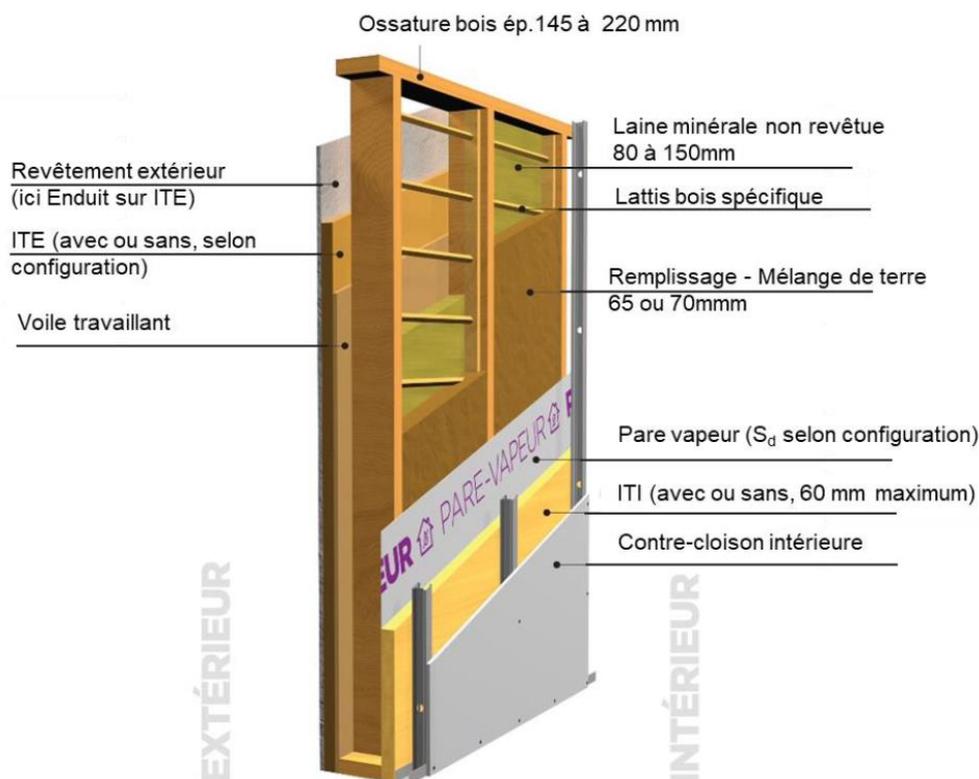


APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence CSTB : 3221_V1

ATEx de cas a

Validité du 19/07/2023 au 31/07/2025



Copyright : SAINT GOBAIN DISTRIBUTION BATIMENT FRANCE

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. (extrait de l'art. 24)

A LA DEMANDE DE :

POINT P SAS

12 place de l'IRIS, TOUR SAINT GOBAIN FR – 92400 COURBEVOIE

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé de remplissage de COB/FOB par projection humide d'un mélange à base de terre.

Selon l'avis du Comité d'Experts en date du 19/07/2023, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- Demandeur : POINT P SAS
- Technique objet de l'expérimentation : TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est un procédé de remplissage partiel par l'intérieur d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) par projection par voie humide d'un mélange de terre, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 6,5 ou 7 cm. Le procédé n'a pas de fonction structurale, il contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Cette technique est définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro ATEX 3221_V1 et résumé dans la fiche sommaire d'identification ci-annexée,

Donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation ne vaut que pour une durée limitée au **31 07 2025**, et est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulés aux §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 – Stabilité des ouvrages et/ou sécurité des équipements

Le procédé ne participe pas à la stabilité d'ensemble du bâtiment qui incombe à la structure porteuse en ossature bois suivant la norme NF DTU 31.2. Cependant, il convient de tenir compte dans l'analyse globale du bâtiment, notamment pour la détermination des efforts de contreventement, de basculement et de cisaillement de :

- La masse additionnelle apportée par le remplissage ;
- L'apport de raideur du remplissage.

La méthodologie de calcul proposée par le demandeur est de réaliser deux analyses globales comme suit :

- L'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) utilisant la raideur de base de la COB pour les murs concernés ; puis
- L'analyse après affectation de la raideur de base de la COB augmentée de 25% aux murs destinés à recevoir un remplissage.

La méthode de calcul peut être réalisée de manière simplifiée, en réalisant uniquement l'analyse de base et en minorant les efforts de déplacements de 25%, moyennant le respect des dispositions décrites au § 4.1.4 du cahier des charges.

Le dimensionnement du système est réalisé conformément à la norme NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale.

Compte tenu des éléments de justification fournis dans le cahier des charges, et sous condition de respecter les limitations indiquées dans la présente Appréciation, la stabilité de l'ouvrage peut être assurée.

1.2 – Sécurité des intervenants

La sécurité des intervenants est considérée comme normalement assurée moyennant l'utilisation des dispositifs de manutention et le respect des prescriptions décrits dans le cahier des charges.

1.3 – Sécurité en cas d'incendie

Compte tenu que le remplissage n'a pas vocation à rester apparent, le procédé ne pose pas de problème particulier du point de vue de la réaction au feu.

En matière de résistance au feu, le procédé permet de satisfaire à la réglementation incendie dans la limite des domaines de validité des Procès-Verbaux de classement établis par le laboratoire, rappelées au paragraphe 4.3 du cahier des charges.

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1

1.4 – Sécurité en cas de séisme

Sur la base des éléments fournis par le demandeur et les prescriptions du cahier des charges, le procédé peut satisfaire aux exigences de sécurité en cas de séisme. Le domaine d'emploi du procédé est limité à une utilisation en France métropolitaine, zones sismiques 1 à 4 au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La qualification et le suivi des terres provenant d'Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) sont exclusivement réalisées par POINT P

Le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est fabriqué sur site à l'aide de l'unité mobile. Cette fabrication est gérée par l'entreprise en charge du remplissage qui est qualifiée et formée par la société POINT P. L'entreprise en charge du remplissage s'assure de la qualité et du contrôle de la fabrication suivant les prescriptions indiquées au §7.2 du cahier des charges.

L'efficacité des contrôles permet de garantir la constance des performances du procédé.

2.2 – Mise en œuvre :

La mise en œuvre du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est exclusivement réalisée par une entreprise qualifiée pour la mise en œuvre d'enduit de façade par projection, préalablement formée par POINT P.

La mise en œuvre décrite dans le cahier des charges ne présente pas de difficultés particulières vis-à-vis des procédés équivalents.

2.3 – Assistance technique

La conception est effectuée par des bureaux d'études techniques externes. La société POINT P assure la formation du personnel de l'entreprise en charge du remplissage et fournit une assistance technique sur demande pour les chantiers suivants.

3°) Risques de désordres

Le risque principal de désordre peut être dû à la mise en œuvre du procédé par une entreprise non formée à l'application. Les prescriptions de conception, de fabrication et de mise en œuvre précisées dans le cahier des charges sont de nature à limiter ces risques.

4°) Recommandations

Il est recommandé :

- De justifier la vérification hors plan en situation sismique ;
- De justifier d'un suivi extérieur assuré par le CSTB, à raison d'une visite une fois par an, de l'autocontrôle exercé sur chantier ;
- A l'entreprise en charge du remplissage, de réaliser l'autocontrôle de toutes les étapes de mise en œuvre telles que décrites dans le §7.2 du cahier des charges.

5°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB, au plus tard au début des travaux, une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

EN CONCLUSION

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- La sécurité est assurée ;
- La faisabilité est probable ;
- Les désordres sont minimes.

Champs sur Marne,
Le Président du Comité d'Experts,

Président

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 3221_V1

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur : POINT P SAS
12 place de l'IRIS, TOUR SAINT GOBAIN FR – 92400 COURBEVOIE

Définition de la technique objet de l'expérimentation : TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est un procédé de remplissage partiel par l'intérieur d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) par projection par voie humide d'un mélange de terre, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 6,5 ou 7 cm. Le procédé n'a pas de fonction structurale, il contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est destiné au remplissage partiel de murs à ossature bois de bâtiments neufs ou en rénovation en France Européenne et en zone de sismicité 1 à 4, pour les bâtiments d'habitation de la 1^{ère} et 2^{ème} famille ainsi que les bâtiments relevant du Code du travail ou Etablissements Recevant du Public dont le plancher haut le plus bas n'excède pas 8 m.

Seuls sont visés le remplissage par l'intérieur, la réalisation du mélange et de la projection par voie humide réalisées sur site.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à hygrométrie faible et moyenne classés au plus EB+ Locaux privés tels que définis dans le cahier du CSTB 3567, de mai 2006 « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs », ponctuellement rafraîchis.

Seules sont admises les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

Le procédé est destiné à la réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions des classes de service 1 et 2 au sens de de la norme NF EN 1995-1-1 et des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Seuls sont admis les revêtements extérieurs suivants :

- Bardage à lame d'air ventilée (avec ou sans ITE) ;
- Parois recevant un système d'ITE avec enduit (ETICS), dans le respect des éventuelles limitations plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 3221_V1 et dans le cahier des charges de conception et de mise en œuvre technique (cf. annexe 2) que le fabricant est tenu de communiquer aux utilisateurs du procédé.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 20 pages.

***Procédé de Remplissage de COB/FOB par projection
humide d'un mélange à base de terre TERLIAN MUR
CONFORT 4S et 4S+***

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 19 07 2023

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 3221_V1.

Fin du rapport

Frank Kupferlé

Mob +33(0) 674 35 35 59

Email frank.kupferle@c4ci.eu

Terlian®



DOSSIER TECHNIQUE

*ATEx de cas a – TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ – Remplissage de COB/FOB
par projection humide d'un mélange à base de terre*

Etabli par C4Ci pour le compte de :

POINT P SAS
12 place de l'Iris
Tour Saint-Gobain F
92400 COURBEVOIE

CLIENT	POINT P SAS	DATE	08/08/2023
PROJET N°	2096	VERSION	REV3.1

TABLE DES MATIERES

1	Principe.....	4
2	Domaine d'emploi.....	5
3	Caractéristiques des composants.....	6
3.1	MÉLANGE À BASE DE TERRE.....	6
3.1.1	Terre d'excavation.....	6
3.1.2	Liant.....	6
3.1.3	Fibre végétale.....	6
3.1.4	Lattis bois.....	6
3.1.5	Caractéristiques du mélange à base de terre.....	7
3.2	AUTRES COMPOSANTS DE LA PAROI.....	7
3.2.1	Ossature bois.....	7
3.2.2	Voile de contreventement ou panneau de stabilité.....	7
3.2.3	Isolant.....	7
3.2.4	Pare-vapeur.....	8
3.2.5	Contre-cloison intérieure.....	8
3.3	REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS.....	8
3.3.1	Bardage à lame d'air ventilée (avec ou sans ITE).....	8
3.3.2	ITE avec enduit (ETICS).....	8
4	Conception.....	9
4.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX.....	9
4.1.1	Rôle des acteurs.....	9
4.1.2	Formulation.....	9
4.1.3	Configurations de parois.....	9
4.1.4	Principes de conception et de dimensionnement.....	11
4.2	VÉRIFICATIONS SOUS SOLlicitATIONS SISMiques.....	12
4.3	VÉRIFICATIONS EN SITUATION D'INCENDIE.....	12
4.3.1	Réaction au feu.....	12
4.3.2	Résistance au feu.....	12
4.3.3	Propagation du feu par les façades.....	12
4.4	RÉSISTANCE AUX CHOCS.....	12
4.4.1	Résistance aux chocs de sécurité intérieur.....	12
4.4.2	Résistance aux chocs de conservation des performances.....	12
4.5	REVÊTEMENTS EXTÉRIEURS.....	13
4.6	INTÉGRATION DES MENUISERIES EXTÉRIEURES.....	13
4.7	ÉTANCHÉITÉ À L'AIR ET À LA VAPEUR D'EAU.....	13
4.7.1	Cas d'un bardage à lame d'air ventilée.....	13
4.7.2	Cas d'un système d'ITE avec enduit (ETICS).....	13
4.8	ÉTANCHÉITÉ À L'EAU.....	13
5	Mise en œuvre.....	14
5.1	MISE EN ŒUVRE DU MUR À OSSATURE BOIS.....	14
5.2	MISE EN ŒUVRE DES MENUISERIES EXTÉRIEURES.....	14
5.3	AGRÈMENT DE L'ENTREPRISE DE MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDÉ.....	14
5.4	VÉRIFICATIONS PRÉALABLES À LA MISE EN ŒUVRE.....	14
5.4.1	Vérifications du support et des conditions de mise en œuvre.....	14
5.4.2	Vérification des intrants.....	15
5.5	MISE EN ŒUVRE DU PROCÉDÉ TERLIAN MUR CONFORT 4S ET 4S+.....	15
5.5.1	Principe et équipement.....	15
5.5.2	Mise en œuvre du lattis bois.....	16

5.5.3	Protection préalable de l'ossature côté intérieur.....	16
5.5.4	Préparation du mélange.....	16
5.5.5	Projection.....	17
5.6	SÉCHAGE – BON À FERMER.....	17
5.7	MISE EN ŒUVRE DES AUTRES PARTIES D'OUVRAGE.....	18
5.7.1	Revêtement extérieur.....	18
5.7.2	Pare-vapeur et Contre-cloison.....	18
6	Assistance technique.....	18
7	Contrôles.....	19
7.1	CONTRÔLES AVANT LIVRAISON DE LA TERRE SUR SITE.....	19
7.1.1	Validation du site d'excavation.....	19
7.1.2	Validation initiale d'un lot de terre pour son application.....	19
7.1.3	Procédure de prélèvement, stockage et essai de compression.....	19
7.2	CONTRÔLES SUR SITE.....	19
7.2.1	Contrôle de L'humidité de l'ossature bois.....	19
7.2.2	Gâchées de contrôle.....	20
7.2.3	Contrôle de l'humidité du remplissage en terre.....	20
8	Mention des justificatifs.....	20

1 PRINCIPE

TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est un procédé de remplissage partiel par l'intérieur d'éléments de murs à ossature bois porteurs (COB) ou non (FOB) par projection par voie humide réalisée sur site d'un mélange de terre, de liant, de fibres végétales et d'eau, d'épaisseur 6,5 ou 7 cm.

Les murs réalisés avec le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ sont composés (de l'intérieur vers l'extérieur) comme suit :

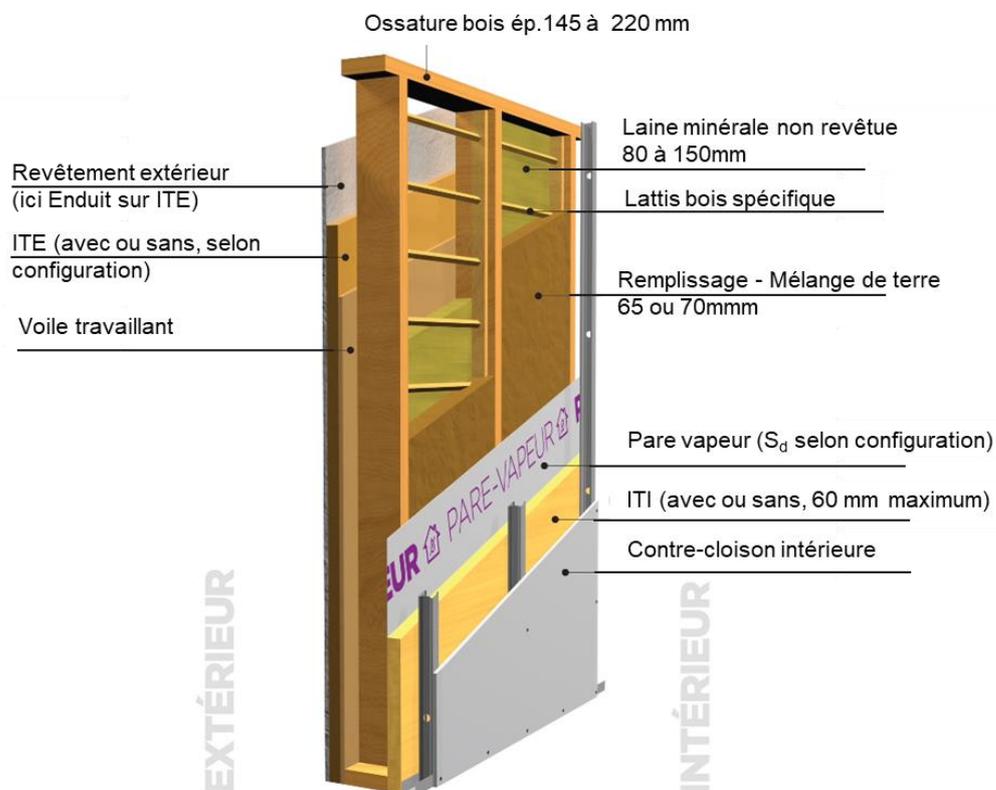
- Contre-cloison en plaques de plâtre (vide technique) isolée ou non conforme au NF DTU 25.41 ;
- Pare-vapeur conforme aux dispositions du §3.2.4 et :
 - CONFORT 4S : pare-vapeur à valeur S_d minimale de 18 m ou 90 m selon configuration de la paroi ;
 - CONFORT 4S+ : pare-vapeur hygrovariable listé au §3.2.4 ;
- Ossature bois avec montants de largeur $d = 145$ à 220 mm et voile de contreventement ou panneau de stabilité côté extérieur uniquement, conformes aux dispositions du §3.2.2 ;
- Remplissage à base de terre projetée d'épaisseur $e_r = 65$ ou 70 mm sur lattis bois spécifique préinstallé entre les montants ;
- Isolant entre montants : laine minérale ou laine de roche d'épaisseur $(d - e_r)$;
- Bardage rapporté à lame d'air ventilée (avec ou sans ITE) ou système d'ITE avec enduit (ETICS) listés au §3.3.

Les configurations de parois admises dépendent du type de revêtement extérieur, de la valeur S_d du voile travaillant, du type de pare-vapeur et de la présence ou non d'ITE. Elles sont décrites au Tableau 1.

Le mélange (au godet malaxeur) ainsi que la projection sont réalisés sur site selon une formulation prédéfinie, exclusivement à partir d'un lot de terre préalablement qualifié par POINT P, avec le liant et les fibres végétales visés.

Le procédé, qui n'a pas de fonction structurale, contribue à la performance thermique de l'ouvrage par son apport inertiel notamment vis-à-vis du confort d'été et sa contribution à la régulation hygrothermique du local.

Figure 1 : Principe de paroi utilisant le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+



(représenté ici avec ETICS à l'extérieur et contre-cloison isolée (ITI))

2 DOMAINE D'EMPLOI

Le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est destiné au remplissage partiel de murs à ossature bois de bâtiments neufs ou en rénovation en France Européenne et en zone de sismicité 1 à 4, pour les bâtiments d'habitation de la 1^{ère} et 2^{ème} famille ainsi que les bâtiments relevant du Code du travail ou Etablissements Recevant du Public dont le plancher haut le plus bas n'excède pas 8 m.

Il peut être mis en œuvre, dans le respect des configurations de parois décrites au Tableau 1, en remplissage partiel de :

- Murs à ossature bois porteurs (COB) relevant du NF DTU 31.2 ;
- Façade à ossature bois non porteuse (FOB) filante appuyée en pied uniquement, relevant du NF DTU 31.4 et n'excédant pas R+1 ;
- Murs à ossature bois avec un seul voile de contreventement (COB) ou panneau de stabilité (FOB) côté extérieur uniquement ;
- Parois recevant un bardage rapporté à lame d'air ventilée (avec ou sans ITE) listés au §3.3, dans le respect des éventuelles limitations plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi.
- Parois recevant un système d'ITE avec enduit (ETICS) listés au §3.3, dans le respect des éventuelles limitations plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2.

Seuls sont visés le remplissage par l'intérieur et la réalisation sur site du mélange et de la projection par voie humide.

Seules sont visées les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

Dans le cas de murs à ossature bois porteurs (COB), la hauteur des éléments individuels n'excède pas 3,0 m.

Le domaine d'emploi est limité aux locaux à hygrométrie faible et moyenne classés au plus EB+ Locaux privés tels que définis dans le cahier du CSTB 3567, de mai 2006 « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois et nomenclature des supports pour revêtements muraux intérieurs », ponctuellement rafraîchis.

Le procédé est destiné à la réalisation d'ouvrages correspondant aux conditions des classes de service 1 et 2 au sens de de la norme NF EN 1995-1-1 et des classes d'emploi 1 et 2 au sens de la norme NF EN 335.

Les limitations du domaine d'emploi résultent par ailleurs du respect de la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction (cf. §4.3).

Tableau 1 : Configurations de parois du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+

	CONFORT 4S			CONFORT 4S+		
Revêtement extérieur	Bardage à lame d'air ventilée (cf. §3.3.1)		ETICS (cf. §3.3.2) ⁽¹⁾	Bardage à lame d'air ventilée (cf. §3.3.1)		ETICS (cf. §3.3.2) ⁽¹⁾
ITE	Sans	40 – 100 mm	40 – 100 mm	Sans	40 – 100 mm	40 – 100 mm
Contreventement	Conforme au NF DTU 31.2 P1-2 ou sous AT, DTA ou ATE _x visant cet usage (cf. §3.2.2)					
	$S_d \leq 1,0$ m	$S_d \leq 2,7$ m		$S_d \leq 1,0$ m	$S_d \leq 2,7$ m	
Ossature bois	Conforme au NF DTU 31.2 – largeur 145 / 160 / 180 / 200 / 220 mm					
Isolant	Laine minérale ou laine de roche (cf. §3.2.3) – ép. 80 / 90 / 110 / 130 / 150 mm					
Remplissage	Mélange à base de terre par projection – ép. 65 / 70 / 70 / 70 / 70 mm					
Pare-vapeur (cf. §3.2.4)	$S_d \geq 90$ m	$S_d \geq 18$ m	$S_d \geq 90$ m ⁽²⁾	Membrane hygrovariable ⁽³⁾		
Contre-cloison	Plaque de plâtre sur ossature conforme au NF DTU 25.41 sans ou avec ITI ép. 40 – 60 mm					

(1) Uniquement enduits des systèmes d'ETICS listés au §3.3.2.

(2) Les études de transfert hygrothermique ont montré qu'une valeur S_d minimale de 18 m permet d'écarter les risques de désordres. La valeur retenue ici de manière sécuritaire est celle requise par les Avis Techniques des procédés d'ETICS sur COB et le Cahier 3729_V2 (décembre 2014) à la date de rédaction du présent dossier. En cas d'évolution future de ces exigences, il conviendra de respecter la nouvelle valeur minimale sans que celle-ci puisse être inférieure à 18 m.

(3) Membrane pare-vapeur hygrovariable HYGRO+ de St-Gobain Isover ou INTELLO/INTELLO PLUS de Proclima (cf. §3.2.4)

3 CARACTERISTIQUES DES COMPOSANTS

3.1 Mélange à base de terre

Le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ utilise un mélange de terre, de liant, de fibres végétales et d'eau ainsi qu'un sur lattis bois préinstallé entre les montants d'ossature.

3.1.1 TERRE D'EXCAVATION

Terre est exclusivement issue :

- D'Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) relevant des articles L541-30-1 et R 541-65 et suivants du code de l'environnement, préalablement qualifiés par POINT P, audités, et suivis dans la durée tel que décrit au §7.1.1 ;
- De lots isolés et stockés par l'ISDI, préalablement analysés et qualifiés par POINT P pour l'application visée tel que décrit au §7.1.2 ;

répondant à un cahier des charges spécifique POINT P.

Les principales caractéristiques sont :

- Classe de terre B selon NF P 11-300
- Granulométrie ≤ 6 mm, avec une tolérance maximale de 10% de grains de diamètre $6 < D \leq 8$ mm
- Masse volumique apparente sèche : 1 100 à 1 500 kg/m³

3.1.2 LIANT

Liant minéral hydraulique TERLIAN LT développé par POINT P pour l'application visée, dont les principales caractéristiques sont :
Le liant est conditionné en sacs de 22 kg.

3.1.3 FIBRE VEGETALE

Chènevotte de paille de chanvre calibrée et dépoussiérée issue du défibrage des pailles de chanvre, disposant du label Granulat Chanvre Bâtiment, dont les principales caractéristiques sont :

- Granulométrie représentative (NF EN 12086) : Ø0,5 (2 %) ; Ø1,0 (24 %) ; Ø2,0 (39 %) ; Ø3,15 (32 %) ; Ø6,3 (2,5 %)
- Taux de fibres et poussières ≤ 2 %
- Taux d'humidité ≤ 15 %

La fibre végétale est conditionnée en sacs de 20 kg.

3.1.4 LATTIS BOIS

Lattis bois spécifique au procédé TERLIAN CONFORT 4S et 4S+ développé par POINT P pour le maintien de l'isolant entre montant contre la voile travaillant (ou panneau de stabilité) extérieur et l'aide au maintien du mélange de terre lors de sa projection.

Figure 2 : Lattis bois TERLIAN CONFORT 4S et 4S+



Coupe horizontale (ici avec bardage, ITE et ITI)

Il est composé de :

- 2 montants de hauteur 2,80 m, pourvus de percements, et
- 12 traverses de longueur 300 ou 600 mm, assemblées aux montants du lattis par emboîtement.

Les traverses de longueur standard peuvent être recoupées pour s'adapter à l'espacement réel de l'ossature dans chaque baie. Le lattis est fixé aux montants d'ossature bois par vissage ou clouage des montants du lattis à raison de 3 fixations par côté.

3.1.5 CARACTERISTIQUES DU MELANGE A BASE DE TERRE

Formulation

Le mélange est composé comme suit :

- Terre
- Fibres végétales
- Liant

L'eau de gâchage est ajustée afin d'atteindre une teneur en eau globale de la terre de 28 à 30 %.

La formulation précise est définie tel que décrit au §4.1.2.

Caractéristiques principales

- Résistance à la compression à 28 jrs : 2,5 à 6,5 MPa (procédure cf. §7.1.3 ; plage cible d'approche performancielle)
- Conductivité thermique utile : 0,5 W/m².K (valeur issue des essais augmentée de 15 %)
- Perméabilité à la vapeur d'eau : $\mu = 10$ à 18 $S_d = 0,65$ à 1,25 m (ép. 65 à 70 mm)
- Masse volumique humide : 1 900 – 2 200 kg/m³

Le respect des plages cibles de résistance à la compression et de masse volumique humide permet d'assurer les valeurs de conductivité thermique utile et de perméabilité à la vapeur d'eau indiquées.

Autres caractéristiques

- Porosité : 35 – 40 %
- Chaleur massique : 800 – 900 J.kg⁻¹.K⁻¹

Epaisseur

L'épaisseur nominale du remplissage e_r est de 70 mm, sauf dans le cas d'un montant d'ossature bois de largeur $d = 145$ mm pour lequel l'épaisseur standard d'isolant la plus proche entraîne un remplissage d'épaisseur $e_r = 65$ mm.

3.2 Autres composants de la paroi

3.2.1 OSSATURE BOIS

Ossature bois conforme au NF DTU 31.2 (COB) ou NF DTU 31.4 (FOB) de largeur $d = 145 / 160 / 180 / 200 / 220$ mm.

Les parois de largeur de montant non comprise entre 145 et 200 mm ou de hauteur $> 3,0$ m n'ont pas été évaluées.

Les fixations, ancrages, etc... sont également conformes aux dispositions du NF DTU 31.2 (COB) ou NF DTU 31.4 (FOB).

Seuls sont admis les murs à ossature bois dont le voile de contreventement (ou panneau de stabilité) est positionné côté extérieur et satisfait aux dispositions du §3.2.2 ci-après.

Seules sont admises les ossatures bois (COB ou FOB) réalisées en bois résineux au sens de la NF EN 14081.

3.2.2 VOILE DE CONTREVENTEMENT OU PANNEAU DE STABILITE

Voile de contreventement (COB) ou panneau de stabilité (FOB) :

- Conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 (COB) ou NF DTU 31.4 P1-2 (FOB) ; ou
- Disposant d'un Avis Technique, DTA ou d'une ATE_x de cas a visant l'emploi en tant que voile de contreventement de COB conforme au NF DTU 31.2.

En outre, seuls sont admis les voiles de contreventement ou panneaux de stabilité dont la perméabilité à la vapeur d'eau fait l'objet d'un suivi dans les conditions prévues par le NF DTU 31.2 P1-1 et P1-2 (suivi requis pour l'application de la règle dite du facteur 5) et la valeur S_d n'excède pas 2,7 m (coupelle sèche).

3.2.3 ISOLANT

Isolant semi-rigide non-revêtu en laine de verre (masse volumique minimale : 60 kg/m³) ou laine de roche (masse volumique minimale 70 kg/m³) conforme à la NF EN 13162 et aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2, satisfaisant en outre aux critères suivants :

- Absorption d'eau à long terme par immersion partielle : WL(P)
- Absorption d'eau à court terme par immersion partielle : WS
- Transmission de la vapeur d'eau : MU 1

L'épaisseur de l'isolant ($d - e_r$) est définie en fonction de la largeur d du montant et de l'épaisseur e_r du remplissage (65 ou 70 mm – cf. §3.1.5 et Tableau 1).

Il résulte des largeurs de montant d'ossature visées au §3.2.1 que ($d - e_r$) est compris entre 80 et 150 mm.

3.2.4 PARE-VAPEUR

Le pare-vapeur est choisi selon la configuration de paroi (cf. Tableau 1) en fonction du type de revêtement extérieur, de la valeur S_d du voile de contreventement ou panneau de stabilité (cf. §4.7) et de la présence ou non d'ITE parmi les membranes souples suivantes :

- CONFORT 4S :
 - Membrane pare-vapeur conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 dont la valeur $S_d \geq 18$ m ;
 - Membrane pare-vapeur conforme aux dispositions du NF DTU 31.2 P1-2 dont la valeur $S_d \geq 90$ m ;
- CONFORT 4S+ :
 - Membrane hygrovariable HYGRO + de St-Gobain Isover relevant de l'AT 5.2/22-2722_V1 ;
 - Membrane hygrovariable INTELLO ou INTELLO PLUS de Proclima relevant de l'AT 20/15-340_V2.

3.2.5 CONTRE-CLOISON INTERIEURE

Contre-cloison intérieure conforme au NF DTU 25.41 assurant un vide technique d'épaisseur minimale 40 mm, avec ou sans isolation thermique complémentaire (ITI).

L'épaisseur d'isolant en cas de contre-cloison isolée (ITI) est comprise entre 40 et 60 mm.

Les fixations de l'ossature (bois ou métallique) de la contre-cloison dans le remplissage à base de terre ne sont pas admises.

3.3 Revêtements extérieurs

Seuls sont admis les revêtements extérieurs listés ci-après.

Il convient de respecter les éventuelles limitations du domaine d'emploi du référentiel du revêtement extérieur choisi plus restrictives que celles décrites au §2.

3.3.1 BARDAGE A LAME D'AIR VENTILEE (AVEC OU SANS ITE)

Bardage à lame d'air ventilée avec ou sans isolation thermique extérieure complémentaire (ITE) dont le référentiel (NF DTU, Règles professionnelles, Recommandations professionnelles RAGE ou PACTE, Avis Technique, ...) vise la mise en œuvre sur COB conforme au NF DTU 31.2.

L'épaisseur d'isolant en cas isolation thermique extérieure complémentaire (ITE) n'excède pas 100 mm.

Le coefficient de transmission de vapeur d'eau de l'éventuelle isolation thermique extérieure ne doit pas excéder $\mu \leq 5$.

3.3.2 ITE AVEC ENDUIT (ETICS)

Système d'ITE avec enduit dont l'Avis Technique vise la mise en œuvre sur COB conforme au NF DTU 31.2 et l'isolant est conforme aux dispositions suivantes :

- Epaisseur comprise entre 40 et 100 mm.
- Coefficient de transmission de vapeur d'eau : $\mu \leq 5$

En outre, seuls sont admis les enduits de finition et systèmes d'ETICS listés ci-après :

- Webertherm XM roche COB relevant de l'AT 7/18-1742_V1
- Webertherm XM natura COB relevant de l'AT 7/20-1778_V1
- Webertherm XM FdB COB relevant de l'AT 7/21-1786_V1

4 CONCEPTION

4.1 Principes généraux

De manière générale, le remplissage du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ vient remplacer une partie de l'isolation entre montants de l'ossature bois, dont la conception ne diffère des dispositions du NF DTU 31.2 ou 31.4 que par les dispositions spécifiques décrites dans le présent dossier.

4.1.1 ROLE DES ACTEURS

La conception globale de la paroi et le respect des configurations et choix des matériaux de la paroi réalisée avec le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est réalisée par la Maitrise d'œuvre de l'opération, qui est également en charge du bon à fermer dans les conditions décrites au §5.6.

Le dimensionnement de la structure est réalisé par le bureau d'études en charge de l'analyse globale en tenant compte des dispositions du présent dossier.

Le calcul thermique réglementaire est réalisé par le bureau d'études en charge de la vérification réglementaire.

Le remplissage par projection humide est réalisé exclusivement par une entreprise qualifiée pour la mise en œuvre d'enduit de façade par projection, préalablement formée par POINT P, qui doit également prévoir la réalisation des mesures de l'humidité de l'ossature bois et du remplissage préalables à la mise en œuvre (cf. §5.4.1) et dans le cadre du bon à fermer (cf. §5.6).

La réalisation des composants de la paroi est répartie comme suit, selon le mode de fabrication de l'ossature bois :

Tableau 2 : Répartition de la réalisation des parties de paroi entre les acteurs

	Mode de préfabrication de l'ossature bois	
	Cas 1 : Préfabrication en atelier	Cas 2 : Fabrication sur site
Revêtement extérieur (avec ou sans ITE)	Façadier	
Ossature bois ⁽¹⁾	Charpentier	
Isolant + Lattis TERLIAN	Charpentier	Entreprise en charge du remplissage
Remplissage par projection humide sur site	Entreprise en charge du remplissage	
Pare-vapeur	Entreprise en charge de la contre-cloison intérieure	
Contre-cloison (avec ou sans ITI)		

(1) Ossature, voile de contreventement ou panneau de stabilité, pare-pluie, ancrages, autres éléments structuraux ; hors isolant et pare-vapeur.

L'ensemble de ces acteurs est accompagné par POINT P dans les conditions décrites au §6.

4.1.2 FORMULATION

La formulation du mélange à base de terre est réalisée exclusivement par POINT P au moment de la qualification d'un lot de terre, en tenant compte :

- Des caractéristiques physiques de la terre ;
- Des performances visées (cf. §3.1.5 – Caractéristiques principales) ;
- Du mode de mise œuvre (ici par projection par voir humide).

Cette étape de formulation conduit à la réalisation d'une fiche recette propre à chaque lot de terre, dont les dosages sont renseignés par unités utilisables sur site (sacs ; godet malaxeur) et donc en lecture directe.

La fiche recette comprend en outre, en lecture directe, les informations permettant de définir avec précision la quantité d'eau de gâchage à ajouter en fonction de l'humidité réelle de la terre sur site, afin d'atteindre la teneur en eau globale cible.

Le mode opératoire de préparation du mélange au moyen de cette fiche recette est décrit au §5.5.

4.1.3 CONFIGURATIONS DE PAROIS

Seules sont admises les configurations de parois décrites au Tableau 1, dans le respect des dispositions (notamment dimensionnelles) relatives aux composants décrites au §3.2 et §3.3.

En particulier, il convient de porter une attention particulière aux combinaisons admises en fonction :

- Du type et des caractéristiques du revêtement de façade ;
- De la présence ou non d'une isolation thermique extérieure ;
- De la valeur S_d du voile de contreventement ou panneau de stabilité ;
- Du type de pare-vapeur et de sa valeur S_d minimale.

Ces combinaisons sont décrites au §4.7 ainsi qu'au Tableau 1.

Les Tableau 3 (CONFORT 4S) et Tableau 4 (CONFORT 4S+) ci-après détaillent les configurations de paroi avec une dénomination de référence, en cohérence avec le Tableau 1 :

Tableau 3 : Configurations de parois TERLIAN MUR CONFORT 4S

CONFORT 4S	BV 3	BV 4	BV 5	ETICS 10	ETICS 11
Revêtement extérieur	Bardage à lame d'air ventilée (cf. §3.3.1)			ETICS (cf. §3.3.2) ⁽¹⁾	
ITE	ép. 40 – 100 mm	Sans	Sans	isolant ép. 40 – 100 mm	
Contreventement	Conforme au NF DTU 31.2 P1-2 ou sous AT, DTA ou ATEx visant cet usage (cf. §3.2.2)				
	$S_d \leq 2,7$ m	$S_d \leq 1,0$ m		$S_d \leq 2,7$ m	
Ossature bois	Conforme au NF DTU 31.2 – largeur 145 / 160 / 180 / 200 / 220 mm				
Isolant	Laine minérale ou laine de roche (cf. §3.2.3) – ép. 80 / 90 / 110 / 130 / 150 mm				
Remplissage	Mélange à base de terre par projection – ép. 65 / 70 / 70 / 70 / 70 mm				
Pare-vapeur (cf. §3.2.4)	$S_d \geq 18$ m	$S_d \geq 90$ m		$S_d \geq 90$ m ⁽²⁾	
ITI	ép. 40 – 60 mm	Sans	ép. 40 – 60 mm	ép. 40 – 60 mm	Sans
Contre-cloison	Plaque de plâtre sur ossature conforme au NF DTU 25.41				

Tableau 4 : Configurations de parois TERLIAN MUR CONFORT 4S+

CONFORT 4S+	BV 3+	BV 4+	BV 5+	ETICS 10+	ETICS 11+
Revêtement extérieur	Bardage à lame d'air ventilée (cf. §3.3.1)			ETICS (cf. §3.3.2) ⁽¹⁾	
ITE	ép. 40 – 100 mm	Sans	Sans	isolant ép. 40 – 100 mm	
Contreventement	Conforme au NF DTU 31.2 P1-2 ou sous AT, DTA ou ATEx visant cet usage (cf. §3.2.2)				
	$S_d \leq 2,7$ m	$S_d \leq 1,0$ m		$S_d \leq 2,7$ m	
Ossature bois	Conforme au NF DTU 31.2 – largeur 145 / 160 / 180 / 200 / 220 mm				
Isolant	Laine minérale ou laine de roche (cf. §3.2.3) – ép. 80 / 90 / 110 / 130 / 150 mm				
Remplissage	Mélange à base de terre par projection – ép. 65 / 70 / 70 / 70 / 70 mm				
Pare-vapeur (cf. §3.2.4)	Membrane hygrovariable ⁽³⁾				
ITI	ép. 40 – 60 mm	Sans	ép. 40 – 60 mm	ép. 40 – 60 mm	Sans
Contre-cloison	Plaque de plâtre sur ossature conforme au NF DTU 25.41				

(1) Uniquement enduits des systèmes d'ETICS listés au §3.3.2.

(2) Les études de transfert hygrothermique ont montré qu'une valeur S_d minimale de 18 m permet d'écarter les risques de désordres. La valeur retenue ici de manière sécuritaire est celle requise par les Avis Techniques des procédés d'ETICS sur COB et le Cahier 3729_V2 (décembre 2014) à la date de rédaction du présent dossier. En cas d'évolution future de ces exigences, il conviendra de respecter la nouvelle valeur minimale sans que celle-ci puisse être inférieure à 18 m.

(3) Membrane pare-vapeur hygrovariable HYGRO+ de St-Gobain Isover ou INTELLO/INTELLO PLUS de Proclima (cf. §3.2.4)

Dans le cas de murs à ossature bois porteurs (COB), la hauteur des éléments individuels n'excède pas 3,0 m.

4.1.4 PRINCIPES DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT

Moyennant le respect des configurations de parois (combinaisons de voiles de contreventement et membranes pare-vapeur) décrites au Tableau 1, le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ ne modifie pas les principes de conception du mur à ossature bois selon le NF DTU 31.2, ni ses principes structuraux.

Le remplissage à base de terre n'a pas de fonction structurale, mais il convient de tenir compte dans l'analyse globale du bâtiment (notamment pour la détermination des efforts de contreventement, de basculement et de cisaillement) de :

- La masse additionnelle apportée par le remplissage ;
- L'apport de raideur du remplissage (pouvant aller jusqu'à 25 %).

Prise en compte de l'apport de raideur dans l'analyse globale

La raideur de base de la COB (sans prise en compte du remplissage) peut être déterminée selon la méthode du Guide AQCEN – Ossature bois.

Il convient dans le cas général, afin de déterminer les efforts de contreventement, de basculement (dimensionnement des ancrages) et de cisaillement décisifs puis de procéder aux vérifications, de réaliser deux analyses globales (ne nécessitant qu'une seule modélisation) :

- L'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) utilisant la raideur de base de la COB pour les murs concernés ; puis
- L'analyse après affectation de la raideur de base de la COB augmentée de 25% aux murs destinés à recevoir un remplissage.

Alternativement, il est possible de procéder de manière simplifiée, en réalisant uniquement l'analyse de base (négligeant l'apport de raideur du remplissage) et en majorant les efforts et minorant déplacements ainsi obtenus de 25% (ou en se limitant lors des vérifications à un taux de travail maximum de 80%). Cette approche simplifiée n'est admise que pour les bâtiments satisfaisant à toutes les dispositions suivantes :

- Bâtiments réguliers en plan et en élévation au sens de la NF EN 1998-1+A1 et son Annexe Nationale.
- Bâtiments approximativement symétriques en plan en ce qui concerne la répartition des masses et des sections de contreventement, au moins dans la grande direction.
- La hauteur de plancher à plancher (hauteur de niveau) ne doit pas dépasser 3,4 m.
- L'ensemble des voiles de contreventement périphériques du bâtiment doit être réalisé en ossature bois selon les mêmes dispositions constructives, avec ou sans remplissage TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+.
- En cas de présence d'un mur de refend, celui-ci doit être positionné au milieu des deux façades, un décalage de $\pm 25\%$ étant admis (NF DTU 31.2, §D.1.2 et Figure D.1).
- Les conditions suivantes du Guide CP-MI EC8 Zone 3-4 (août 2021) sont toutes respectées :
 - Conditions sur les planchers (et trémies) du §1.8 du Guide CP-MI.
 - Conditions de limitations de l'élanement (critère 1) du §2.3.1 du Guide CP-MI, en limitant en outre la distance entre deux voiles de contreventement parallèles à 10 m (NF DTU 31.2, §D.1.4 et Figure D.4).
 - Conditions de compacité (critère 2), d'implantation des voiles de contreventement (critère 3) et d'effort normal sur les éléments secondaires (critère 6) du §2.3.1 du Guide CP-MI.
 - Conditions de position des voiles de contreventement par rapport au périmètre du bâtiment (critère 4) du §2.3.1 du Guide CP-MI, précisées de la Figure D.7 du NF DTU 31.2.
 - Conditions de limitation de l'effet de torsion (critère 5) du §2.3.1 du Guide CP-MI, en restreignant en outre la plage admise du rapport des longueurs cumulées entre 0,5 et 2,0 (NF DTU 31.2, §D.1.2).
 - Conditions sur la configuration en élévation (écart entre les surfaces des planchers ; continuité des éléments de contreventement du sommet à la fondation) du §2.3.2 du Guide CP-MI.

Vérification de la résistance au contreventement

La résistance au contreventement (vent, séisme) est assurée par la seule COB, et vérifiée selon la méthode A du § 9.2.4 de la NF EN 1995-1-1 et son Annexe Nationale, en négligeant de manière sécuritaire l'apport de résistance du remplissage.

4.2 Vérifications sous sollicitations sismiques

Le principe de dimensionnement d'un mur à fonction de contreventement avec remplissage TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ sous sollicitations sismiques s'apparente en tout point à celui d'un mur à ossature bois traditionnel conforme au NF DTU 31.2, en tenant compte des dispositions ci-après.

La justification doit être menée en suivant le principe de comportement de structure faiblement dissipatif (DCL) ou moyennement dissipatif (DCM) conformément à la norme NF EN 1998-1-1 (cf. § 8.1.3 et § 8.6 (2)P), avec un coefficient de comportement qu'il convient de limiter à $q = 2,0$.

Les principes de conception et de dimensionnement décrits au §4.1.4, en particulier la prise en compte de l'apport de raideur dans l'analyse globale, doivent être respectés.

Compte tenu de la masse rapportée dans l'ossature, il convient en outre de procéder systématiquement à la vérification hors plan.

4.3 Vérifications en situation d'incendie

4.3.1 REACTION AU FEU

On rappelle que le remplissage n'a pas vocation à rester apparent.

4.3.2 RESISTANCE AU FEU

L'appréciation de laboratoire EFR-23-000531 (Efectis) décrit des solutions d'écran thermique du côté intérieur du mur à ossature bois à même de satisfaire à cette disposition.

L'essai de réaction au feu n°EFR-22-002829 réalisé conformément à la norme NF P 92-501, a montré que le remplissage en terre d'excavation peut être considéré comme n'ayant pas d'influence défavorable sur les performances de résistance au feu de l'ensemble comparativement à un isolant minéral classique.

4.3.3 PROPAGATION DU FEU PAR LES FAÇADES

Lorsque la réglementation en vigueur applicable aux bâtiments, notamment vis-à-vis du Règlement de Sécurité pour la Construction formule des exigences relatives au risque de propagation du feu par les façades, les parois verticales à ossature bois (porteuses ou non porteuses) du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ doivent satisfaire aux dispositions du Guide Bois construction et propagation du feu par les façades (V3.1 du 07/12/2020).

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur :

- Le remplissage à base de terre étant positionné côté intérieur et séparé de l'écran thermique par le voile de contreventement et l'isolant entre montants, et compte-tenu de l'absence d'influence défavorable du remplissage sur les performances de résistance au feu de l'ensemble comparativement à un isolant minéral classique, les solutions d'écran thermique conformes au Guide Bois construction et propagation du feu par les façades (V3.1 du 07/12/2020) sont applicables.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur :

- L'appréciation de laboratoire EFR-23-000531 (Efectis) décrit des solutions d'écran thermique du côté intérieur du mur à ossature bois à même de satisfaire à l'exigence REI_{t, >0} 30.

4.4 Résistance aux chocs

4.4.1 RESISTANCE AUX CHOCS DE SECURITE INTERIEUR

Le mur à ossature bois avec procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ (avec ou sans contre-cloison intérieure) permet de répondre aux exigences en matière de résistance aux chocs de sécurité telles que définies dans la NF P 08-302, sans endommagement du voile de contreventement extérieur.

En phase provisoire, lorsque le remplissage n'a pas encore été mis en œuvre, il convient en outre de protéger la paroi par le biais de garde-corps provisoires de chantier, ou par tout dispositif à même de prévenir le risque de chute.

4.4.2 RESISTANCE AUX CHOCS DE CONSERVATION DES PERFORMANCES

La résistance aux chocs de conservation des performances de la paroi finie est assurée :

- Côté extérieur par le revêtement extérieur de la paroi ;
- Côté intérieur par la contre-cloison, par exemple par application des solutions conformes aux NF DTU 25.41 pour l'usage considéré.

4.5 Revêtements extérieurs

Seuls sont admis les revêtements extérieurs listés au §3.3, en veillant au respect des compositions de parois (notamment pour le choix du pare-vapeur adapté) décrites au Tableau 1.

Il convient également de respecter les éventuelles limitations du domaine d'emploi plus restrictives du référentiel du revêtement extérieur choisi, sans excéder R+2 dans le cas d'un ETICS.

4.6 Intégration des menuiseries extérieures

Le remplissage TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ est réalisé côté intérieur et entre montants d'ossature bois et n'a donc pas d'interface avec les menuiseries extérieures qui sont mises en œuvre conformément aux dispositions des NF DTU 36.5, 31.2 et 31.4.

La fixation des menuiseries dans le remplissage à base de terre n'est pas admise.

4.7 Etanchéité à l'air et à la vapeur d'eau

De manière générale, les dispositions relatives à l'étanchéité à l'air des parois à ossature bois conformes aux NF DTU 31.2 et 31.4 s'appliquent aux parois comportant un remplissage TERLIAN MUR CONFORT 4S ET 4S+, dans le respect des dispositions suivantes, selon le type de revêtement extérieur. La continuité du plan d'étanchéité à l'air doit être garantie en considérant les mouvements éventuels des ossatures de COB ou FOB.

Il convient de se référer au §4.1.3 et aux compositions de parois décrites au Tableau 1.

4.7.1 CAS D'UN BARDAGE A LAME D'AIR VENTILEE

En présence d'un bardage à lame d'air ventilé conforme aux dispositions du §3.3.1, une membrane pare-vapeur souple conforme au §3.2.4 doit systématiquement être mise en œuvre conformément aux dispositions des NF DTU 31.2 et 31.4.

Il convient de choisir le type de membrane conformément aux principes décrits au Tableau 1, repris de manière détaillée aux Tableau 3 (CONFORT 4S) et Tableau 4 (CONFORT 4S+).

On rappelle que le choix d'une paroi TERLIAN MUR CONFORT 4S+ à membrane hygrovariable dépend de la combinaison :

- De la présence ou non d'une isolation thermique extérieure ; et
- De la valeur S_d du voile de contreventement ou panneau de stabilité.

4.7.2 CAS D'UN SYSTEME D'ITE AVEC ENDUIT (ETICS)

En présence d'un système d'ITE avec enduit conforme aux dispositions du §3.3.2, une membrane pare-vapeur souple conforme au §3.2.4 conformément aux dispositions des NF DTU 31.2 et 31.4 et du Cahier 3729_V2.

Il convient de choisir le type de membrane conformément aux principes décrits au Tableau 1, repris de manière détaillée aux Tableau 3 (CONFORT 4S) et Tableau 4 (CONFORT 4S+).

On rappelle que le choix d'une paroi TERLIAN MUR CONFORT 4S, la valeur minimale du S_d de la membrane pare-vapeur est celle requise par les Avis Techniques des procédés d'ETICS sur COB et le Cahier 3729_V2 (décembre 2014) à la date de rédaction du présent dossier. En cas d'évolution future de ces exigences, il conviendra de respecter la nouvelle valeur minimale sans que celle-ci puisse être inférieure à 18 m

On rappelle que le choix d'une paroi TERLIAN MUR CONFORT 4S+ à membrane hygrovariable nécessite le respect des deux conditions cumulées suivantes :

- L'utilisation d'un enduit adapté listé au §3.3.2 et conforme aux caractéristiques complémentaires ainsi décrites, et
- L'utilisation d'un voile de contreventement (ou panneau de stabilité) conforme au §3.2.2 et donc la valeur $S_d \leq 1,0$ m.

4.8 Etanchéité à l'eau

Le remplissage à base de terre étant positionné du côté intérieur ne joue aucun rôle dans l'étanchéité à l'eau de la paroi qui est assurée conformément aux dispositions du NF DTU 31.2 et 31.4 et du référentiel du revêtement extérieur choisi.

5 MISE EN ŒUVRE

5.1 Mise en œuvre du mur à ossature bois

La mise en œuvre du mur à ossature bois est réalisée conformément au NF DTU 31.2 ou 31.4 par l'entreprise titulaire du lot concerné, en veillant au respect des dispositions suivantes :

- L'utilisation pour la fabrication du mur de bois d'ossature dont l'humidité n'excède pas 15% est recommandée. Conformément au NF DTU 31.2 elle ne doit en aucun cas excéder 18%.
- Le risque lié à une montée incontrôlée de l'humidité en phase chantier doit être pris en compte. Il convient à cet effet de respecter les dispositions du guide « Construction Bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (avril 2020) édité par le CODIFAB, qui doivent être maintenues *a minima* jusqu'au bon à fermer décrit au §5.6.
- En particulier, le mur à ossature bois devra être pourvu d'un pare-pluie, qu'il soit définitif (p.ex. dans le cas d'un bardage à lame d'air ventilée) ou provisoire (p.ex. dans le cas d'un ETICS).
- La mise en œuvre du pare-vapeur ne doit être réalisée qu'après le bon à fermer décrit au §5.6.

5.2 Mise en œuvre des menuiseries extérieures

Les menuiseries extérieures sont mises en œuvre dans le mur à ossature bois conformément aux dispositions des NF DTU 36.5, 31.2 et 31.4, en veillant aux dispositions suivantes :

- La fixation des menuiseries dans le remplissage à base de terre n'est pas admise.
- La mise en œuvre des menuiseries extérieures après le bon à fermer décrit au §5.6 est à privilégier. Dans le cas contraire, elles devront être maintenues ouvertes pendant la durée de séchage décrite au §5.6 et jusqu'au bon à fermer, afin d'assurer une ventilation naturelle du volume intérieur.

5.3 Agrément de l'entreprise de mise en œuvre du procédé

Le remplissage par projection humide est réalisé exclusivement par une entreprise qualifiée pour la mise en œuvre d'enduit de façade par projection, préalablement formée par POINT P.

Cet agrément est soumis :

- Au suivi d'une formation qualifiante de 2 jours (QUALIOPI) préalable à l'agrément de l'entreprise de mise en œuvre et matérialisée par l'attestation de formation, à l'issue de laquelle sont remis à l'entreprise les outils de contrôle du mélange et de la mise en œuvre (contenant spécifique, balance, PAQ chantier, protocoles de prélèvements et vérifications, fiches d'auto-contrôle).
- A l'accompagnement obligatoire lors de la première journée du premier chantier.

5.4 Vérifications préalables à la mise en œuvre

Les vérifications suivantes sont à réaliser par l'entreprise en charge de la mise en œuvre du remplissage par projection avant le début de ses travaux.

5.4.1 VÉRIFICATIONS DU SUPPORT ET DES CONDITIONS DE MISE EN ŒUVRE

Conditions de mise en œuvre

- Le bâtiment doit être hors d'eau (à l'exception de la pose des menuiseries – cf. infra) et les dispositions de protection contre une augmentation incontrôlée de l'humidité (notamment le pare-pluie – cf. §5.1) doivent être en place et maintenues.
- La mise en œuvre du remplissage avant la pose des menuiseries extérieures est à privilégier. Dans le cas contraire, elles devront être maintenues ouvertes pendant la durée de séchage décrite au §5.6 et jusqu'au bon à fermer, afin d'assurer une ventilation naturelle du volume intérieur.
- La température de mise en œuvre admise se situe entre 5° et 30° C.

Support

- Vérification de la présence (ou pose) préalable de l'isolant entre montant et du lattis bois
- Vérification de la conformité du type d'isolant à la configuration prévue
- Vérification de l'épaisseur nominale disponible pour la projection : 65 mm minimum

- Vérification préalable de l'humidité des bois d'ossature (selon le protocole décrit au §7.2.1) qui ne pourra excéder 18% au moment de la projection du mélange à base de terre.

5.4.2 VERIFICATION DES INTRANTS

- Vérification de la disponibilité de la fiche recette.
- Vérification (sur Bon de livraison) :
 - De l'origine de la terre et de la conformité du lot avec la fiche recette prévue pour le chantier ;
 - Du type et du conditionnement du liant minéral ;
 - Du type et du conditionnement de la fibre végétale.

Les contrôles réalisés au moment de la première gâchée (et des gâchées de contrôle suivantes) sont décrits au §5.5.4 et au §7.2.2.

5.5 Mise en œuvre du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S ET 4S+

5.5.1 PRINCIPE ET EQUIPEMENT

La mise en œuvre s'effectue sur site s'apparente à la mise en œuvre d'enduits de façade par projection humide, en deux passes.

Equipement de projection

La mise en œuvre est réalisée avec une machine de projection identique à celle utilisée pour les enduits de façade, moyennant l'utilisation d'une jaquette et d'une buse adaptées indiquées par POINT P au moment de la formation préalable.

Les outils de réglage et lissage sont identiques à ceux utilisés pour les enduits de façade.

Equipement pour la fabrication du mélange

- Godet Malaxeur avec jauge volumétrique (et clapet de purge en partie inférieure) pour la réalisation du mélange (cas général) ou utilisation du malaxeur de la pompe (cas particulier de petits volumes à réaliser).
- Compteur d'eau programmable et rampe d'alimentation pour permettre le réglage fin de l'eau de gâchage (Figure 3).
- Balance électronique 5 kg avec précision d'1,0 g pour la vérification de la masse volumique (cf. §7.2.2).
- Contenant spécifique pour la mesure masse volumique de la terre (cf. §7.2.2).
- Contenants de 20 litres pour le dosage de la fibre végétale selon la fiche recette.
- Eprouvettes 11/22 pour la mesure de masse volumique du mélange (cf. §7.2.2) et le prélèvement d'éprouvettes pour les essais de résistance mécanique (cf. §7.2.2).

Figure 3 : Godet malaxeur, rampe d'alimentation en eau et compteur programmable



Programmeur compteur
alimentation en eau à l'intérieur
de la cabine

Rampe alimentation en eau fixée
sur la grille du godet malaxeur et
alimentée par le programmeur

5.5.2 MISE EN ŒUVRE DU LATTIS BOIS

La mise en œuvre du lattis bois est réalisée après la pose de l'isolant entre montants, dans chaque baie (espace entre deux montants d'ossature bois adjacents) comme suit :

- Tracé du repère vertical du lattis sur la face interne (largeur) des montants d'ossature bois à 20 mm de leur face vue (15 mm pour une ossature de largeur 145 mm).
- Mesure de l'espacement effectif entre montants.
- Si nécessaire, ajustement (découpe) des traverses du lattis à l'espacement entre montants.
- Assemblage par emboîtement des traverses dans les montants du lattis.
- Présentation de l'ensemble entre montants d'ossature bois et positionnement sur le repère vertical.
- Fixation par vissage ou clouage à raison de 3 fixations équiréparties par côté (6 fixations par élément).

5.5.3 PROTECTION PREALABLE DE L'OSSATURE COTE INTERIEUR

Il est recommandé de protéger la face vue (épaisseur qui reste visible après projection) des montants et traverses d'ossature bois par un adhésif de masquage temporaire, afin de limiter la reprise d'humidité et le ralentissement du séchage engendrés par la présence de mélange sur ces surfaces. L'adhésif pourra être retiré immédiatement après la fin de la 2^{ème} passe de projection (après lissage).

Si les montants ne sont pas préalablement protégés, il est impératif de procéder au nettoyage et grattage du mélange à l'avancement de la projection, sans attendre son durcissement.

5.5.4 PREPARATION DU MELANGE

Formulation – Recette

La fiche recette POINT P correspondant au lot de terre permet de définir, par lecture directe, et en fonction du volume visé :

- Le nombre (nécessairement entier) de sacs de liant par gâchée ;
- Le volume de terre correspondant à ce nombre de sacs de liant ;
- Le dosage de fibres végétales correspondant à ce nombre de sacs de liant ;
- La quantité d'eau de gâchage en fonction de l'humidité de la terre préalablement déterminée (cf. gâchée de contrôle)

Les moyens de maîtrise des volumes sont décrits ci-après.

Gâchée de contrôle

La gâchée de contrôle permet de vérifier la granulométrie, de mesurer la masse volumique et donc l'humidité réelle de la terre, de définir la quantité d'eau de gâchage et de vérifier la conformité du mélange avant projection.

On réalise systématiquement une gâchée de contrôle pour la 1^{ère} gâchée de chaque journée de projection, puis à trois reprises à intervalle régulier au cours de la journée de projection, selon la procédure décrite au §7.2.2.

Préparation de la gâchée

On prépare chaque gâchée comme suit :

- Incorporation de la terre jusqu'à la jauge (vidange du surplus éventuel par la trappe du godet) ;
- Vérifications et mesures décrites au §7.2.2 s'il s'agit d'une gâchée de contrôle ;
- Incorporation de 80% du volume d'eau de gâchage ;
- Incorporation des fibres végétales ;
- Incorporation du liant et de 10% de l'eau de gâchage ;
- Réglage de l'onctuosité du mélange avec les 10% d'eau de gâchage restants ;
- Contrôles et prélèvements finaux décrits au §7.2.2 s'il s'agit d'une gâchée de contrôle.

Il convient de respecter un temps de malaxage de 5 min entre chacune de ces étapes.

Les moyens de maîtrise des volumes sont décrits ci-après.

Maîtrise des volumes

Dans le cas général de réalisation du mélange au godet malaxeur, le volume de terre est maîtrisé par la mise en place d'une jauge dans le godet malaxeur au moment de la 1^{ère} gâchée de contrôle :

- Le premier remplissage est réalisé au seau de 10 litres, ce qui permet d'ajuster le volume de terre pour correspondre à un nombre entier de sacs de liant et de s'adapter au volume du godet, et de positionner la jauge.
- Les remplissages suivants sont réalisés par chargement direct du godet et vérification visuelle du niveau, ajusté le cas échéant au moyen de la trappe de vidange hydraulique.

Dans le cas particulier (petits volumes à réaliser) de réalisation du mélange dans le malaxeur de la pompe, la terre est systématiquement dosée au seau de 10 litres.

Le volume de fibres végétales est maîtrisé par l'utilisation du contenant gradué de 20 litres.

Le volume d'eau de gâchage est maîtrisé par l'utilisation du compteur d'eau programmable permettant un ajustement au litre près.

5.5.5 PROJECTION

La projection est réalisée par l'intérieur (de manière similaire à celle d'un enduit de façade), frais sur frais, en deux passes :

- La première passe vise une épaisseur correspondant au volume entre l'isolant et le lattis bois ;
- Il convient de respecter un temps de prise de 3 à 18 heures entre les deux passes, selon les conditions de température et d'humidité environnantes, selon le principe de mise en œuvre d'un enduit de façade mis en œuvre frais sur frais ;
- La seconde passe vise à terminer le remplissage et se termine par le lissage de la surface vue.

Dans le cas où les montants n'ont pas été préalablement protégés par un adhésif de masquage (cf. §5.5.3), il est impératif de procéder au nettoyage et grattage du mélange à l'avancement de la projection, sans attendre son durcissement.

5.6 Séchage – Bon à fermer

Dispositions générales

La poursuite des travaux sur les parois ayant reçu un remplissage à base de terre est impérativement subordonnée au suivi du séchage et au bon à fermer desdites parois délivré dans les conditions décrites ci-après. Ceci concerne aussi bien :

- Côté intérieur : la mise en œuvre du pare-vapeur puis de la contre-cloison ;
- Côté extérieur : la mise en œuvre de l'isolation thermique extérieure éventuelle et du revêtement de façade en général.

On entend dans ce qui suit par « fin du séchage » la délivrance du bon à fermer et par « durée de séchage » la durée entre la réalisation de la projection du remplissage et la délivrance du bon à fermer.

Afin de permettre le séchage du remplissage mais aussi de l'ossature bois dont l'humidité peut augmenter durant les premiers jours suivant la projection, il convient :

- De respecter et maintenir *a minima* pendant la durée de séchage les dispositions du guide « Construction Bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (avril 2020) édité par le CODIFAB (cf. §5.1).
- De prendre toute disposition facilitant le séchage, en assurant *a minima* la ventilation naturelle du volume intérieur. A ce titre on privilégiera la mise en œuvre des menuiseries extérieures après la fin du séchage ; dans le cas contraire, elles devront être maintenues ouvertes pendant la durée de séchage.
- De ne mettre en œuvre en aucun cas le pare-vapeur avant la fin du séchage.

Bon à fermer

L'entreprise en charge du remplissage a également la charge de la réalisation des mesures de l'humidité de l'ossature bois et du remplissage dans les conditions décrites ci-après.

Il convient de prévoir une campagne de mesures hebdomadaire à compter de la mise en œuvre du remplissage et pendant la durée de séchage (soit en général 3 campagnes de mesures pour 21 jours de séchage).

La Maîtrise d'œuvre de l'opération est en charge du suivi et de la bonne réalisation des campagnes de mesure de l'humidité du remplissage et de l'ossature bois et de la délivrance du bon à fermer dans les conditions cumulatives suivantes :

- L'humidité des bois d'ossature (vérifiée selon le protocole décrit au §7.2.1) ne doit pas excéder 18%,
et
- L'humidité du remplissage en terre (mesurée selon le protocole décrit au §7.2.3) ne doit pas excéder 20%.

Si les deux conditions ne sont pas remplies, la période de séchage doit être prolongée. La mise en œuvre de dispositifs permettant d'accélérer le séchage de manière assistée est permise.

Durée de séchage

De manière générale, il convient de prévoir et respecter un délai de séchage minimal de 21 jours.

Ce délai peut s'avérer être :

- Inférieur à 21 jours dans le cas particulier où des dispositifs permettant d'accélérer le séchage (assisté) ont été mis en place et les deux critères du bon à fermer ont été satisfaits ;
- Supérieur à 21 jours si les deux critères de délivrance du bon à fermer n'ont pas été satisfaits, indépendamment des conditions de séchage (naturel ou assisté).

5.7 Mise en œuvre des autres parties d'ouvrage

5.7.1 REVETEMENT EXTERIEUR

La présence du remplissage à base de terre ne modifie pas les dispositions de mise en œuvre sur COB des revêtements extérieurs listés au §3.3, qui est réalisée conformément à leurs référentiels respectifs.

5.7.2 PARE-VAPEUR ET CONTRE-CLOISON

La présence du remplissage à base de terre ne modifie pas les dispositions de mise en œuvre sur COB du pare-vapeur décrit au §3.2.4 ou de la contre-cloison décrite au §3.2.5, qui est réalisée conformément à leurs référentiels respectifs.

Les fixations de l'ossature (bois ou métallique) de la contre-cloison dans le remplissage à base de terre ne sont pas admises.

6 ASSISTANCE TECHNIQUE

Outre la qualification et le suivi des ISDI, POINT P accompagne les projets visant à l'utilisation du procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ et fournit une assistance technique dans les conditions suivantes.

Concepteurs

POINT P fournit une assistance dès la phase de conception aux maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et concepteurs souhaitant mettre en œuvre le procédé.

Entreprises de mise en œuvre

POINT P dispense une formation qualifiante de 2 jours et un accompagnement à la première journée du premier chantier obligatoires à toute entreprise de mise en œuvre dans le cadre de leur agrément (cf. §5.3).

POINT P fournit une assistance technique sur demande pour les chantiers suivants.

Suivi durant la période d'expérimentation

Après l'accompagnement obligatoire des entreprises qualifiées à la première journée du premier chantier, POINT P réalise 6 mois plus tard une visite de suivi dans les conditions suivantes :

- Vérification du respect des dispositions de mise en œuvre et de contrôle en cours de mise en œuvre du présent dossier.
- Prélèvement et collecte de 3 éprouvettes 11/22 pour réalisation d'essais de compression à 28 jours par le laboratoire national POINT P.
- Consignation des observations dans une fiche d'audit et enregistrement dans la base de données INVEN'TERRE.
- Selon les résultats de cet audit, une nouvelle visite de suivi sera prévue 6 mois ou 1 an plus tard.

En outre, dans le cadre du suivi des sites d'excavation par POINT P, des prélèvements semestriels seront réalisés à l'occasion des visites de suivi, pour permettre la réalisation par les laboratoires du Centre de Recherche Saint-Gobain de mesures de la conductivité thermique, de la perméabilité à la vapeur d'eau et de la variation dimensionnelle. Les visites de suivi concernées seront choisies afin de s'assurer de disposer d'un prélèvement pour chaque site d'excavation.

A l'issue de la période d'expérimentation, la fréquence de suivi sera annuelle.

7 CONTROLES

L'ensemble des contrôles, documents de préqualification, documents de suivi est enregistré dans une base documentaire centralisée INVEN'TERRE établie à cet effet par POINT P, pour une conservation pendant 10 ans.

Le procédé fait en outre l'objet d'un suivi par le CSTB.

7.1 Contrôles avant livraison de la terre sur site

7.1.1 VALIDATION DU SITE D'EXCAVATION

POINT P réalise un audit de préqualification de tout ISDI envisagé pour la livraison de lots de terre destinés au procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S ET 4S+, selon la procédure décrite dans le PAQ Site afin de vérifier la satisfaction au cahier des charges spécifique POINT P.

Le site est ensuite audité annuellement par POINT P.

7.1.2 VALIDATION INITIALE D'UN LOT DE TERRE POUR SON APPLICATION

POINT P procède à la validation initiale de chaque lot de terre destiné au procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S ET 4S+, selon la procédure décrite dans le PAQ Lot de terre, afin de vérifier son aptitude à atteindre les caractéristiques listées au §3.1.5 et de définir les caractéristiques à suivre par l'ISDI dans le cadre de son propre PAQ.

L'ISDI réalise un suivi des caractéristiques convenues, audité par POINT P lors des audits de site.

7.1.3 PROCEDURE DE PRELEVEMENT, STOCKAGE ET ESSAI DE COMPRESSION

Le prélèvement du mélange en éprouvettes 11/22 est réalisé sur chantier en sortie de buse de projection selon la procédure décrite au PAQ Chantier.

Les éprouvettes sont stockées non démoulées, couvertes et à l'abri en attendant leur envoi au laboratoire POINT P.

L'expédition des éprouvettes est organisée pour s'assurer d'un départ après au moins 24 h de stockage et d'une arrivée au laboratoire au plus tard le 6^{ème} jour.

7.2 Contrôles sur site

Outre les vérifications préalables des intrants décrites au §5.4.2, les contrôles et mesures réalisées sur site sont décrits ci-après.

Dans ce qui suit, on entend par « pan de mur » un élément de COB plein sans ouverture (une façade avec 2 ouvertures aura donc 3 pans de mur entre celles-ci). On entend par « panneau » de remplissage la zone comprise entre deux montants d'ossature.

7.2.1 CONTROLE DE L'HUMIDITE DE L'OSSATURE BOIS

Le contrôle de l'humidité des bois d'ossature est réalisé avant projection (vérification préalable à la mise en œuvre du remplissage – cf. §5.4.1) et pour le suivi du séchage et la délivrance du bon à fermer (cf. §5.6) :

- Au moyen d'un humidimètre à pointes selon les dispositions du guide « Construction Bois et gestion de l'humidité en phase chantier » (avril 2020) édité par le CODIFAB.
- A raison de :
 - une mesure à mi-hauteur de montant tous les 3 montants (au minimum 2 mesures par pan de mur)
 - deux mesures à mi-épaisseur de la traverse basse par pan de mur.

De manière générale, l'humidité obtenue pour chaque mesure individuelle ne doit pas excéder 18%.

- Si plus d'une mesure par pan de mur excède 18%, la durée de séchage de ce pan de mur doit être prolongée.
- Si dans un pan de mur une mesure isolée d'un montant dépasse 18% (sans excéder 20%) on réalise (les deux conditions doivent être satisfaites) :
 - Deux mesures complémentaires sur le même montant à 50 cm au-dessus et à 50 cm en-dessous de la mesure initiale, la valeur moyenne des 3 mesures de ce montant doit alors être $\leq 18\%$;et
 - Deux mesures complémentaires à mi-hauteur sur les deux montants adjacents de part et d'autre, chaque valeur individuelle devant être $\leq 18\%$.

Si les conditions ci-dessus ne sont pas satisfaites, la durée de séchage de ce pan de mur doit être prolongée.

7.2.2 GACHEES DE CONTROLE

On réalise systématiquement une gâchée de contrôle pour la 1^{ère} gâchée de chaque journée de projection, puis à trois reprises à intervalle régulier au cours de la journée de projection, selon la procédure décrite au PAQ Chantier.

Le protocole de conservation des éprouvettes destinées aux essais de résistance à la compression, sur chantier comme au laboratoire, ainsi que la réalisation de ces essais sont décrits au §7.1.3.

7.2.3 CONTROLE DE L'HUMIDITE DU REMPLISSAGE EN TERRE

Le contrôle de l'humidité du remplissage en terre durci est réalisé pour le suivi du séchage et la délivrance du bon à fermer (cf. §5.6) :

- Au moyen d'une bombe à carbure (telle que celle décrite à l'Annexe B du NF DTU 53.12 P1-1-1) : la teneur en eau du prélèvement de 10g est obtenue à partir de la pression mesurée et du tableau de conversion du PAQ Chantier (résultat d'une étude de calibration).
- A raison d'un prélèvement à mi-hauteur de mur tous les 3 panneaux de remplissage (au minimum 2 mesures par pan de mur).

De manière générale, l'humidité obtenue pour chaque mesure individuelle ne doit pas excéder 20%.

- Si plus d'une mesure par pan de mur excède 20%, la durée de séchage de ce pan de mur doit être prolongée.
 - Si dans un pan de mur une mesure isolée d'un panneau dépasse 20% (sans excéder 23%) on réalise (les deux conditions doivent être satisfaites) :
 - Deux mesures complémentaires sur le même panneau à 50 cm au-dessus et à 50 cm en-dessous de la mesure initiale, la valeur moyenne des 3 mesures de ce panneau doit alors être $\leq 20\%$;
- et
- Deux mesures complémentaires à mi-hauteur sur les deux panneaux adjacents de part et d'autre, chaque valeur individuelle devant être $\leq 20\%$.

Si les conditions ci-dessus ne sont pas satisfaites, la durée de séchage de ce pan de mur doit être prolongée.

8 MENTION DES JUSTIFICATIFS

Le procédé TERLIAN MUR CONFORT 4S et 4S+ a fait l'objet de plusieurs études expérimentales, complétées de rapports d'interprétation. On mentionne ci-après les éléments principaux.

- Rapport d'essais (caractéristiques du mélange) :
 - Résistance à la compression : nombreux rapports internes et mesures lors des campagnes d'essais ci-après
 - Valeur Sd : RE0223FB-002 à 024, RE1122-FB004 et RE1222FB-004 (Codem)
 - Conductivité thermique : RE0123FB-004/006/008, RE0223FB-005 à 008 et RE0323FB-006 à 009 (Codem)
 - Variation dimensionnelle : RE0323FB-003 à 005 et 014 (Codem)
 - Temps de prise : RE0323FB-025 (Codem)
 - Porosité : RE0323BL-002 (Codem)
 - Chaleur massique : RE0323FB-002 (Codem)
 - Sorption/désorption : RE0523FB-007 (Codem)
- Rapports d'essais (comportement mécanique) :
 - Raideur COB statique : BMA6-M-4031 (Ginger)
 - Raideur COB cyclique : EEM 21-08938 (CSTB)
 - Chocs intérieurs de sécurité : BEB1-M-4116-1 (Ginger)
- Rapports d'essais (durabilité)
 - Evolution des propriétés clés (S_d, conductivité thermique, variation dimensionnelle, compression) après vieillissement accéléré : BEB6-N-3001 (Ginger)
 - Suivi de l'humidité (séchage) après mise en œuvre : Rapport d'étude EN-ESS-018 (Codem)
- Sécurité incendie :
 - Appréciation de laboratoire – résistance au feu : EFR-23-000531 (Efectis)
- Etudes de transfert hygrothermique : nombreux (27) rapports des différentes configurations, climats, et analyse de sensibilité (Codem)