

TEST MUR TERRE PAILLE BÂTI EN PISÉ

Test mené par HUGUIN Julien avec l'aide de Jean Yves De Sousa, Benoît Mougnot, Manuel Martins et Salvador Lopes



TEST MUR TERRE PAILLE BÂTI EN PISÉ	1
INTRODUCTION	3
TERRE – PAILLE ET THEORIE	3
DÉTERMINATION DE LA MASSE VOLUMIQUE ET LA CONDUCTIVITÉ THERMIQUE DU MATÉRIAU UTILISÉ POUR CE TEST.	4
EXEMPLE DE CONSTRUCTION TERRE-PAILLE.	5
CHOIX DE LA TERRE.....	6
MUR EN TERRE PISE : TECHNIQUE	8
TESTS REALISES	9
CONSTATATIONS : SUIVI EVOLUTIF.	12
ANNEXES	16
BIBLIOGRAPHIE ET WEBOGRAPHIE :	20

Introduction

Le but de ce test est de pouvoir comprendre et d'expérimenter un type de construction connu depuis très longtemps: les murs en terre paille bâti en pisé. En effet c'est avec une telle méthode et de tels matériaux que l'homme a construit depuis toujours son habitat. Ce mélange de terre et d'eau a suscité une intelligence constructive des plus abouties qui soit. Dans notre cas l'ajout de paille sera réalisé. Comme son nom l'indique, le terre-paille est un mélange de terre et de paille utilisé en remplissage de murs comme isolant écologique.

Comme la majorité des isolants, ce n'est pas un matériau porteur, il y a donc besoin d'une structure qui assure la rigidité de la construction, une structure bois de préférence.

Ses qualités? Le prix des plus bas voire gratuit de ses constituants, la vibration propre du matériau, la possibilité d'être réalisé sans compétence particulière.

Contrairement au torchis, il ne semble pas que le terre-paille ait été utilisé dans la construction traditionnelle. C'est donc dans ce but d'expérimentation et de formation que ce test a été réalisé. Je commencerais par exposer le choix de la terre, puis le test en lui-même et finir par faire ressortir les premières remarques afin de pouvoir optimiser ce genre de construction.

Terre – paille et théorie

Inconvénients et avantages :

- Prix de mise en œuvre très supérieur à celui d'une construction conventionnelle (Dû au temps de main d'œuvre plus élevé),
- Non assurable en décennale car hors normes¹.

Par contre les avantages sont nombreux :

- Ecologique
 - Energie grise² quasi nulle,
 - Mise en œuvre sans déchets (on peut réutiliser les matériaux),
 - Matériaux de grande proximité,
 - Recyclabilité et biodégradabilité totale (aucun déchet ultime à par les vis),
 - Bilan carbone (CO₂) négatif (les murs en terre paille sont des puits de carbone³)
- Economique
 - Matériaux peu coûteux,
- Thermique
 - Confort d'hier et d'été dû au pouvoir isolant et à l'inertie thermique très performants de ce genre de mur.
- Santé
 - Aucune toxicité,
 - Murs perspirants (respirant) avec une très bonne gestion hygrométrique.
- Culturel
 - Savoir faire simple et facilement transmissible.

¹ Assurance pour le propriétaire d'un immeuble contre les dommages importants qui peuvent apparaître après la construction de l'ouvrage pendant dix ans.

² L'**énergie grise** correspond à la somme de toutes les énergies nécessaires à la production, à la fabrication, à l'utilisation et enfin au recyclage des matériaux ou des produits industriels.

³ Au sens large, un **puits de carbone** ou **puits CO₂** est un réservoir, naturel, ou artificiel de carbone qui absorbe le carbone de l'atmosphère et donc contribue à diminuer la quantité de CO₂ atmosphérique.

Le terre-paille en quelques chiffres :

- Point de vue matériau :
 - Densité moyenne : 0.30
 - Masse volumique⁴ ρ : entre 300 et 1300 kg/m³
- Point de vue thermique :
 - Conductivité thermique λ : Cette conductivité thermique peut légèrement varier en fonction de la masse volumique).

Masse volumique de la terre en kg/m ³	Conductivité thermique λ en W/m.K
300	0.1
400	0.12
600	0.17
800	0.25
1000	0.35
1200	0.40

Détermination de la masse volumique et la conductivité thermique du matériau utilisé pour ce test.

Calcul théorique

Calculons la masse volumique et la conductivité thermique de notre mélange :

- 3/4 de terre végétale : $\rho_{\text{terre végétale}} = 1250 \text{ kg/m}^3$
- 1/4 de paille à $\rho_{\text{paille}} = 100 \text{ kg/m}^3$

Formule de la masse volumique :

$$\rho = \frac{1}{V} \sum_i m_i = \sum_i \rho_i \rightarrow \text{On a } \rho_{\text{mélange}} = 1/4 * \rho_{\text{paille}} + 3/4 \rho_{\text{terre végétale}} = \mathbf{962 \text{ kg/m}^3}$$

En appliquant la règle de trois on obtient pour notre mélange une conductivité thermique $\lambda = \mathbf{0.34 \text{ W/m.K}}$. c'est-à-dire une résistance thermique pour 15cm, $R = 0.44 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

Calcul expérimental

- 1) On a besoin d'un gobelet en plastique (0.2L) et d'une balance.
- 2) Peser le gobelet à vide :

$$m_{\text{gobelet}} = \mathbf{2.5g}$$

- 3) Diviser le gobelet en quatre parties pour réaliser les 1/4 de paille et 3/4 de terre du mélange.

- 4) Remplir en suivant ces dosages.

- 5) Peser notre gobelet et le mélange :

$$m_{\text{total}} = \mathbf{180g}$$

- 6) Soustraire

$$m_{\text{total}} - m_{\text{gobelet}} = \mathbf{177.5g}$$

- 7) Ramener cela au m³

$$177.5g \rightarrow 0.2L$$

$$???? \rightarrow 1000L$$

Règle de trois $\rightarrow 177.5 \text{ g} \times 1000L / 0.2L = 887500g = 887.5\text{kg}$ pour 1000L = $\mathbf{887.5 \text{ kg/m}^3}$



⁴ La **masse volumique** est une grandeur physique qui caractérise la masse d'un matériau par unité de volume. Pour la terre, la masse volumique est liée à la quantité de matière gazeuse présente.

Notre masse volumique est donc de **887.5 kg/m³**

Ceci implique **$\lambda = 0.31 \text{ W/m.K}$** pour notre test soit $R = 0.48 \text{ m}^2.\text{K/W}$.

La différence s'explique dans le faite que les valeurs prises dans la partie théoriques sont tirées de moyennes effectuées sur de nombreux échantillons. Dans notre cas la valeur expérimentale est sûrement la plus indicative sur le pouvoir thermique de notre test.

Exemple de construction terre-paille.

- **Belgique**



De nombreuses villas en région flamande sont réalisées avec cette méthode du terre paille pisé. (Schoten, Lebbecke, Korbeek-Loo, Stekene, Keerbergen,...)

- **Deutschland**



Köln: ensemble de 12 maisons en terre-paille avec bardage en bois dans le quartier Blumenberg

- **Luxembourg**

Maison à Lorentzweiler



Grenier protohistorique à Altwies



Choix de la terre

Quelle terre convient? Une grande variété pourvu qu'elle contienne de l'argile. Celle qui ne convient pas? La terre de surface (terre végétale), l'argile pure, une terre trop sablonneuse.

Astuce : si vous faites un terrassement pour implanter votre construction, pensez à séparer la terre de surface à utiliser pour les endroits à cultiver de celle du soubassement à utiliser en construction (briques de terre crue, torchis, terre-paille). S'il y a trop d'argile, on peut rajouter du sable. Pailles de blé, d'orge, de seigle conviennent, ou tout autre végétal dont les tiges enferment de l'air (lavande, chanvre,...). La paille ne doit pas être hachée mais telle quelle au sortir des bottes.

Malheureusement dans notre test, la terre qui sera utilisée sera de la terre végétale récupérée sur un chantier. Car l'objectif de celui-ci est de le réaliser avec un coût moindre et le plus rapidement possible. Le choix de cette terre permet aussi de voir comment, dans les conditions d'une terre végétale, le mur et la construction se comportent.

Des tests préliminaires simples et réalisables sur place peuvent être effectués. Ils donneront des indications opérationnelles comme le rejet des terres inadaptées, de corriger par ajout de sable ou non, et de sélectionner de façon optimale la terre utilisée.

Tests préliminaires

- Test visuel :

C'est une simple appréciation à l'œil de la terre sèche, on enlève donc les gros cailloux, graviers et sables.

- Test de l'odeur

Rejeter un sol qui sent le moisi car il est d'origine organique.

- Test de morsure

On mord une pincée de terre ; la terre est sableuse si elle crisse désagréablement, silteuse (ou limoneuse) si elle crisse mais sans sensation désagréable et argileuse si l'on éprouve une sensation lisse et farineuse.

- Test de toucher

On triture une terre débarrassée de ses grosses particules que l'on effrite entre les doigts et la paume de la main. La terre est sableuse si l'on éprouve une sensation de rugosité, silteuse si cette rugosité est faible ou si l'échantillon humidifié devient moyennement plastique, argileuse, si elle est sèche, elle présente des mottes ou des concrétions qui résistent à l'écrasement ou collante et plastique lorsqu'elle est humidifiée.

- Test de lavage

On se lave les mains avec de la terre légèrement mouillée, la terre est sableuse si les mains se rincent facilement, silteuse si elle paraît difficile à rincer et argileuse si elle est difficile à rincer et que l'on a une sensation savonneuse.

- Test de l'éclat

Une boulette de terre légèrement humide coupée en deux par un couteau. La terre peut être silteuse si on obtient un aspect terne à la surface entaillée, ou argileuse si l'aspect est brillant.

- Test de l'adhérence

On enfonce un couteau ou une spatule dans l'échantillon. Plus la spatule s'enfonce difficilement plus la terre sera argileuse.

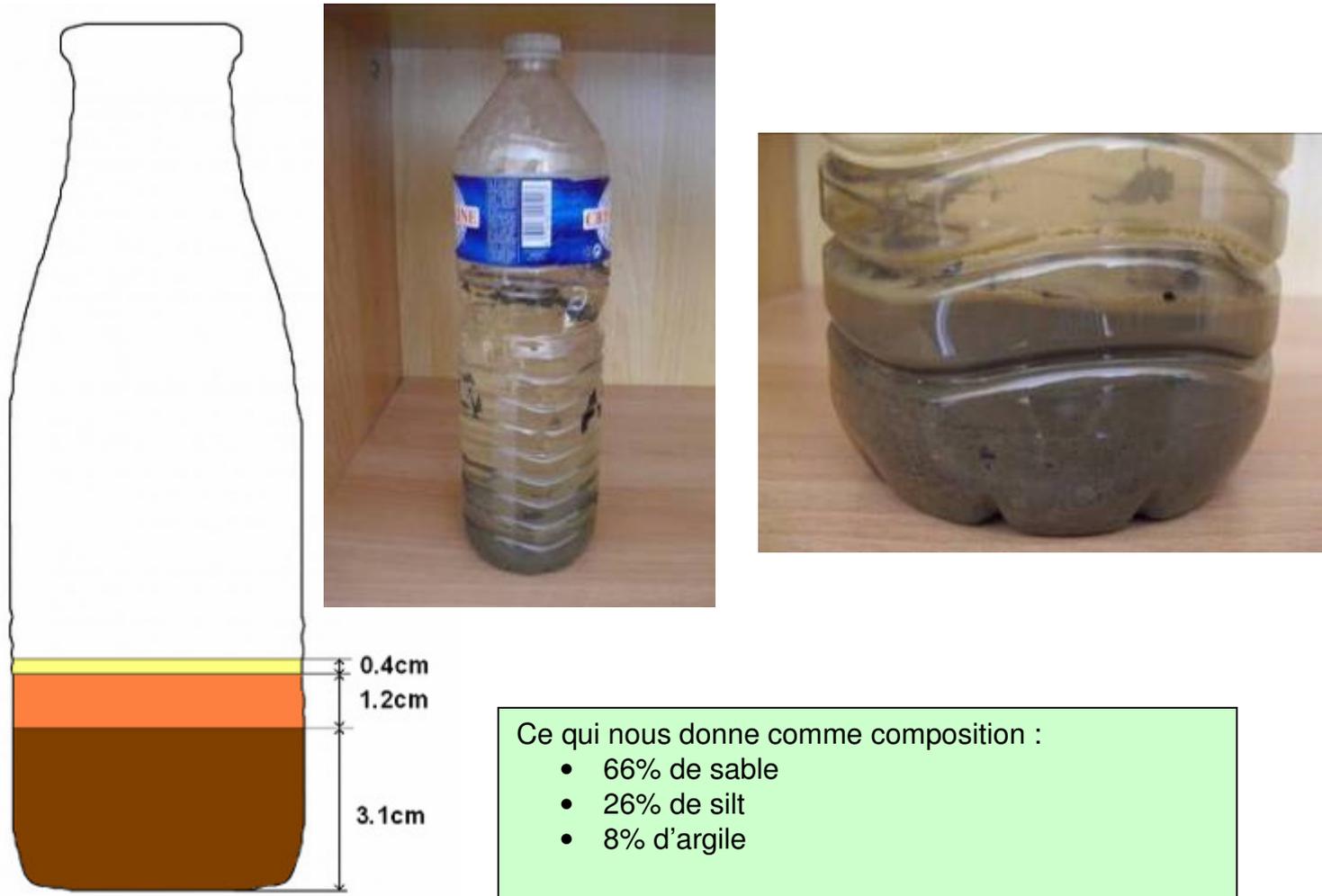
- Test du cigare

On peut aussi confectionner un cigare que l'on aplati, plus le ruban sera long plus la teneur en argile sera importante.

- Test de sédimentation

On se procure un flacon en verre ou une bouteille plastique de 1 litre minimum avec un col obturant. Verser $\frac{1}{4}$ de terre et $\frac{3}{4}$ d'eau. Laisser reposer pour une imprégnation par trituration naturelle. Puis fermer le flacon et agiter et laisser décanter. Après 1 h, agiter de nouveau. Au bout de 45 minutes, on constate que les sables se sont déposés au fond, suivi de la couche de silt⁵ (ou limon) et finir par la couche d'argile. Faire un pourcentage de chaque fraction granuleuse.

Pour notre échantillon de terre nous avons procédé à ce test. En voici le résultat:



La terre utilisée est donc pauvre en argile. D'après les différents documents lus sur le sujet, il faudrait atteindre entre 10 à 15% d'argile. Ici ce n'est pas le cas. Ceci peut s'expliquer par le fait que ce soit de la terre végétale. Pour nos chantiers il faudrait voir à utiliser des terres prélevées plus profondément.

⁵ Un **silt** ou **limon** est une formation sédimentaire dont la taille des grains est intermédiaire entre les argiles et les sables (entre environ 2 et 50 micromètres, les limites précises peuvent varier quelque peu suivant les laboratoires).

Mur en terre pisé : technique

La technique du pisé consiste en une compression de la terre dans un coffrage solide. C'est une forme de construction archaïque et pure. Il faut savoir qu'un mur pisé de 40cm a un temps de séchage d'environ 2 à 4 mois. Pour notre test, on aura une épaisseur de mur de 15cm soit un temps de séchage estimé à 1 à 2 mois. Dans notre cas le pisé, sera réalisé dans une ossature bois destinée à créer une cloison intérieure.



La mise en œuvre du pisé est simple. Il faut commencer par mettre en place un coffrage. Il doit être bien fixé au sol pour éviter un mouvement lors du damage. La pression du coffrage est beaucoup plus haute sur le coffrage par rapport au béton. Contrairement à celui-ci où la pression augmente du haut vers le bas, la pression pour un coffrage de terre pisé est constante sur toute la surface.

Pensez à installer des raidisseurs sur votre coffrage.

Surveiller la consistance du matériau car l'humidité peut varier pendant le transport ou le stockage.

Des mélanges trop secs ne peuvent pas être comprimés de façon optimale, et des mélanges trop humides ne se laissent pas comprimés. La terre pisé est mise dans le coffrage soit à la main soit à l'aide d'une grue et répartie uniformément.



Il faut commencer la compression sur une extrémité du mur car le coffrage pourrait bouger dans le sens horizontal. Dans une couche de terre pisé peuvent être comprimés 10 à 12cm d'épaisseur de terre. Après le matériau doit être comprimé de manière manuelle ou pneumatique. Il faut commencer par compresser sur le bord du coffrage en allant vers le centre. Chaque surface doit être comprimée de manière régulière et en plusieurs fois. A la fin de chaque couche, il faut encore bien compresser les bords. La terre doit être comprimée d'au moins 1/3 de sa hauteur. Après la compression, la surface doit être plane. Entre chaque couche, on peut décider d'incorporer des armatures horizontales. Dans notre test, nous avons réalisé un pan de mur avec et sans armatures (lattes de bois). Assurez vous qu'entre chaque phase la surface soit plane (utiliser un niveau).

Une fois réalisé, nous pouvons enlever le coffrage. Attention le coffrage doit être enlevé par glissement verticale, et non tiré. Il suffit pour cela de frapper le bord du coffrage et le lever d'un côté et de l'autre le baisser. Il devrait coulisser. Ne jamais forcer le retrait du coffrage sous peine d'arracher une partie du mur.

Puis répéter l'opération.

Astuce : Pensez lorsque de vous réinstaller le coffrage de laisser au moins 10cm en dessous de la surface de la couche précédente. Cela évitera de brisée ou affaissée la couche que vous venez de réaliser.



← Niveau de la couche précédente

Tests réalisés

Le but de ce test est de voir comment mettre en place le meilleur mélange terre paille pour la réalisation d'une cloison intérieure. Quels dosages de terre et de paille sont nécessaires ? Si on ajoute de la chaux (NHL), quel en sera l'impact ? Faut-il renforcer ou pas le mur à l'aide de lattes en bois ?

La préparation de la matière première est primordiale dans ce genre de construction. Le processus est simple nous ajoutons la terre, la paille et l'eau voir les autres additifs comme la chaux via une bétonnière de 150 litres.



Pour voir si le mélange est utilisable pour réaliser le mur, il suffit de pratiquer le « test de la boule »

Test pour la proportion terre/paille et eau ou « Test de la boule »

On confectionne à la main une boule de mortier. On la mouille pour pouvoir la modeler sans qu'elle soit collante. Lorsque l'on obtiendra ce genre de boule la proportion terre eau sera utilisable pour notre mur.



Voici ce test réalisé pour notre mélange.

Pour comprendre comment réagit le matériau nous avons donc décidé d'entreprendre 7 tests de dosage de la terre et de la paille (En gardant à l'esprit la proportion utilisée dans les projets et documents trouvés c'est-à-dire 1 seau de paille pour 3 de terre). Le malaxage se fera toujours de la même façon, on commencera par un malaxage à sec avant d'ajouter l'eau.

Voici donc les différents dosages :

Test n°	Nb de seaux de terre	Nb de seaux de paille	Eau	Nb de seaux de chaux	Problèmes rencontrés	Remarques
1	3	1	Optimale ⁶	0		
2	3	1	Optimale	0.5		
3	3	1	Optimale	1		
4	3	1.5	Optimale	0		
5	3	1	Optimale	1.5	Mélange qui sèche trop vite, damage complexe et très friable	Il faut dans ce cas là remouiller le mélange et le re-malaxer, voir rajouter de la terre
6	3	1	Optimale	0		Terre tamisée
7	3	1	Moins d'eau	0		Pour avoir un matériau plus sec



⁶ L'ajout optimal d'eau correspond au test de la boule. Il faut pouvoir créer une boulette avec le mélange. Mais aussi voir si celle-ci est suffisamment plastique.

Conclusions sur les tests

Les tests qui paraissent présenter les meilleurs résultats sont les tests 1, 2 et 3. On peut aussi considérer le test 6 comme concluant, la finition et le damage sont plus aboutis. Après au niveau de la dureté et de la résistance mécanique du mur, le test 3 est meilleur pour notre application. Pourquoi ne pas combiner le test 6 et 3 pour avoir un mélange optimal. Après tout dépend de la finition voulue par le client, si le mur sera visible ou recouvert d'un enduit terre. Pour la partie droite (tests 2, 3, 5 et 6) des lattes horizontales ont été installées afin de voir leur utilité.

Constatations : Suivi évolutif.

- De mise en œuvre

- 1) Il faudra penser à prévoir une bétonnière plus grande pour augmenter la production de matière première et surtout avancer plus vite. Attention cependant au dosage, si on multiplie la capacité de la bétonnière par deux, le dosage devra lui aussi être multiplié par deux pour respecter les proportions.
- 2) Utiliser une dameuse pneumatique, afin d'homogénéiser le damage et d'aider les personnes réalisant ce type de construction.
- 3) Faire attention lors de la manipulation de la chaux, car comme le ciment, la chaux irrite la peau, prévoir des gants ainsi que des lunettes.
- 4) Eviter les projections de poussières lors du mélange ou si cela n'est pas possible portez un masque ou placez vous derrière la bétonnière. Une fois humidifié, cela ne se produira plus.
Astuce : Pour éviter ce panache de poussière, lors du remplissage de la bétonnière, intervertir la chaux entre deux seaux de terre, celle-ci sera recouverte pendant le malaxage à sec et une fois humide, le problème ne se posera plus. (La fiche sécurité de la chaux est disponible en annexe).



- 5) Prévoir l'utilisation d'un tamis pour éviter de trier la terre à la main.
- 6) Prévoir des panneaux de coffrages suffisamment épais pour éviter le bombage de ceux-ci, ainsi que les renforts qui iront avec.

- Mélange

- 1) Il faut bien humidifier le mélange pour obtenir une matière première utilisable (création de boulettes)
- 2) Prendre une terre de remblais et non une terre végétale
- 3) Si le mélange est trop liquide il y aura formation de boue → Inutilisable. Rajoutez de la terre.
- 4) Ne pas ajouter trop de chaux car sinon il faudra multiplier le dosage en eau.

- Au bout de 4 jours de séchage

- 1) Apparitions de moisissures sur les tests sans chaux (100% terre paille). Celles-ci sont dues au pourrissements de la paille, et ici aussi au fait que nous utilisons une terre végétale, et donc composée de rejets organiques. Ne pas s'alarmer, c'est une réaction logique en phase de séchage, elles disparaîtront une fois l'enduit terre réalisé en parement.



- 2) Léger retrait au niveau des montants



3) Murs sans renforts horizontaux (test 1,4 et 7) sont amovibles. On peut donc affirmer que l'installation d'armatures horizontales est obligatoire.

- Au bout d'une semaine.

1) On peut voir apparaître sur le mélange chargé en chaux (test 5), des fissures, contrairement aux autres.



2) Le mur n'est d'ailleurs toujours pas sec. Cependant il sèche beaucoup plus vite lorsqu'il y a présence de chaux dans le mélange.

3) Au bout d'une semaine, la nature reprend ses droits 😊



- Deuxième semaine de séchage.

Nous avons décidé, vu une météo clémente, de placer le mur dehors, au soleil, afin de voir l'évolution de celui-ci en extérieur. Et comprendre la façon dont il se comporte avec un séchage plus rapide.

- 1) Les retraits au niveau des montants se sont amplifiés. Nous avons du d'ailleurs installer des traverses en bois.



- 2) Le mur côté 100% terre commence à craqueler, alors que du côté « chaux » ce n'est pas le cas. Le mélange « test 3 » est vraiment je pense le plus optimal.



FICHE DE DONNEES DE SECURITE DES CHAUX DE CONSTRUCTION

Chaux hydraulique naturelle NHL ou NHL-Z

visées par la Norme NF EN 459

conforme au décret du 03/12/92, modifié par le décret du 01/03/94, et à l'arrêté du 05/01/93

I - IDENTIFICATION DU PRODUIT ET DE LA SOCIETE

1.1 **Produit** : Chaux hydraulique naturelle NHL ou NHL-Z, visée par la norme NF P 15-311
Utilisations : Enduits, badigeon, mortier, coulis d'injection.
Nom commerciaux : CHAUX BLANCHE, TRADIFARGE, CRUALYS

1.2 **Identification du fabricant** :
Nom : LAFARGE CEMENTS
Adresse : 5 bld Louis Loucheur – 92214 SAINT-CLOUD CEDEX
Tél : 01-49-11-40-40 Télécopie : 01-49-11-01-04

1.3 **En cas d'urgence** : ORFILA, tél : 01 45 42 59 59

II - INFORMATION SUR LES COMPOSANTS

La chaux hydraulique naturelle résulte de la cuisson à environ 1200°C de calcaires siliceux. Elle est composée principalement de silicates de calcium, d'aluminates de calcium et d'hydroxyde de calcium produits par la calcination et du calcaire argileux ou siliceux, suivie de l'extinction.

Au contact de l'eau, elle a la propriété de faire prise et de durcir. Le dioxyde de carbone présent dans l'air contribue également au processus de durcissement. Elle contient au moins 12 % en masse de chaux libre non liée.

La chaux obtenue par la calcination de calcaire plus ou moins argileux ou siliceux, avec réduction en poudre par extinction, avec ou sans broyage, est appelée « chaux hydraulique naturelle » (NHL). La chaux hydraulique naturelle, à laquelle on additionne de façon appropriée des matériaux pouzzolaniques ou hydrauliques jusqu'à 20 %, est désignée par NHL-Z.

Les chaux NHL et NHL-Z peuvent contenir des additifs organiques en faibles quantités. Les additifs ne doivent avoir aucun effet nuisible sur les propriétés des mortiers.

III - IDENTIFICATION DES DANGERS

La chaux hydraulique naturelle n'est pas classée comme « préparation dangereuse » selon les dispositions de l'annexe VI de la directive 67 / 548 / CEE. Cependant, en raison de son caractère basique en solution, on doit prendre des précautions pour la manipuler.

Symbole de danger	Principaux dangers pour l'homme et l'environnement
X _i	<ul style="list-style-type: none">• La chaux hydraulique naturelle est irritante pour les yeux, pour les voies respiratoires, les muqueuses et la peau du fait d'une hydratation partielle et du pH élevé qui en résulte.• Risques de lésions oculaires graves en cas de projection de poudre ou de pâte dans les yeux.• Lors du gâchage, la chaux hydraulique naturelle présente un pH élevé ; elle peut alors irriter et dessécher la peau.• Un contact prolongé avec la peau peut entraîner une sensibilisation due à une hydratation partielle et au pH élevé qui en résulte.• En cas d'ingestion significative, la chaux hydraulique naturelle est caustique pour le tractus digestif. Elle peut entraîner des brûlures de la bouche, de l'œsophage et de l'estomac.• La chaux hydraulique naturelle ne présente pas de risque particulier pour l'environnement sous réserve de respecter les recommandations de la section XIII relatives à l'élimination ainsi que les prescriptions réglementaires nationales ou locales pouvant s'appliquer.

IV - DESCRIPTION DES PREMIERS SECOURS A PORTER EN CAS D'URGENCE

Contact avec les yeux :	<ul style="list-style-type: none">• Rincer immédiatement et abondamment à l'eau propre et consulter un ophtalmologiste.
Contact avec la peau :	En cas de contact prolongé avec la peau : <ul style="list-style-type: none">• Si la chaux hydraulique naturelle est à l'état sec, éliminer au maximum la poussière de chaux, puis laver abondamment à l'eau.• Si la chaux est gâchée, laver abondamment à l'eau.• Prendre garde au produit pouvant subsister entre la peau et les vêtements, la montre, les chaussures.
Inhalation :	En cas d'inhalation de grandes quantités de poussières de chaux hydraulique naturelle : <ul style="list-style-type: none">• Amener le sujet en dehors de la zone empoussiérée, consulter un médecin s'il existe une gêne respiratoire.
Ingestion :	En cas d'ingestion significative : <ul style="list-style-type: none">• Rincer la bouche, faire boire de l'eau et consulter un médecin.

V - MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

La chaux hydraulique naturelle n'est pas inflammable.

Tous les agents d'extinction sont utilisables en cas d'incendie à proximité.

VI - MESURES A PRENDRE EN CAS DE DISPERSION ACCIDENTELLE

Précautions individuelles :	<ul style="list-style-type: none">• Eviter tout contact avec les yeux.• Eviter le contact avec la peau.• Eviter de respirer les poussières.• En cas d'envolées de poussières, porter un masque anti-poussières adapté.• Manipuler le produit avec des vêtements appropriés (gants, combinaison, bottes...).
Protection de l'environnement	<ul style="list-style-type: none">• Eviter de déverser de la chaux hydraulique naturelle en quantité importante dans les égouts et dans les eaux de surface.• Ramasser sans délai tout épandage accidentel en quantité significative sur un sol
Méthodes de nettoyage et de récupération du produit :	<ul style="list-style-type: none">• Privilégier le ramassage de la chaux hydraulique naturelle par un moyen approprié permettant d'éviter les envolées de poussières.• Après la prise, la chaux hydraulique naturelle peut être évacuée comme un déchet banal du bâtiment. La chaux hydraulique naturelle durcit après avoir été mélangée à l'eau après un temps variable qui n'est jamais inférieur à 1 heure.

VII - PRECAUTIONS DE STOCKAGE, D'EMPLOI ET DE MANIPULATION

STOCKAGE	EMPLOI	MANIPULATION
<ul style="list-style-type: none">• Tenir hors de portée des enfants.	<ul style="list-style-type: none">• Eviter l'envolée de poussières de chaux hydraulique naturelle lors de l'utilisation. Si elle ne peut être évitée, porter un masque anti-poussière.• Eviter le contact direct de la chaux hydraulique naturelle avec la peau et les muqueuses.• Le port de lunettes de sécurité est conseillé.	<ul style="list-style-type: none">• La manipulation de la chaux hydraulique naturelle en vrac doit se faire par des moyens appropriés pour éviter les envolées de poussières.

VIII - PROCEDURES DE CONTROLE DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS ET CARACTERISTIQUES DES EQUIPEMENTS DE PROTECTION INDIVIDUELLE

8.1 - Contrôle de l'exposition :

- valeurs limites d'exposition aux poussières (article R.232-5-5 du Code du travail) :

Poussières totales	10 mg/m ³
Poussières alvéolaires	5mg/m ³

8.2 - Protections individuelles :

Protection respiratoire : en présence de poussières de chaux hydraulique naturelle dans l'air, l'utilisation d'un masque anti-poussières est recommandée.

Protection des mains : porter des gants imperméables doublés intérieurement de coton.

Protection des yeux : porter des lunettes de protection en cas de risques d'envolées de poussières ou en cas de risques de projection de poudre ou de pâte dans les yeux.

Protection de la peau : porter des vêtements adaptés au type de travail (combinaison) et qui protègent les avant-bras en continuité avec les gants. Pour le travail à genoux, des genouillères imperméables sont recommandées. Des crèmes « barrière » peuvent être utilisées. Le port de bottes (chaussures étanches) est conseillé. Se laver abondamment en cas de contact.

IX - PROPRIETES PHYSICO-CHIMIQUES

Aspect :	Poudre blanche.
Odeur :	Inodore.
pH en solution aqueuse :	Basique entre 12 et 13.
Température de fusion :	>1000°C.
Masse volumique absolue :	2,6 g/cm ³ à 20°C.
Masse volumique apparente :	0,65 g/cm ³ à 20°C.
Solubilité dans l'eau :	Jusque 1,5 g/l à 20°C.
Point éclair :	Non applicable.
Température d'inflammation :	Non applicable.
Danger d'explosion :	Néant.
Granulométrie :	De l'ordre de 20 à 30 % de fines < 5 µm.

X - STABILITE ET REACTIVITE

Stabilité :	Le produit est stable.
Conditions à éviter :	L'humidité peut provoquer la prise de la chaux hydraulique naturelle.
Matières à éviter :	Néant.
Produits de décomposition dangereux :	Néant.
Remarque :	La prise de la chaux hydraulique naturelle s'accompagne d'une légère élévation de la température.

XI - INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

Inhalation :	<ul style="list-style-type: none">• La chaux hydraulique naturelle peut provoquer une irritation des voies respiratoires. La chaux hydraulique naturelle peut provoquer une inflammation de la muqueuse nasale. Dans des cas extrêmes, on a pu observer des érosions de la muqueuse.
Ingestion :	<ul style="list-style-type: none">• En cas d'ingestion significative, la chaux hydraulique naturelle peut provoquer des brûlures de la bouche, de l'œsophage et de l'estomac.
Contact avec la peau :	<ul style="list-style-type: none">• La chaux hydraulique naturelle peut irriter la peau humide par hydratation partielle entraînant un pH élevé.• Un contact prolongé avec de la chaux hydraulique naturelle gâchée peut provoquer une brûlure de la peau (Cr⁶⁺).
Contact avec les yeux :	<ul style="list-style-type: none">• La chaux hydraulique naturelle peut entraîner une irritation des paupières et provoquer des lésions graves des globes oculaires qui justifient un lavage prolongé et une consultation ophtalmologique.
Pathologie chronique cutanée :	<ul style="list-style-type: none">• L'exposition prolongée sans protection adaptée (gants) peut provoquer une dermatite d'irritation.
Cancérogénicité :	<ul style="list-style-type: none">• Non répertorié.
Génotoxicité :	<ul style="list-style-type: none">• Non répertorié.

XII - INFORMATIONS ECOLOGIQUES

Ecotoxicité :	<ul style="list-style-type: none">• En cas de déversement accidentel dans des eaux résiduaires, la poudre de chaux entraîne une faible élévation du pH de l'eau. La chaux hydraulique naturelle hydratée est un matériau stable qui fixe définitivement ses composés et les rend insolubles.
Mobilité :	<ul style="list-style-type: none">• Néant.
Persistence et dégradabilité	<ul style="list-style-type: none">• Néant.
Potentiel de bio-accumulation :	<ul style="list-style-type: none">• Néant.
Effets nocifs divers	<ul style="list-style-type: none">• Néant.

XIII - INFORMATIONS SUR LES POSSIBILITES D'ELIMINATION DES DECHETS

Après la prise, la chaux hydraulique naturelle peut être éliminée comme les autres résidus de construction et stockée dans des décharges appropriées en respectant la réglementation en vigueur.

XIV - INFORMATIONS RELATIVES AU TRANSPORT

Marchandise non dangereuse au regard de la réglementation des transports.

XV - INFORMATIONS REGLEMENTAIRES

Symbole de danger :	<ul style="list-style-type: none">• Xi produit irritant.
Constituant principal :	<ul style="list-style-type: none">• Chaux.
Phrases R :	<ul style="list-style-type: none">• R36/37/38 irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau (Cr 6+).• R41 risques de lésions oculaires graves.
Phrases S :	<ul style="list-style-type: none">• S2 conserver hors de la portée des enfants.• S24/25 éviter le contact avec la peau et les yeux.• S26 en cas de contact avec les yeux, laver immédiatement et abondamment avec de l'eau et consulter un spécialiste.• S37 porter des gants appropriés.• S39 porter un appareil de protection des yeux/du visage.
Maladies professionnelles	<ul style="list-style-type: none">• Code de la sécurité sociale : non répertorié.
Maladies à caractère professionnel	<ul style="list-style-type: none">• Code la sécurité sociale : maladies hors tableaux.
Surveillance médicale spéciale	<ul style="list-style-type: none">• Non concerné.

XVI - AUTRES INFORMATIONS

Cette fiche de données de sécurité remplace celle de janvier 2002 et février 2003.

Les renseignements contenus dans le présent document sont basés sur l'état actuel de nos connaissances relatives à la chaux hydraulique naturelle. Ils sont donnés de bonne foi.

En aucun cas, ces informations ne sauraient être prises comme des garanties de qualité.

L'attention des utilisateurs est attirée sur les risques éventuellement encourus lorsqu'un produit est utilisé à d'autres usages que celui pour lequel il est conçu. Il est de la responsabilité de l'utilisateur de déterminer les mesures de sécurité appropriées et d'appliquer l'ensemble des textes réglementant son activité. Les prescriptions mentionnées dans cette fiche ont pour but d'aider l'utilisateur à remplir les obligations qui lui incombent. Les recommandations énumérées ne peuvent être considérées comme exhaustives.

Bibliographie et webographie :

- Pisé terre d'avenir : Bâtir en pisé : technique, conception et réalisation de Jacky Jeannet, Bruno Pignal et pascal Scarato. Edition Abiterre
- Manuel de la construction écologique : mur en paille, en torchis, en bois cordé, toit végétalisé de Clarke Snelle et Tim Callahan. La plage édition
- <http://archilibre.org/materiaux/terpail/terrepaille1.html>
- http://ecoconstruction.over-blog.fr/pages/Le_terrepaille_banche-819592.html
- www.habitat-ecologique.org/doc/pailleterre.pdf
- http://www.google.lu/url?sa=t&source=web&cd=1&ved=0CBcQFjAA&url=http%3A%2F%2Fterrecooperative.ouvaton.org%2FIMG%2Fpdf%2FTechnique_de_la_terre-paille-2.pdf&rct=j&q=mur%20terre%20paille%20technique&ei=NvTHTdKNN4Xz-gbM6uzZAQ&usq=AFQjCNG8hauSBmZYjs1Fw5deIJITVlw4nw&cad=rja