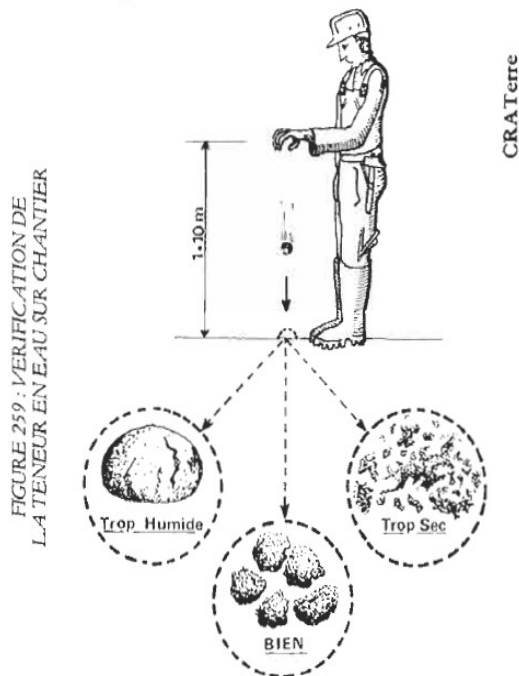
2. Dans 1 contenant, préparer une **pâte de chaux** au malaxeur. La consistance doit être la plus épaisse possible pour éviter un apport excessif d'eau.
3. Une fois prête (sans grumeau, lisse et homogène), ajouter la **barbotine** en mélangeant au malaxeur.
4. Verser la barbotine chaulée dans l'auge et mélanger au malaxeur.
5. Ajouter les **graviers, cailloux** et le **reste de la terre du terrain** à la houe.

## TENEUR EN EAU

Le pisé traditionnel a une teneur en eau de 8 à 12 %. L'eau provient ici de la barbotine et de la pâte de chaux. Une terre trop humide aura tendance à « couler » et manquera de tenue au moment du décoffrage ; une terre trop sèche ne pourra pas être compactée.

### Estimation rapide de la teneur en eau optimale (T.E.O.) sur le terrain.

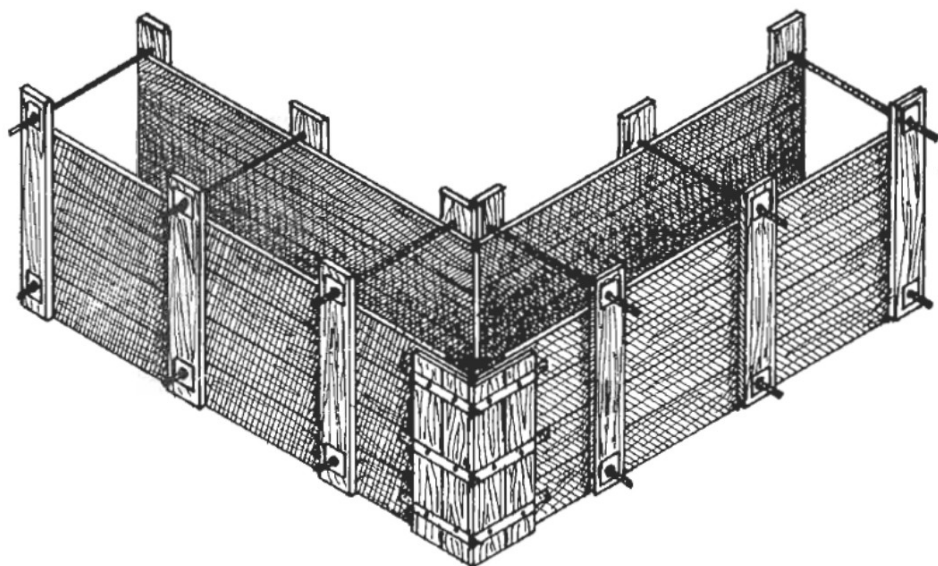
Pour estimer sur le chantier la teneur en eau optimale, on peut prendre une poignée de terre gâchée et la laisser tomber d'une hauteur de 1,10 m sur une surface dure. Si, arrivant au sol, elle se désagrège en 4 ou 5 morceaux, la teneur en eau est correcte. Si, au contraire, elle s'aplatit sans se désagréger, la terre contient trop d'eau. Lorsqu'elle se pulvérise, la teneur en eau est insuffisante (**fig. 259**).





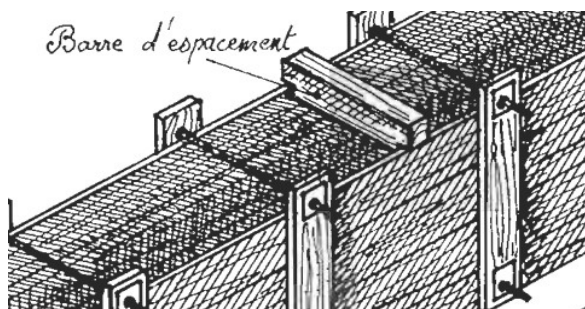
## SYSTÈME DE BANCHES

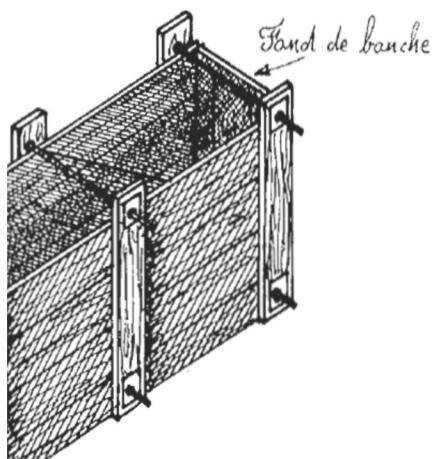
En amont de la mise en œuvre du pisé, des banches sont confectionnées. Il en existe plusieurs sortes, adaptées pour des méthodes plus ou moins artisanales de construction. Ici nous suivons un modèle proposé par CRAterre (1979), composé de **banches**, **fonds de banche**, **barres d'espacement**, **tiges filetées** et **équerres** :



## MONTAGE

Présenter les 2 panneaux de banche, les solidariser avec des tiges filetées, des rondelles et des écrous papillon en veillant à conserver l'écartement souhaité à l'aide des barres d'espacement.





Un fond de banche est placé entre les panneaux dans le sens de progression du mur de manière à fermer le coffrage pour damer la terre jusqu'au bout.

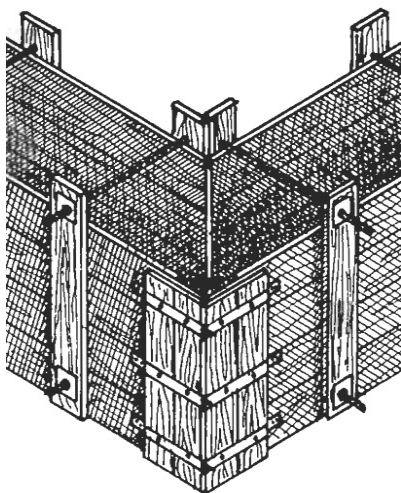
Un deuxième fond de banche est ajouté de l'autre côté lorsqu'on commence un mur ou lorsqu'on change de niveau.

Après la toute première banchée, ce deuxième fond de banche devient inutile :

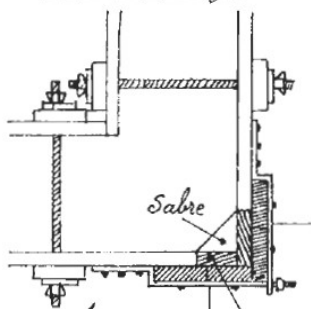
les banches sont montées de manière à enserrer le bout du mur, celui-ci forme le fond du nouveau coffrage.

## LES ANGLES

Solidariser les deux banches entre elles au niveau de l'angle extérieur avec des équerres (fers plats coudés) au panneau de manière à éviter l'écartement de l'angle sous la pression du damage.



*Détail de l'angle*



Placer un sabre (pièce de bois triangulaire) au niveau de l'arrête extérieure pour éviter la formation d'un angle saillant, vulnérable aux chocs et à l'érosion.

## CALEPINAGE

Différentes configurations d'assemblage de banches s'observent selon les parties du mur à exécuter.

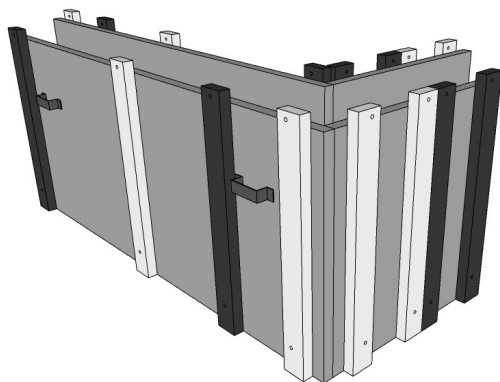
Dans les dessins ci-dessous, les pièces noires se faisant face sont assemblées avec des tiges filetées munies de rondelles et fermées par des écrous papillons.

- POUR LE CHÂSSIS

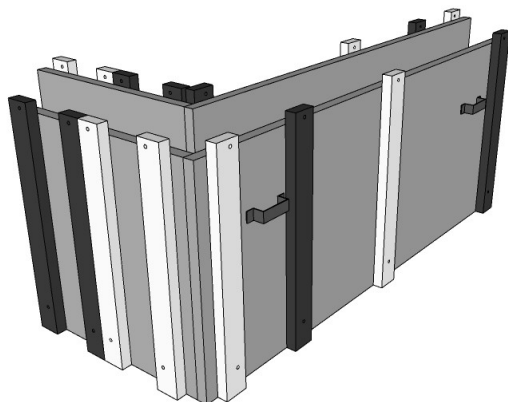
*Les banches sont fabriquées avec des planches épaisses (environ 4 cm d'épaisseur). Elles font 2 m de long et 80 cm de haut.*

*Des poignées sont confectionnées avec des fers plats.*

*Les montants verticaux (environ 4 cm d'épaisseur) sont positionnés de manière à permettre toutes les configurations. Ils dépassent la hauteur des banches.*



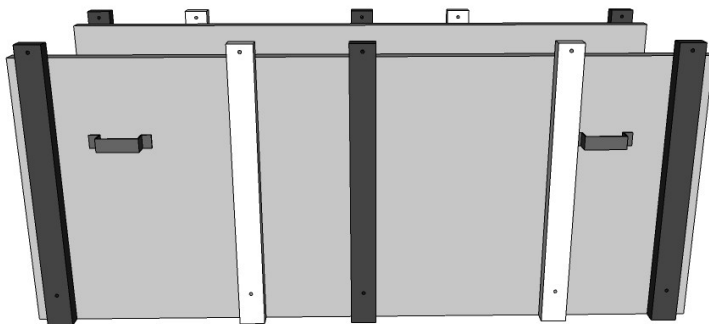
*Angles bas droit/haut gauche*



*Angles bas/gauche et haut droit*

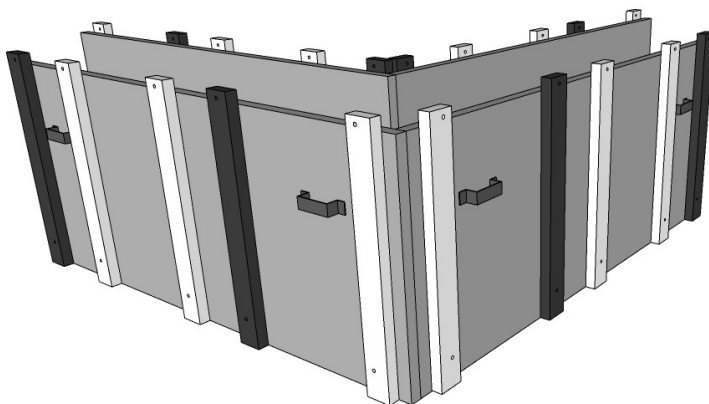
*Des petites banches sont confectionnées pour les petits côtés du châssis.*

*Les montants verticaux sont troués au diamètre des tiges filetées, en haut et en bas des banches, de manière à ce que les trous se fassent face.*



*Tous les côtés (configuration valable pour le local également)*

- POUR LE LOCAL



*Tous les angles*

Une fois la banchée terminée, retirer les écrous et les rondelles, dégager les tiges filetées à la main ou à l'aide d'une visseuse (saisir la partie de la tige filetée qui dépasse avec le mandrin et dévisser), **décoller les banches dans le sens du mur** pour éviter les épaufrures (défauts de surface dû à un choc, une dégradation ou à des intempéries dans une construction).

Les banches peuvent être **cirées pour faciliter le décoffrage**. Ajouter du cirage (ici de la cire de colza ou de soja) régulièrement et à chaque fois que nécessaire, si le décoffrage devient difficile.

### CONTRÔLE

Des observations qualitatives doivent être réalisées après l'achèvement de chaque partie de l'ouvrage. Un bilan négatif doit pouvoir entraîner la démolition de la partie d'ouvrage concernée.

Doivent être vérifiés juste après décoffrage :

- 1.** La **hauteur des couches** ou lits horizontaux. Elle doit être régulière et ne pas excéder la hauteur prévue (cf. Partie « Remplissage et compactage).
- 2.** L'**homogénéité de la couleur**, témoin de la constance de la matière utilisée.
- 3.** La **bonne compaction** de la partie inférieure des couches ou lits de terre. Les granulats doivent y être bien liés les uns aux autres. Les granulats ne doivent pas se décoller au passage de la main sur le mur.
- 4.** Les **parties délicates des murs** (angles et têtes de murs).
- 5.** L'**absence d'épaufrures**.

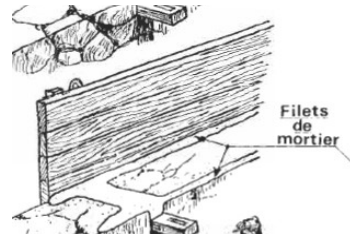
### PROTECTION

Durant le chantier, la tête du mur est protégée par une planche de bois ou tout autre matériau empêchant les infiltrations d'eau. Il en est de même pour toutes les parties du mur susceptibles d'être endommagées par les aléas du chantier.

Nous utilisons une bâche noire d'ensilage pour conserver l'humidité et la chaleur du pisé afin de garantir la cure de séchage (cf. Partie « Cure de séchage »). Le mur peut être mis hors gel avec du voile de forçage (P17 + P30) si du gel est prévu avant la fin de la cure de séchage.

### REPLISSAGE

1. Avant de verser les premiers seaux de terre à pisé, étendre un **glacis de chaux** (mortier composé de chaux NHL 3,5 et de sable 0-2 et 0-4 à raison de 1/3) sur les pourtours du coffrage.



2. La terre à pisé est versée par couche, aussi appelée lit, de maximum **15 cm** puis tassée afin d'obtenir une couche de **8 à 10,5 cm**.

- La terre est d'abord versée contre les angles et les bords du coffrage, tassée avec les doigts, puis versée au centre.
- Elle est ensuite nivelée au râteau.
- L'épaisseur de la couche est contrôlée à l'aide d'une pige (simple tasseau de 3 x 3 cm) au moment du remplissage puis après damage :

→ placer la pige sur le lit, tracer un premier trait de craie sur la pige au niveau de sa rencontre avec le haut de la banche.

- Les nids de grosses pierres doivent être évités sur les bords du mur et ramenés au centre.

## DAMAGE

3. La terre à pisé est ensuite damée :

- La dame doit être levée à une hauteur de 30 cm et jetée énergiquement sur la terre à damer.
- Le compactage est réalisé selon un **sens précis** que l'on nomme une passe. Elle consiste à commencer par les angles et les bords et à finir par le centre.



FIGURE 19 : FAÇON DE PISER  
AUVERGNATE :  
ORDRE DES COUPS  
DE PISOIR



- Le nombre de passes minimum dépend de la dame et du sol. Il ne peut être déterminé que sur expérience. On arrête le compactage quand la dame ne laisse plus de traces à la surface. Le son doit être mat. Ce résultat est obtenu après **3 passes minimum**.
- La dernière couche pourra être damée avec une **légère pente** pour évacuer une éventuelle humidité.
- L'épaisseur de la couche est contrôlée à l'aide d'une pige (simple tasseau de 3 x 3 cm) :  
→ placer la pige sur le lit, tracer un second trait de craie au niveau de sa rencontre avec le haut de la banche. Mesurer la distance séparant les deux traits de craie. Celle-ci doit faire entre 3 et 5 cm.

Les couches se succèdent jusqu'à ce que la banche soit remplie, ou que la hauteur désirée soit atteinte.

## JONCTION

### 1. Entre chaque lit :

- Afin d'améliorer la liaison mécanique entre chaque lit, il est important de **marquer ou scarifier** la surface du pisé par des impacts ou des rayures.

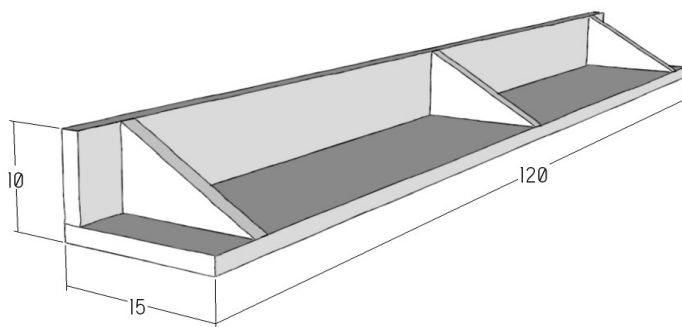
### 2. Au niveau des angles :

- Un **glacis de chaux** est étendus à chaque lit au niveau des angles de part et d'autre sur 15 cm de long environ.

## FAÇONNAGE DU HAUT DU MUR

Dans le cadre de la réalisation du châssis, une encoche de 10 x 15 cm doit être réalisée côté intérieur du mur. Ce rebord servira de support aux planches sur lesquelles reposeront des bacs de semis.

Pour façonner ce rebord, nous devons utiliser un gabarit qui sera introduit entre les banches avant d'effectuer le dernier lit.



- La longueur est indicative. Faire autant de gabarits que nécessaires, et de longueurs différentes pour « remplir » chaque configuration de banchée (cf. Partie « Calepinage »).

Une cure de séchage doit être observée afin que se produise la **réaction pouzzolanique**, mécanisme de loin le plus important qui influence la stabilisation à la chaux.

Une réaction pouzzolanique optimale est obtenue en maintenant le mur dans une **ambiance humide et chaude pendant un minimum de 28 jours**. Plus la durée est longue – jusqu'à 60 jours – et plus la température est haute – passant de **25°C à 40°C** – et plus la réaction sera efficace.

À cet effet, on pourra recouvrir le mur de soubassement avec une bâche et pulvériser de l'eau de temps en temps pour le maintenir humide. Il faut veiller à ne pas faire de coulures sur le mur pour ne pas l'éroder.

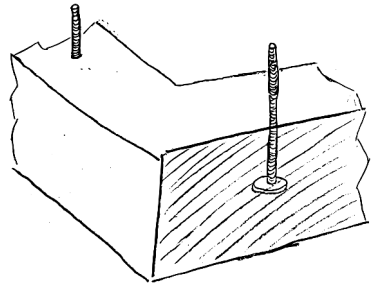
Les deux ouvrages réalisés nécessitent tous deux de pouvoir y sceller des fixations.

Concernant le châssis, des crochets doivent être insérés à intervalles réguliers dans le mur. Ceux-ci servent à placer des **arceaux de tunnel nantais**, couverture du châssis.

- Utiliser des **vis à bois** directement dans le pisé. Elles devront rentrer d'au moins 10 à 15 cm dans le pisé.

Concernant le soubassement, celui-ci doit être **goujonné** à une lisse basse afin d'assurer la liaison entre le soubassement et le mur de paille.

Pour réaliser un ancrage solide dans un mur en pisé il est possible d'y insérer une **tige filetée** de 12 mm de diamètre durant le montage du mur. Pour résister efficacement à l'arrachement, les tiges doivent idéalement être insérées à une profondeur de 45 cm dans le mur. Si le soubassement est en pente et ainsi de taille variable, il faudra prévoir différentes tailles de tiges. Elles



*Coupe de l'angle mur*

doivent toujours être munies d'une plaque (ici une rondelle) de minimum 100 mm<sup>2</sup> maintenue en partie basse par un écrou anti-desserrement. Une fois la hauteur souhaitée atteinte pour placer la tige, procéder comme suit pour la placer :

- Déterminer l'emplacement en se référant aux cotations indiquées préalablement sur un plan ;
- placer le bas de la tige sur le dessus du lit de pisé et l'insérer sur la hauteur de l'écrou jusqu'à ce que la rondelle touche la surface du lit ;
- mettre un cordon de chaux puis de la terre tassée à la main pour maintenir la tige en position verticale.

Il faudra veiller à conserver la verticalité de la tige au fur et à mesure des lits. Un cordon de glacis de chaux sera appliqué autour de la tige à chaque nouveau lit. Une fois le soubassement fini et la lisse assemblée, chaque entretoise sera serrée au soubassement avec un écrou et une rondelle.

### RETRAIT DU MUR

Cette caractéristique peut s'exprimer en % ou mm/m.

Sa valeur peut être mesurée en comparant la longueur du muret après séchage avec celle du coffrage.

Le retrait dû au séchage ne doit **pas excéder 0,5 %**.

NB : Cette mesure peut être effectuée au moment des tests sur un échantillon spécifique. Toutefois, il convient de prendre les précautions suivantes :

- mise en œuvre de la terre dans les conditions réelles du chantier ;
- mesure du retrait dans des conditions plus sèches que celles auxquelles sera réellement soumis le mur (1 à 2 % d'humidité).

### TENEUR EN EAU

Une fois passée la période de séchage après sa mise en œuvre, la teneur en eau d'un pisé sain, en équilibre avec l'atmosphère du logement, est d'environ 1 à 3 %.

En s'humidifiant, le pisé prend une couleur foncée à partir de 5 à 7% : il reste dur mais la pathologie est déjà là.

Encore plus humide, il garde l'empreinte du doigt et se déforme comme une pâte à modeler.

CRAterre. (1979). *Construire en Terre*. Paris : Éditions Alternative et Parallèles.

CRAterre (2006). *Traité de construction en terre*. Marseille : Éditions Parenthèses.

CRAterre (2013). *Étude technique pour la mise en œuvre d'un béton de terre (pisé) pour la réalisation du collège de Païamboué, Nouvelle Calédonie – K'aDH architecte mandataire*. Villefontaine.

Toutes les illustrations à l'intérieur de cette brochure sont issues de CRAterre (1979).

L'illustration de couverture est issues de CRAterre (2013).





