

A close-up photograph of a cobble wall under construction. The wall is made of thick, brown mud with visible horizontal layers. To the left, there is a pile of dark brown wood chips or mulch. The text 'COBBAUGE' and 'GUIDE DE MISE EN OEUVRE' is overlaid in white, bold, sans-serif font.

# COBBAUGE

## GUIDE DE MISE EN OEUVRE

[www.cobbauge.eu](http://www.cobbauge.eu)

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b>	<b>5</b>
1.1	Qu'est-ce que CobBauge?	5
1.2	A qui est destiné ce guide?	5
1.3	Que recouvre ce guide ?	5
1.4	Copyright	6
1.5	Responsabilités	6
<b>2</b>	<b>ELEMENTS CLES A CONNAITRE POUR DEBUTER</b>	<b>7</b>
2.1	Savoir-faire, connaissance et compétences	7
2.2	Travailler avec des bureaux d'étude	7
2.3	Planification du projet	7
2.4	Efficacité du travail	8
2.5	Santé et sécurité	8
<b>3.</b>	<b>APPROVISIONNEMENT ET RECONNAISSANCE DES MATERIAUX</b>	<b>9</b>
3.1	Les différences clés entre les deux matériaux	9
3.2	S'approvisionner avec la terre du site	9
3.3	Tests de terrain pour les terres	9
3.3.1	Tests sensoriels	9
3.3.2	Test du cigare	10
3.3.3	Test de retrait	10
3.3.4	Test de la pastille	11
3.3.5	Test du lâcher de boule	11
	Ce test permet d'évaluer la cohésion de la terre.	11
3.4	Tests de laboratoires	11
3.5	Approvisionnement en fibre - Problèmes et impact	12
3.6	Approvisionnement en agrégats – Problèmes et impact	12
<b>4</b>	<b>préparer le matériau bauge</b>	<b>13</b>
4.1	Préparation des matériaux pour la bauge	13
4.2	Mettre au point les mélanges de bauge à partir d'agrégats et fibres	13
4.3	Test du lâché de boule validant la plasticité et la cohésion du mélange	13
4.4	Test de retrait sur chantier	14
4.5	Quantifier les matériaux pour la bauge	14
4.6	Matériel de malaxage de la bauge	14
4.7	Méthode de mélange de la bauge	15
<b>5.</b>	<b>Préparer la terre allégée</b>	<b>16</b>

5.1	Préparer les matériaux pour la terre allégée _____	16
5.2	Contrôle de la barbotine pour la terre allégée _____	16
5.3	Quantifier les matériaux pour la terre allégée _____	17
5.4	Méthode de malaxage de la terre allégée et équipement _____	18
5.5	Tester les mélanges de terre allégée _____	18
<b>6.</b>	<b><i>Assurer la continuité de la qualité des mélanges</i></b> _____	<b>19</b>
6.1	Contrôler le mélange de bauge _____	19
6.2	Contrôler le mélange de terre allégée _____	19
<b>7.</b>	<b><i>Utilisation du coffrage</i></b> _____	<b>21</b>
7.1	Systèmes et types de coffrage _____	21
7.2	Avancement et hauteur du coffrage _____	21
7.3	Maintiens du coffrage, serrage et démontage _____	22
<b>8.</b>	<b><i>Mettre en oeuvre la bauge et la terre allégée</i></b> _____	<b>23</b>
8.1	Utilisation du coffrage temporaire _____	23
8.2	Réservations pour les ouvertures et les réseaux _____	23
8.3	Chargement et compactage du mélange de bauge _____	23
8.4	Chargement et compactage de la terre allégée _____	24
8.5	Contrôle de qualité sur le compactage des deux mélanges _____	24
8.6	Temps de construction _____	24
8.7	Finition et nettoyage des surfaces _____	25
8.8	Réaliser les linteaux _____	25
8.9	Portes et fenêtres _____	25
8.10	Jonction avec d'autres matériaux _____	26
8.11	Gérer le séchage et le retrait _____	26
8.12	Intégration des réseaux _____	26
8.13	Fixations secondaires _____	27
<b>9.0</b>	<b><i>FINITIONS ET ENTRETIEN</i></b> _____	<b>28</b>
9.1	Finitions intérieures _____	28
9.2	Finitions extérieures _____	28
9.3	Protection _____	29
9.4	Entretien _____	29



# 1 INTRODUCTION

## 1.1 Qu'est-ce que CobBauge ?

CobBauge est un moyen moderne et écologique de construire des murs résistants développé à partir de la construction traditionnelle en bauge. Il s'agit d'un procédé de mur bio-composite utilisant deux mélanges de densités différentes de terre argileuse et de fibres végétales mis en œuvre simultanément - une face intérieure dense qui est porteuse et une face extérieure légère qui est isolante. Ce guide a été produit dans le cadre d'un projet Interreg financé par l'Union Européenne.

Voir [FILM 1 : Introduction à CobBauge](#)

## 1.2 A qui est destiné ce guide ?

Ce guide a été réalisé afin d'aider les entreprises déjà familiarisées avec la construction en terre à adapter leur savoir-faire à la nouvelle technique CobBauge. Il constitue une partie d'un ensemble de supports d'information permettant d'accompagner l'utilisation du procédé CobBauge comportant entre autre un guide pour les concepteurs, une série de courtes vidéos de démonstration sur YouTube, un recueil de détails techniques standards, des spécifications NBS (valable pour le Royaume Uni uniquement) et des unités ECVET (abréviation du terme anglais European Credit system for Vocational Education and Training, traduit par Système européen de crédits d'apprentissage pour l'enseignement et la formation professionnelle) sur la certification des compétences.

Ce guide a été écrit pour des maçons ayant des savoir-faire, connaissances et compétences de niveau 3 et 4 (CAP, BEP, Bac) et une expérience pratique de construction à partir du matériaux terre, plus particulièrement selon la technique de la bauge. Ce prérequis est important dans la mesure où cela relève directement des performances structurelles de CobBauge. Une expérience sur la construction en terre allégée relative à l'isolation du mur est moins fondamentale. Une expérience sur la construction en pisé, technique permettant également de réaliser des murs porteurs, est également pertinente.

Bien que le propos principal de ce guide soit de fournir des recommandations pratiques pour les entreprises ayant déjà une expérience de la construction en terre, il peut également être utilisé comme guide technique pour les concepteurs et comme outil de formation pour des étudiants.

## 1.3 Que recouvre ce guide ?

Ce guide décrit un processus standard d'identification des gisements, de test et mélange des matériaux, d'utilisation de coffrages et d'édification des murs dans des conditions de chantier standard pour une conception ayant recours à CobBauge de manière conventionnelle. Il ne fournit pas d'informations globales permettant de répondre à toutes les situations dans lesquelles CobBauge pourrait être utilisé.

Il ne fournit pas de recommandation sur la mise en œuvre et la construction à partir de panneaux préfabriqués CobBauge ou par projection des mélanges. Les deux sont possibles, mais ne rentrent pas dans le champ des usages couverts par ce guide.

Il s'agit d'un guide sur la mise en œuvre. Un guide distinct a été réalisé pour la conception.

## 1.4 Copyright

Ce guide constitue l'une des productions du projet de recherche CobBauge qui implique six partenaires anglais et français aux expertises complémentaires :

- Plymouth University (UK): Cheffe de projet
- Builders – Ecole d'ingénieur de Caen (FR)
- Parc naturel régional des Marais du Cotentin et du Bessin, (PnrMCB) (FR)
- Earth Building UK and Ireland, (EBUKI) (UK)
- Université de Caen Normandie, Laboratoire LUSAC (FR)
- Hudson Architects, Norfolk (UK)

L'INTERREG 5A France Manche Angleterre est financé par le Fonds de Développement Régional Européen (FEDER) au travers son Objectif 2.1 technologies bas Carbone.

De plus amples informations peuvent être trouvées sur le site internet du projet : <http://www.cobbauge.eu/fr/>

Ce document est soumis au copyright des partenaires du projet et peut être utilisé librement selon les principes et termes des licences Creative Commons.

## 1.5 Responsabilités

Les contenus de ce document sont produits dans l'intention d'être utilisés comme ressources pour la formation et l'amélioration des compétences et connaissances des entrepreneurs souhaitant utiliser CobBauge. Les auteurs ne pourront être tenus pour responsables de la conception ou de la construction de projet produit selon ce procédé.

## **2 ELEMENTS CLES A CONNAITRE POUR DEBUTER**

### **2.1 Savoir-faire, connaissance et compétences**

Si vous êtes un constructeur bauge expérimenté, vous ne devriez pas éprouver de difficulté à vous adapter à CobBauge, soit en prenant le temps, avant de vous aventurer sur votre première réalisation, de comprendre les différents aspects du procédé et les matériaux qui ne vous sont pas familiers, soit en participant à une formation.

Si vous avez d'autres expériences de la construction en terre, il y aura un apprentissage plus important, mais vos connaissances et votre expérience constituent une bonne base pour développer le savoir-faire. Là encore la formation pratique sera importante.

Si vous n'avez aucune expérience sur la construction en terre, CobBauge n'est probablement pas la solution la plus adaptée pour démarrer un apprentissage et il vous faudra commencer par acquérir des connaissances générales sur la terre avant de développer cette technique particulière.

### **2.2 Travailler avec des bureaux d'étude**

Il est probable que les architectes et les ingénieurs qui auront conçu le bâtiment sur lequel vous interviendrez, seront également novices dans l'usage de CobBauge et développeront également sur ce sujet leur propres compétences, connaissances et expériences en tant que concepteur. Ils seront très certainement et plus globalement novices dans la construction en terre.

De ce fait, les entreprises auraient tout intérêt à travailler étroitement avec l'équipe de maîtrise d'Œuvre de manière à s'assurer d'une compréhension partagée de la conception, des matériaux et des processus impliqués dans la construction d'un bâtiment selon le procédé CobBauge. Cette collaboration évitera les incompréhensions et permettra un travail efficace.

L'équipe de maîtrise d'Œuvre devra se rapprocher des entreprises pour bénéficier de leurs retours et commentaires sur les détails, pour conseiller sur l'approvisionnement des matériaux et sur les mélanges, pour fournir des éprouvettes et murs d'essai et conseiller sur la planification des travaux.

### **2.3 Planification du projet**

CobBauge implique un séchage naturel à l'air libre sur le chantier, ce qui le rend dépendant des conditions climatiques saisonnières et des conditions environnementales particulières du chantier. Il est préférable d'éviter une planification des travaux quand les conditions météo sont froides et humides, ou défavorable à un séchage à l'air libre.

La reconnaissance des matériaux et la validation des mélanges, la définition des préconisations, l'approvisionnement et la mise en œuvre des matériaux peuvent prendre du

temps. Cela implique de prévoir la réalisation des essais et échantillons suffisamment à l'avance dans le phasage du projet.

Une attention particulière doit également être portée sur la manipulation, le stockage et la mise en œuvre des matériaux du fait qu'ils sont volumineux et nécessitent des conditions d'humidité contrôlées.

## **2.4 Efficacité du travail**

Comme pour toute construction, une estimation et une gestion efficace des travaux sont étroitement liées à une bonne préparation, à des savoir-faire et expérience adaptés, et à une bonne coordination avec le reste de l'équipe formée pour le projet.

S'il s'agit de votre premier projet CobBauge, vous auriez tout intérêt à suivre une formation pour devenir familier avec la technique, et pratiquer pour développer votre compréhension des délais nécessaires et des options possibles pour vous permettre de vous adapter à chaque projet.

## **2.5 Santé et sécurité**

Les règles de santé et de sécurité applicables à tous travaux de maçonnerie ou construction à base de coffrage sont pertinentes et doivent être respectées. Ces matériaux étant plus sensibles que les matériaux conventionnels, une attention particulière devra être portée à la gestion des déchets et poussières liés à la manipulation des matériaux secs, ainsi qu'à la manutention de charges lourdes comme les mélanges. La vulnérabilité de ces matériaux à l'humidité, impactant la résistance structurelle, serait à prendre en compte comme risque inhabituel.



### **3. APPROVISIONNEMENT ET RECONNAISSANCE DES MATERIAUX**

CobBauge utilise deux mélanges :

- La bauge pour la partie porteuse du mur, plutôt sur la partie intérieure du mur,
- De la terre allégée pour l'isolation, plutôt sur la face extérieure du mur.

Ceux sont deux mélanges différents de terre argileuse et de fibres végétales.

#### **3.1 Les différences clés entre les deux matériaux**

La bauge nécessite une terre argileuse à la granulométrie bien répartie contenant du sable, des graviers et des cailloux. Cette granularité améliore la résistance mécanique et réduit le retrait. Concernant la bauge, les fibres peuvent être des coproduits de différentes cultures agricoles, traditionnellement de la paille, mais l'usage du chanvre ou du lin donnera des mélanges plus résistants.

Concernant la terre allégée, il est nécessaire d'avoir une terre très argileuse afin d'obtenir une forte adhérence entre la terre et les fibres végétales et ainsi limiter la proportion de minéral dans le mélange. Les fibres, ou plutôt les broyats de roseau, la chènevotte ou les anas de lin sont les agrégats végétaux les plus adaptés aux mélanges de terre allégée.

#### **3.2 S'approvisionner avec la terre du site**

Si l'accès, les délais et la géologie sont adaptés, il est envisageable d'utiliser la terre extraite du chantier. Ce potentiel devra être évalué plus précisément par des investigations et des tests préalables

Les tests de terrain sont parfaitement adaptés à de petites réalisations. Des projets plus importants et plus onéreux demanderont probablement que ces tests de terrain soient complétés d'essais de laboratoire.

Voir [FILM 2 : La ressource terre](#)

#### **3.3 Tests de terrain pour les terres**

Il existe une multitude de tests de terrain, et c'est la combinaison des résultats qui permet d'attester de l'utilisation possible des terres pour les deux mélanges de CobBauge.

##### **3.3.1 Tests sensoriels**

- L'odeur permet de détecter la matière organique et de rejeter les terres végétales ayant une odeur d'humus, de matière végétale en décomposition.
- La vue permet de visualiser la présence de gros éléments tels que les pierres, cailloux et les graviers

- Le toucher permet de détecter la présence d'argile, de sable et de limon. Un morceau de terre de la taille d'une balle de golf, légèrement mouillé (à l'état plastique) peut être pressé pour voir s'il se craquelle (les sables et les limons dominant) ou s'il s'aplatit doucement (les fines et les argiles dominant). Une fine lame aiguisée de couteau peut être passée sur le dessus de l'échantillon. Une surface brillante indiquera alors la présence d'argile. Un sol plus limoneux laissera une surface plus mate. Il est également plus difficile de laver les mains salies par la manipulation d'une terre argileuse mouillée comparativement à une terre sableuse ou limoneuse.

*Voir [FILM 3 : Tests sensoriels des terres](#)*

### 3.3.2 Test du cigare

Ce test permet de déterminer la teneur en argiles et le type d'argiles (leur pouvoir de cohésion). De la terre à l'état plastique est roulée en cylindre de 3 à 4 cm de diamètre et d'1m de long. S'il y a des cailloux ou une grosse proportion de graviers, ils doivent être enlevés au préalable, à la main ou par tamisage.

L'extrémité du cigare est poussée doucement par-dessus le rebord d'une table jusqu'à ce qu'un morceau se sépare et tombe. Cette opération doit être répétée à plusieurs reprises de manière à produire plusieurs morceaux aux dimensions sensiblement similaires. Ces derniers sont alors mesurés pour déterminer la longueur moyenne.

Une longueur moyenne de moins de 5cm témoigne d'une faible teneur en argile (nécessité d'en ajouter). Des morceaux de 10 à 20cm de long indiquent que la terre est utilisable pour la bauge. Au-delà de 20cm, la terre est argileuse et utilisable pour la terre allégée, mais nécessitera une correction pour être utilisée dans un mélange de bauge.

*Voir [FILM 4 : Test du cigare](#)*

### 3.3.3 Test de retrait

Ce test permet de vérifier les risques de fissuration lors du séchage.

**Test A** : un test préliminaire rapide qui fonctionne pour les terres fines ou tamisées sans gros agrégats. Ce test peut également être fait avec le mélange final de fibres et de terre pour la bauge. Il consiste à étaler de la terre à l'état plastique sur 1cm d'épaisseur et 12cm de long. On trace ensuite sur la terre, à l'aide d'une pointe ou d'une lame, une ligne droite avec deux marques à 10cm d'intervalle.

**Test B** : ce test donnera des résultats plus réalistes à partir d'un échantillon de plus grande dimension permettant de conserver les éléments plus grossiers comme les graviers (en supprimant toutefois les cailloux). Pour ce faire, il faudra fabriquer un moule de retrait en bois (50cm de long, d'une section de 5cm au carré) et le remplir jusqu'en haut du mélange plastique. Ce moule pourra également être utilisé pour mesurer le retrait des mélanges de bauge intégrant la fibre végétale.

Dans les deux cas, le retrait se mesure une fois l'échantillon sec. Un retrait important indique une terre fine avec une forte teneur en limon et argile qui fissurera significativement durant le séchage. Pour la bauge, de telles terres demanderont une correction avec des graviers, des

sables ou des fibres pour obtenir un retrait d'environ 1%. En revanche, ce type de sol conviendra pour la terre allégée.

Voir [FILM 5 : Tests de retrait des terres](#)

### 3.3.4 Test de la pastille

Ce test permet de déterminer la teneur en argiles et leur force de cohésion.

Dans un anneau de PVC de 5cm de diamètre et 1cm de hauteur, on moulera un disque de terre à l'état plastique (prendre soin d'enlever les gros éléments au préalable). Une fois sec, on cherchera à casser le disque obtenu avec les doigts. Facile à casser, cela signifie que la terre a une faible teneur en argile ou que les argiles contenues sont peu cohésives. Dure à casser, cela signifie que l'on est en présence d'une terre riche en argiles, ou que ces dernières sont très cohésives.

Voir [FILM 6 : Test de la pastille](#)

### 3.3.5 Test du lâcher de boule

Ce test permet d'évaluer la cohésion de la terre.

Le mélange plastique utilisé pour le test du cigare peut être réutilisé pour former une boule de 10cm de diamètre. Cette boule est laissée à sécher plusieurs jours. Une fois sèche la boule est laissée tomber d'1m de hauteur sur une surface dure. Si la boule ne se brise pas, la teneur en argiles et/ou leur cohésion sont fortes. Si elle se brise en plusieurs morceaux, la terre manque de cohésion et la proportion et/ou cohésion des argiles est probablement assez faible.

## 3.4 Tests de laboratoires

Les analyses des terres peuvent également être réalisées en laboratoire en utilisant le tamisage liquide et la sédimentométrie pour déterminer la répartition granulaire et la teneur en argiles. Les limites de plasticité et de liquidité peuvent également être déterminées à partir des essais d'Atterberg. Combinés au test de valeur au bleu de méthylène, cela permet de déterminer les types et activités des argiles.

En général, les mélanges de bauge nécessitent 12 à 20% d'argile, et les mélanges de terre allégée 30% ou plus d'argile. Mais les types d'argiles et leurs forces de cohésion pourront également influencer sur l'aptitude des sols à être utilisés pour chaque mélange.

Lire et comprendre les résultats bruts des essais de laboratoire requièrent de la formation et de l'expérience pour être à même de les relier aux pratiques constructives. Mais ils permettent une comparaison utile avec les tests de terrain et devraient être réalisés dès que possible.

Les ingénieurs ont besoin d'une valeur de force à la rupture qu'un test de résistance à la compression permettra d'obtenir. Les entrepreneurs peuvent également se voir demander la

réalisation de plusieurs cubes d'essai à partir de différents mélanges pour aider les bureaux d'étude à déterminer les recommandations de mélange adapté au projet.

### **3.5 Approvisionnement en fibre - Problèmes et impact**

Les pailles de céréales sont les fibres utilisées traditionnellement pour la bauge. Elles n'ont pas besoin d'être coupées avant le mélange. Le projet CobBauge a montré l'intérêt d'utiliser d'autres fibres comme le lin ou de chanvre, lorsqu'il peut être coupé en brins courts de 10 à 20 cm de long, pour préparer les mélanges de bauge. Ces deux fibres présentent de meilleures performances mécaniques en traction et en compression comparées aux pailles de céréales traditionnelles. Cela n'empêche cependant pas l'utilisation de ces dernières qui peuvent être plus facilement disponibles localement, en adaptant alors la conception des ouvrages à une résistance moindre.

Concernant la terre allégée, la chènevotte présente des particularités intéressantes pour la mécanisation du mélange, la rapidité de construction et la réduction de la densité pour les performances thermiques.

La paille est disponible dans bon nombre d'exploitations céréalières. La chènevotte est également facilement disponible, notamment comme litière pour chevaux. D'autres fibres, coproduits et déchets de l'agriculture peuvent être disponibles localement ou via des négoce. Toutes les fibres doivent être récentes, sèches, sans décomposition, propres, exemptes de graines, de racines, de feuilles, de fleurs, d'insectes, d'herbes et autres contaminants.

L'objectif du mélange est d'obtenir un matériau homogène où la fibre sera complètement enrobée par la terre à l'état plastique, visqueux ou liquide selon le mélange et sa disposition dans le complexe du mur CobBauge.

Voir [FILM 7 : La ressource fibre](#)

### **3.6 Approvisionnement en agrégats – Problèmes et impact**

Il peut s'avérer nécessaire d'ajouter des granulats à des terres riches en argile pour obtenir une granulométrie adaptée à la bauge. En raison des impacts négatifs de l'extraction des sables et graviers en matière d'émissions de carbone, sur la pollution et la biodiversité, il est préférable d'utiliser des agrégats provenant du recyclage des déchets du bâtiment, d'utiliser des sols sablonneux ou graveleux locaux pour corriger la bauge plutôt que de nouveaux matériaux extraits de carrière en exploitation. Les produits de type « graves » peuvent également être obtenus auprès de carrières équipées de process plus légers. Ces agrégats et sols doivent également être testés au préalable par granulométrie et sédimentation pour définir les apports optimaux pour la bauge.

Voir [FILM 8 : Les corrections minérales](#)

## 4 PREPARER LE MATERIAU BAUGE

La face intérieure porteuse du mur CobBauge est en bauge, mélange de terre et de fibres végétales. Selon le contexte local, social et économique, le mélange peut être réalisé avec des pieds animaux ou humains, ou mécanisé

### 4.1 Préparation des matériaux pour la bauge

La terre peut être approvisionnée, extraite et testée bien avant toute contractualisation et peut ainsi bénéficier de l'action du gel pendant les mois d'hiver pour faciliter le mélange au printemps ou en été. Les terres peuvent nécessiter une protection si les travaux sont retardés pour éviter que les graines et les matières organiques ne contaminent les futurs mélanges.

Voir [\*FILM 9 : Préparations des matériaux pour la bauge\*](#)

### 4.2 Mettre au point les mélanges de bauge à partir d'agrégats et fibres

Une fois que les tests de terrain et de laboratoire sur les terres disponibles ont permis de valider la sélection des matières premières, il est important de travailler plusieurs tests de mélanges et d'échantillons en utilisant différents ratios de sols argileux, d'agrégats/sols sableux ou caillouteux et de fibres. Il est également possible de construire de petits murs d'essai en amont de la consultation des entreprises ou lors du démarrage de la construction à proprement parlé afin de tester à échelle 1 le mélange finalement sélectionné.

### 4.3 Test du lâché de boule validant la plasticité et la cohésion du mélange

Pour évaluer la plasticité du mélange, 2 litres de mélange de bauge sont prélevés, façonnés en boule et lâchés d'un mètre de hauteur sur une surface plane. Le diamètre de la boule écrasée indiquant la plasticité optimale pour le mélange de bauge est de 21 cm, plus ou moins 1 cm.

Le même test peut être fait avec la même procédure mais avec seulement 1l de mélange. Dans ce cas le diamètre de la boule écrasée devra être compris entre 15cm pour une bauge ferme, et 17cm pour une bauge plus molle. Ces deux mélanges « limites », voir un peu au-delà, sont utilisables mais peuvent avoir des impacts sur la mise en œuvre sur le chantier (force de compaction plus ou moins intense pour amalgamer les mottes et chasser les vides), voir sur la résistance mécanique et le retrait du mur au séchage (risque de fissuration pour des mélanges trop chargés en eau).

Voir [\*FILM 10 : Test de la boule plastique\*](#)

#### **4.4 Test de retrait sur chantier**

Pour tester le retrait d'un mélange, un moule en bois (par exemple 50 cm de long, 5 cm de section carrée) est rempli jusqu'en haut avec le mélange de bauge (débarrassé des pierres les plus grosses). Le retrait peut être mesuré en pourcentage de la longueur de la boîte lorsque l'échantillon est sec. Pour la bauge, nous visons moins de 2% de retrait, idéalement moins de 1%.

Voir [\*FILM 11 : Test du retrait pour la bauge\*](#)

#### **4.5 Quantifier les matériaux pour la bauge**

En général, les matériaux nécessaires pour la bauge correspondent à 1,3 fois le volume du mur fini et environ le double de cette quantité si l'on souhaite mesurer en poids de matériaux humides. Ainsi 1 mètre cube de bauge finie équivaudra à 1,3 mètre cube de terre, soit 1,5 tonnes de terre sèche, ou 2 tonnes de terre humide. Ces quantités varient selon le type de terre et doivent être confirmées en pesant et en mesurant de petits échantillons avant de commander les matériaux. Les quantités de fibres représentent environ 1,65 % du poids de la terre humide, ou 2% du poids de terre sèche.

#### **4.6 Matériel de malaxage de la bauge**

Diverses installations et machines peuvent être utilisées. Des malaxeurs planétaires ou à pales hélicoïdales (non continues) de forte puissance permettent de mélanger l'eau, la terre et les fibres en quelques minutes, mais dans un volume relativement restreint, généralement 50 % du volume initial du malaxeur.

Pour de grandes quantités, comme celles nécessaires à la construction de murs en bauge, l'opération doit être répétée plusieurs fois. Selon le volume et la puissance des malaxeurs, ils peuvent être fixes sur un site dédié à la production du mélange, ou transportables sur chantiers. Des engins sont nécessaires en compléments des malaxeurs pour les charger et les décharger.

Le mélange sur chantier a un impact positif sur l'empreinte carbone du mélange en contribuant à réduire le transport de matériaux. En termes d'empreinte carbone, un impact plus faible lors du mélange est encore possible en utilisant des tracteurs, des chargeuses ou des pelles mécanique sur site. Le broyage des mottes et le malaxage du mélange peuvent être réalisés par le roulement et l'écrasement répétés des pneus, ou en utilisant le godet de la pelle. Ces engins sont également utiles pour rassembler et déplacer le mélange. Ce type de malaxage fonctionne bien sur une dalle de béton propre ou dans une fosse peu profonde débarrassée de la couche de terre arable. D'autres surfaces de travail dures peuvent être envisagées, mais pourraient avoir tendance à modifier le mélange en ajoutant les agrégats qui composeraient ces aires. Une pelleuse à flèche longue et long bras muni d'un godet large offre la plus grande polyvalence d'utilisation, permettant d'extraire la matière première sur le chantier et de mélanger les différents matériaux avec une relative précision sur les volumes, voire de charger directement les banches.

Voir [\*FILM 12 : Les outils de mélange de la bauge\*](#)

#### **4.7 Méthode de mélange de la bauge**

Il est souvent plus facile de commencer à mélanger la terre et l'eau jusqu'à obtenir un mélange lisse et visqueux comme une pâte molle et épaisse, puis d'ajouter des fibres en les répartissant sur le dessus avant de les faire pénétrer au cœur du mélange. Selon la capacité d'absorption des fibres, le mélange se raffermira au fur et à mesure de l'ajout de la fibre. Les amalgames compacts de fibres doivent être évités car ils seront difficiles à séparer et à mélanger et peuvent constituer des faiblesses dans le futur mur.

Il est souvent plus facile de mélanger la fibre en plusieurs phases. Le fond du godet permet d'écraser, d'étaler et de pétrir le mélange de terre et de fibres, comme pour travailler une pâte à pain. Le tranchant du godet permet de faire pénétrer les fibres dans le mélange de terre et d'eau. Alternner les mouvements, rassembler le mélange puis l'étaler permet d'obtenir assez rapidement un mélange homogène.

Une fois la bonne plasticité obtenue et vérifiée par le test du lâché de boule, le mélange doit être rassemblé en un tas compact et homogène, puis recouvert d'une bâche pour le protéger des intempéries.

Une période de repos d'une journée permet aux argiles d'activer plus efficacement leur pouvoir de cohésion, d'assouplir les fibres et d'améliorer l'ouvrabilité du mélange. Après plusieurs jours de repos, il peut être nécessaire de remélanger brièvement la bauge avant de la mettre en œuvre. Les mélanges peuvent reposer pendant un mois ou plus s'ils ont été protégés des intempéries. En termes de liaison, leur qualité peut s'améliorer grâce à la cellulose provenant de la fermentation de la fibre. Cependant cette décomposition peut entraîner une perte de résistance à la traction et augmenter les risques de fissures au retrait. Il faudra donc prévoir d'ajouter et malaxer des fibres fraîches juste avant la mise en œuvre.

Voir [\*FILM 13 : Méthode de mélange de la bauge\*](#)

## 5. PREPARER LA TERRE ALLEGEE

La face extérieure du mur CobBauge est en terre allégée, mélange d'une barbotine de terre argileuse et de fibres végétales. Dans le procédé CobBauge, on recherche une bonne isolation et une résistance mécanique suffisante pour que la terre allégée soit autoportante et adhère bien à la bauge structurelle. L'utilisation d'une terre riche en argile permet aux fibres d'être efficacement liées avec le moins de terre et de poids possible. Afin de s'assurer d'une teneur en argile suffisante (30 % ou plus), le test de la pastille évoquée au chapitre 3.3.4 peut aider à déterminer les terres les plus adaptées à la production de la terre allégée et les besoins de reformulation.

### 5.1 Préparer les matériaux pour la terre allégée

Cette forte proportion d'argile peut nécessiter un long trempage dans l'eau et peut représenter un travail difficile pour la préparation de la barbotine. Lorsqu'une terre crue brute de carrière ou issue du chantier est utilisée, il peut s'avérer nécessaire de la tamiser pour éliminer les grains les plus gros (sables, graviers ou cailloux).

Dans les climats humides, il est plus facile d'avoir recours à un tamisage liquide : la terre extraite est trempée dans un grand récipient rempli d'eau. Après plusieurs jours avec un brassage journalier, un malaxage plus poussé est effectué à l'aide d'un malaxeur, puis la barbotine obtenue est versée au travers un tamis sur une cuve vide. Le mélange passant au tamis servira de barbotine pour lier les fibres de la terre allégée tandis que les grains plus grossiers pourront être ajoutés au mélange de bauge ou rejetés.

Il est également possible d'utiliser des terres argileuses préparées par d'autres intervenants. Ces terres ont généralement été séchées, broyées et tamisées, ou peuvent être des boues issues du lavage des sables de carrière. Après avoir vérifié la teneur en argile, les poudres peuvent être mise à tremper dans un bac avec de l'eau, puis malaxées. Cette dernière solution à partir de matériaux secs permet de définir des proportions de mélange qui seront utilisables jusqu'à la fin du chantier, simplifiant ainsi la gestion des mélanges.

Voir [\*FILM 14 : Préparation de la barbotine pour la terre allégée\*](#)

### 5.2 Contrôle de la barbotine pour la terre allégée

La terre allégée nécessite un test pour vérifier la viscosité de la barbotine avant de la mélanger à la fibre. Ce test est effectué à l'aide de la barbotine liquide tamisée ou de la barbotine préparée à partir de terre en poudre. La procédure est simple et consiste à prélever 100 ml de la barbotine fraîchement mélangée à l'aide d'un verre mesure.

Les 100 ml sont doucement versés sur une surface plane en concentrant l'écoulement sur un point central. La surface plane ne doit pas être heurtée ou vibrée, sinon cela affectera la dispersion naturelle de la barbotine.

Le diamètre du disque formé est alors mesuré. La consistance adaptée à la terre allégée du procédé CobBauge formera un disque de 14cm de diamètre. Plus de 14cm, la barbotine sera



trop diluée, ce qui donnerait une terre moins cohésive, donc un mélange plus friable, éventuellement utilisable comme remplissage dans une ossature bois, mais pas adaptée à une paroi autoportante, bien adhérente à la bauge et capable de supporter un enduit. En dessous de 14cm, il sera difficile à la barbotine de bien enrober toutes les fibres. Cela risque de mobiliser plus de barbotine que nécessaire et donc plus de terre dans le mélange, ce qui altérera les propriétés d'isolation recherchées.

Quelle que soit la technique de préparation utilisée, la viscosité de la barbotine doit être vérifiée avant d'être mélangée aux fibres. En effet, le temps d'activation des argiles, en particulier lorsque la barbotine est préparée à partir d'une terre sèche, peut affecter la viscosité au cours de la journée. Il est de ce fait préférable de préparer la barbotine au moins 24h à l'avance. Si elle est trop liquide, on peut la laisser décanter et éliminer délicatement toute l'eau claire remontée à la surface. Si elle est trop visqueuse, de l'eau peut être ajoutée jusqu'à ce qu'elle ait la consistance désirée.

***Voir [FILM 15 : Test du disque à barbotine](#)***

### **5.3 Quantifier les matériaux pour la terre allégée**

En général, le volume du mur sera équivalent au volume de chènevotte compressée nécessaire, plus 5 % de marge de sécurité. Ainsi, 1 mètre cube de terre allégée aura besoin de 1,05 mètre cube de chènevotte provenant d'une balle compactée.

La terre riche en argile requise pour cette quantité de chanvre sera d'environ 210 kg de terre sèche. Mais cela devra être confirmé par des tests avant mélange. Pesez un volume donné de barbotine, d'abord à l'état liquide, puis une fois et sèche, afin de déterminer la teneur en eau en poids. Pesez également un volume donné de fibres sèches compactées (similaire au compactage dans le mur). Ces mesures permettront de déterminer plus précisément les volumes de barbotine à ajouter aux volumes de fibres. Nous visons dans le procédé CobBauge une densité de 350 à 400 Kg/m<sup>3</sup>.

Une fois ces matériaux mélangés, mis en œuvre dans un moule et secs, il sera possible de vérifier la densité finale obtenue. Cet essai peut aider à éliminer les terres qui ne sont pas suffisamment riches en argile, ou dont les liaisons sont trop faibles. Dans tous les cas, ces échantillons de terre allégées mesurés et pesés sont essentiels pour s'assurer que les matériaux sont bien adaptés à ce type d'usage, c'est-à-dire suffisamment résistants et légers et en quantité suffisante.

***Voir [FILM 16 : Proportion des matériaux pour la terre allégée](#)***

## 5.4 Méthode de malaxage de la terre allégée et équipement

Une fois les quantités de matériaux déterminées, le mélange de la terre allégée peut être réalisé à l'aide d'une bétonnière ou d'un malaxeur planétaire. Les fibres et la barbotine doivent être chargées en alternance pour permettre un bon enrobage des fibres. Le mélange pourra ensuite être déchargé et stocké, recouvert d'une bâche ou similaire, sur une surface propre et non poreuse. Il doit rester protégé ainsi idéalement pendant 24 heures pour permettre au mélange de devenir plus souple, plus collant et plus maniable dans le coffrage.

Voir [\*FILM 17 : Mélange et stockage de la terre allégée\*](#)

## 5.5 Tester les mélanges de terre allégée

Dans le procédé CobBauge, le mélange de terre allégé doit être suffisamment autoportant et cohésif pour éviter son effritement en surface une fois sec. Pour cela, le mélange devra être suffisamment chargé en barbotine pour permettre aux fibres végétales de s'agglomérer et de coller entre elles. La barbotine doit donc être suffisamment collante, et contenir des argiles de qualité adéquate. Le mélange doit également reposer un temps avant d'être utilisé. Le préparer au moins un jour avant de l'utiliser raffermi le mélange et le rend plus collant, par évaporation et absorption de l'eau par les fibres végétales. Une boule de mélange pressée entre les mains doit rester collée, même sous une légère pression des doigts.

## **6. ASSURER LA CONTINUITÉ DE LA QUALITÉ DES MÉLANGES**

La bauge et la terre allégée utilisent la terre de l'état plastique à l'état liquide. Entre ces deux extrêmes, les variations d'ouvrabilité peuvent être importantes. L'état hydrique optimum pour chacune des techniques s'apprécie par l'expérience.

Selon la terre utilisée et les conditions de chantier, les variations de teneur en eau peuvent évoluer et avoir un impact sur le malaxage et la qualité des travaux réalisés. Les sols argileux contenant des quantités importantes de limon nécessitent l'ajout de beaucoup d'eau pour voir un changement significatif dans la viscosité et l'ouvrabilité du matériau. En revanche un sol argileux avec une prédominance de sable en demandera très peu. Les analyses préliminaires des terres (voir 1.1 et 1.2) permettront donc d'anticiper l'impact de l'ajout d'eau dans les mélanges.

Même si de petites variations de teneur en eau ne semblent pas affecter la construction, ces variations peuvent avoir des conséquences sur le décoffrage, sur les fissures de retrait, sur la cohésion des argiles ou sur les propriétés isolantes souhaitées. Il est par conséquent nécessaire de mettre en place des procédures de contrôle pour s'assurer d'une mise en œuvre et d'un résultat final de qualité.

### **6.1 Contrôler le mélange de bauge**

Concernant la bauge, l'objectif est d'obtenir un mélange suffisamment souple pour un compactage au pied, au fouloir manuel, ou à la main, pour chasser les vides d'air et se compacter aisément contre le coffrage. Pour évaluer la plasticité du mélange, le test du lâché de boule peut être utilisé (2.5).

Au-delà de la plage de valeurs recommandée dans ce test, la bauge sera difficile à utiliser, soit difficile à compacter autrement qu'à l'aide d'un fouloir pneumatique pour éliminer les vides, soit trop collante et molle, ce qui impliquera que le coffrage reste en place plus longtemps le temps que le mur soit suffisamment dur pour ne pas se déformer au décoffrage. Mais plus problématique dans le dernier cas, le mur est susceptible de se fissurer de façon conséquente et perdre une partie de sa résistance mécanique en raison de la diminution de sa densité induite par l'excès d'eau dans le mélange.

Bien qu'il soit important de contrôler la régularité du processus de mélange, de nombreux autres facteurs affecteront la consistance et l'ouvrabilité des matériaux, notamment des conditions météorologiques extrêmes, la variabilité des composants sur l'ensemble d'un lot de terre ou encore le facteur humain. Tous ces facteurs nécessiteront une réponse adaptée et dynamique possible par un contrôle de la qualité régulier tout au long du chantier.

### **6.2 Contrôler le mélange de terre allégée**

Concernant le mélange de terre allégée, dès lors qu'une terre appropriée est utilisée, le risque de variation de la qualité est limité. S'il est en effet préparé relativement tôt avant d'être utilisé, sa mise en œuvre est plus rapide et par conséquent, il y a moins de risque que la qualité

du mélange change, à la différence de la bauge. Un stockage à l'abri des conditions météorologiques extrêmes, même pour une courte période, garantira qu'il reste humide et utilisable.

## 7. UTILISATION DU COFFRAGE

La bauge traditionnelle est généralement mise en œuvre sans coffrage. La plasticité du matériau et la présence de fibres permettent d'empiler la bauge et de façonner le mur à une hauteur limite définie par la qualité de la terre, la plasticité et la teneur en fibres du mélange, et la largeur du mur.

L'absence de coffrage oblige souvent à construire le mur en surépaisseur et à le recouper après un court temps de séchage. Ce travail peut être éprouvant et chronophage et peut être impacté par les conditions météorologiques. L'utilisation de coffrage évite cette tâche.

### 7.1 Systèmes et types de coffrage

Les coffrages pleins compliquent la construction en bauge. La bauge durcit par évaporation et non par réaction chimique comme pour le béton de ciment et le coffrage plein empêche cette évaporation nécessaire au séchage de la bauge. De plus, l'effet de succion du mélange plastique sur une surface plane comme le contreplaqué rend très difficile le décoffrage, même immédiat, sans risque de déformation des parois.

La terre allégée, sauf projetée, ne peut être mise en œuvre qu'à l'aide d'un coffrage. Bien que le mélange devienne cohésif au fur et à mesure qu'il sèche, il ne peut pas être façonné librement comme la bauge, la quantité d'argile dans la barbotine étant trop faible pour lier efficacement les fibres.

Ces besoins opposés des deux mélanges impliquent que CobBauge soit mis en œuvre à l'aide d'un coffrage habituellement utilisé pour le béton, mais modifié de sorte que la peau de contreplaqué est remplacée par un panneau composé d'une structure métallique recouverte d'un grillage métallique. Cette peau perforée offre peu de surface de contact avec les mélanges de terre permettant ainsi un retrait simple et rapide des coffrages, mais permet également aux matériaux de sécher à l'intérieur du coffrage grâce à l'augmentation de la surface de mur en contact avec l'air libre.

Voir [Film 18: Système de coffrage](#) et [Film 19: Mesh Formwork](#)

### 7.2 Avancement et hauteur du coffrage

Le coffrage utilisé pour CobBauge peut s'élever verticalement, mais il ne sera pas possible de mettre en œuvre en une seule fois une section de mur toute hauteur car le grillage risque de contraindre le tassement de la bauge se produisant lors du séchage.

On peut envisager mettre en œuvre au maximum 1,2 m à 1,4 m de hauteur en une fois, soit deux levées de coffrage de 0,75 m de haut. Le coffrage devra rester en place plus longtemps le temps que la bauge se raffermisse. De ce fait, cela rendra plus compliqué un travail de finition en surface de la bauge qui aura séché. Elle devra être enduite.

Un remplissage du coffrage par lits horizontaux de plus faible hauteur est possible en progressant plutôt en longueur qu'en hauteur. Cela permet aux couches précédentes de

sécher et durcir plus rapidement en offrant proportionnellement une plus grande surface d'échange avec l'air.

Les coffrages sont positionnés de sorte à pincer ou s'appuyer sur le soubassement ou les levées inférieures, qui définissent la largeur du mur. Les tiges de fixation reposent directement sur la partie inférieure déjà réalisée. Des réglages de l'horizontale et de la verticale sont nécessaires pour assurer la bonne exécution de l'ouvrage. Le coffrage doit être correctement maintenu sur les côtés par des étais tirant-poussant ou similaires.

### **7.3 Maintiens du coffrage, serrage et démontage**

Lorsque les matériaux sont chargés dans le coffrage, il faut veiller à ne pas modifier l'aplomb. Les barres de serrage et les entretoises à la base des banches et en haut des banches doivent dans la mesure du possible se superposer. Certaines d'entre elles peuvent être retirées une fois le coffrage rempli. Les tiges n'ont pas besoin d'être protégés contre le contact avec les matériaux car elles seront retirées avant que la terre ne soit complètement sèche. Après les avoir dégagées d'un simple coup de maillet ou marteau, elles peuvent ensuite être facilement retirées à la main.

Il est préférable de laisser le coffrage en place au moins une semaine, idéalement trois, surtout si la bauge a été montée sur toute la hauteur du coffrage, soit 60 à 70cm. Le coffrage peut même rester en place plus longtemps si une hauteur supplémentaire de banches est disponible, de sorte à s'appuyer et se fixer sur les banches restés en place.

Laisser les banches en place plus longtemps évite tout risque de déformation pendant la période de séchage. Mais cela rend plus difficile le retaillage de la paroi en bauge, en particulier si elle doit rester apparente et être retravaillée en surface.

Le coffrage peut être retiré en toute sécurité lorsque le mélange de bauge a une teneur en humidité comprise entre 13 % et 15 %. La teneur en humidité peut être mesurée à l'aide d'un test d'impact Clegg. Il est également possible de prélever un échantillon au centre du mur, le peser, le sécher et le peser à nouveau pour déterminer la teneur en eau.

Tester cette teneur en eau est un point critique pour la poursuite de l'élévation des murs et l'édification des levées supérieures sans risque. La dernière levée CobBauge est moins sensible que les levées inférieures qui reçoivent à chaque étape une nouvelle charge lourde et humide.

**Watch [FILM 20 : Attache et retrait des coffrages](#)**

## **8. METTRE EN OEUVRE LA BAUGE ET LA TERRE ALLEGEE**

Le mode constructif CobBauge vise à mettre en œuvre simultanément des murs porteurs en bauge et une isolation en terre allégée.

Pour une bonne tenue de ce mur composite, la terre allégée extérieure doit adhérer correctement à la bauge porteuse intérieure. Pour ce faire, l'objectif est que, sur des lits de pose successifs d'environ 20cm de hauteur, le parement extérieur de terre allégée chevauche légèrement le parement intérieur de bauge. Cette disposition d'harpage d'un lit sur l'autre renforce la liaison mécanique entre le mur porteur et l'isolant.

Voir [\*FILM 21 : Liaison entre la bauge et la terre allégée\*](#)

### **8.1 Utilisation du coffrage temporaire**

Avant le remplissage du coffrage principal, un coffrage amovible est placé à l'intérieur afin de guider et déterminer l'épaisseur de bauge, tout en formant un léger glacis sur la face interne de la bauge. Cela permet ensuite d'enlever le coffrage amovible plus facilement, à la terre allégée de chevaucher partiellement la bauge et de lier des différentes couches. Lorsque la couche suivante sera réalisée, la bauge s'appuiera à son tour partiellement sur la terre allégée, créant ainsi la connexion mécanique souhaitée.

Voir [\*FILM 22: Utilisation des outils de placement des mélanges\*](#)

### **8.2 Réservations pour les ouvertures et les réseaux**

Les réservations pour les ouvertures peuvent être réalisées de plusieurs façons. Afin d'anticiper le démontage des coffrages de réservation, ces derniers doivent être soit "pliables" ou démontables après utilisation, soit conçus de manière à pouvoir glisser pour être extraits. Comme pour les coffrages en façade, les joues des réservations d'ouverture réalisées avec une peau grillagée permettent aux ouvertures de sécher au même rythme que les parements des murs. Des précautions doivent être prises pour enlever ces coffrages d'ouverture suffisamment tôt pour éviter qu'ils ne bloquent le tassement qui se produit verticalement lors du séchage des murs.

Voir [\*FILM 23 : Réservations dans le mur\*](#)

### **8.3 Chargement et compactage du mélange de bauge**

Une fois le coffrage intermédiaire en place, la bauge peut être déposée dans le coffrage à l'aide d'une chargeuse, du godet d'un engin télescopique ou d'une pelle mécanique, ou encore par des moyens manuels (sceaux, pelle, fourche...). Le mélange est ensuite compacté par foulage au pied ou à l'aide d'une dame pour chasser les vides et obtenir un mur dense et homogène.

Un contrôle visuel peut être effectué à travers le grillage des banches principaux pour vérifier que le mélange est bien compacté sur les bords et les faces et qu'il ne reste pas de vides. Cette vérification est particulièrement importante si le mur doit rester en bauge apparente pour la finition.

Une fois la première couche de bauge mise en place et compactée, les coffrages temporaires peuvent être enlevés. La face intérieure de la couche de bauge peut être recompressée sur la couche inférieure car le retrait du coffrage intermédiaire peut l'avoir légèrement soulevé.

Voir [\*FILM 24 : Mise en œuvre de la bauge\*](#)

#### **8.4 Chargement et compactage de la terre allégée**

L'espace vide formé par le coffrage intermédiaire et contiguë à la bauge est ensuite rempli avec le mélange de terre allégée. Ce mélange est plus facile à charger manuellement à la pelle depuis une zone de stockage à proximité du coffrage, sur l'échafaudage, ou depuis le godet d'un télescopique. Ce mélange doit être légèrement compacté avec une dame en bois. Un compactage trop intense aura tendance à rendre le mélange beaucoup plus dense et moins efficace thermiquement.

Voir [\*FILM 25 : Mise en œuvre de la terre allégée\*](#)

#### **8.5 Contrôle de qualité sur le compactage des deux mélanges**

La bauge à l'état plastique ne se comprime pas d'elle-même sous son propre poids. Le piétinement de ce mélange dans le coffrage, ou l'utilisation d'une dame en bois, chasse simplement l'air, formant par là un matériau plus homogène. C'est la régularité du remplissage de la bauge en couche de faible épaisseur (environ 10cm d'épaisseur) qui permet d'éviter les vides. Un contrôle visuel peut être exercé à travers le grillage du coffrage. Si des vides sont visibles, alors un compactage complémentaire est nécessaire.

Concernant la terre allégée, c'est aussi la régularité des épaisseurs des couches de mélange qui évite la formation de vides. Un compactage régulier et léger jusqu'à ce qu'un effet rebond se fasse sentir, assure la régularité de la densité du mélange.

#### **8.6 Temps de construction**

Plus les couches sont fines, plus les mélanges sèchent suffisamment vite pour qu'une autre couche soit rapidement ajoutée. Lors de la construction des premiers prototypes, on a pu constater que des couches de 30 cm d'épaisseur permettent de réduire d'un tiers le temps de séchage par rapport à une levée faite sur l'intégralité d'un coffrage (soit 65cm de haut). Cette technique peut donc accélérer le processus de construction, en particulier si le bâtiment est suffisamment grand pour que le périmètre des murs permette une mise en œuvre en continu. Les mesures sur chantier montrent qu'une pose mécanisée pour un mur de plein pied nécessite environ 6 heures/personne/m<sup>2</sup> de mur. Ce temps passe à 8h/m<sup>2</sup> lorsque la mise en œuvre se fait manuellement dans le coffrage, en rez-de-chaussée ou en étage.



## 8.7 Finition et nettoyage des surfaces

Une fois la terre allégée compactée au même niveau que la bauge, le coffrage intermédiaire est remis en place pour mettre en place une nouvelle couche.

Au préalable, vérifiez et dégagez la terre allégée tombée sur la bauge lors de sa mise en œuvre de manière à éviter de créer une zone de faiblesse et de rupture entre les couches de la partie porteuse.

Le processus est répété jusqu'à ce que le haut du coffrage soit atteint. Pour chaque couche, il est nécessaire de s'assurer que la surface de la bauge et de la terre allégée soit de niveau pour permettre et faciliter l'installation du coffrage de la levée suivante.

Il est également nécessaire d'enlever tous les surplus de bauge qui aurait pu sortir de la peau grillagée du coffrage, à l'aide d'un grattoir ou d'une truelle. Cette opération facilite le décoffrage. La même opération peut être réalisée côté terre allégée en éliminant les fibres plus longues ou moins bien amalgamées ressortant du grillage du coffrage. Mais pour ce parement, cela pose moins de problème en phase de décoffrage.

Voir [FILM 26 : Traitement des surfaces du mur](#)

## 8.8 Réaliser les linteaux

La terre allégée n'est pas par elle-même en capacité de reprendre les charges transmises par un linteau. Il est donc nécessaire de reporter les charges du linteau sur la bauge porteuse. Pour cela, plusieurs solutions sont possibles et illustrées dans le recueil de détails du guide d'aide à la conception.

Une première solution consiste à positionner des consoles ou corbeaux perpendiculaires à la façade en haut de chaque jambage, qui recouvre à la fois la bauge et la terre allégée. Le linteau, composé de plusieurs pièces de bois, est posé sur ces consoles. Le poids de la bauge placée par la suite au-dessus du linteau évitera que celui-ci ne s'appuie trop sur la terre allégée.

Une autre solution consiste à réaliser le linteau en contreplaqué marine recouvrant toute la surface à franchir ainsi que les surfaces d'appuis sur les jambages. Ce contreplaqué doit être renforcé à l'aide de plusieurs pièces de bois massif fixées sur ce dernier. Les sections de ces pièces de bois massif doivent être calculées par un ingénieur.

Voir [FILM 27 : Franchissements et linteaux](#)

## 8.9 Portes et fenêtres

Les ouvertures sont réalisées à l'aide de coffrages placés à l'intérieur du coffrage grillagé principal. Les coffrages complets toute hauteur doivent être évités. Ces coffrages rigides empêchent en effet le tassement et le retrait de la bauge lors de son séchage et provoqueront l'apparition de fissures aux extrémités des linteaux, tout en rendant très difficile le décoffrage.

des ouvertures. Il est par conséquent préférable de prévoir un coffrage formant une réservation de la hauteur du coffrage grillagé qui pourra être retiré en même temps que ce dernier et remis en place au fur et à mesure de l'élévation du mur.

Il est nécessaire d'anticiper la fixation des portes ou fenêtres. Elles peuvent être vissées directement dans la bauge à l'aide de vis longues (20cm minimum), à condition que la bauge contienne peu de cailloux qui pourraient bloquer la progression des vis. Une autre solution consiste à prévoir des pièces de bois en forme de queue d'aronde pour résister à l'arrachement et ancrées dans le mur en bauge au fur et à mesure de son élévation.

Si la fenêtre doit être placée dans l'alignement de la terre allégée, elle devra être fixée à travers la terre allégée dans la bauge. La terre allégée est en effet d'une résistance insuffisante pour les fixer. Dans ce cas, les pièces de bois prévues pour la fixation doivent s'ancrer en profondeur dans la bauge.

Voir [\*FILM 28 : Mise en place des menuiseries\*](#)

## **8.10 Jonction avec d'autres matériaux**

Le principal problème de la connexion de la bauge avec d'autres matériaux est son retrait et son tassement au séchage. Il est nécessaire de trouver des dispositions permettant à la bauge de "glisser" au contact de matériaux plus rigides, ou d'être connectée par des fixations suffisamment souples pour bouger sous l'action du tassement du mur. Un lien mécanique peut être assuré par la réalisation d'une sorte d'embranchement.

Ce problème de tassement lors du séchage doit être pris en compte dans la conception du bâtiment et l'organisation du chantier pour s'assurer que l'ensemble de ce tassement soit effectué avant de mettre en place les éléments reposant sur les différents matériaux.

Voir [\*FILM 29 : Assemblage du mur CobBauge avec les autres matériaux\*](#)

## **8.11 Gérer le séchage et le retrait**

Il est important que le séchage soit le plus régulier et homogène possible. Il variera en fonction de l'exposition des murs au vent et au soleil. Il faut éviter que la pluie ne touche les murs. La protection des têtes de murs est donc nécessaire pendant la phase de construction jusqu'à la réalisation de la toiture. Une fois le toit en place, le processus de séchage se poursuivra encore. Si le bâtiment est fermé trop rapidement, le séchage sera ralenti. Il est primordial de maintenir une forte ventilation de l'intérieur, voire d'augmenter la circulation de l'air en utilisant des ventilateurs. Le chauffage ne sert à rien comparé à la circulation d'air.

Voir [\*FILM 30 : Retrait et séchage de la terre\*](#)

## **8.12 Intégration des réseaux**

Concernant les réseaux électriques, il est possible de placer les gaines à l'intérieur de la bauge lors de sa mise en œuvre. Le compactage étant léger, le risque d'écrasement des gaines est

très faible. Elles doivent être placées dans la bauge en retrait d'au moins 10 cm du parement pour éviter des fissures en surface lors du séchage. Les gaines peuvent être raccordées à des boitiers fixés au grillage du coffrage au niveau de leurs emplacements définitifs, ou être laissées en attente au travers des mailles du grillage.

Une autre méthode consiste à installer les gaines plus tard dans le mur sec. Une saignée peut être découpée à 4-5 cm de profondeur. Les gaines sont alors placées au fond de la saignée et fixées. La saignée est ensuite comblée à l'aide d'un mortier de terre. Il faudra alors prévoir de placer une trame noyée dans le corps d'enduit en recouvrement de la saignée pour éviter l'apparition de fissures la suivant.

Voir [FILM 31 : Intégration des services](#)

### **8.13 Fixations secondaires**

Dans une bauge avec peu de cailloux, il est possible de fixer par vissage direct. Il est nécessaire de prévoir de grosses vis pour aller en profondeur et résister à l'arrachement. Il est également possible de prévoir des points d'ancrage en bois pendant la construction permettant de s'y fixer. Cela nécessite d'anticiper les localisations des fixations, le tassement et le retrait lors du séchage. Il est également possible d'enfoncer des chevilles en bois après avoir pré-percé la bauge à un diamètre légèrement inférieur de celui de la cheville

Voir [FILM 32 : Fixations légères](#)

## 9.0 FINITIONS ET ENTRETIEN

Voir [FILM 33 : Finitions et maintenance](#)

### 9.1 Finitions intérieures

AVERTISSEMENT : Toute finition appliquée sur un mur CobBauge doit avoir un niveau élevé de perméabilité à la vapeur d'eau afin de garantir une stabilité hydrique du mur. Si des finitions imperméables sont appliquées, elles pourraient compromettre la résistance structurelle du mur, ainsi que ses performances thermiques.

Les murs CobBauge peuvent être laissés apparents sans finition appliquée en intérieur. Cela donnera une finition brute et texturée selon le motif du grillage laissé par le coffrage. Un fixatif transparent et perspirant peut être appliqué si la surface de la bauge reste poussiéreuse (simple brossage humide, colle cellulosique fortement diluée, caséine...).

Il est également possible de retailler légèrement la surface de la bauge encore fraîche juste après le décoffrage afin de supprimer le relief laissé par le grillage du coffrage. Il faut éviter de battre le mur comme dans la technique traditionnelle. Ce battage de la bauge encore à l'état plastique crée des vibrations dans la paroi qui peuvent contribuer à séparer la terre allégée et la bauge.

Une large gamme de revêtements perméables à la vapeur d'eau peut être appliquée sur l'intérieur des murs CobBauge, comme des enduits à la chaux, des enduits terre ou des peintures perspirantes. La texture de surface des murs CobBauge brute de décoffrage offre une bonne accroche pour les enduits, mais rend plus complexe la pose d'une peinture.

### 9.2 Finitions extérieures

AVERTISSEMENT : Toute finition appliquée sur un mur CobBauge doit avoir un niveau élevé de perméabilité à la vapeur d'eau afin de garantir une stabilité hydrique du mur. Si des finitions imperméables sont appliquées, elles pourraient compromettre la résistance structurelle du mur, ainsi que ses performances thermiques.

Un mur CobBauge ne peut pas être laissé sans protection extérieure car la terre allégée n'est pas suffisamment résistante. Une large gamme de revêtements perméables à la vapeur d'eau peut être appliquée en extérieur sur les murs CobBauge, notamment des enduits à la chaux éventuellement à base de terre sous condition de protection face aux intempéries. Les peintures perspirantes à elles seules ne constituent pas une finition adéquate, elles nécessitent préalablement l'application d'un enduit.

Le bardage bois et d'autres formes de revêtement peuvent être utilisés sur les murs CobBauge, mais ne peuvent pas être fixés directement sur la terre allégée. Cela nécessitera par conséquent la réalisation d'une structure d'accroche indépendante ou fixée dans la bauge porteuse.

### 9.3 Protection

A l'achèvement des murs ou d'une levée CobBauge, il est nécessaire de les protéger pendant des étapes ultérieures de construction pour éviter les dommages accidentels et météorologiques. Cette nécessité doit être évaluée en fonction du contexte de chaque projet. Le Maître d'Œuvre et les entreprises doivent être sensibilisées à la vulnérabilité de la face extérieure en terre allégée aux impacts et du mur dans son ensemble aux dégâts des eaux.

### 9.4 Entretien

Les murs CobBauge nécessitent un entretien minimal. Ils doivent être inspectés périodiquement :

- Pour s'assurer qu'ils restent correctement protégés des sources d'humidité
- Pour identifier tout dommage d'impact
- Pour surveiller l'état des finitions