



Sommaire

Introduction

7

1. Chape en Terre pour sols intérieurs

9

1.1 Qu'est-ce que la Chape en Terre de Léém?

11

1.2 Le processus de production de la Chape en Terre de Léém

12

1.2.1 Ressources secondaires et primaires

12

1.2.2 Préparation des ressources

13

1.2.3 Emballage et transport

13

1.2.4 Installation et mise en œuvre sur chantier

14

1.3 Les avantages de la Chape en Terre de Léém

15

1.4 Est-ce qu'elle peut remplacer une chape à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite ainsi que des sols en béton ?

17

1.4.1 Typologies d'utilisation

17

1.4.2 Coût du produit

18

1.5 Le cadre normative et le contrôle de qualité

20

2. Propriétés de la Chape en Terre de Léém

23

2.1 Caractéristiques hydriques: régulation de l'humidité

24

3. Conseils de conception

27

3.1 Généralités

28

3.2 Domaine d'application

29

3.3 Typologies des chapes

30

3.3.1 Chape adhérente

31

3.3.2 Chape non adhérente

31

3.3.3 Chape flottante

32

3.3.4 Chape sur terre-plein (avec ou sans système d'isolant)

32

3.4 Supports	33
3.4.1 Support pour la chape adhérente	33
3.4.2 Support pour la chape non adhérente	34
3.4.3 Support pour la chape flottante	34
3.4.4 Support pour la chape sur terre-plein	36
3.5 Isolation	37
3.6 Membranes	38
3.7 Système de chauffage au sol	39
3.8 Armature	40
3.9 Finitions et aspect du revêtement	41
3.9.1 Finition lissée, huilée ou cirée	41
3.9.2 Finition poncée, huilée ou cirée	41
3.9.3 Finition avec revêtement	43
3.10 Conditions hydriques	45
3.10.1 Protection contre l'eau en partie courante	45
3.10.2 Conception hygrothermique	45
3.11 Conditions sur les déformations	46
3.11.1 Retrait horizontal	46
3.11.2 Joints structurels	46
3.11.3 Charges de poinçonnement	46
3.12 Joints	47
3.12.1 Joints de retrait périphérique	47
3.12.2 Joints de dilatation	47
3.12.3. Raccord avec les menuiseries	47
3.13 Étanchéité à l'eau	48
3.14 Étanchéité à l'air	48
3.15 Affaiblissement et absorption acoustique	49
3.15.1 Bruits aériens	49
3.15.2 Bruits de chocs	49
3.16 Pentres	51

4. Conseils de mise en œuvre	53
4.1 Outillage	54
4.2 Conditions du chantier	54
4.3 Préparation pour la mise en œuvre	55
4.3.1 Choix de l'équipement	55
4.3.2 Consistance et pompabilité	56
4.4 Règles de pose	58
4.4.1 Préparation du support	58
4.4.2 Coulage	58
4.4.3 Séchage	59
4.4.4 Traitement des fissures contrôlées et finition	60
4.5 Autocontrôle	66
4.5.1 Tolérances d'exécution	66
4.5.2 Dalle de contrôle et dalle témoin	66
4.5.3 Test de poinçonnement	66
4.6 Finitions et aspect du revêtement	67
4.7 Échéancier de pose	69
4.8 Entretien et réparation	70

5. Détails de construction	73
5.1 Détails de tous les types de chapes	74
5.2 Détails généraux (pour la chape flottante)	77

6. Bibliographie	81
-------------------------	-----------

7. Remerciements et crédits	85
------------------------------------	-----------

Introduction

Ce Guide de la Chape en Terre de Léém a pour but de fournir des informations fiables aux professionnels de la construction (architectes, ingénieurs, entrepreneurs) sur le thème de la construction de sol en terre crue avec le matériau de Léém. A ce titre, nous – les auteurs de la coopérative BC materials – avons choisi de « se tenir sur les épaules des géants » : les connaissances et les directives qui sont mentionné dans les sections 1, 3, 4 et 5 proviennent d'ouvrages de référence du réseau le plus expérimenté en terre coulée : le réseau français qui s'articule autour de l'institut de recherche universitaire CRAterre, et s'étend vers des organismes tels que Amaco et ENTPE.

Ce Guide de la Chape en Terre de Léém est donc une compilation des publications, des expériences les plus récentes, mis à jour avec des recherches supplémentaires et l'expérience de BC materials et Buildwise dans le contexte du Benelux. Nous avons essayé de montrer autant que possible à partir de quelle référence nous avons compilé certaines informations spécifiques, en mentionnant la référence dans la colonne latérale du texte, et en ajoutant la bibliographie complète dans la section 6. Nous sommes plus précis quant aux personnes à remercier pour chaque type de contribution dans la section «Remerciements» à la fin de ce guide.

Nous espérons avoir expliqué clairement que ce guide existe dans un esprit européen de partage de l'expertise en matière de construction en terre. Nous espérons que ce Guide de la Chape en Terre de Léém vous sera utile et qu'il contribuera à la croissance du secteur de la construction en terre dans le Benelux.

1. Chape en Terre pour sols intérieurs



Pendant des milliers d'années, l'humain a construit avec ce qu'il avait à portée de main et en abondance : la terre. En transformant la terre crue en éléments de construction tel que des sols et murs et, les humains ont pu créer un abri, un foyer chaleureux pour leur famille et leurs proches. Au fil du temps, et à la fin du XVIII^e siècle, nous avons découvert les avantages de l'énergie fossile et les ressources comme les argiles et les pierres calcaires ont été cuites pour obtenir des briques cuites et du ciment.

Cependant aujourd'hui, l'utilisation intensive des combustibles fossiles crée de nombreux dangers. Pour donner un exemple, on estime 300 000 m² de sol construit chaque année en Belgique. Si l'on compte que tous ces sols nécessiteraient au moins une chape à base de ciment de 10 cm, on peut raisonnablement estimer que 30.000m³ de chape béton entraînent l'utilisation de 7500 tonnes de ciment. Or, le ciment est un des matériaux à impact écologique les plus néfastes avec une empreinte carbone de 624 kg eq CO₂/tonnes [1]. Rappelons que le ciment est responsable d'environ 7% des émissions de gaz à effet de serre à l'échelle mondiale en 2022 [2].

[1] Données CIMbéton – mars 2022

[2] Diviser par 10 les émissions de CO₂ du ciment, c'est possible, 6 janvier 2022

Nous pensons qu'en retournant à la terre crue et en l'améliorant grâce à des infrastructures de production et de la connaissance contemporaine, nous pouvons réduire l'empreinte carbone du secteur de la construction. La Chape en Terre de Léém est une alternative bas carbone pour les chapes à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite. En plus de récupérer des matériaux localement abondants (considérés comme des déchets), nos produits non pollués visent à améliorer la qualité de vie des espaces intérieurs d'un grand nombre de personnes.

1.1 Qu'est-ce que la Chape en Terre de Léém?

Une chape est un élément de construction, composé d'un liant, de charges, d'eau, et appliqué comme couche pour satisfaire à une série de caractéristiques techniques et mécaniques (planéité, niveaux, résistance, ...).

La Chape en Terre de Léém est une chape coulée en terre crue non stabilisée, mesurant entre 6 cm et 10 cm d'épaisseur, qui est mise en œuvre sur chantier sur un support stable (dalle monolithe ou fractionnée, ...). Une couche de désolidarisation – comme une membrane anticapillaire, une isolation et/ou un système de chauffage – peut s'interposer entre le support et la chape. Dans sa typologie d'utilisation, la Chape en Terre de Léém remplace la chape à base de ciment, de chaux et d'anhydrite. Comme ces chapes standards, la Chape en Terre peut recevoir un revêtement de sol. Contrairement à ces chapes standards, elle peut également être laissée brute comme sol poli ou poncé. Dans tous les cas, elle est destinée uniquement aux sols non-industriels (Voir section 3.b Domaine d'application).

Les sols en terre crue proviennent des techniques vernaculaires : ils sont utilisés depuis longtemps et évoluent. Historiquement en terre battue ou en bauge, ils étaient utilisés comme un revêtement de sol intérieur pour les granges ou les étables. Aujourd'hui, les sols en terre crue intègrent la connaissance des recherches scientifiques ainsi que la technologie de l'outillage de mise en œuvre pour devenir plus performant, résistant à l'usure et plus adapté à notre culture de construction [3], à la fois en réutilisant des terres d'excavation ("déchets") et en réduisant l'impact carbone des chapes classiques. C'est le cas de la Chape en Terre de Léém qui a été développée en fonction des techniques de mise en œuvre industrielles conventionnelles.

[3] Refined Earth: Construction and Design of Rammed Earth, page 51

La Chape en Terre de Léém est un mélange de matières naturelles et recyclées. Elle est constituée de terre d'excavation, de sable, de graviers et de béton recyclé concassé. Elle est fabriquée à partir de déblais bruxellois non-pollués, non-remaniés et non-perturbés, issus de sites urbains. La formulation de la Chape Terre ne contient pas de ciment, ce qui lui permet de conserver sa réversibilité et ses capacités de régulation hygrothermique [4]. Elle contient un sel comme additif, provenant de l'industrie agroalimentaire et permettant d'équilibrer la formulation du produit. Elle ne contient pas d'ingrédients toxiques pour l'environnement ou l'être humain.

[4] Earthen construction Materials as enabler for circular construction, page 3 et 4

La Chape en Terre de Léém est coulée à l'état visqueux et donc autonivelante. Sa mise en œuvre est facilitée par des outils conventionnels utilisés pour les chapes coulées : camion malaxeur, pompe à béton, règle (vibrante) et aiguille vibrante à béton. La Chape en Terre de Léém est fournie prête à l'emploi en camion malaxeur ou prête à mélanger en bigbag.



1.2 Le processus de production de la Chape en Terre de Léém

1.2.1 Ressources secondaires et primaires

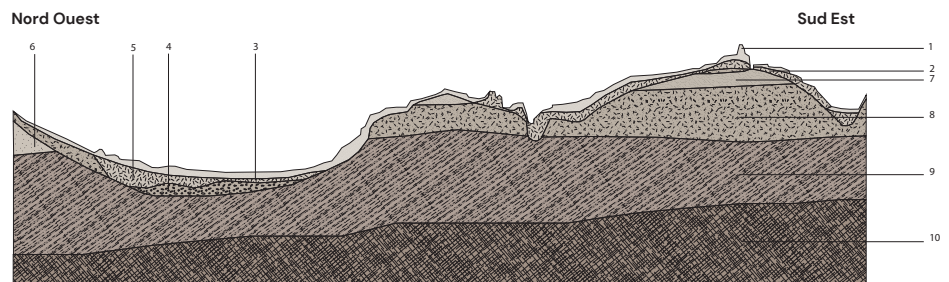
[5] Guide Général de Léém section 2.1

Quaternaire

1. Formations superficielles
2. Limons de pentes
3. Argiles alluviales
4. Sables et graviers alluvionnaires
5. Limons alluviaux

Tertiaire

6. Asschien (argiles et sables)
7. Lédien (sables et grès)
8. Bruxellien (sables et calcaires décalcifiés et grès)
9. Yprésien (sables argileux et argiles)
10. Landénien (sables, limons et argiles)



Coupe géologique des types de sols bruxellois

Le limon loessique

Le limon loessique est une terre argilo-limoneuse que l'on trouve couramment dans la région Bruxelloise. Ces terres de déblais sont non-polluées et non remaniées. Le rôle du limon loessique est de lier les composants de la chape. Il est de couleur brune.

Le sable

Le sable provient de la rivière du Rhin, en Allemagne. Son rôle est de fournir le squelette granulaire à la terre.

Le gravier

Le gravier est prélevé dans la vallée de la Meuse en Belgique. Il est concassé et tamisé pour obtenir la granulométrie nécessaire.

Le béton broyé et lavé

Il provient de déconstruction de projets Bruxellois. Dans le but d'être recyclé, il est concassé pour atteindre une taille de 4 mm à 16 mm.

L'hexamétaphosphate de sodium (SHMP)

L'hexamétaphosphate de sodium est un type de sel utilisé dans l'industrie agroalimentaire, céramique, cosmétique, ou dans l'agriculture, et fait partie de la famille des phosphates. Il permet une cohésion renforcée du produit. BC Materials a choisi l'extraction et la production la plus locale possible : les matières premières sont extraites au Maroc et le SHMP est ensuite produit par une entreprise Belge.

1.2.2 Préparation des ressources

Les ressources sont récoltées, stockées puis mélangées et tamisées dans l'entrepôt BC materials à Bruxelles..



Tamisage des ressources

1.2.3 Emballage et transport

La Chape en Terre de Léém est préparée à la commande dans des camions malaxeurs prêt à l'emploi. Le camion malaxeur est chargé du mélange sec de la Chape en Terre de Léém à l'aide d'une bande transporteuse dans l'entrepôt BC materials à Bruxelles. L'eau y est ajoutée directement dans le contenant du camion.

Sinon, elle peut aussi être livrée sous forme sèche en bigbags sur Europallettes consignées et, prête à être mélangée avec de l'eau au moment du coulage sur site.

La traçabilité de la Chape en Terre de Léém est garantie par la note de livraison et/ou la date indiquée sur les bigbags.



Remplissage du camion malaxeur ou des bigbags avec la Chape en Terre de Léém sèche

1.2.4 Installation et mise en œuvre sur chantier

Pour des moyennes et grandes surfaces ($> 20\text{m}^2$), BC materials prépare le mélange dans les camions malaxeurs et les fait venir jusqu'au chantier. Le camion malaxeur arrive directement sur le chantier où la chape est prête à être coulée. Pour installer la chape à l'intérieur du local, le camion malaxeur est combiné à une pompe à béton (Voir section 4. Conseils de mise en œuvre).

Pour des petits surfaces ($< 20\text{m}^2$) ou si le chantier est difficile d'accès par le camion malaxeur, il est économiquement préférable de choisir une mise-en-œuvre en utilisant les bigbags, combinée avec une pompe à béton stationnaire.



Mise en place du camion malaxeur sur chantier avec ou sans pompe à béton intégrée

1.3 Les avantages de la Chape en Terre de Léém

Plusieurs typologies et plusieurs choix de finitions

La Chape en Terre de Léém peut être mise en œuvre sous plusieurs typologies pour s'adapter à son support. Comme les chapes à base de ciment, de chaux et d'anhydrite, elle a la possibilité d'être adhérente ou flottante, posée sur un isolant thermique avec ou sans chauffage au sol intégré. En outre, la Chape en Terre peut être coulée sur terre-plein.

La Chape en Terre de Léém offre plusieurs possibilités de finition. D'abord, elle peut être utilisée comme revêtement final pour les sols intérieurs résidentiels et tertiaires. Elle peut être finie avec 2 types de finitions : lissée pour un aspect lisse et uniforme, ou poncée avec effet terrazzo. Également, elle peut corriger les aspérités de son support pour recevoir un revêtement de sol ayant des tolérances faibles (carrelage, parquet, enduit de sol etc.).

Bas carbone et effet positif sur l'environnement

La Chape en Terre de Léém a un très bon impact sur l'environnement car elle est peu émissive en carbone et elle présente des qualités pour les occupants des locaux[5]. La fabrication de son mélange ne nécessite pas de cuisson. Elle est circulaire « en origine » car elle est conçue en partie par des matériaux secondaires. Elle est circulaire « en destination » car elle est réversible et elle fait partie des programmes de « take-back » de Léém. Pour plus de précisions sur la circularité des matériaux de construction Léém, voir la section 2.1.2 du guide Général de Léém[5].

[5] Guide Général Léém. Voir section 2.2.1

[5] Ibid.

Pose facile

La Chape en Terre de Léém est coulée simplement sur son support. Elle épousera toutes les aspérités du support pour les recouvrir. Le temps de manipulation n'est pas limité contrairement à celui d'une chape à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite.

Temps de séchage rapide

La Chape en Terre de Léém possède un temps de séchage rapide. Le revêtement de sol peut être posé après 3 à 4 semaines. Ce temps de séchage est plus court qu'une chape à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite (Voir Section 1.d).

Inertie Thermique (déphasage thermique important)

La Chape en Terre de Léém peut apporter une inertie thermique importante grâce à sa densité élevée. Plus l'inertie thermique est importante, plus le matériau permet un déphasage thermique important pour le confort thermique. Elle permet alors au local d'amortir les variations de température et de déphaser les pics de chaleur et de fraîcheur [5]. Elle permet aux locaux de résister à des fluctuations thermiques en gardant une température stable et balancée. (Voir le Guide Général de Léém Section 2.2.4 Confort thermique)

[5] Ibid.

Effusivité et diffusivité thermique

La Chape en Terre de Léém a une importante diffusivité thermique qui lui permet de cumuler et de restituer des flux thermiques facilement. La diffusivité thermique de la Chape en Terre de Léém permet donc une bonne diffusion de la chaleur. Il est pertinent de coupler un système de chauffage au sol avec la Chape en Terre de Léém. Ensuite, elle bénéficie d'une inertie latente importante[5]. Cela s'explique par sa capacité à échanger facilement son humidité avec l'air du local plus importante que d'autres matériaux. Avec une effusivité thermique moyenne[6], elle enlève modestement la chaleur au corps humain quand celui-ci est en contact avec elle : la Chape en Terre est « chaude » au toucher en hiver et elle est « fraîche » au toucher pendant la période estivale.

[5] Ibid.

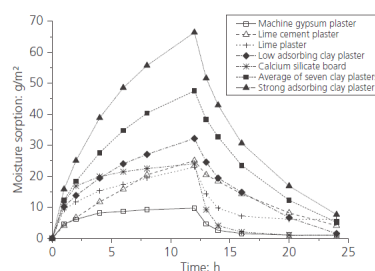
[6] Sustainable Building with Earth, page 402

Régulation hygrothermique (de l'humidité et de la chaleur)

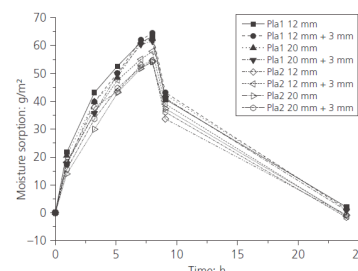
La Chape en Terre de Léém bénéficie des caractéristiques hygrométriques des matériaux de construction en terre crue. La Chape en Terre de Léém a une capacité de rétention de vapeur d'eau supérieure à celle des chapes à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite : elle possède un caractère respirant et perméable à la vapeur d'eau. Ses qualités hygrométriques et hygrothermiques ont pour effet de réguler l'humidité et la chaleur. Elles participent au confort d'hiver et d'été des locaux dans lesquels la chape est installée [7].

[7] Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) – Rapport final, page 41

Cette étude suivante [8] illustre la capacité de rétention de vapeur d'eau des enduits de terre :



Adsorption data for 12 h cycles modified from Eckermann and Ziegert (unpublished, 2006)



Moisture sorption of commercial earth plasters (McGregor et al., 2014b)

[8] A review on the buffering capacity of earth building materials, page 6

Pour conserver ce pouvoir de régulation hygrothermique, des préconisations peuvent être prises pour la composition du complexe de plancher. (Voir la section 3.10.2 Conception hygrothermique)

Affaiblissement et absorption acoustique

La Chape en Terre de Léém possède d'excellentes propriétés acoustiques qui sont supérieures à celles des matériaux de construction conventionnels. Effectivement, la microporosité de la chape lui permet d'absorber les bruits aériens et par conséquent de réduire la réverbération des sons. Elle amortit l'onde acoustique et permet de réduire la résonnance d'une pièce. (Voir section 3.15. Affaiblissement et absorption acoustique)

En outre, la Chape en Terre de Léém suit la loi de masse : la masse volumique importante de la terre crue (proche de celle du béton) lui permet d'affaiblir les bruits aériens entre deux espaces. C'est pourquoi il est judicieux de choisir une finition sans revêtement de sol pour un confort acoustique optimal.

Également par sa masse volumique importante, la chape en terre vibre moins facilement et émet donc moins de bruits de choc. Utilisée dans un système masse-ressort-masse (tel que dans la typologie d'une chape flottante), elle apporte une bonne isolation aux bruits de choc. [9] (Voir Section 3. Conception et Section 5. Détails).

[9] NIT 281 Annexe D.1 p83

Couleur stable

La Chape en Terre de Léém est teintée naturellement dans la masse par le contenu d'argile, la couleur de la chape reste stable dans le temps.

Sécurité incendie

La Chape en Terre de Léém contient moins de 1% de contenu organique ce qui lui confère un caractère non inflammable [5]. Elle est incombustible et de classe de réaction au feu A1 [10].

[5] Guide général Léém, 2.2.6. Sécurité incendie

[10] DIN 4102-4- Comportement au feu des matériaux et composants de construction

[7] Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) – Rapport final

[6] Sustainable Building with Earth

Réparable

La Chape en Terre de Léém est réparable et réutilisable grâce à la réversibilité hydrosoluble de l'argile. Elle peut être déposée ultérieurement et réutilisée [7] intégralement et sans transformation (haute) énergétique dans d'autres ouvrages en terre crue. Contrairement aux chapes à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite, elle peut être réparée durant toute sa durée de vie avec le moindre effort avec de l'eau et/ou du mortier de Chape en Terre de Léém [6]. C'est un matériau parfaitement circulaire.

1.4 Est-ce qu'elle peut remplacer une chape à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite ainsi que des sols en béton ?

1.4.1 Typologies d'utilisation

La Chape en Terre de Léém peut aisément remplacer une chape à base de ciment, de chaux, ou d'anhydrite. Elle peut aussi remplacer un sol en béton lissé ou poncé mais sous certaines conditions.

Comme une chape à base de ciment, de chaux, ou d'anhydrite, la chape est le support solide, nivelée et indispensable pour la plupart des finitions de sol, tels que les carreaux de sol, le parquet, le sol tissé, la moquette et l'enduit de sol. En plus, cette chape peut protéger les conduits techniques et assure une longue durée de vie à votre sol.

À sa différence avec une chape à base de ciment, de chaux, ou d'anhydrite, la Chape en Terre de Léém :

- peut aussi être utilisée comme couche de finition lissée ou poncée
- a une durée pratique d'utilisation non-limitée. Ainsi, il n'est pas nécessaire d'avoir une centrale de production du mélange chape proche du chantier pour garantir l'ouvrabilité de la chape.
- ne nécessite pas de joints de dilatation grâce au phénomène de microfissurations qui se produit pendant son séchage
- peut être appliqué directement sur terre-plein
- est plus apte à accueillir un revêtement de sol plus rapidement qu'une chape à base de ciment, de chaux, ou d'anhydrite
- est Zero waste : ne crée pas de déchets, ni sur le chantier, ni après le cycle de vie d'un bâtiment
- se retouche à l'infini et durant toute sa durée de vie. Les réparations ne nécessiteront peu de moyens matériels et économiques
- amène à un climat intérieur plus sain
- est compatible avec des produits de finition non chimiques, non toxiques pour le poseur.

À sa différence avec un béton poli, la Chape en Terre de Léém :

- ne peut pas servir comme dalle (auto)portante, ou plancher, ou autre élément porteur, ni comme sol industriel avec des charges d'exploitation élevées.

COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES DE LA CHAPE EN TERRE ET D'UNE CHAPE EN CIMENT

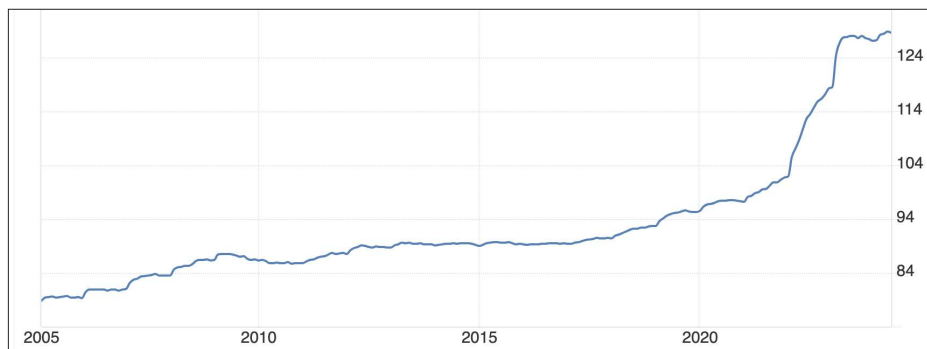
	CHAPE EN TERRE DE LÉÉM		CHAPE A BASE DE CIMENT, DE CHAUX OU D'ANHYDRITE		SOL EN BÉTON
Caractéristiques					
Liant	Argile	Ciment	Sulfate de calcium	Chaux	Ciment
Typologies d'utilisation	Chape (non-)adhérente, flottante, chauffée, sur terre-plein	Chape (non-)adhérente, flottante, chauffée, isolante	Chape (non-)adhérente, flottante, chauffée	Chape (non-)adhérente, flottante, chauffée, isolante	Sol industriel, sur terre-plein
Épaisseur	60 à 100mm	30 à 75mm (à 150 mm si chape isolante)	20 à 80 mm	40 à 60mm (à 150 mm si chape isolante)	60 à 150 mm ou plus
Temps de séchage (avant revêtement ou finition)	3 à 4 semaines	3 à 12 semaines	4 à 16 semaines	4 semaines minimum	4 semaines minimum
Types de joints nécessaires	Joint de retrait		Joints de dilatation et de retrait		
Finition (ponçage/lissage)	Oui	Non	Non	Non	Oui
Perméabilité à la vapeur	Oui	Non	Non	Oui	Non
Durée de vie	50 ans		50 ans		
Circulaire	Oui	Non	Non	Non	Non

1.4.2 Coût du produit

Le développement de la Chape en Terre de Léém – du concept à la mise en œuvre validée en passant par le prototypage – était un processus compliqué et intensif. Cette nouvelle Chape a un fort potentiel avec une réduction importante des émissions de gaz à effets de serre, mais est, à ce moment, plus coûteuse qu’une chape à base de ciment, chaux ou anhydrite et dans sa version d’utilisation comme finition, même qu’un béton poli. Cependant, son prix va être stable voir diminuer dans les prochaines années par sa popularisation sur le marché.

La Chape en Terre de Léém n’étant pas stabilisée, son prix ne dépendra pas du cours, augmentant, du carbone européen. Effectivement, le Système d’Echange de Quotas d’Emission de l’UE (SEQE-UE) aiguisé par le “Green Deal”[11] européen est une plateforme qui pénalise les plus grands polluants et émetteurs d’émissions CO2, en les taxant par tonne à un prix de 71 euros (venant de 20 euros en 2020). Alors que les producteurs de ciment ont été largement exemptés de cette taxe, ses exemptions vont normalement être complètement annulées dans les prochaines années. Nous pouvons le voir dans l’augmentation des prix de ces dernières 4 années, avec une hausse de prix de plus que 25%. Normalement, à cause de l’annulation progressive des exemptions, ces prix vont continuer à augmenter jusqu’en 2034 ou ils n’auront plus d’exemptions liées à leurs émissions et pollutions massives.

[11] EU ETS Directive (2003/87/EC) and RÈGLEMENT (UE) 2023/956



Price of cement (increase) according to Trading Economics, August 2024 [12]

[12] European Union – Producer prices in industry: Manufacture of articles of concrete, cement and plaster, en ligne

En plus, la Taxonomie Verte (qui s’applique pour toutes les grandes entreprises) recommande une utilisation de matériaux réutilisés ou recyclés : “The asset comprises at least 50% (either by weight or by surface area of building elements including facades, roofs and internal walls and floors) from a combination of re-used components, recycled content, or responsibly- sourced renewable materials. The 50% should be reached with the following criteria:

- Minimum 15% comes from re-used components,
 - Minimum 15% comes from recycled content,
 - The remaining 20% may be met by either re-used or recycled content or by responsibly sourced, renewable materials or any combination of these three.”
- (Green Taxonomy Sustainable Finance Platform Finance Report, p.387, European Commission, March 2022).

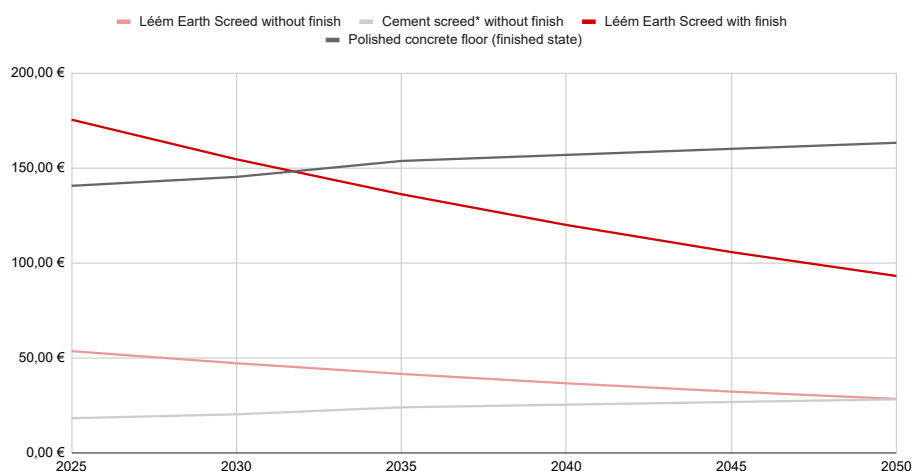
La Chape de Terre de Léém, avec ses terres d’excavations et graviers réutilisés, peut aisément répondre aux exigences de la Taxonomie Verte.

Alors que le prix de la Chape en Terre de Léém est pour l’instant plus chère que celle en ciment, on peut s’attendre à ce que les prix se rapprochent de plus en plus l’un de l’autre à cause de plusieurs directives Européennes (SEQE, Ecodesign Directive, Taxonomie Verte,...) et à certainement privilégier les matériaux bas carbones ou issus de ressources secondaires. Voici une projection hypothétique,

[13] Allocation to industrial installations, Commission européenne

à la base des intentions de la Commission Européenne et l'annulation des exemptions pour les cimentiers [13].

Léem Earth Screed without finish, Cement screed* without finish, Léem Earth Screed with finish et Polished concrete floor (finished state)



Estimation de l'évolution des prix** des chapes en terre et en ciment avec et sans finition de 2025 à 2050

*chape ciment est une moyenne du prix de la chape à base de ciment et la chape anhydrite

**comprend la fourniture et la pose

1.5 Le cadre normative et le contrôle de qualité

Il n'existe aujourd'hui aucune norme européenne uniformisée (EN), ni de normes des pays Européens, pour définir et classer les caractéristiques physiques des chapes en terre crue.

Cependant, nous pouvons nous appuyer partiellement sur les Notes Techniques délivrées par Buildwise, (l'institution de recherche avec mission d'inspirer et d'aider ses membres du secteur de la construction à relever les défis technologiques, économiques et environnementaux.)

- « n°177 Vocabulaire des chapes »,
- « n°189 : Les chapes pour couvre-sols »
- « n°193 : Les chapes : 2e partie : mise en œuvre ».

Ces notes techniques définissent les règles de conception et pose des chapes à base de ciment et d'anhydrite en fonction de leur support et couche de finition. Certains principes peuvent être transférés vers la conception et mise en œuvre des chapes en terre crue. Dans ce guide, nous nous référerons donc ponctuellement à ces ouvrages.

Ensuite, Léém déclare les performances de la Chape en Terre sur sa fiche technique selon les normes NBN EN 13813-2 et EN 13892-8, et les Lehmbau Regeln.

Le contrôle de la qualité de la production de la Chape en Terre de Léém se fait selon un Plan d'Assurance Qualité (PAQ) et y inclus la traçabilité.

Cette note technique, ces normes et ce PAQ garantissent la sécurité et l'assurabilité de la construction avec la Chape en Terre de Léém.



2.

Propriétés de la Chape en Terre de Léém



Pour connaître les propriétés physiques complètes, nous vous renvoyons aux Fiches Techniques téléchargeables sur le site www.leem.works. Les sections suivantes communiquent des informations supplémentaires sur certaines propriétés physiques telles qu'elles figurent sur la fiche technique de la Chape en Terre de Léem.

2.1 Caractéristiques hydriques: régulation de l'humidité

Les valeurs de l'équilibre de la teneur en humidité, la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau et la valeur du tampon hydrique montrent que la Chape en Terre de Léem a une forte capacité à retenir l'humidité. Alors, elle possède un fort pouvoir de régulation d'humidité. Les propriétés hygroscopiques et de diffusion de la vapeur d'eau de la chape peuvent créer un effet tampon pour les fluctuations éventuelles de l'humidité relative de l'environnement intérieur.

 Propriétés physiques de la chape	Masse volumique du mélange sec	2100 kg/m³	
	Masse volumique du mélange coulé	2300 kg/m³	
	Taille maximale des grains	16 mm	
	Résistance à la flexion	1.55 N/mm²	NBN EN 13813-2
	Résistance à l'arrachement	0.9 - 1.02 N/mm²	EN 13892-8
	Résistance à la compression	2.5 N/mm²	NBN EN 13813-2
	Résistance au poinçonnement	<4 mm	NBN EN 13813-2
	Équilibre de la teneur en humidité	0,5% - 3%	GBP-P
	Retrait linéaire de séchage	<2 mm/m	GBP-P
	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau μ	5/10	Lehmbau Regeln
	Conductivité thermique λ	1.4 W/m²K	Lehmbau Regeln
	Réaction au feu	A1 (Non-flammable)	Lehmbau Regeln DIN4102
	Valeur du tampon hydrique	2,2 - 3 (m².%RH)	Litterature
	Émissions de COV	VOC-free	EN16516



3.

Conseils de conception



3.1 Généralités

La Chape en Terre de Léém nécessite une connaissance de ses propriétés uniques, issues de la terre crue, au cours de la phase de conception. Voici les principes les plus importants :

- Avec sa densité élevée, la Chape en Terre de Léém apporte de l'inertie thermique, de l'atténuation acoustique, et de la conductivité thermique.
- La Chape en Terre de Léém permet de niveler le support pour faciliter la pose du revêtement de sol, ou, elle peut être appliquée en finition. Le choix sera fait en fonction des besoins et envies de la maîtrise d'ouvrage.
- Cependant, ce complexe de plancher qui contient la Chape en Terre de Léém devra permettre à minima le passage de la vapeur d'eau vers le haut.
- La protection contre l'exposition à l'humidité (inondation, fuite, eau stagnante pendant chantier, condensation interne, ...) doit être prise en compte durant toute sa durée de vie.
- La Chape en Terre de Léém possède une résistance moyenne à la compression et une faible résistance à la traction, ce qui explique qu'elle est non porteuse et qu'elle ne peut pas prendre des charges d'exploitation élevées.
- La finition en Chape en Terre de Léém est plus douce que celle d'un sol en béton poli. Il faut accepter un entretien plus intensif pendant sa durée de vie.
- La Chape en Terre de Léém ne nécessite pas de joints de dilatation (Voir section 3-I. Joints)



Finition enduit de sol



Finition poncée et cirée



Finition lissée et cirée

3.2 Domaine d'application

[14] EN1991-1-1 Eurocode Charges d'exploitation- Tableau 6.2 Charges d'exploitation

[15] NIT 271, 3.3.1 Risque de condensation, p44

La Chape en Terre de Léém n'est pas porteuse et doit être conçue sur un support stable. Par sa résistance moyenne à la compression, elle est destinée à être utilisée dans des espaces pour de l'habitation et du tertiaire, et non pour des espaces industriels. Les charges d'exploitations ne peuvent pas être supérieures à 3,0 kN/m². [14]

La Chape en Terre de Léém ne s'applique pas dans des zones en possible contact direct avec de l'eau comme dans des zones inondables, dans des zones contenant des nappes phréatiques peu profondes, et à l'extérieur. Il est déconseillé de la poser dans des pièces humides. Elle s'applique uniquement pour les locaux de classe climatique I, II ou III, la classe IV étant exclu [15].

Classes de climat intérieur et types de bâtiments concernés		Exemples de bâtiment
Classe I	Bâtiments où la production d'humidité est faible à nulle en permanence	Entrepôts de marchandises sèches, églises, salles d'exposition, garages, ateliers
Classe II	Bâtiments bien ventilés, à production d'humidité limitée par m³	Habitations ventilées, écoles, magasins, bureaux non climatisés, salles de sport et halls polyvalents
Classe III	Bâtiments moyennement ventilés, à production d'humidité plus importante au m³	Habitations non ventilées, hôpitaux, homes, salons de consommation, restaurants, salles des fêtes, théâtres, bâtiments faiblement climatisés (HR ≤ 60 %)
Classe IV	Bâtiments à production d'humidité élevée	Bâtiments fortement climatisés (HR > 60 %), locaux d'hydrothérapie, piscines couvertes, locaux industriels humides tels que blanchisseries, imprimeries, brasseries, usines à papier, etc.

(*) Les bâtiments en surpression ou dont le taux d'humidité est très variable (discothèques, par exemple) exigent une étude hygrothermique particulière.

[16] NBN EN 15251:2007 : Critères d'ambiance intérieure

De plus, pour une conservation optimale de la chape à long terme, il est conseillé que le local soit ventilé afin de limiter la teneur en humidité de l'air et que les espaces concernés soient chauffés pour avoir une température d'au moins 16°C [16].

3.3 Typologies des chapes

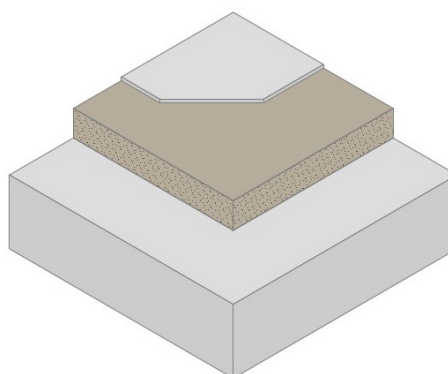
Il existe différents types d’applications de la Chape en Terre de Léém en fonction des besoins et des contraintes du complexe de plancher. Ci-dessous les différents types, tout d’abord résumé sous forme de tableau et ensuite décrit plus précisément. Les typologies de sous-chape et chape isolante ne sont pas pris en compte dans ce tableau :

Ces définitions sont tirées de la NIT 189.

DIFFÉRENTES TYPOLOGIES DE CHAPE POSSIBLES AVEC LA CHAPE EN TERRE DE LÉÉM				
	CHAPE ADHÉRENTE	CHAPE NON ADHÉRENTE	CHAPE FLOTTANTE	CHAPE SUR TERRE-PLEIN
Description	Adhésion totale au support	Désolidarisée du support par une couche de désolidarisation	Désolidarisée du support par un isolant thermique/acoustique	Adhésion ou désolidarisée du support par une couche de désolidarisation
Caractéristiques				
Supports	[RDC] Sol béton [R+N] Dalle béton	[RDC] Sol brut en terre [RDC] Sol béton [R+N] Dalle béton [R+N] Plancher bois Marche d’escalier en bois	[RDC/R+N] Système d’isolants rigides sur tous types de sol/plancher (système Fermacell, OSB sur panneaux en laine de bois, blocs/vrac de chaux chanvre, panneaux de liège, ...)	[RDC] Terre-plein dont hérisson (terre, coquillage, verre expansé...)
Armature	Avec ou sans			
Sol chauffant	Non	Non	Oui, Désolidarisée du support par un complexe plancher chauffant (avec ou sans isolant)	Oui, Désolidarisée du support (avec ou sans isolant)
Isolant thermique et/ou acoustique	Sans	Sans	Avec	Sans
Membrane	Sans	Avec	Avec ou sans	Avec ou sans
Revêtements (carrelage, parquet, enduit, toile)	Avec ou sans			

3.3.1 Chape adhérente

La chape est adhérente par sa constitution et son exécution, lorsqu'elle est en contact direct avec le sol ou la dalle. Les chapes adhérentes peuvent supporter des sollicitations mécaniques plus importantes grâce à leur adhérence au support. Les chapes adhérentes sont aussi plus efficaces à mettre en œuvre. Cependant, le type de support est décisif pour la possibilité d'utiliser une chape adhérente (Voir section 3.d).

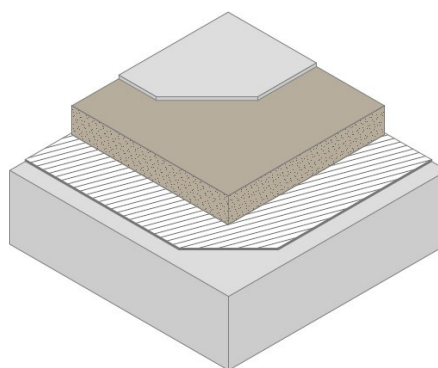


Axonométrie de principe d'une chape adhérente

3.3.2 Chape non adhérente

La chape non adhérente est isolée du plancher porteur par une couche de désolidarisation. La chape n'adhère en aucun point au support ni aux parois verticales. Le support doit être plan et sans obstacle. Cette couche de désolidarisation est une membrane qui est directement posée sur le plancher porteur qui lui permet d'être structurellement indépendante.

La pose d'une chape non adhérente vise principalement à empêcher le transfert d'humidité en provenance de l'infrastructure mais aussi à permettre le libre mouvement horizontal sur son support. La typologie de la chape non adhérente sera choisie quand la typologie d'une chape adhérente ne sera pas possible.

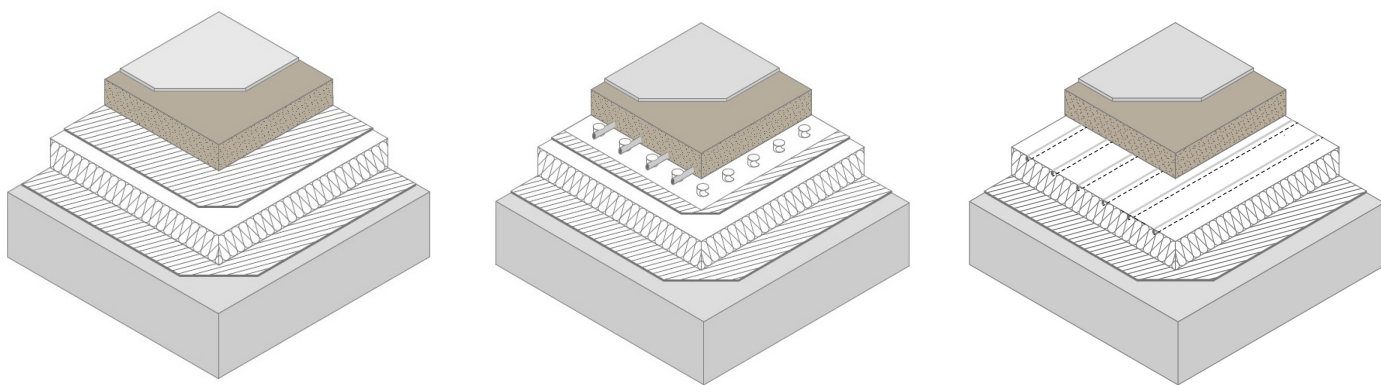


Axonométrie de principe d'une chape non adhérente

3.3.3 Chape flottante

À sa différence, la chape flottante repose sur un système isolant. Elle pourra être sollicitée en cas de besoin d'isolation thermique ou acoustique. Elle n'a pas de liaison rigide avec les éléments de construction adjacents ou sous-jacents (plancher porteur, mur, plinthe, seuil de porte, ...). Les panneaux isolants devront répondre aux critères de déformabilité. Ils sont joints entre eux par un ruban d'isolation.

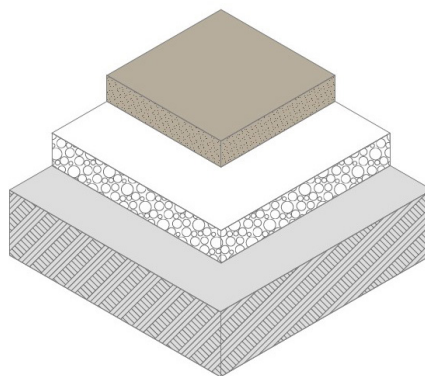
La Chape en Terre de Léém est compatible avec des systèmes de chauffage sol. Les tuyaux de chauffage (hydrauliques ou électriques) sont incorporés à la chape. Ces tuyaux diffuseront la chaleur à long terme dans l'épaisseur de la chape. Aucune tuyauterie autre que celle destinée au chauffage ne peut être introduite dans la chape chauffante.



Axonométrie de principe d'une chape flottante

3.3.4 Chape sur terre-plein (avec ou sans système d'isolant)

La Chape en Terre de Léém sur terre-plein a comme support une dalle en terre en sous-sol ou un hérissson (granulé de verre expansé damé, coquillages damés...). Elle pourra être posée directement sur le support ou sur une membrane reposant sur le support. Des précautions sont à prendre pour couler la chape directement sur le terre-plein, voir section 4.4. Support pour la chape sur terre-plein.



Axonométrie de principe d'une chape su terre-plein

3.4 Supports

Le support pour la Chape en Terre de Léém est la surface sur laquelle on applique la chape. Dépendant de la typologie de la Chape en Terre, le support peut être un élément porteur ou une isolation. Ce support doit être stable et capable de reprendre les sollicitations qui sont appliquées sur la chape en plus du poids propre de celle-ci.

La chape peut directement adhérer sur le support, considéré suffisamment irrégulier pour accrocher la chape. Si le support est jugé pas assez adhérent, la chape pourra être coulée sur un autre élément. [17]

[17] NIT 189, 6.2.1. Caractéristiques générales, p.32

En voici, par typologie de chape, quelques exigences et caractéristiques des supports respectifs :

3.4.1 Support pour la chape adhérente

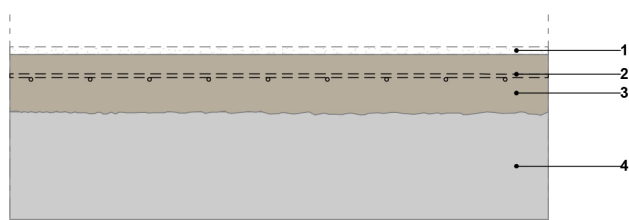
Pour une Chape en Terre adhérente, il faut que le support soit assez :

- Rugueux : Ainsi, sa surface apporte une bonne accroche de la Chape en Terre. Des supports lisses et non-rugueux ne constituent pas de bonnes couches d'accrochages.
- Solide : Sa surface ne peut pas contenir des fissures actives ni des décollements. Des fissures non-actives sont permises. [17]
- Stable : Le support subit des expansions thermiques et hydriques. Elles ne doivent pas être transférées vers la Chape en Terre. Le support doit présenter des propriétés mécaniques similaires à celles de la chape pour éviter sa fissuration ou sa déformation [17]. Sinon, on préférera une pose de chape type non-adhérentes.
- Sec dans le temps : le support ne transfère pas de l'humidité capillaire ni de condensation vers la Chape en Terre. [17]
- Sans efflorescences : Les efflorescences présentes en surface peuvent donner lieu à un manque d'adhérence et à une migration de ces efflorescences vers la surface de la Chape en Terre. [17]

Un exemple de ce type de support est une dalle ou un sol en béton ou en chaux.

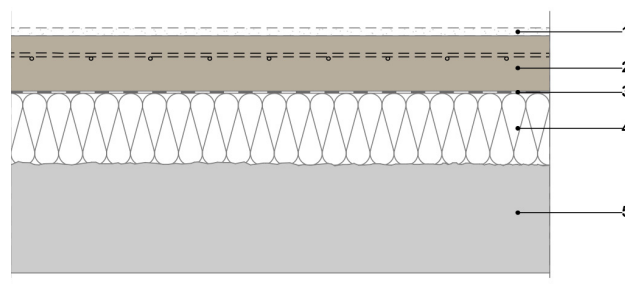
Dans le cas où le support n'est pas rugueux/stable/solide/sec dans le temps, la chape non adhérente est préconisée. [17]

[17] NIT 189 – page 26



Chape adhérente sur support

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Support



Chape adhérente sur isolant en vrac

1. Revêtement de sol (optionnel)
2. Chape en Terre de Léém
3. Membrane géotextile
4. Isolant en vrac Canadry, Exie
5. Support

3.4.2 Support pour la chape non adhérente

Les exigences sur le support pour une Chape en Terre non adhérente sont différentes. Elle sera préconisée pour le support :

- Non-rugueux, s'il manque d'adhérence,
- Surface hétérogène : possède de trop grandes porosités/pores ; composé d'éléments fractionnés (dalles alvéolées en béton, ...)
- Non-stable : risque de subir des déformations importantes : les supports de type plancher bois ou pour des supports n'ayant pas les mêmes propriétés mécaniques que la Chape en Terre de Léém.
- Pas sec dans le temps : s'il y a risque de remontés capillaires dans le support.

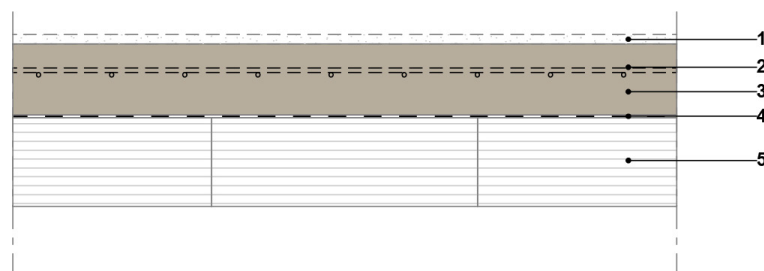
Dans le cas d'une pose d'une chape non adhérente, le support doit être plan et lisse. Le cas échéant, on applique d'abord une couche d'égalisation avant de poser la membrane. Les saillies locales (fer à béton, tiges d'ancrage pour la fixation d'un faux-plafond, tuyaux, ...) doivent être éliminées ou isolées. [17]

[17] NIT 189 – page 26



Chape non-adhérente sur support

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Membrane de désolidarisation
5. Support



Chape non-adhérente sur un support fractionné

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Membrane de désolidarisation
5. Support

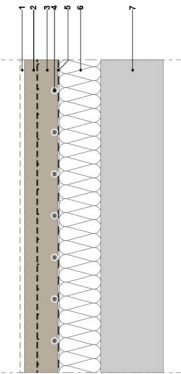
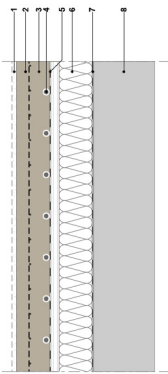
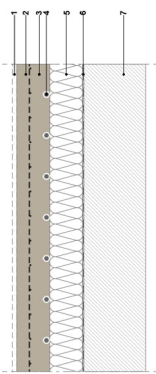
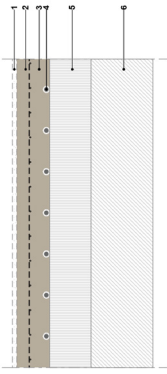
Dans le cas d'une pose d'une chape non adhérente, le support doit être plan et lisse. Le cas échéant, on applique d'abord une couche d'égalisation avant de poser la membrane. Les saillies locales (fer à béton, tiges d'ancrage pour la fixation d'un faux-plafond, tuyaux, ...) doivent être éliminées ou isolées. [17]

[17] NIT 189 – page 34

3.4.3 Support pour la chape flottante

Dans le cas d'une Chape en Terre de Léém flottante, les panneaux d'isolants ou le système de chauffage et isolant sont supports de la chape. Le système isolant avec ou sans chauffage doit être assez stable pour recevoir la Chape en Terre de Léém. [17] Les systèmes de chauffage sur isolation peuvent aussi être un support pour la Chape en Terre, comme des panneaux gaufrés.

[17] NIT 189, 6.2.4. Exigences relatives aux supports pour chapes flottantes, p.34

DIFFÉRENTS TYPES DE SUPPORT POUR LA CHAPE FLOTTANTE					
CHOIX DU TYPE D'ISOLANT	MEMBRANE DE DESOLIDARISATION	RÉSISTANCE À LA COMPRESSION REQUISE	PLANÉITÉ DU SUPPORT REQUISE	COMMENTAIRE	SCHÉMAS
					LÉGENDE
Complexe plaque et Isolant mou/léger, type Fermacell®	Oui	Par le complexe lui-même	Oui	Dans la plupart des cas, la couche de panneaux d'isolant doit être résistante à la compression. L'isolant peut être dense. Ces panneaux isolants peu ou pas déformables nécessitent un support plan et assez lisse afin de porter sur toute leur surface et de ne pas présenter des dénivellations au niveau de leurs jointures.	 1. Revêtement de sol (optionnel) 2. Chape en Terre de Léem 3. Isolant fractionné 4. Support
Isolant mou, léger type laine panneaux en laine de bois	Oui	Par un panneau OSB ajouté	Oui	Dans le cas où l'isolant est trop peu dense, comme des panneaux en laine de bois, des panneaux OSB sont ajoutés pour rigidifier le système. Dans ce cas, une membrane de désolidarisation doit être mise en place sur les panneaux.	 1. Revêtement de sol (optionnel) 2. Chape en Terre de Léem 3. Armatures 4. Système de sol de chauffant (optionnel) 5. Panneaux OSB et membrane étanche 6. Isolant 7. Membrane anti-capillaire 8. Support
Isolant dense, type bloc de chaux chanvre ou panneaux de liège	Non	Par l'isolant lui-même	Oui	Il existe des systèmes isolants qui ne nécessitent pas de membrane de désolidarisation, mais qui impliquent la planéité de leur support : des blocs de chaux chanvre, des panneaux de liège, ...	 1. Revêtement de sol (optionnel) 2. Chape en Terre de Léem 3. Armatures 4. Système de sol de chauffant (optionnel) 5. Isolant rigide 6. Membrane anti-capillaire 7. Support
Isolant en vrac, type CaNadry	Non	Par l'isolant lui-même	Non	Il existe aussi des systèmes isolants qui ne nécessitent pas de membrane de désolidarisation, ni la planéité ni l'aspect lisse de son support : du vrac de chaux-chanvre type CaNadry de chez Exie ou équivalent.	 1. Revêtement de sol (optionnel) 2. Chape en Terre de Léem 3. Armature 4. Système de sol chauffant (optionnel) 5. Isolant en vrac 6. Support

3.4.4 Support pour la chape sur terre-plein

Le support pour une Chape en Terre de Léém sur terre-plein doit être :

- Assez stable.
- Sec (sans remontées capillaires, efflorescences, construction hors zone inondable et nappe phréatique proche de la surface).
- Damé systématiquement et assez épais pour avoir une fonction anti-capillaire et thermique.

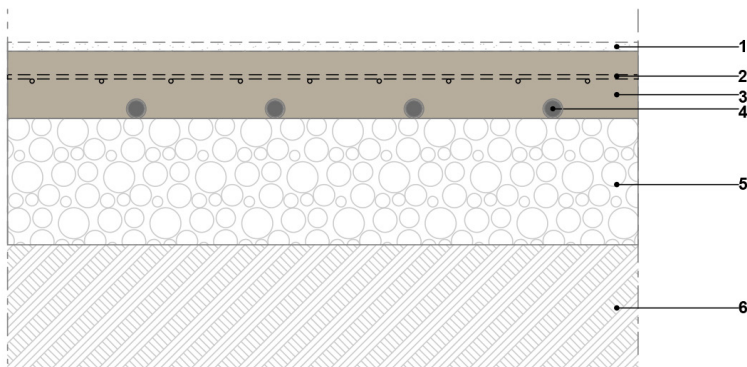
Nous considérons que des supports sous forme de hérissan font partie de la caractérisation "terre-plein isolant" : hérissan de pierre volcanique, de coquillage, de verre expansé, ... Si le hérissan présente une trop grande porosité, un géotextile sera mis sur le support pour éviter que la Chape en Terre ne s'écoule à travers le hérissan et crée des instabilités dans la chape.

Si ce complexe sur terre-plein est susceptible d'engendrer trop d'humidité, un pare-vapeur sera placé entre le terre-plein et la chape.



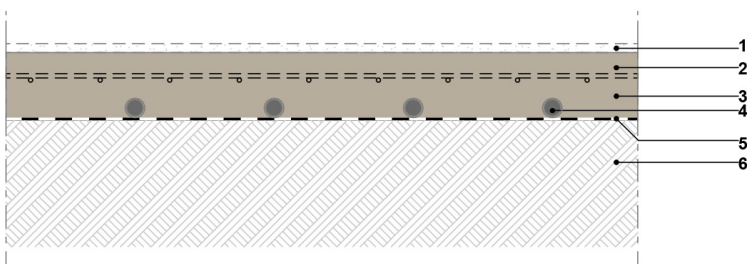
Chape sur terre

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Terre-plein



Chape sur hérissan et terre-plein

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Tuyaux de plancher chauffant (option)
5. Hérissan isolant
6. Terre-plein



Chape non-adhérente sur terre-plein

1. Huile/cire ou revêtement
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Tuyaux de plancher chauffant (option)
5. Membrane pare-vapeur
6. Terre-plein

3.5 Isolation

La Chape en Terre de Léém flottante a une isolation thermique et/ou acoustique comme support. (Voir la section p. Affaiblissement acoustique)

Le type d’isolant thermique et/ou acoustique doit être compatible avec l’usage du complexe plancher dont la Chape en Terre fait partie. Comme la Chape en Terre a une résistance moyenne à la compression et une faible résistance en traction, elle ne peut pas tolérer les déformations potentielles que le système isolant pourrait subir. C’est pourquoi les isolants doivent être suffisamment résistants à la compression afin d’éviter des fissures dans la chape. Il doit donc être stable, rigide et non-compressible. Une directive d’orientation est mentionnée dans le tableau 2 de CSTC Contact 28 (2010).

Le tableau ci-dessus montre qu’il doit posséder une résistance à la compression et au fluage, sous l’influence du changement de température.

CRITÈRES DE BASE POUR UN USAGE SOUS CHAPE FLOTTANTE		
Caractéristiques	Charge d’exploitation ≤ 200 kg/m²	200 kg/m² < charges d’exploitation ≤ 500 kg/m²
Compressibilité CP	CP5 soit (dL-dB) ≤ 5 mm	CP2 doit (dL-dB) ≤ 2 mm
Résistance au fluage CC(ii/ i2/y) σc	Réduction totale d’épaisseur i2 à 10 ans (sous une contrainte σc de 5 kPa) ≤ 2 mm	Réduction totale d’épaisseur i2 à 10 ans (sous une contrainte σc de 10 kPa) ≤ 2 mm
Comportement sous l’effet combiné de la charge de la t* : DLT (*)	DLT (2)5 soit une déformation maximale de 5% pour les conditions de type 2	DLT(2)5 soit une déformation maximale de 5% pour les conditions de type 2

[18] Isolation pour chapes flottantes : critères de déformabilité – page 13

Le système isolant doit pouvoir prendre en charge des charges d’exploitation d’au moins 200 kg/m² [18]. Il faudra veiller à prendre en compte la masse surfacique de la chape dans le calcul :

Dans le cas où l’isolant est jugé trop peu résistant aux charges d’exploitation et au poids propre de la chape, il faudra changer de produit ou étudier la possibilité d’ajouter un élément plus rigide comme une plaque d’OSB pour assurer une stabilité (Voir section 5. Détails de construction).

MASSE SURFACIQUE DE LA CHAPE EN TERRE DE LÉÉM						
Unité						
Épaisseur	mm	60	70	80	90	100
Masse surfacique	kg/m²	126	147	168	189	210

3.6 Membranes

Les membranes peuvent être classifiées par rapport à leur fonction.

- anti-capillaires : membrane fermée à l'eau et à la vapeur d'eau, pour éviter que l'humidité présente dans le support migre vers la Chape en Terre de Léem et/ou l'isolant.
- de désolidarisation : membrane qui permet le mouvement horizontal entre la Chape en Terre et son support. Elle évite que les mouvements des couches du complexe de plancher dû à des phénomènes structurels ou de dilatation thermique ne créent des ruptures dans la chape.
- pare-vapeur : membrane qui limite le transfert de la vapeur d'eau entre la Chape en Terre et son support
- géotextiles : membrane ouverte à la vapeur qui limite l'écoulement de la terre dans les couches inférieures.

Ils reviennent dans des complexes de plancher pour satisfaire des caractéristiques techniques spécifiques à la situation.

3.7 Système de chauffage au sol

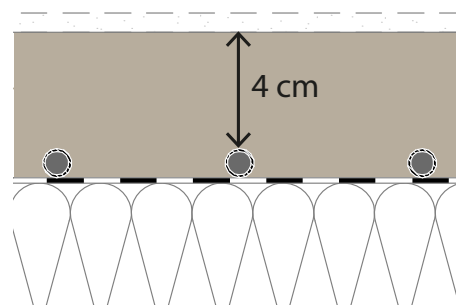
[19] NIT 179, 2.1. Classification des systèmes – page 8

Tout système de chauffage au sol hydraulique ou électrique [19] est compatible avec la Chape en Terre de Léém. Les tuyaux ou résistances chauffantes doivent être, au minimum, 4cm en dessous du niveau fini de la chape. Si un système de chauffage au sol est présent dans la Chape en Terre, aucune gaine technique ne doit être installée en parallèle du système chauffant.

[Truc et astuce] = Contrairement aux chapes à base de ciment, de chaux ou d'anhydrite, il n'est pas nécessaire de prévoir un treillis d'armature au-dessus du système de chauffage (voir section 3.8 et 3.12).



Mise en œuvre de la chape sur un panneau gaufré



Distance minimale de la position du tuyau de chauffage

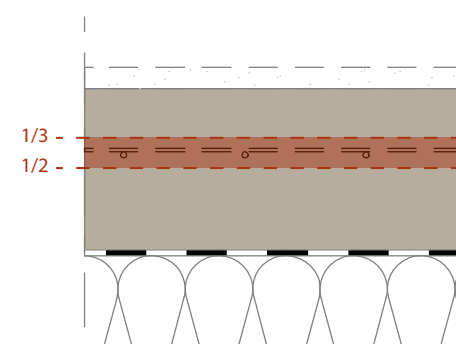
3.8 Armature

Par ses fissurations et ses microfissurations qui apparaissent lors du séchage, la Chape en Terre de Léém peut assumer presque tout mouvement lié à l'expansion thermique ou hydrique. Cependant, ces dernières n'assument pas les mouvements reliés à l'instabilité potentielle du support. Dans le cas où son support est stable, la Chape en Terre de Léém ne nécessite pas d'armature. Dans le cas d'une pose d'une chape non adhérente, où le support n'est pas considéré comme assez stable, il est possible d'intégrer des treillis d'armature de 100x100x3mm, 50x50x2mm ou similaire, et inoxydable. L'intégration d'un géotextile d'une maille de taille similaire peut être une alternative. (Voir produit Vitrulan SD5509K2/53)

Ces treillis sont à enrober complètement et se situent, dans la zone inférieure de l'épaisseur de la chape. Les treillis seront situés au maximum à la moitié de la surface du support et au minimum à 1/3 de la surface du support.



Mise en œuvre de la chape sur des armatures



Intervalle pour la position des armatures

3.9 Finitions et aspect du revêtement

La Chape en Terre de Léem peut adopter plusieurs types de finitions : lisse et huilée ou cirée, poncée donnant un rendu type terrazzo. Comme élément de finition, l'utilisateur pourra profiter de son aspect uniforme, intemporel et chaleureux.

Elle peut également être recouverte d'un revêtement. La finition dépendra de la destination du local et/ou des envies du maître d'ouvrage.

3.9.1 Finition lissée, huilée ou cirée

La chape pourra être laissée à nue et avoir une surface lisse. On appliquera plusieurs couches d'huile végétale et/ou de cire végétale pour renforcer l'état de surface et protéger la chape.

3.9.2 Finition poncée, huilée ou cirée

La surface de la chape peut être poncée pour lui donner un effet terrazzo. Tout comme la finition lissée, on appliquera plusieurs couches d'huile végétale et/ou de cire végétale pour protéger la chape.

Des produit d'imprégnation à base d'huile de lin et/ou de térébenthine : ECOimpregno par Arte Constructo®, Biofa, etc. Des produits d'imprégnation à base d'émulsion de cire de carnauba: LehmTonErde, Biofa, Galtane, ECOlogic par Arte Constructo®,...

NOMBRE DE COUCHE DE FINITION EN FONCTION DE L'USAGE DU LOCAL	
Échelle d'intensité de passage	Nombre de couches préconisées
Habitations et tertiaires à passage faible	3 huile + 1 cire
Lieux de circulation et tertiaires à passage intensif	3 huile + 3 cire



Sol lissé – 1 couche d'huile



Sol poncé – 1 couche de cire

[Truc et astuce] = la teinte de la chape peut varier en fonction du nombre des couches d'huile ou de cire.

[17] NIT 189, 4.2.4. Etat de surface de la chape, page 22

3.9.3 Finition avec revêtement

Il est possible de poser un revêtement sur la Chape en Terre de Léém. Une "microrugosité rapeuse" est conseillé pour que la surface accroche la colle [17]. Effectivement, il est conseillé de ne pas poncer la surface de la chape ou même d'en reboucher les fissures apparentes.

Pour tous les revêtements, on appliquera une colle permettant le passage de la vapeur d'eau entre la Chape en Terre et l'air ambiant. Il est donc préférable d'utiliser des colles à base de chaux ou équivalent pour conserver les caractéristiques respirantes du matériau : Bioflex S1 par Kerakoll®, Kholao par Saint-Astier®, Secil Adhere Cal®, colle écologique universelle Nature et Harmonie®, colle universelle naturelle DOMO Livos®, colle polyvalente sol souple HB Fuller®,...

On classe les revêtements applicables sur la Chape en Terre de Léém en plusieurs catégories:

TYPOLOGIES DE REVÊTEMENT COMPATIBLES AVEC LA CHAPE DE LEEM			
REVETEMENT DE SOL DUR	REVETEMENT DE SOL LIGNEUX (LAMELLES, PLANCHES)	REVÊTEMENT DE SOL SOUPLE (TEXTILE)	AUTRE REVÊTEMENT
Carrelage	Parquet bois (collé, clouté, flottant)	Moquette	Enduit de sol (type Argiofloor)
Tomettes		Jonc de mer	
Pierre naturelles		Toile de coco	
		Sisal	

a. Revêtement de sol dur

La pose de carrelage/tomettes/pierre naturelle pourra être possible à condition que le carrelage lui-même soit posé à la colle à la chaux. Il est impossible d'avoir une pose de type "sans joints", excepté pour les carreaux poreux comme les tomettes ou certaines pierres naturelles poreuses. Dans le cas d'une pose d'un carreau non perméable à la vapeur, ces joints devront mesurer au minimum 5mm en mortier respirant (ouvert à la vapeur).

b. Revêtement de sol ligneux (lamelles, planches)

Les parquets en bois collés, flottants ou cloués sont permis. Par leur composition en bois, ils permettent le passage de la vapeur d'eau.

Le parquet peut être :

- Collé avec de la colle ou égalines à base de chaux.
- Flottant où sa membrane flottante devra être perméable. Cette membrane permet d'accepter les différences de comportement de la chape en terre et du parquet en bois mais aussi de corriger les petites irrégularités de la surface. Elle constitue aussi un isolant acoustique. Il est possible que pour cette mise en œuvre, la chape en Terre de Léém soit polie au préalable pour que la surface ne soit pas trop irrégulière.
- Cloué : Dans le cas où le parquet est cloué, il faudra prévoir une composition de plancher de ce type (Voir section 5 détails n°5.2.3).

Pour conserver ses caractéristiques respirantes, le parquet sera uniquement ciré ou huilé. Le vernis est déconseillé.

c. Revêtement de sol souple (textile)

Les toiles comme du jonc de mer, toile de coco ou de sisal pourront être choisies. Chacun devra comporter un dossier perméable à la vapeur (coton ou bien en feutre) suivant le fabricant.

d. Autre revêtement

On peut également poser un enduit de sol (à base de gypse, d'argile, et/ou de chaux) comme revêtement avec un aspect terrazzo, granito, stucco ou cocchiopesto (par exemple Argiofloor, Stuc Stone,...). Cet enduit de sol est à appliquer directement sur la surface de la Chape en Terre. Il protégera la chape.

[Truc et astuce] = attention à ne pas confondre l'enduit de sol avec l'enduit qui est exclusivement destiné aux surfaces verticales.



Carrelage



Parquet flottant



Tomette



Enduit de sol



Parquet cloué



Moquette

3.10 Conditions hydriques

3.10.1 Protection contre l'eau en partie courante

Il est déconseillé d'utiliser la chape dans des pièces où elle peut être soumise à l'eau (salle de bain, buanderie, etc.). La chape devra être protégée de toute projection d'eau lors de travaux supplémentaires (revêtements de sol, pose d'un équipement...). Voir norme NBN EN 15251 pour la qualification des critères d'ambiance intérieure et les classes d'humidité en fonction des pièces.

3.10.2 Conception hygrothermique

Il est impératif de ne pas fermer la Chape en Terre de Léém à la vapeur. Dans tous contextes, la Chape en Terre devrait avoir une possibilité de faire passer la vapeur afin de garder sa capacité à absorber et rejeter l'humidité excédentaire dans l'air ou dans la chape. Comme vu dans section 2.a. Caractéristique hydrique : régulation de l'humidité, en fonction de la finition choisie, il sera nécessaire de prendre des mesures afin de permettre le passage dans la Chape en Terre, en choisissant des colles et matériaux qui sont perméable à la vapeur. Ceci est guidé par les qualités perspirantes et hygrothermiques des matériaux en terre crue (Voir section 1.b. Effusivité thermique).

En fonction de la conception des détails et des finitions sur la Chape en Terre, le potentiel de la régulation d'humidité sera facilité ou limité. En cas de présence anormale d'humidité dans la chape, appliquer un revêtement de sol souple textile est un plus pour constituer une zone de stockage d'humidité en surplus et la relâcher dans le temps. Cette technique permet de prévenir les éventuelles pathologies qui peuvent apparaître dans le temps.

[Truc et astuce] = Il est conseillé de combiner la Chape en Terre de Léém avec les Enduits & Peinture à l'argile de Léém appliqué sur les parois verticales pour des locaux très bien régulés en humidité.

3.11 Conditions sur les déformations

3.11.1 Retrait horizontal

Après sa pose, la chape connaît un retrait de séchage d'environ 3 mm/m, soit de 0,3% (1mm/m et 0,1% pour le béton de ciment). Ce retrait est causé par la dessiccation du mélange. Par succion, des forces d'attractions en traction sont exercées et provoquent un raccourcissement horizontal homogène de la chape qui mènent à des fissurations

Les fissurations de la Chape en Terre de Léém, dues au retrait de séchage, sont prévues comme une étape nécessaire pendant la mise en œuvre. (Voir section 4.4.4 Traitement de fissures contrôlées et finition). Elles ne pourront pas être évitées, mais peuvent être limitées par l'ajout d'une armature. En cas de pose de la chape comme finition, les fissures devront être rebouchées.

3.11.2 Joints structurels

La fissuration de la Chape en Terre se fait aussi à une échelle microscopique (Voir section . Ces microfissurations donnent assez d'espace au matériau pour assumer les dilatations thermiques et hydriques tout au long de son cycle de vie. C'est la raison pour laquelle la Chape en Terre de Léém peut être conçue sans joints de dilatation [3]. (Voir section 1.4.1 Typologies d'utilisation).

[3] Refined Earth: Construction and Design of Rammed Earth, 2022

3.11.3 Charges de poinçonnement

Les charges ponctuelles localisées devront être évitées. Des patins en feutre peuvent être installés sous les pieds des meubles pour limiter le poinçonnement ponctuel. Il est déconseillé d'avoir des charges d'exploitation importantes par poinçonnement et si c'est inévitable, il est conseillé de mettre une plaque de répartition de charge sous la charge de poinçonnement.

3.12 Joints

3.12.1 Joints de retrait périphérique

La chape connaît un retrait qui cause un écart entre le sol fini et les parois verticales de quelques millimètres. Pour des chapes adhérentes, il n'est pas nécessaire de poser joints périphériques. Si la typologie de chape contient une membrane, elle devra être relevée au bas des parois verticales pour désolidariser la chape du support et des parois verticales.

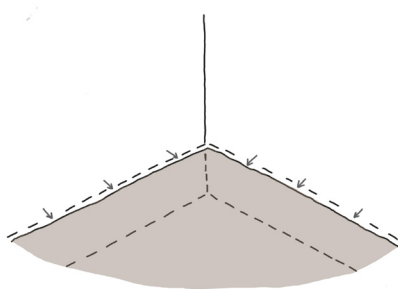


Schéma des retraits périphériques

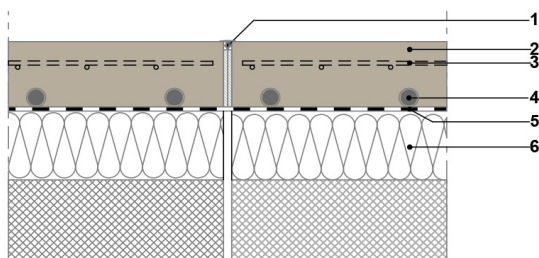


Exemple de retrait sur les bords d'un coffrage

3.12.2 Joints de dilatation

[3] Ibid, p26

En raison de sa fissuration anticipée et retouchée (Voir section 4.4.4 Traitements des fissures contrôlées), la Chape en Terre de Léém ne nécessite pas de joint de dilatation [3]. Cependant, si le support contient des joints de dilatation, alors la Chape en Terre de Léém devra être recoupée. Ou elle sera coulée en plusieurs surfaces pour suivre les joints de dilatation qui appartiennent au support. Ces joints seront reliés par des joints et couvre-joints. Les joints peuvent être en bande résiliente en liège. En plus de constituer une barrière physique entre surfaces de chape, cette bande pourra servir d'isolant acoustique aux bruits de choc transféré horizontalement par le sol.



Détail d'une chape sur un support avec joint de dilatation

1. Couvre joint métallique/Joint élastique
2. Chape en Terre de Léém
3. Armature (option)
4. Tuyau de chauffage au sol (option)
5. Membrane de désolidarisation
6. Support fractionné

3.12.3. Raccord avec les menuiseries

Si la Chape en Terre de Léém est utilisée en tant que finition lissée ou poncée, le retrait de séchage peut engendrer un espace de quelques millimètres entre la menuiserie et la chape. Ceci apporte une marge afin de prévoir le phénomène de la dilatation thermique et hydrique entre la menuiserie et la chape. L'écart peut être rempli avec un joint élastique.

3.13 Étanchéité à l'eau

En cas de finition lissée ou poncée, il est possible d'appliquer plusieurs couches de finitions en fonction du degré de résistance d'étanchéité souhaitée. Ces couches rendent la surface finie plus ou moins étanche à l'eau et la protection pour les tâches est variable.(Voir section 4.4.4 Finitions)



3.14 Étanchéité à l'air

La Chape en terre de Léém est considérée étanche à l'air quand elle ne possède pas de fissurations plus grandes que 0,5mm.

3.15 Affaiblissement et absorption acoustique

[20] Guide Bâtiment Durable –
Brussels – Acoustique d’une chape
flottante

L’atténuation acoustique vers des espaces voisins horizontaux ou verticaux est influencée par les bruits aériens et de chocs. [20]

3.15.1 Bruits aériens

La terre joue un rôle d’amortissement acoustique, elle permet une réverbération faible du son. Cela s’explique par la composition de la surface de la terre qui est moins lisse que les matériaux conventionnels. Elle arrive donc à amortir les ondes dans sa structure poreuse et granuleuse.

3.15.2 Bruits de chocs

[20] Ibid.

Cependant, par sa masse volumique importante, la chape transmet facilement les bruits de chocs. Pour éviter cela, une couche intermédiaire souple peut être insérée entre la structure porteuse et la chape ainsi que sur ses côtés. Cette couche d’isolant anti-vibration permet d’éviter la transmission des vibrations du plancher et de sa finition à la structure porteuse, et des vibrations externes de la structure vers le plancher. Ainsi, la chape fonctionne suivant le principe masse-ressort-masse. Un effet « ressort » et une masse importante permettent en effet d’abaisser la fréquence de résonance [20]. Plus cette fréquence de résonance est basse, plus l’amélioration de l’isolation acoustique est sensible et plus la masse surfacique de la Chape en Terre est effective.

Pour définir l’amélioration de l’isolation aux bruits de choc (ΔL_w) [dB] de la Chape en Terre flottante, il est possible d’utiliser le tableau 10 dans NIT 281. Afin de calculer rapidement l’isolement acoustique de chaque sous-couche résiliente associée à la chape en terre. La Chape en Terre possède une masse volumique supérieure à celle d’une chape en ciment et donc on peut se référer aux valeurs ci-dessous comme valeurs de référence. Ces valeurs peuvent ensuite être utilisées dans le Check-lists des Concepts de Construction. (Annexe G de NIT 281)

Quand il y a le besoin de l’ingénieur acoustique ou de l’architecte d’aller plus en détail, on peut calculer plus spécifiquement l’isolation acoustique à l’aide des masses surfaciques de la chape données en fonction de son épaisseur.

Il faut également la valeur de la masse surfacique de la Chape en Terre.

MASSE SURFACIQUE DE LA CHAPE EN TERRE DE LÉÉM						
Unité						
Épaisseur	mm	60	70	80	90	100
Masse surfacique	kg/m²	126	147	168	189	210

AMORTISSEMENT ACOUSTIQUE D'UN COMPLEXE EN PLANCHER EN FONCTION DE L'ISOLANT

Nature de la sous-couche résiliente	Epaisseur de la sous-couche résiliente	Nature de la chape flottante	Valeur ΔL_w
Polystyrène extrudé	20 mm	Ciment > 60 mm	10 dB
	30 mm		12 dB
	40 mm		15 dB
Polystyrène expansé	20 mm	Ciment > 60 mm	14 dB
	40 mm		26 dB
Polyéthylène extrudé ou réticulé	3 mm	Ciment > 60 mm	15 à 19 dB
	5 mm		20 dB
	2 x 3 mm		20 à 22 dB
	8 mm		21 à 27 dB
Polyuréthane projeté	20 mm	Ciment > 60 mm	22 à 25 dB
	30 mm		23 à 26 dB
	40 mm		25 à 26 dB
Polyuréthane recyclé	10 mm	Ciment > 60 mm	25 dB
	2 x 10 mm		33 à 34 dB
Laine de verre	8 à 15 mm	Ciment > 60 mm	11 à 31 dB
	16 à 30 mm		17 à 35 dB
Laine de roche	20 mm	Ciment > 60 mm	24 dB
	30 mm		25 dB
	50 mm		35 dB
Compositions à base de caoutchouc			18 à 26 dB
Compositions à base de matériaux composites	20 mm	Ciment > 60 mm	12 à 14 dB
Composition à base de liège			20 dB
Compositions à base de fibres textiles	6 mm	Ciment > 60 mm	24 dB
Compositions à base de cellulose de papier et de polystyrène	45 mm	Ciment > 60 mm	25 dB
Compositions à base de fibres de coco	15 mm	Ciment > 60 mm	22 dB
Chape sèche à base de polystyrène	20 mm	Plaques de plâtre renforcé de fibres 22mm	16 dB
Chape sèche à base de laine de verre	50 mm	Plaques de plâtre renforcé de fibres 10mm	35 dB
	30 mm		29 dB
Chape sèche à base de laine de roche	50 mm	Plaques de plâtre renforcé de fibres 10mm	35 dB
	30 mm	OSB 22 mm	25 dB

3.16 Pentes

La Chape en Terre de Léém peut convenir pour des pentes jusqu'à 5% et respecter les normes d'accessibilité pour les Personnes à Mobilité Réduite. D'après la réglementation d'accessibilité PMR, le maximum de pente admise est de 12%.

Pour ce taux de pente, la Chape en Terre de Léém devra être préparée avec moins d'eau pour avoir une classe de "slump" de S4 (160mm) (Voir section 4.3.2 pour les explications du slump test).

4. Conseils de mise en œuvre



4.1 Outillage

La liste ci-dessous est non-exhaustive et potentielle. Les choix finaux seront à faire par l'entreprise.

Phase de coulage : camion malaxeur, pompe à béton mobile ou stationnaire (piston) ou malaxeur planétaire, tuyaux de 85mm (pour une granulométrie jusqu'à 16mm), balle de nettoyage pour pompe à béton, kit du test d'affaissement, brosse, vibreur/aiguille à béton, niveau ou laser, râteau à béton, règle vibrante, barre à débuller, règle de chapiste, pelles, seaux, bottes de bétonnier, boîte à outils.

Phase de polissage de surface : polisseuse béton avec taloches métalliques, ponceuse béton et ses segments diamanté (préférentiellement à la main), raclette, brosse, taloche, boîte à outils

Phase de traitement de surface : textiles, brosses, ponceuse rotative pour cirer, boîte à outils



Règle de chapiste



Râteau à béton



Taloche



Balle de nettoyage

4.2 Conditions du chantier

Il est recommandé de couler la chape lors de températures situées entre 5 et 25°C. Les éléments en terre actuellement en construction ou en stockage doivent être protégés de l'eau de pluie, des fuites, de l'eau stagnante et de l'eau de chantier. Selon le choix d'installation, ainsi que l'accessibilité du chantier, de l'espace sera mis à disposition pour l'outillage prévu.

4.3 Préparation pour la mise en oeuvre

4.3.1 Choix de l'équipement

Dépendant de la quantité de chape à mettre en œuvre et des conditions de chantier, le choix optimale du malaxage et déchargement de la Chape en Terre sera fait. Ce choix, pour la mise en œuvre de la Chape en Terre de Léém sera fait en fonction de l'accessibilité sur chantier et de la surface de chape à couler. Il est conseillé, pour une chape d'une surface supérieure à 20m², d'utiliser un camion malaxeur et de décharger avec pompe à béton.

Si la chape > 20 m²	Si la chape < 20 m²
Malaxage en camion malaxeur	Mélange et malaxage sur chantier

La Chape de terre de Léém arrive sur chantier dans le camion malaxeur, déjà mélangée à l'eau et prête à être coulée. Le camion malaxeur possède un bac d'eau pour en rajouter avant le coulage au besoin.



Camion malaxeur



Pompe à béton stationnaire

Dans le cas où l'on remplit et malaxe sur chantier, la Chape en Terre de Léém arrive dans des bigbags, et le mélange sec/humide de la chape est mélangé à l'eau directement sur site.

Les malaxeurs doivent être propre et vide avant de charger la Chape en Terre, afin d'éliminer la présence de granulats résiduels qui pourraient facilement boucher les conduites. Le diamètre minimum du tuyau de pompe doit être de 85mm.

Comme dans tous les processus de pompages, il faut porter une attention particulière à la mise en marche de la pompe. Il est nécessaire de faire passer au préalable une barbotine d'Enduit d'Argile de Léém ou Mortier de Léém dans les conduites pour garantir le passage homogène de la chape. Il est conseillé que le montage se fera tuyau par tuyau avec la barbotine et le mortier de la chape en terre pour éviter tout risque d'obstruction. À chaque ajout supplémentaire d'un tuyau, le test de pompage avancera pour sortir du nouveau tuyau. Durant l'utilisation, la trémie de la pompe doit toujours être remplie afin de maintenir l'homogénéité du coulage de la terre et éviter le désamorçage de la conduite. Si de l'air entre dans la pompe, l'air montera en pression dans les conduites et pourrait provoquer de dangereux coups de fouets.

[Truc et astuce] = attention aux malaxeurs planétaires, qui doivent être assez puissant (au moins 430V) pour pouvoir mélanger la Chape en Terre de Léém qui est très visqueuse.

4.3.2 Consistance et pompabilité

Pour la durabilité de la Chape en Terre de Léém, il est important d'obtenir la bonne consistance de chape avant de pomper et de la couler. L'essai d'affaissement au cône d'Abrams (« slump test ») définit la bonne consistance du mélange. Il permet de contrôler la quantité d'eau et sa texture. Avant d'être coulée, la terre doit répondre à la catégorie d'affaissement S4. La texture voulue de la chape ne permet pas de faire le test avec la plaque fournie avec le cône d'Abrams, il est donc conseillé de le faire sur une surface plane, et suffisamment grande.

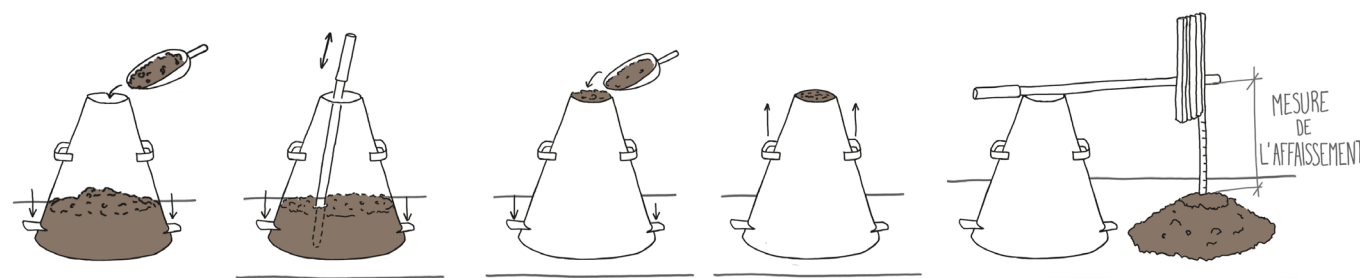


Schéma des étapes d'un «slump test»

CLASSES DE CONSISTANCE DU BÉTON ET L'AFFAISSEMENT CORRESPONDANT SELON LA NORME NF EN 206/CN		
CLASSE	AFFAISSEMENT EN MM	PROPRIÉTÉ DU BÉTON FRAIS
S1	Oct-40	Ferme, très secs et peu maniable
S2	50-90	Plastique, à humidité moyenne et à maniabilité moyenne
S3	100-150	Très plastique, très humide et à maniabilité élevée
S4	160-210	Fluide, très humide et à maniabilité élevée
S5	≥	Très fluide, très humide et à maniabilité élevée

Ces classes de consistance du béton sont les mêmes pour la terre crue.

Pour information, cette catégorie d'affaissement S4 correspond à une teneur en humidité de + ou -10%. Pour un mélange au camion malaxeur, on prendra une valeur de pression de 110bar visible sur le manomètre pour la bonne consistance du mélange.

Il est possible que la chape ait une consistance difficile à étaler, même en respectant les préconisations ci-dessus. Il est possible d'augmenter le taux d'humidité de la chape vers un S4 « haut » mais cela augmentera la fissuration au séchage.

Si la chape est coulée accidentellement avec un classement «slump» de S5 il faudra suivre les préconisations section 4.7.2 Auto-contrôle des fissures.



4.4 Règles de pose

4.4.1 Préparation du support

Avant la mise en œuvre, il convient de nettoyer la surface du support :

- Enlever parties non adhérentes
- Éliminer les salissures par brossage
- Dépoussiérage par aspiration

La chape est posée sur une surface de réception exempte d'humidité, qui lui risque d'être nuisible. La surface de réception ne doit pas avoir d'inclinaison pour une pose uniforme avec une épaisseur régulière de la chape.

Dans le cas d'une chape non adhérente ou flottante, une couche de désolidarisation, membrane en plastique, sera posée sur le fond de la surface à couler et relevée sur quelques centimètres au-dessus du niveau fini pour permettre une désolidarisation de la chape et des parois verticales. Elle devra comporter un recouvrement de minimum 5cm entre lés. Cette membrane peut être mise en œuvre uniquement pour les revêtements non étanches. Elle pourra être coupée à ras après exécution des revêtements de sol. Voir section 4.3.6 Membranes.

4.4.2 Coulage



Coulage de la chape à l'aide du tuyau de la pompe à béton



Lissage de la surface de la chape

La Chape en Terre de Léém est répartie peu à peu au bon endroit, sur l'ensemble de la surface avec la méthode de déchargement choisie (goulotte de camion malaxeur, tuyau à partir de la pompe à béton ou brouette). Elle est répartie à l'aide d'une lissarde à béton. Une fois étalée à niveau, on passe l'aiguille à béton afin de limiter les bulles d'air dans la chape. Il est important de ne pas trop vibrer la surface pour ne pas changer la structure granulaire du mélange, surtout avec des mélanges de classe d'affaissement S5 (Voir section 3.3.1 Consistance et pompabilité).

La surface est égalisée à l'aide d'une règle (vibrante ou non) dans les parties courantes et à l'aide d'une taloche dans les zones plus difficiles d'accès. Le niveau de la chape peut être vérifié à l'aide des repères de nivellement. L'armature a tendance à remonter à la surface, c'est pourquoi il faudra la repousser vers le bas pour une position parfaite (voir section 3.3.9. Armatures). Ensuite, la surface est tirée à la règle. Il faudra être vigilant à ne pas déborder sur les parois verticales et poser avec précision la chape sur le secteur périphérique.

4.4.3 Séchage

a. Conditions du séchage

Lors du séchage, la température du local doit se situer entre 5 – 25 °C. Ce processus de séchage peut être appliqué d'octobre à mars avec un déshumidificateur et d'avril à septembre en ouvrant portes et fenêtres du local. Le local devra être impérativement bien ventilé afin de favoriser le séchage du produit.

La chape ne devra pas être recouverte pendant son séchage sous peine que des tâches apparaissent en surface. Toutes les fenêtres devront rester fermées pour éviter toute dégradation due aux conditions climatiques. La chape doit être protégée de toutes expositions à l'eau pour éviter le développement de pathologies. Toute exposition directe au soleil de la chape est déconseillée pendant le séchage [21].

[21] NIT 193, 2.2. Précautions à prendre avant et pendant la mise en oeuvre, p.7

b. Pathologies possibles

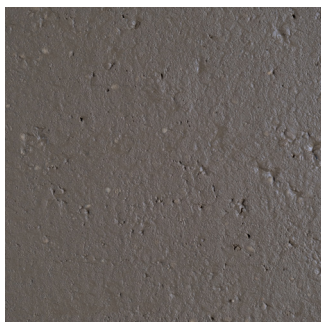
Des légères efflorescences provenant du matériau Chape en Terre de Léém peuvent apparaître à la surface de la chape. Ces cristallisations sont constituées principalement d'ions carbonates. Pour les enlever, un nettoyage avec une éponge humide permet de garder une couleur uniforme une fois la chape finie. Si les efflorescences proviennent du support, et non de la chape, ils peuvent provenir des sels présents dans celui-ci (sulfates et chlorure alcalins). Si elles dégradent les caractéristiques mécaniques de la chape, il est préconisé d'enlever les parties endommagées et de recouler ces zones spécifiques pour garantir les propriétés mécaniques du produit.

c. Délais

Dans les conditions à +20°C et 50% d'humidité relative, il faut laisser la chape sécher 7 jours avant de pouvoir marcher dessus avec protection sous les pieds. Le délai d'attente après avoir coulé la chape est différent de la chape à base de ciment, de chaux et d'anhydrite. Effectivement, le liant argile est différent du liant ciment, la réaction chimique est douce. La cohésion totale des charges et de l'argile est effective dès l'évaporation de la majorité de l'eau après 1 semaine complète de séchage.

Normalement, la fissuration anticipée (voir section 3.11. Conditions sur les déformations) apparaîtra après 15 jours. Il faut compter 28 jours pour un séchage complet et avant de pouvoir mettre du poids sur la chape.

Après cette période de séchage, des étapes suivantes peuvent être entreprises : rebouchage des fissurations et/ou ponçage de la Chape en Terre.



Chape visqueuse : surface très brillante



Chape molle: surface brillante
Les fissures commencent à se former



Chape ferme au toucher : surface mat



Chape poncée : surface lisse après traitement finition

4.4.4 Traitement des fissures contrôlées et finition

Le traitement de la surface de la chape après ou pendant son séchage reste différent selon les types de finitions. Les indications suivantes indiquent les étapes à suivre en fonction du type de finition choisi

a. Fissuration contrôlée

Ces fissures sont anticipées et traitées selon le type de finition. Si les fissures sont « actives », cela veut dire que les granulats dans la chape en Terre bougent en poussant fortement avec le doigt dessus. Il faudra retirer ces morceaux qui ne résistent pas.

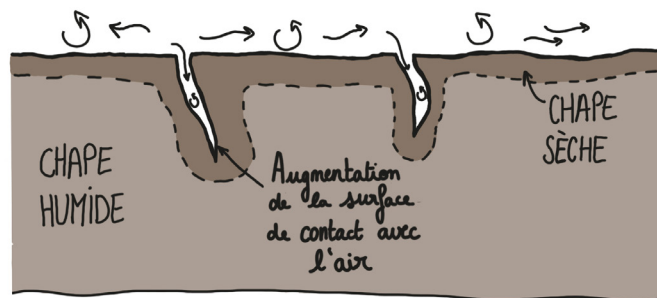


Schéma illustrant le séchage accéléré de chape par la fissuration

En plus de cela, elles permettent d'accélérer le séchage. L'air pénètre à l'intérieur des fissures et sèche la chape dans sa masse, augmentant sa surface de contact avec l'air.

Dans le cas d'une pose d'une couche de finition tel que du revêtement de sol, ces fissurations constituent une surface rugueuse et un lit d'accroche pour la colle.

La fissuration est aussi un point clé pour l'auto-contrôle de la chape et de la qualité de la mise en œuvre.

b. Auto-contrôle des fissures

Les fissures constituent un bon indicateur de la qualité du mélange de la chape en terre et du bon dosage de l'eau. Les fissures sont à mesurer avec un mètre ou un réglet et sont à prendre dans la largeur.

Tolérance maximale	
Largeur	< 6mm

Si les mesures des fissures ne sont pas comprises sous cette tolérance maximale, alors la chape doit être déposée et reposée. Effectivement, elles témoignent d'un mauvais dosage de l'eau et donc d'une résistance mécanique plus faible. Cette résistance plus faible pourrait causer des pathologies à court ou long terme sur la chape.

Etant réutilisable, la démarche à suivre sera identique à celle déjà effectuée pour la mise en œuvre. Il faudra être très vigilant sur la quantité d'eau ajoutée et veiller à effectuer le slump test dans les règles de l'art.

Normalement, avec une mise en œuvre correcte de la Chape en Terre, il n'y aura pas de fissures actives.

Si la chape est coulée en S5, les fissures seront plus importantes. Il faudra inspecter toutes les fissures et mesurer leur largeur. La largeur maximale devra être de 5mm. Dans le cas où cette largeur est dépassée, il faudra déposer la chape pour recommencer la mise en œuvre et veiller à bien la couler en S4.

Étant réutilisable, la Chape en Terre de Léém sera déposée. La démarche à suivre sera identique à celle déjà effectuée pour la mise en œuvre. Pour cette seconde mise en œuvre, il faudra être très vigilant sur la quantité d'eau ajoutée et veiller à effectuer le slump test dans les règles de l'art.



Surface fissurée de la chape



Mesure et contrôle des fissures

c. Traitement pour une finition avec revêtement de sol

Les fissures qui seront sous la surface du revêtement n'ont pas besoin d'être traitées. Elles constituent une surface d'accroche pour la colle.

d. Traitement pour une finition lissée et huilée/cirée

La finition lissée nécessite une grande surveillance des délais et de la teneur en humidité de la chape.

Après un temps de séchage de 2-3 semaines dans des conditions de séchage respectées, la chape est encore humide mais ferme au toucher. Si la chape n'est pas assez humide ou déjà totalement sèche, on pourra mouiller la surface 24h avant le lissage. L'humidification devra être faite avec un vaporisateur en plusieurs passes dans les 24h avant le lissage. Les taloches métalliques de l'hélicoptère pourront repousser les granulats vers l'intérieur de la chape pour la densifier. Les taloches métalliques qui viennent caresser la surface de la chape écrasent puis étalent la terre dans les fissures. Les zones plus difficiles d'accès seront talochées à la main. Cela permet de lisser la surface de façon uniforme et de faire disparaître les fissures.

Après de lissage, si besoin, une barbotine d'argile peut être tirée à la raclette pour remplir les imperfections et fissures restantes.

Pour plus de résistance, il est possible de saupoudrer de la poudre de quartz à la surface de la chape et passer l'hélicoptère. Effectivement, le quartz va incorporer la surface de la chape, comme pour un béton quartzé.

e. Traitement pour une finition poncée

La finition poncée nécessite un comblement des fissures. Après un temps de séchage de 2-3 semaines dans des conditions optimales, on pourra contrôler, combler puis poncer la chape. Elle doit être encore humide mais ferme au toucher. Si la chape n'est pas assez humide ou déjà totalement sèche, on pourra mouiller la surface 24h avant le ponçage. L'humidification devra être faite avec un vaporisateur en plusieurs passes dans les 24h avant le ponçage.

Étape 1 : Comblement des fissures

En premier, les fissures devront être rebouchées à l'aide d'une barbotine.

Pour une finition poncée, un surplus devra être réservé dans un sceau hermétique quand la chape est prête à l'emploi ou le fond d'un big bag devra être inversé. Ces fissures pourront être remplies grâce au surplus de chape prévu à cet effet. Il est possible de la faire de différentes manières : pousser au doigt les grains dans la chape encore humide, ou recouler de la barbotine dans les fissures

Une barbotine d'argile peut être tirée à la raclette pour remplir les imperfections et fissures restantes. Le mélange sec Chape en Terre et de l'eau sont mélangés et tamisés à l'état liquide à 4 ou 6 mm pour créer de la barbotine. Ce tamisage permettra de retirer les graviers les plus gros qui ne rentreraient pas dans la largeur de la fissure. Cette barbotine est étalée et tirée par raclette. La barbotine peut aussi se faire avec la poussière du ponçage.



Versement de la barbotine dans les fissures



Raclement de la surface

La texture de la barbotine doit se rapprocher de la texture d'une pâte à crêpe, c'est-à-dire assez liquide. Si cette dernière est trop épaisse, elle pourrait laisser des traces sur les surfaces lissées qui ne contiennent pas de fissures.

[Truc et astuce] = en faisant plusieurs essais, l'artisan avec de l'expérience peut avoir une précision haute de la texture de la barbotine

[Truc et astuce] = appuyer fortement sur la raclette afin de racler parfaitement la surface pour qu'il y ait de la barbotine seulement dans les fissures



Préparation de la barbotine à l'aide d'un mélangeur de peinture



Consistance de la barbotine souhaitée

Il est possible de saupoudrer de la poudre de quartz à la surface de la chape et passer la cireuse rotative (p.e. Woodboy avec « pads » durs) pour rendre la surface plus résistante.

Étape 2 : Pose de la barbotine

La pose de la barbotine se fait avec une raclette. Dans les endroits difficilement accessibles ou sur la périphérie de la chape, on devra l'appliquer à la main.

Dans le cas où la chape présente de trop larges fissures (>3mm) alors il faudra passer de la barbotine en passant deux fois la raclette dessus. Il faudra appuyer fortement sur la raclette afin de racler parfaitement la surface pour qu'il y ait de la barbotine seulement dans les fissures. Il est conseillé d'attendre 15 minutes après la pose de la barbotine pour poncer.



Application de la barbotine à la main sur les zones périphériques

Étape 3 : Ponçage

Pour une finition poncée, le ponçage se fait à l'aide d'une ponceuse à béton (avec segments diamantés) à la main. Le ponçage donne une finition terrazzo en faisant ressortir les couleurs des différents graviers poncés (Voir section 3.9 Finitions et aspect du revêtement).

On ponce la surface à l'aide d'une ponceuse rotative diamantée pour uniformiser la surface. Notons qu'il est important d'effectuer cette étape quand la chape est encore humide mais ferme au toucher. L'humidité dans la chape détermine grandement la la qualité du ponçage.

Si la chape n'est pas assez humide ou déjà totalement sèche, on pourra mouiller la surface à l'aide d'un vaporisateur un jour avant le ponçage. Il est important de ne pas oublier d'humidifier les zones périphériques au droit des murs à la main.

Un premier test de ponçage sur 1 m² est conseillé. Si la surface est trop abîmée après le passage –c'est à dire que plusieurs graviers ont été éjectés ou que la surface présente des trous– (ajouter une photo ?) il faudra humidifier une nouvelle fois la surface de la chape à l'aide d'un vaporisateur. Reponcer sur la même surface de test et contrôler une nouvelle fois l'aspect de la surface.

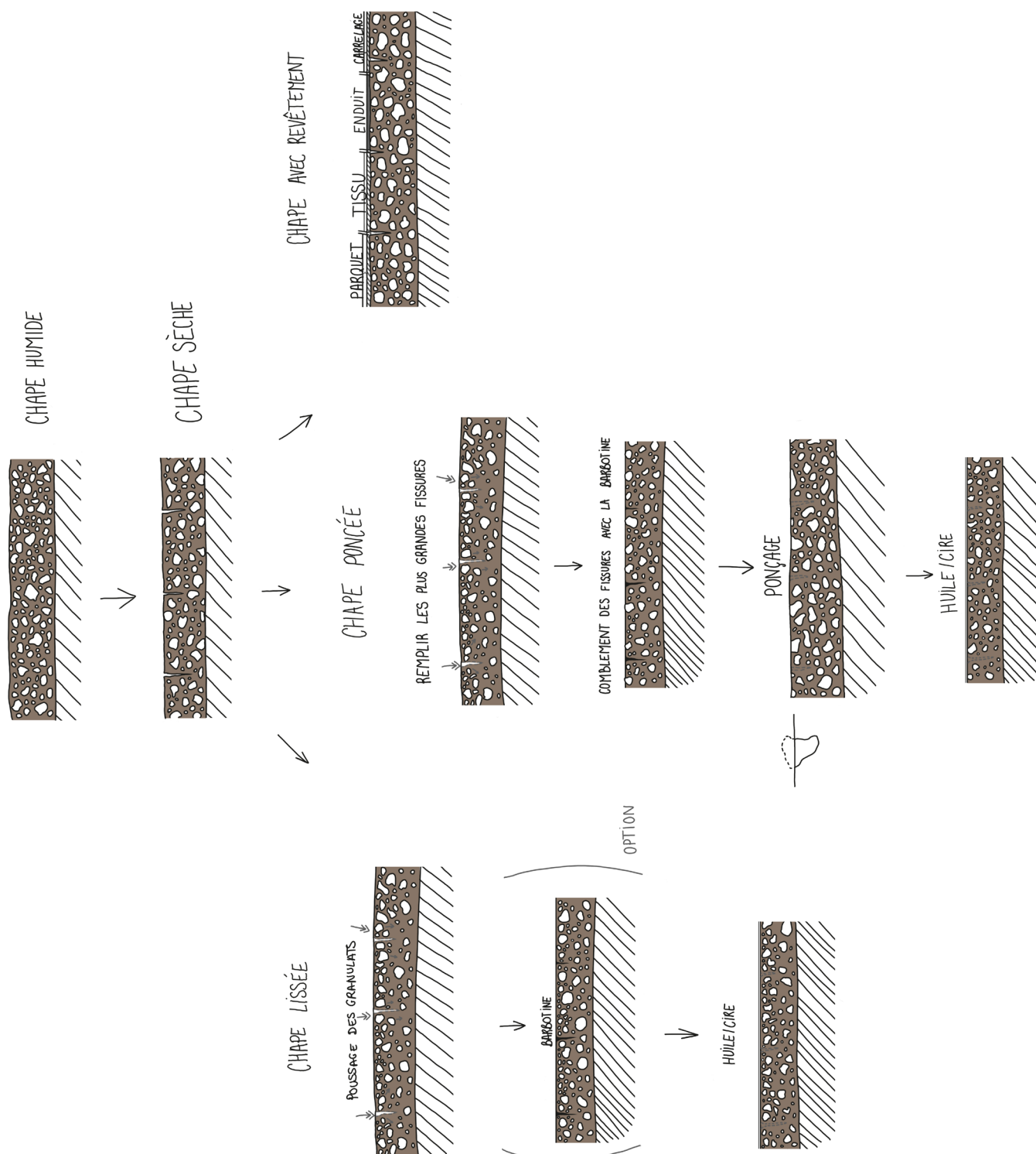
Quand la surface possède la bonne texture, le ponçage avec segments diamanté ponce les gros granulats sur la surface, soit en poussière intégrée dans la chape ou intégrés par la ponceuse pour remplir des petits trous.

Durant le ponçage, il faudra bien veiller à dégager la terre en excès à l'aide d'un balai et/ou d'un aspirateur.



Ponçage à l'aide d'une ponceuse rotative diamantée

Pour résumer les plusieurs types de finitions, suivre la page suivante.



Étapes à suivre en fonction de la finition choisie

4.5 Autocontrôle

Une fois sèche, l'état de la Chape en Terre de Léém devra être évaluée. On vérifiera sa cohésion et son adhésion au support ainsi que ses niveaux.

Pour les tests qui suivront, les dalles de contrôle, le test à l'humidité ainsi que le test au poinçonnement s'appliquent lors de chantier à plus de 1000 m² de pose de Chape en Terre de Léém.

4.5.1 Tolérances d'exécution

La planéité de la chape peut être contrôlée à l'aide de règles de contrôle de 1 à 2 mètres de longueur qui présentent aux extrémités des taquets résistants à l'usure d'une épaisseur égale à la tolérance admise. En plus, un troisième taquet mobile de même dimension et d'une épaisseur égale à deux fois la tolérance doit être disponible pour être positionné sur la règle droite. Le contrôle s'opère local par local à au moins 20 cm des murs ou de tout autre obstacle (sauf précision contraire). Dans cette zone de 20cm du mur, on tolère une planéité d'une classe moins sévère que celle prévue dans les parties courantes [17].

[17] NIT 189, 4.2.3. Planéité de la chape et du support, p. 19

4.5.2 Dalle de contrôle et dalle témoin

Il est conseillé de fabriquer deux dalles témoins de la Chape en Terre de Léém par tranche de 1000m² sur site d'une dimension de 400x400x60mm. Elles sont fabriquées dans des moules rigides fait de plaques de bois pour coffrage. Les moules sont traités à l'huile de décoffrage avant le remplissage. Le remplissage des moules se fait en une couche avec le mortier utilisé pour faire la Chape en Terre et pendant la mise en œuvre de celle-ci.

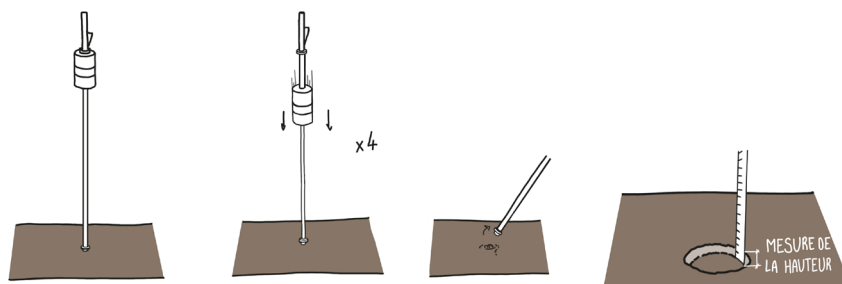
[17] NIT 189, 4.3.2. Procédure d'essai proposée par le CSTC, p.23

Les échantillons de chape seront coulés dans les mêmes conditions que la chape pour se rapprocher le plus possible de la mise en œuvre finale [17]. Se référencer à NIT 189 et à la fiche technique pour comparer les résultats.

La dalle de contrôle permet de vérifier les caractéristiques intrinsèques de la chape en laboratoire tandis que la dalle témoin sert à contrôler les caractéristiques de la chape au moment de la mise en service.

4.5.3 Test de poinçonnement

Il est conseillé d'effectuer un test au poinçonnement pour des chantiers de 1000m² pour voir si la chape correspond aux caractéristiques techniques définies par la Fiche technique de la Chape en Terre de Léém. On mesure la profondeur du poinçonnement après 4 chocs réalisés à l'aide d'un poinçon cylindrique ou screed tester. Le teste consiste à lâcher une masse de 4kg sur une hauteur de 1m sur un poinçon cylindrique de section 500mm². L'essai doit être réalisé sur dalle témoin après 28 jours de séchage. Le test répondra aux exigences suivantes : valeur moyenne < 4mm et valeur maximale < 8mm.



Etapes pour le test de poinçonnement

4.6 Finitions et aspect du revêtement

La Chape en Terre de Léém propose plusieurs finitions (Voir section 3. Conseil de conception). La finition dépendra de la destination du local et/ou des envies du maître d'ouvrage.

Pour tout type de finition, il faudra veiller à ne pas réhumidifier le support avant sa pose.

4.6.1 Finitions sans revêtement avec couches de protection

Afin de la rendre plus résistante aux usages généraux, on applique des couches de protection consistant d'une huile végétale (de lin cuite) ou d'une cire végétale. L'huile et la cire permettent de protéger la Chape en Terre des tâches et de faciliter son entretien. Toutes deux sont des composés hydrophobes et pourront améliorer la résistance à l'eau de la chape en tant que couche de protection.



Finition à l'huile sur une chape lissée



Finition à l'huile sur chape poncée

Le but de l'imprégnation est d'assurer que le système de protection s'intègre en profondeur dans la chape mais aussi qu'il adhère correctement à la surface. Il est possible d'utiliser une raclette et/ou éponge et/ou un balai cirer pour imprégner la Chape en Terre. Les quantités superflues et stagnantes doivent être enlevées avec un textile absorbant.

Attention : les huiles de lin cuite du marché tendent pour la plupart à faire jaunir la surface de la chape. Des marques évitent un jaunissement non-souhaité de la surface : Galtane et Biofa.

Étape 1 : Imprégnation

Ici, on devra choisir entre l'huile ou la cire. L'huile ou la cire est appliquée en plusieurs couches plus ou moins diluées. Les applications successives se font avec quelques heures de séchage entre chaque couche. L'essence de térébenthine ou la dilution de l'émulsion de cire permet d'avoir une imprégnation plus profonde dans la structure ouverte de la chape. La dilution se fait en fonction du nombre de couches appliquées. On préconisera pour une imprégnation en 2-3 couches.

Étape 2 : Couche de protection finale

La couche de protection peut se faire avec de l'huile de lin cuite ou du cire de carnauba, n'importe le type d'imprégnation utilisé. Le nombre de couche sera déterminé en fonction de la destination et de l'utilisation du local. La cire de carnauba demande une préparation au préalable pour obtenir une consistance liquide applicable sur la chape. Il peut être préférable, pour maîtriser les proportions du mélange, d'utiliser des cires déjà mélangées disponibles sur le marché. l'huile pourra être diluée avec de la Térébenthine.

Des imprégnations et des mélanges de couche de protection finale déjà existent aussi sur le marché: Arte Constructo, Biofa, LehmTonErde, Galtane, ...

IMPÉGNATIONS ET MÉLANGES DE COUCHE DE PROTECTION FINALE					
Elément de protection		Huile		Cire	
Composition du mélange		Huile végétale	Térébenthine	Emulsion de cire	Eau
1ère couche		80-90%	10-20%	33%	77%
2ème couche				50%	50%
3ème couche		optionnel		77%	33%



Application de la cire par des mouvements circulaire à l'aide d'un tissu non abrasif

4.6.2 Finitions avec revêtement

Tous les revêtements doivent être appliqués avec des colles adaptées à la Chape en Terre de Léém afin de ne pas compromettre ses propriétés physiques (voir section précédente). Les variations de niveaux, la planéité de la chape et son humidité devront être inspectées avant la pose de tout revêtement. (Voir la section 4.c. Autocontrôle)

Si le plancher contient un système de chauffage, il est nécessaire de le mettre en marche sur régime bas quelques jours avant l'application du revêtement pour les revêtements suivants : les carreaux de céramique ou assimilés, la pierre naturelle collée, le parquet collé, et les planchers bois ou à base de bois [22].

[22] NIT 272, 2.5.5.2.3 Mise en œuvre de la colle, p.38

Pour la pose de carrelage, une colle à base de chaux (Voir section 3.i. Finitions et aspect du revêtement) est appliquée avec un couteau à colle. Il faut, au minimum, que les joints entre les carreaux soient de 5mm. Il est donc impossible d'avoir une pose de type "sans joints", excepté pour les carreaux poreux comme les tomettes ou la pierre naturelle.

Pour un parquet collé, on respectera les règles de mise en œuvre prescrites par la NIT 272. On veillera à ce que la planéité de la chape respecte une tolérance sévère, ou au moins que la surface de contact entre la colle et l'élément porteur soit de 70% [17].

[17] NIT 189, 4.2.4. Etat de surface de la chape, p 22

Une "microrugosité râpeuse" est conseillée pour que la surface accroche la colle. Effectivement, Il est conseillé de ne pas poncer la surface de la chape ou même d'en reboucher les fissures apparues.

Il est possible que pour cette mise en œuvre, la Chape en Terre de Léém soit polie au préalable pour que la surface ne soit pas trop irrégulière.

4.7 Échéancier de pose

L'échéancier suivant permet de situer les différentes phases de pose et de mise en service de la Chape en Terre de Léém en fonction de son type de finition.

ÉCHANCIER DE POSE DE LA CHAPE EN TERRE DE LÉÉM EN FONCTION DE LA FINITION CHOISIE								
		Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Usage et entretien	
Type de finition								
LISSÉE ET HUILÉE	Pose						Patins sous meubles, chaussures sèches, entretien avec une serpillère humide et produit peu abrasif	
	Coulage							
	Comblir les fissures							
	Passage de l'hélicoptère							
	Pose couche de finition							
	Services et usages							
	Marcher (nu pied)							
	Entreposer du matériel avec des protection et sans poinçonnement							
	Mise en service							
	PONCÉE (TERRAZZO)	Pose						Patins sous meubles, chaussures sèches, entretien avec une serpillère huide et produit peu abrasif
Coulage								
Comblir les fissures								
Pose couche de finition								
Services et usages								
Marcher (nu pied)								
Entreposer du matériel avec des protection et sans poinçonnement								
Mise en service								
REVÊTEMENT DE SOL		Pose						
	Coulage							
	Pose du revêtement							
	Services et usages							
	Marcher (nu pied)							
	Entreposer du matériel avec des protection et sans poinçonnement							
	Mise en service							

4.8 Entretien et réparation

L'entretien concerne seulement la Chape en Terre utilisée comme revêtement final, c'est-à-dire lissée ou poncée.

D'une manière générale, l'entretien et l'attention apportée à la chape doivent être importants. Son entretien est très facile mais du fait de sa nature non stabilisée, la chape doit être entretenue de manière régulière. Nous conseillons, en plus d'un nettoyage régulier de la surface, d'effectuer un entretien complet de la chape :

- Continu : précautions d'utilisation autour de la Chape en Terre de Léém
- Chaque semaine ou mois : entretien avec un produit de nettoyage nourrissant
- Chaque année jusqu'à 5 ans : entretien et réparation par rebouchage des trous éventuels et refaire une couche de protection (huile ou cire).

Précaution d'utilisation

La Chape en Terre de Léém a une résistance au poinçonnement proche de celle du parquet. Elle est donc déformable sous les chocs localisés. Il est conseillé d'équiper les meubles de patins en feutre pour ne pas abîmer la surface.

Entretien

L'entretien de la chape est comparable à un parquet ciré. Il est nécessaire de prévoir avec une serpillière humide et un produit de nettoyage peu abrasif. Il est vivement conseillé d'utiliser du savon noir ou des produits d'entretiens pour les parquets cirés.

Pour un entretien plus important, la finition à la cire ou à l'huile peut être retouchée indéfiniment comme pour un parquet ciré. Les préconisations d'entretien sont : un dépoussiérage régulier une fois par semaine, un nettoyage mensuel à hebdomadaire avec un chiffon humide, et un ré-encaustiquage annuel ou biennuel.

La circulation avec des chaussures possibles mais elles doivent être sèches.[6]

Réparation

La chape peut être retouchée et réparée de manière infinie [3]. C'est pourquoi il est important de stocker dans un endroit sec et ombré un surplus de 1-2% de matière pour des réparations éventuelles. Même après plusieurs années la mise en œuvre initiale, les réparations ajoutées ne seront pas visibles.

La réparation peut concerner des impacts ou des griffures. C'est avec la Chape en Terre de Léém humide que l'on vient combler les trous en bouchant les impacts. Il est important de retirer les graviers les plus importants au préalable. Une fois que la surface est sèche, on peut la lisser en imprégnant une raclette-éponge d'eau, ou bien on la poncera. (Voir section 4.d.iv. Rebouchage des fissures) Pour finir, la chape est cirée ou huilée dans son entièreté comme pour un entretien annuel.

Conservation

Pour reboucher les fissures, on notera qu'une petite quantité de chape devra être conservée au moment du coulage de la chape. (Voir section 4.4.4 Traitement des fissures contrôlées et finition)

Pour son entretien et ses retouches au fil de son existence, il faudra conserver un surplus de Chape en Terre de Léém à l'état sec. Il est important de la stocker dans un endroit sec et ombragé.

[6] Sustainable Building with Earth, page 301

[3] Rammed Earth Flooring, page 56

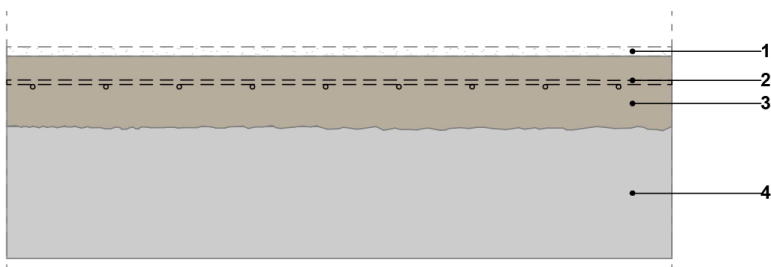
5.

Détails de construction



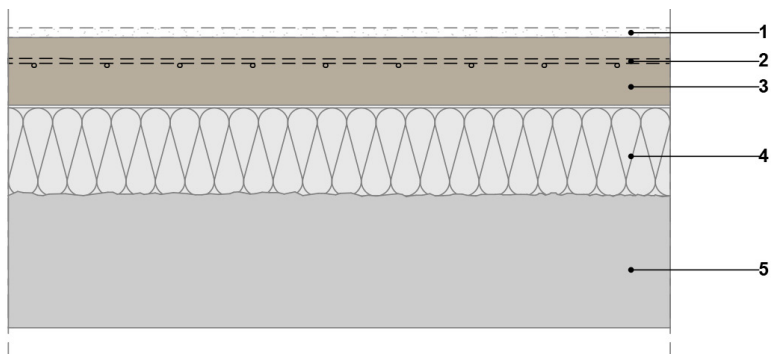
5.1 Détails de tous les types de chapes

a. Chape adhérente



Chape adhérente sur son support

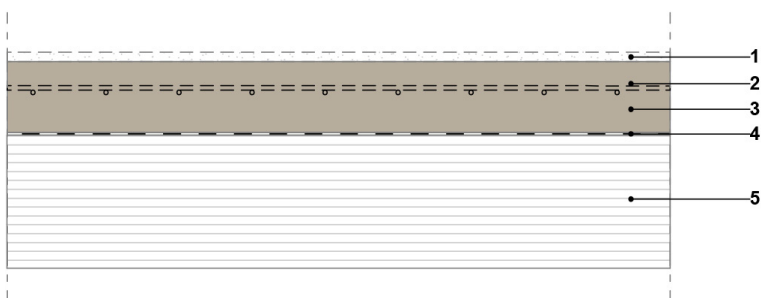
1. Huile/Cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Support



Chape adhérente sur isolant type vrac

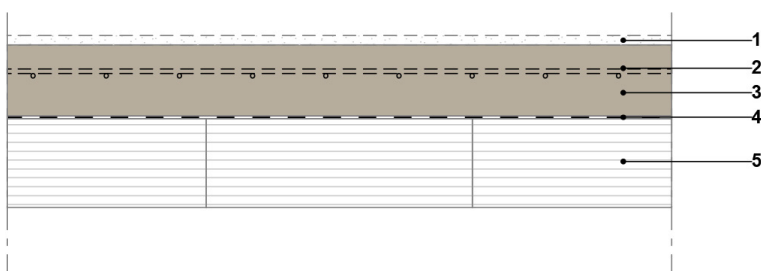
1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Isolant en vrac type CaNadry
5. Support

b. Chape non-adhérente



Chape non-adhérente sur support

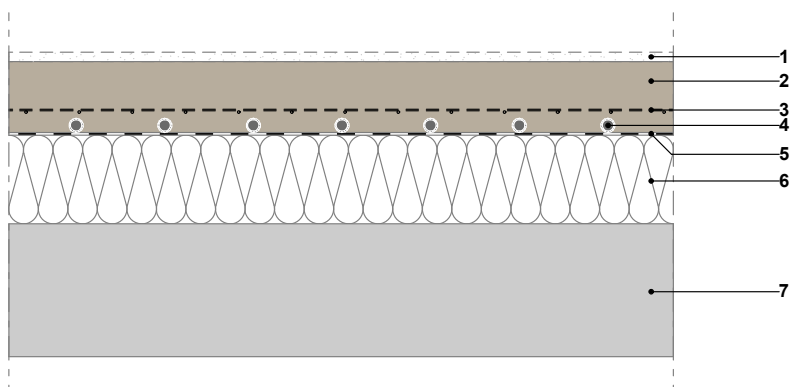
1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Membrane
5. Support



Chape non adhérente sur support fractionné

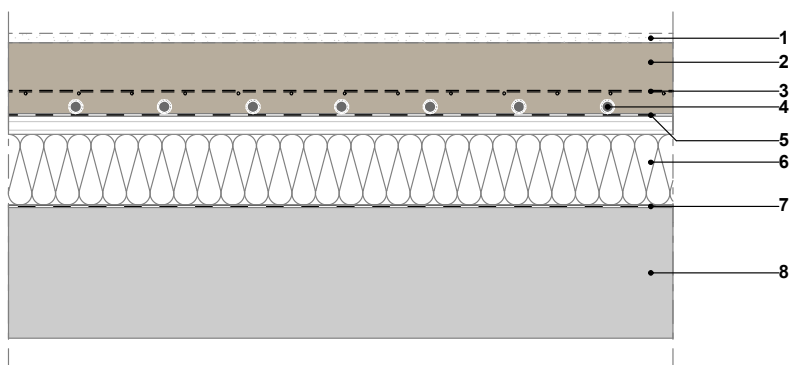
1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Membrane
5. Support

c. Chape flottante



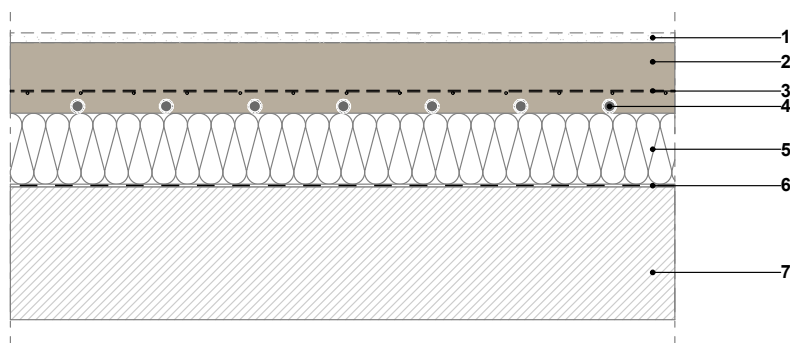
Chape flottante sur un isolant léger en plaque

1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Chape en Terre de Léém
3. Armature (option)
4. Système de sol de chauffant (option)
5. Membrane
6. Isolant fractionné
7. Support



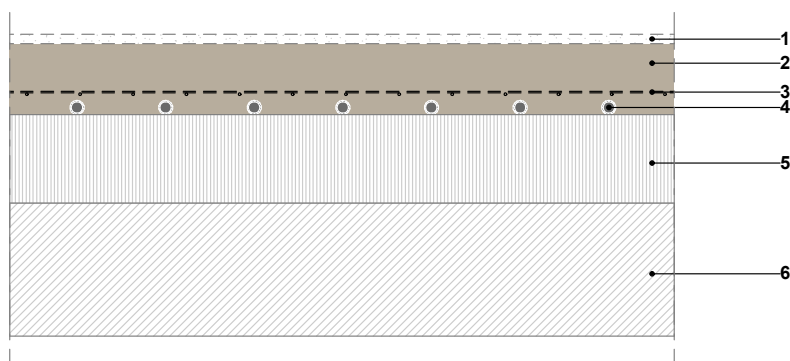
Chape flottante sur un isolant mou

1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Chape en Terre de Léém
3. Armatures (option)
4. Système de sol de chauffant (option)
5. Panneaux OSB et membrane étanche
6. Isolant
7. Membrane anti-capillaire
8. Support



Chape flottante sur un isolant rigide

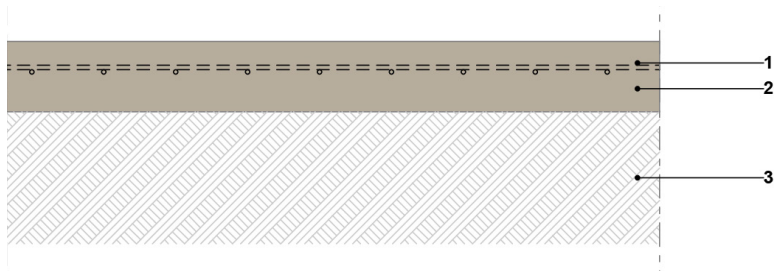
1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Chape en Terre de Léém
3. Armatures (option)
4. Système de sol de chauffant (option)
5. Isolant rigide
6. Membrane anti capillaire
7. Support



Chape flottante sur un isolant en vrac sec

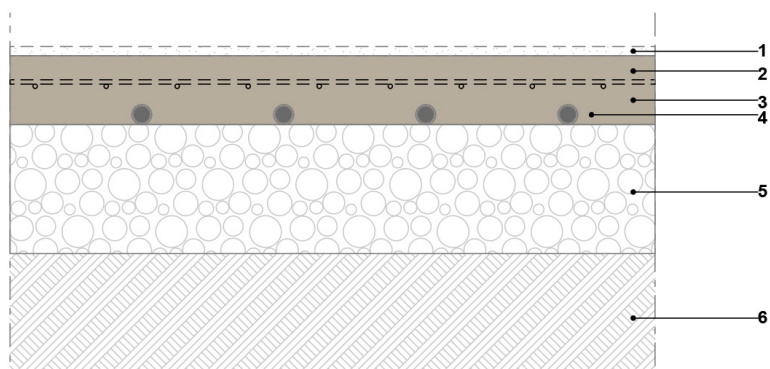
1. Revêtement de sol (option)
2. Chape en Terre de Léém
3. Armature (option)
4. Système de sol chauffant (option)
5. Isolant en vrac
6. Support

d. Chape sur terre-plein



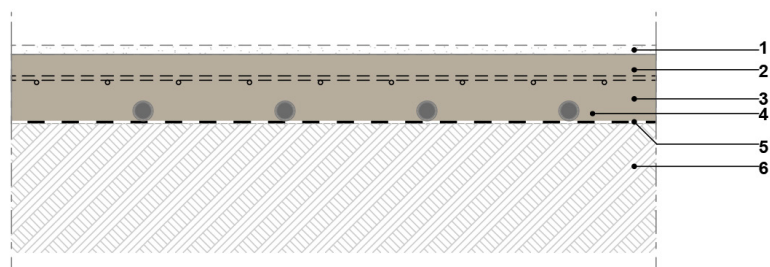
Chape sur terre-plein

1. Armature (option)
2. Chape en Terre de Léém
3. Terre-plein



Chape sur terre-plein avec hérisson

1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Tuyaux de plancher chauffant (option)
5. Hérisson isolant
6. Terre-plein



Chape sur terre-plein avec désolidarisation

1. Huile/cire ou revêtement de sol
2. Armature (option)
3. Chape en Terre de Léém
4. Tuyaux de plancher chauffant (option)
5. Membrane
6. Terre-plein

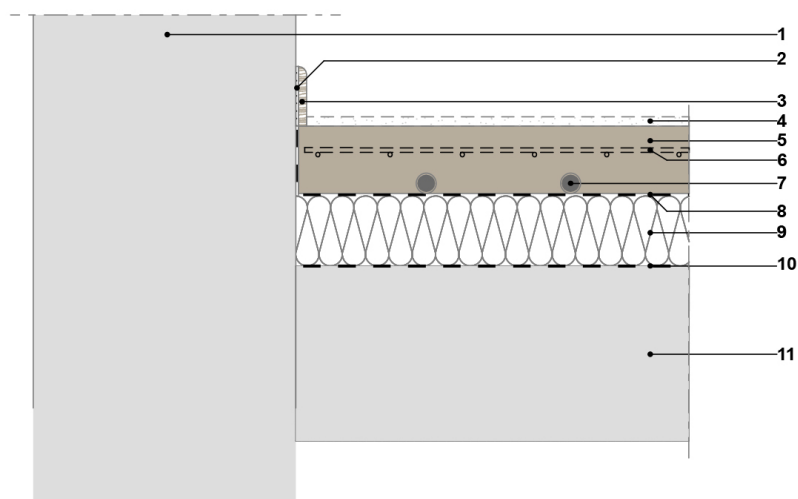
5.2 Détails généraux (pour la chape flottante)

Ces prochains schémas détaillent la composition d'une chape flottante qui comporte le plus grand nombre de couches possibles à mettre en place.

Les options sont retirées en fonction des choix de conception et de la typologie de la chape choisie.

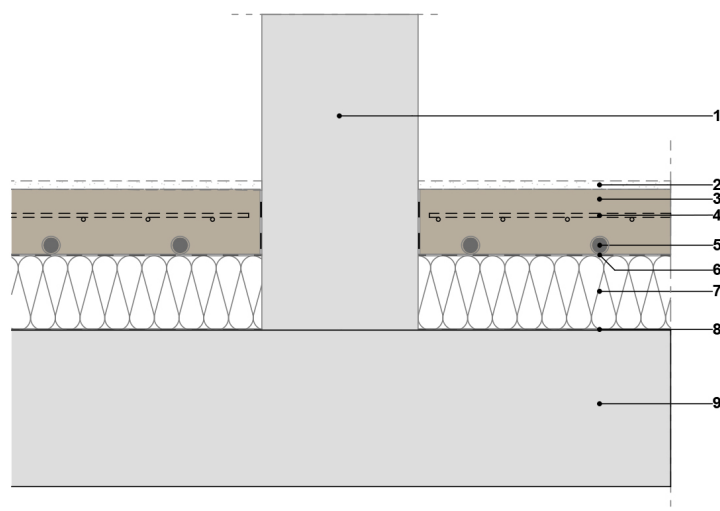
5.2.1 Liaison avec un élément vertical

a. Mur extérieur



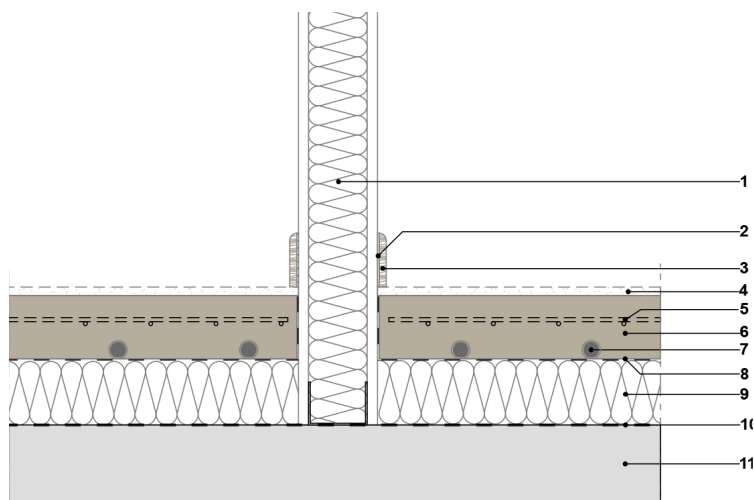
1. Mur extérieur
2. Colle
3. Plinthe en bois
4. Huile/cire ou revêtement
5. Chape en Terre de Léém
6. Armature (option)
7. Tuyaux de plancher chauffant (option)
8. Membrane
9. Isolant (option)
10. Membrane
11. Support

b. Mur ou poteau intérieur



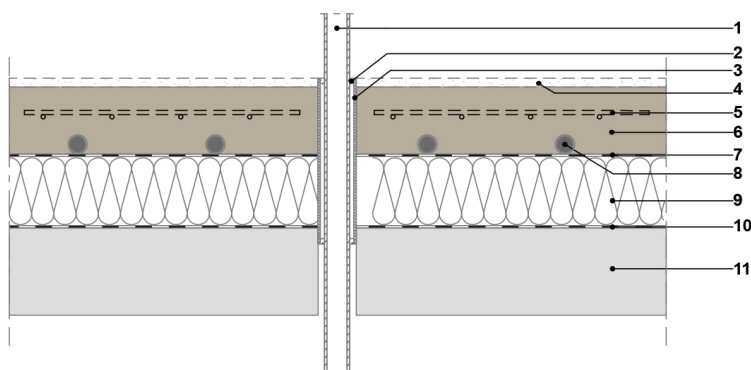
1. Poteau/Mur porteur
2. Huile/cire ou revêtement
3. Chape en Terre de Léém
4. Armature (option)
5. Tuyau de plancher chauffant (option)
6. Membrane
7. Isolant (option)
8. Membrane
9. Support

c. Cloison intérieure



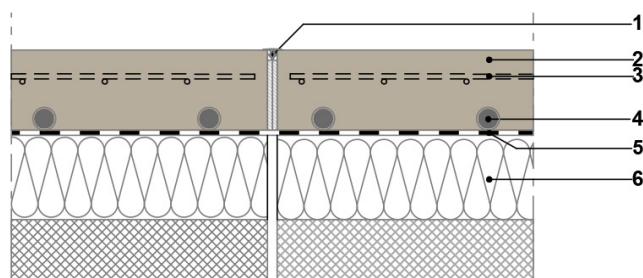
1. Poteau/Mur porteur
2. Colle
3. Plinthe en bois
4. Huile/cire ou revêtement
5. Armature (option)
6. Chape en Terre de Léém
7. Tuyau de plancher chauffant (option)
8. Membrane
9. Isolant (option)
10. Membrane
11. Support

d. Passage de gaine



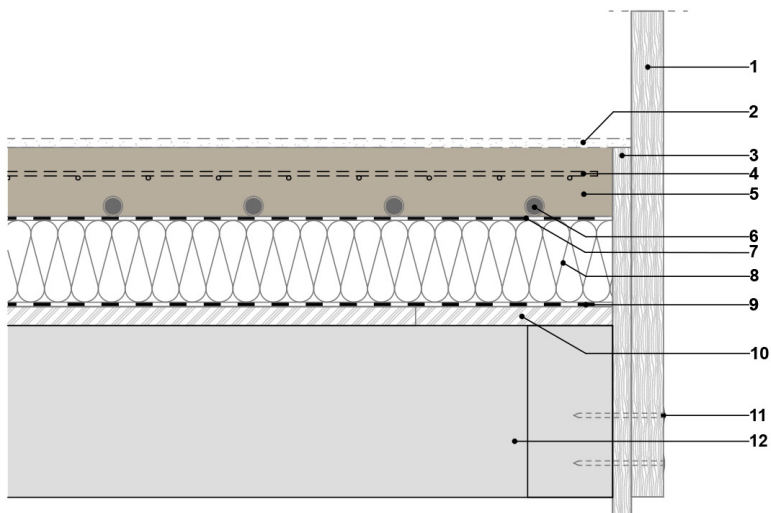
1. Conduite technique
2. Joint élastique
3. Gaine de désolidarisation
4. Huile/cire ou revêtement
5. Armature (option)
6. Chape en Terre de Léém
7. Membrane
8. Tuyau de plancher chauffant (option)
9. Isolant (option)
10. Membrane
11. Support

e. Support avec joint de dilatation



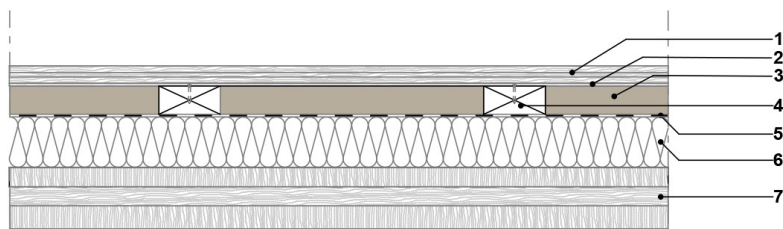
1. Couvre joint métallique / Joint élastique (option)
2. Chape en Terre de Léém
3. Armature (option)
4. Tuyau de chauffage au sol (option)
5. Membrane
6. Support fractionné

5.2.2 Finition de la Chape en Terre en trémie



1. Garde-corps avec pose à l'anglaise
2. Huile/cire ou revêtement
3. Planche de finition
4. Armature (option)
5. Chape en Terre de Léém
6. Tuyau de plancher chauffant (option)
7. Membrane
8. Isolant (option)
9. Membrane
10. Panneaux OSB
11. Visse
12. Support

5.2.3 Chape clouable



1. Parquet en bois massif
2. Membrane
3. Chape en Terre de Léém
4. Lambourdes
5. Membrane
6. Isolant
7. Support

6.

Bibliographie

- [1] Données CIMbéton (centre d'information sur le ciment et ses applications) – mars 2022
- [2] Dumé Isabelle, *Diviser par 10 les émissions de CO2 du ciment, c'est possible*, sur Polytechnique insights, 6 janvier 2022, <https://www.polytechnique-insights.com/dossiers/industrie/comment-reduire-limpact-carbone-de-construction/diviser-par-10-les-emissions-de-co2-du-ciment-cest-possible/>
- [3] Kapfinger Otto, Rauch Martin, *Refined Earth : Construction and Design of Rammed Earth*, 2017
- [4] A. Klinge, E Roswag-Klinge, E Neumann, D Bojic and L Radeljic, *Earthen construction Materials as enabler for circular construction*, 2022
- [5] BC materials, *Guide Général de Léém : Construire durablement avec Léém*, 2024
- [6] Schroeder Horst, *Sustainable Building with Earth*, 2016
- [7] Moevus Mariette, Fontaine Laetitia, Auger Romain, Doat Patrice, CRAterre-ENSAG, *Béton d'Argile Environnemental (B.A.E.) – Rapport final*, Novembre 2013
- [8] Fionn McGregor, Andrew Heath, Daniel Maskell, Antonin Fabbri, Jean-Claude Morel, *A review on the buffering capacity of earth building materials*, 2015
- [9] CSTC, *NIT 281 : Isolation acoustique entre habitations*, Mars 2022
- [10] Institut allemand de normalisation, *DIN 4102-4- Comportement au feu des matériaux et composants de construction*, 2016
- [11] EU ETS Directive (2003/87/EC) and RÈGLEMENT (UE) 2023/956 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 10 mai 2023 Green Deal
- [12] European Union – Producer prices in industry: Manufacture of articles of concrete, cement and plaster, <https://tradingeconomics.com/european-union/producer-prices-in-industry-manufacture-of-articles-of-concrete-cement-plaster-eurostat-data.html>, consulté en Août 2024
- [13] Allocation to industrial installations, Commission européenne, https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/free-allocation/allocation-industrial-installations_en#free-allocation-in-the-first-period-of-phase-4-2021-2025
- [14] EN1991-1-1 Eurocode Charges d'exploitation, 2005
- [15] CSTC, *NIT 271 : Exécution des maçonneries*, Février 2020
- [16] NBN EN 15251 : *Critères d'ambiance intérieure*, Août 2007
- [17] CSTC, *NIT 189 : les chapes pour couvre-sol*, 1993
- [18] CSTC-Contact, *Isolation pour chapes flottantes : critères de déformabilité*, Décembre 2010
- [19] CSTC, *NIT 179 : Les revêtements durs sur sols chauffés*, 1990
- [20] Guide Bâtiment Durable.brussels – *Acoustique d'une chape flottante* – 2024 <https://guidebatimentdurable.brussels/acoustique-dune-chape-flottante>
- [21] CSTC, *NIT 193 : Les chapes. 2e partie: Mise en oeuvre*, 1994
- [22] CSTC, *NIT 272 : Revêtements de sol en bois : planchers, parquets et revêtements de sol à placage. Partie 2 : mise en oeuvre*, 2020

Remerciements et crédits

Comme mentionné dans la section 1, ce Guide des Blocs de Terre de Léém est une compilation par BC materials des publications de recherche et des expériences les plus récentes en France et en Suisse, mis à jour avec des recherches supplémentaires spécifiques et l'expérience de BC materials et de Buildwise dans le contexte du Benelux. Il n'aurait pas été possible sans la contribution spécifique des personnes suivantes. Merci à:

En Belgique, Victoria Caubet, Pauline Courtemanche, Juliette Pelletier pour leur précieux travail et leur contribution au guide, Buildwise pour l'autorisation de reproduire les schémas et les tableaux des NIT, et Natura Mater, EMB et BeCircular Brussels 2022 pour l'aide dans le développement expérimentale.

En France, Prof. Dr. Antonin Fabbri pour ses précieux échanges, Mariette Moevus, Laetitia Fontaine, Romain Anger, Patrice Doat – CRATERre-ENSAG pour leur travail sur la terre coulée dans "Béton d'Argile Environnemental" du projet C2D2.

En Suisse, Thibault Demoulin et Jonathan Ensslin d'Oxara pour leur précieuse contribution à la phase de prototypage.

Ce guide a été financé par le UE – fonds européen NextGeneration de l'UE.



**Financé par
l'Union européenne**
NextGenerationEU

Nous avons fait de notre mieux pour clarifier toutes les références de textes et d'images dans ce guide. N'hésitez pas à nous contacter à l'adresse info@bcmaterials.org si vous découvrez des textes ou des images non référencés ou mal référencés.

Tout le contenu de ce guide, qui a été créé par BC materials, est sous licence Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License. Veuillez nous contacter au préalable si vous souhaitez utiliser ce contenu à des fins commerciales.