

LIANTS

Plan

1. DEFINITION

**2. ARGILES ET CONSTRUCTIONS EN
TERRE**

3. PLATRE

4. CHAUX

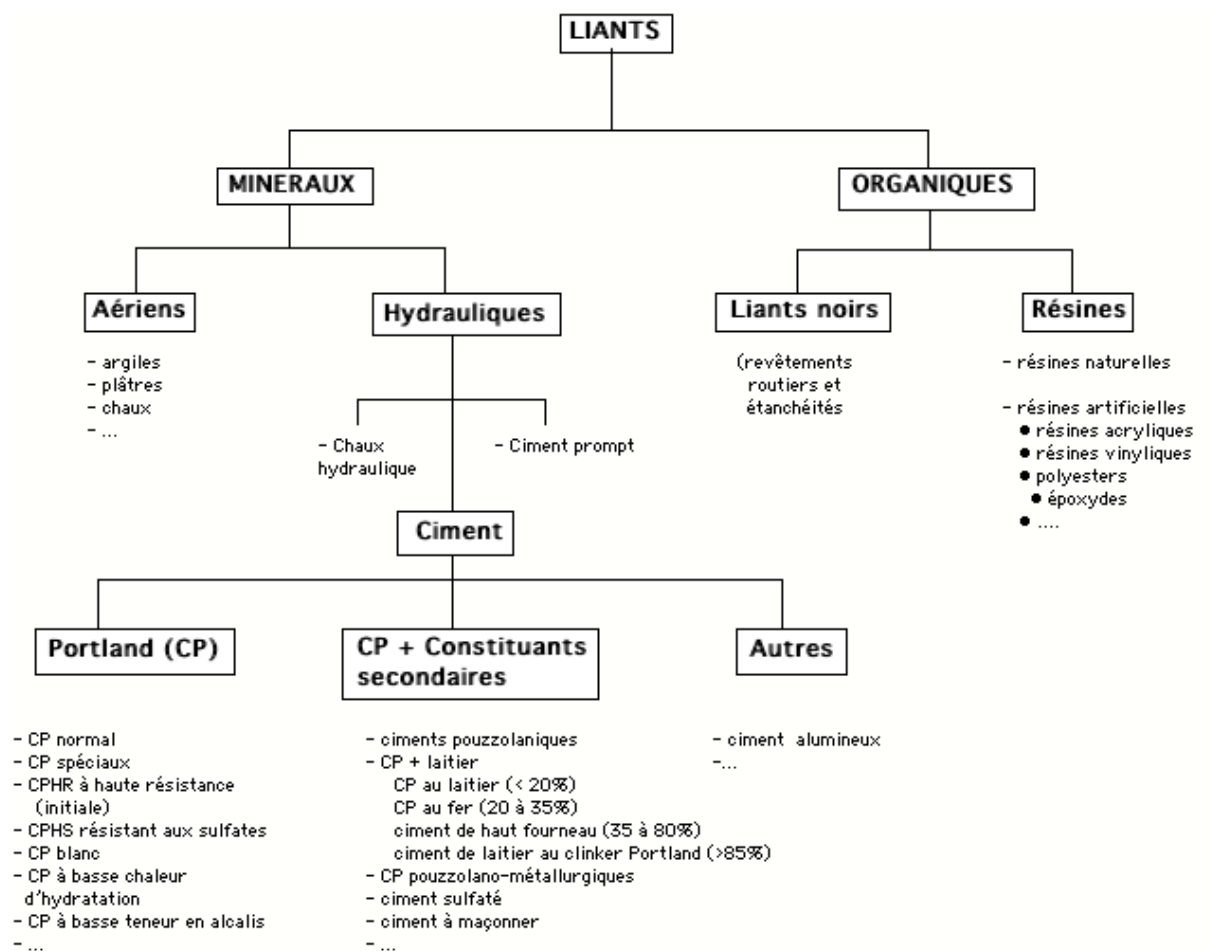
5. CHAUX HYDRAULIQUE

6. CIMENT PROMPT

1. DEFINITION

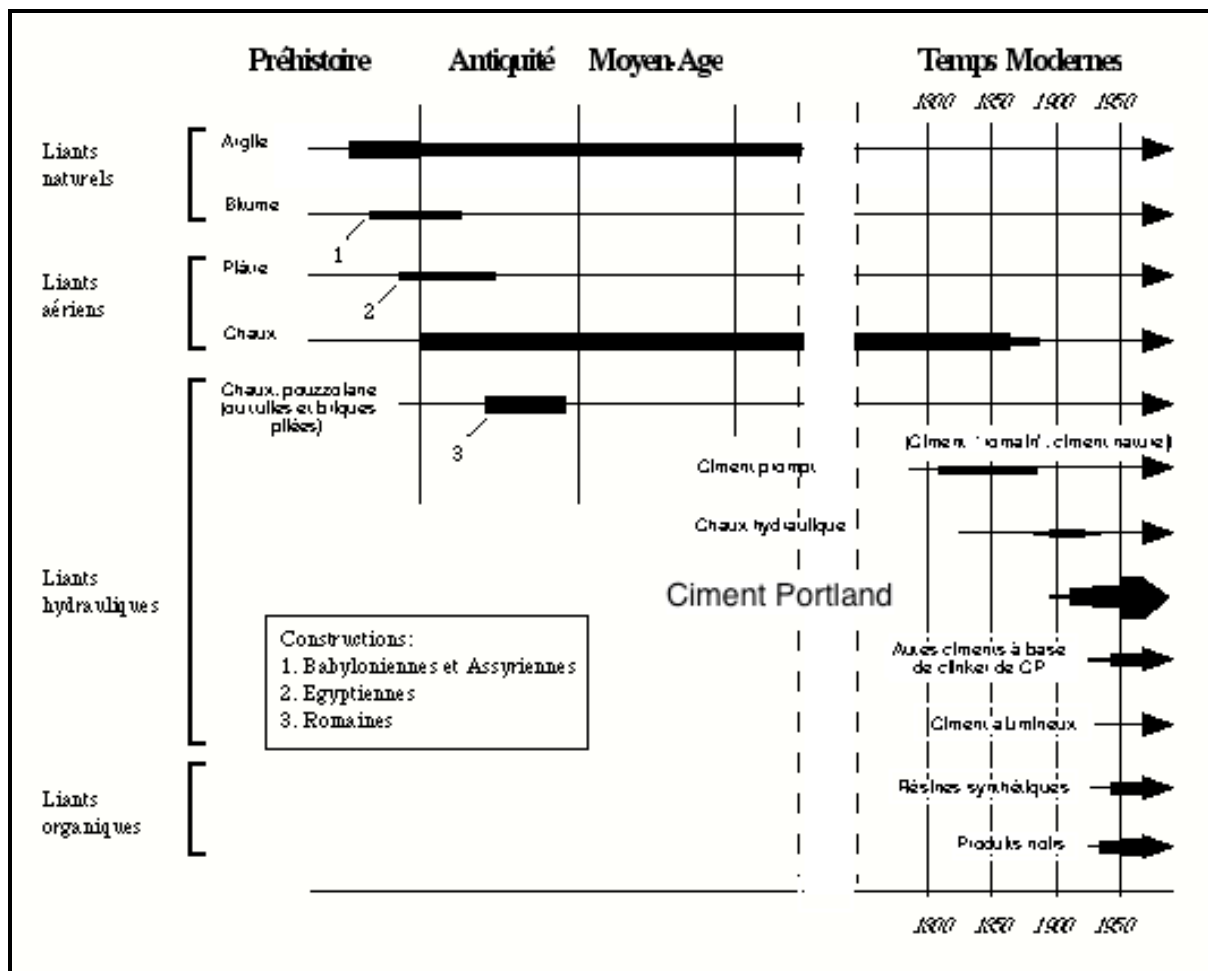
Produits utilisés pour *lier* ou agglomérer entre eux d'autres matériaux.

- liants minéraux
- liants organiques



Liants minéraux :

- liants *aériens*
- liants *hydrauliques*



2. LES ARGILES

2.1 Définition

Les argiles sont des silicates d'alumine complexes hydratés ($x \text{ SiO}_2$, $y \text{ Al}_2\text{O}_3$, ..., $n \text{ H}_2\text{O}$).

Les argiles sont définies par leur taille, leur forme (plasticité) et leur charge (stabilité des suspensions, propriétés électrocinétiques).

2.2 Structure des argiles

Structure d'un feuillet siliceux (SiO_2)



- a) tétraèdre de silice
- b) une maille plane de tétraèdres (en perspective)
- c) réseau plan de tétraèdres (vue de dessus)

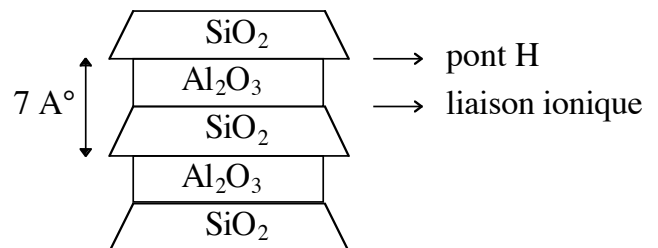
Structure d'un feuillet alumineux (alumine hydratée $\text{Al}(\text{OH})_3$: *gibbsite*)



- a) octaèdre de gibbsite
 b) une maille plane d'octaèdres (en perspective)
 c) réseau plan d'octaèdres (vue de dessus)

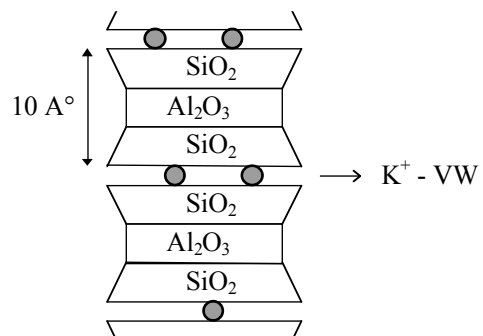
kaolinite (1:1)

- non gonflant
- $S = 15 \text{ m}^2/\text{g}$
- $l/d = 10/1$



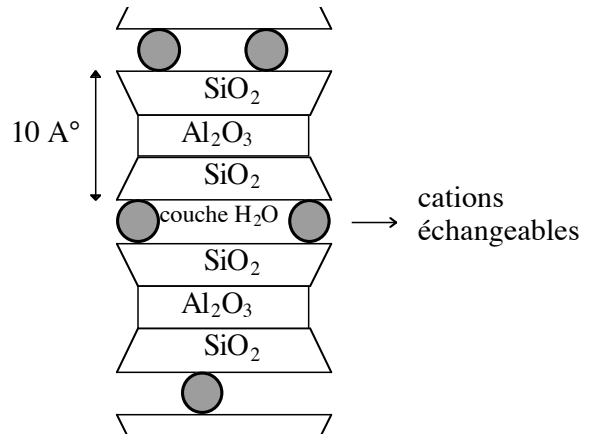
mica (illite) (2:1)

- non gonflant
- $S = 80 \text{ m}^2/\text{g}$
- neutre



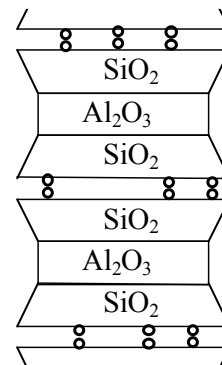
montmorillonite (2:1)

- gonflant
- capacité d'échange
- $S = 800 \text{ m}^2/\text{g}$
- substitution des Al^{3+} par Mg^{2+} et Fe^{2+}



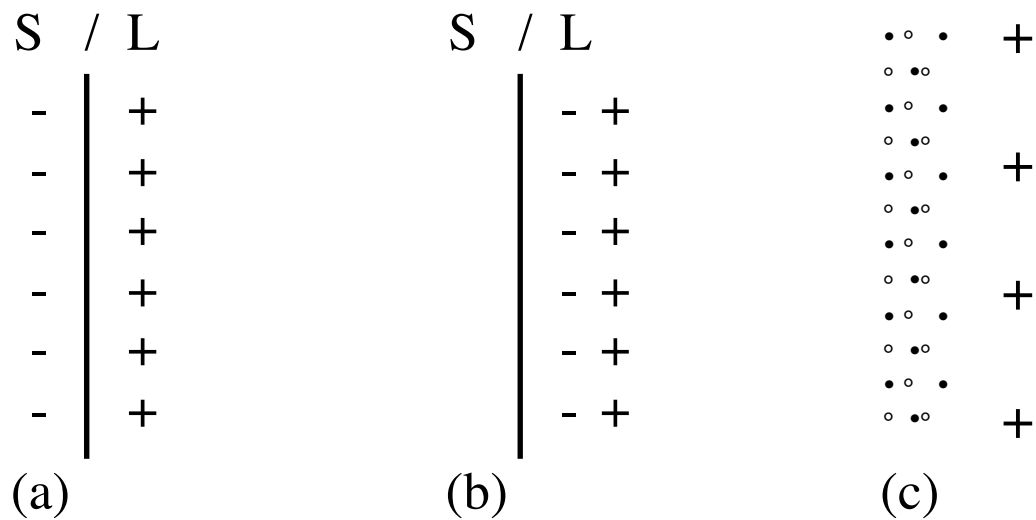
Chlorite ou vermiculite (2:1)

- substitution de Si^{4+} par Al^{3+}
- haute capacité d'échange (Mg^{2+})
- capacité d'adsorption limitée
- $S = 80 \text{ m}^2/\text{g}$



	Types d'argile			
	Kaolinite	Illite (mica)	Vermiculite	Montmorillonite
		<p>● ion potassium</p>		<p>plusieurs couches d'eau</p> <p>plusieurs couches d'eau</p>
Surface spécifique (m ² /g)	15	80	80	800
Gonflement en présence d'eau	faible	faible	moyen	très fort
	Il existe des mélanges de ces 4 types d'argiles formant les interstratiés			

2.3 Origines de la charge à l'interface



a) imperfection de la structure cristalline
substitution isomorphe

b) adsorption spécifique
physi- et chimi-sorption

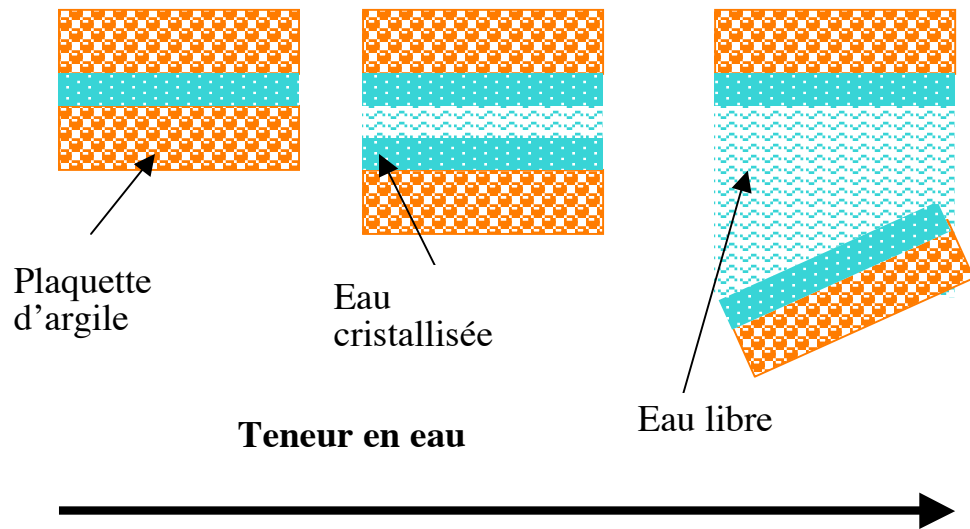
c) dissolution d'ions

Ex: Ag I \longrightarrow dépend de l'activité
oxydes \longrightarrow dépend du pH (amphotère)



2.4 Plasticité des argiles

- taille
- forme
- charge



2.5 Mécanisme de durcissement

La cohésion de l'argile sèche est due aux forces capillaires qui prennent naissance lorsqu'apparaissent des ménisques dans un matériau à structure capillaire.

La lois de Laplace :

$$\Delta p = \gamma \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

Δp : différence de pression

γ : tension superficielle

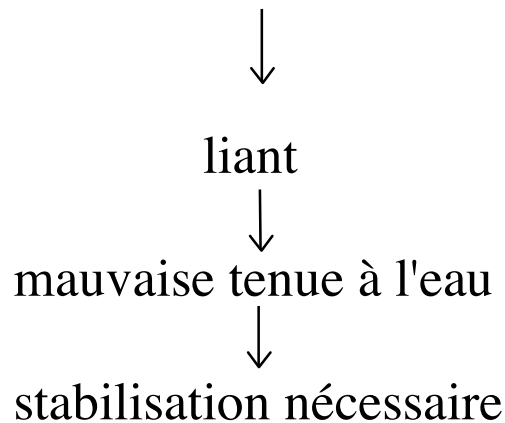
R_1 et R_2 : rayons de courbure dans deux plans orthogonaux

2.6 Le béton de terre

2.6.1 Définition

Béton de ciment = ciment + sable + gravier + eau

Béton de terre = argile + limon + sable + eau



Pourquoi la terre ?

- faible coût énergétique
- tiers monde, population, indépendance
- main d'oeuvre
- variété de formes
- propriétés thermiques
- résistance au feu
- incorporation des déchets
- autoconstruction

mais

- mauvaise tenue à l'eau.

2.6.2 *Stabilisation*

- **mécanique**

Compactage —→ diminution de la porosité.

- **armature**

Ex: fibres végétales —→ diminution de la fissuration

- **par hydrofugation**

Diminution de la mouillabilité

⇒ l'accès de l'eau par capillarité est empêché.

- **physico-chimique**

Formation de nouvelles liaisons.

liants **organiques** (bitumes)

liants **minéraux** (chaux, ciment)

2.6.3 *Techniques de construction*

Les différentes techniques :

- pisé
- adobe
- bauge
- torchis
- blocs comprimés



Mur en torchis au chantier médiéval de Guédelon (Yonne, France)



Vestige d'une ferme picarde, montrant la mise en œuvre du torchis.



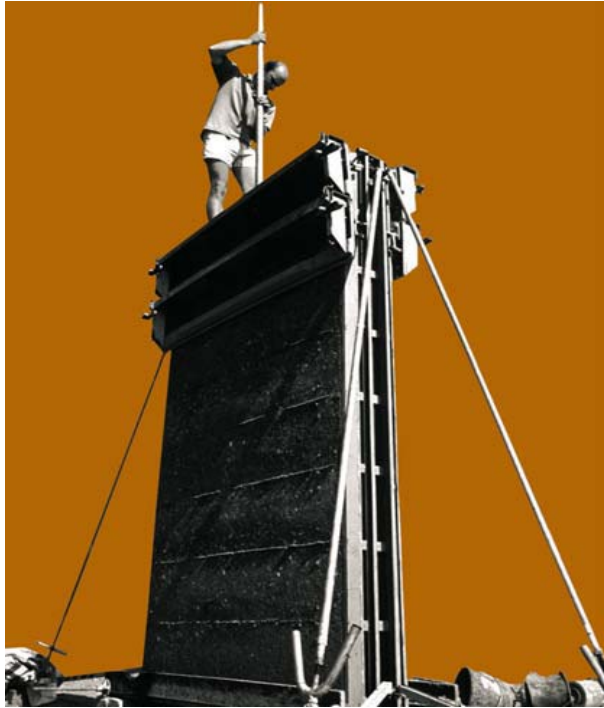
Fabrication et séchage des briques en adobe



Une maison à Sanaa au Yémen.



Mur en adobe



**Banchage
(coffrage)**





Maisons en pisé

**Couches de terre : *banches*
Couches de mortier : *sapines***



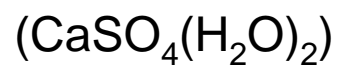
3. LE PLATRE

Cuisson du gypse à basse température

	
Temps de prise contrôlable	Ne peut pas être utilisé à l'extérieur
Attente minimum entre différentes couches successives	De nature acide, le plâtre favorise la corrosion de l'acier
Possibilité d'obtenir différents degrés de dureté de surface et de texture	Temps de séchage long => <i>produits préfabriqués</i>
Pas de retrait	Mise en œuvre salissante => <i>produits préfabriqués</i>
Bonne isolation thermique et phonique	
Bonne résistance au feu	

3.3 Fabrication du plâtre

- Extraction du gypse à l'aide d'explosifs, quand il s'agit de gisement à ciel ouvert : " des carrières ".
- Concassage, afin de réduire la dimension de ses grains.



Lentille de gypse naturel

Variétés



Albâtre



Rose de sable



Anhydrite
(CaSO_4)



Sélénite

- le criblage.
ne sélectionner que les grains de diamètre inférieur à 40 mm.
- Stockage et homogénéisation



- Cuisson .
Il sera cuit à 150°C.



- Stockage dans deux silos qui représente deux à trois jours de production.

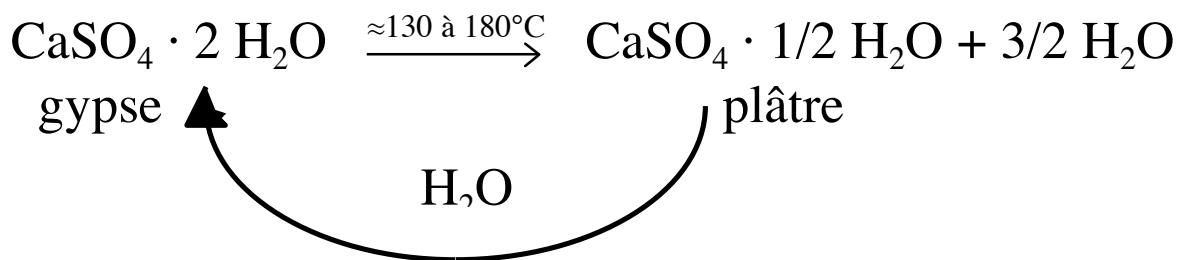
- Mélange

(100 kg semi-hydrate + 70 kg ajouts !!):

- o De l'amidon, pour améliorer l'adhésion entre le plâtre et le carton.
- o Des adjuvants.
- o Des retardateurs pour modifier les temps de prise du plâtre...

3.1 Préparation

Cuisson de gypse et transformation en semi-hydrate :



3.2 Durcissement et prise

transformation de $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$: très soluble
en $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$: cinq fois moins soluble
dissolution et recristallisation

Délai de coulage : 8 minutes, quand on plante un clou, le trou reste.

Délai de lissage : 15 minutes, on ne peut pas planter un clou de plus de 1 cm.

Utilisation de **retardateurs** (ex. : sulfate et phosphate de soude , caséine, sucre, l'alcool) permettent de gâcher le plâtre avec moins d'eau et par conséquent obtenir des produits plus résistants et moins poreux

ou **accélérateurs** pour plâtre à haute température de cuisson (ex. : alun, sulfates d'alumine ou de potasse).

3.3 Résistance

dépend du rapport α :

$$\alpha = \frac{\textit{eau}}{\textit{platre}} = \frac{E}{P}$$

On met plus d'eau que nécessaire. Le plâtre est sensible à l'eau.

Gâché correctement et conservé à 28 jours, une résistance maximale à la compression de 10MPa et à la traction de 2 MPa peut être atteinte. Imbibé d'eau ses valeurs baissent à 3 et 0.6 MPa respectivement.

3.4 Propriété physiques

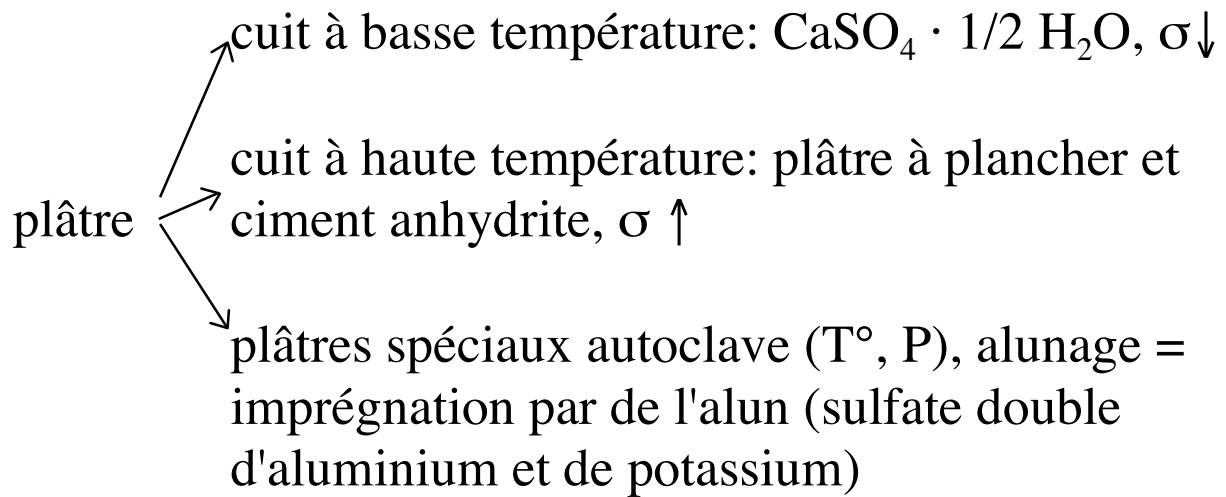
Densité : 600 à 3000 kg/m³

Surface spécifique : 1500 à 8000 kg/m²

3.4 Les produits en plâtre et la température

Température de formation	Produits	Remarques
	$\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ gypse	Matière première et produit final $\sigma = f(P/E)$
130° - 180°	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ semi-hydrate plâtre	60% à 65% d'eau → prise rapide → $\sigma = 3 - 8 \text{ N/mm}^2$ Petits cristaux
130° - 180° autoclave 2 à 3 atmosph.	$\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ semi-hydrate plâtre	prise lente → 40% à 45% d'eau → $\sigma = 15 - 40 \text{ N/mm}^2$ Cristaux plus grands
600° - 700°	CaSO_4 ciment d'anhydrite	broyé avec catalyseur (chaux, sulfates, laitier alcalin) → prise lente → $\sigma = 15 - 40 \text{ N/mm}^2$
800° - 1100°	CaSO_4 plâtre à plancher	dissociation partielle ↗ $\text{CaSO}_4 \Leftrightarrow \text{CaO} + \text{SO}_3$ (CaO est le catalyseur) → $\sigma = 15 - 40 \text{ N/mm}^2$ moins sensible à l'eau

3.5 Utilisation



En Suisse:

plâtrier : 2/3 de semi-hydrate, 1/3 d'anhydrite à prise lente

sculpteur: semi-hydrate

Dans le bâtiment : matériau de finition des parois intérieures et des plafonds. Montage des galandages en briques de terre cuite (parois minces non porteuses)

Plaques au plâtre

Les plaques de plâtre sont constituées de deux plaques de carton qui prennent en sandwich du plâtre.

- finition des parois intérieures, plafond, hourdage des cloisons



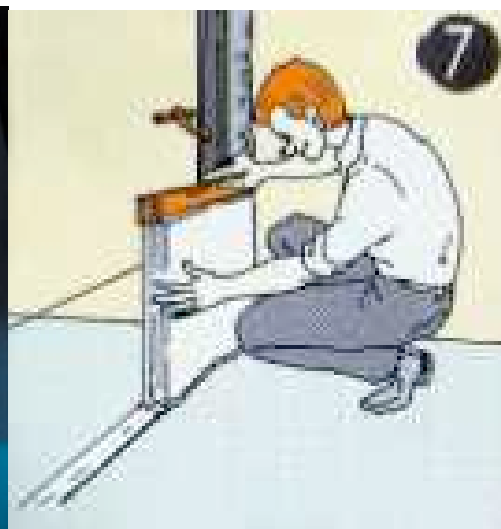
Préfabrication de panneaux, moins sensibles à l'action de l'eau

Protection contre le feu :

6 cm = entrave la propagation du feu

8 et 10 cm = résistant au feu

Carreaux de plâtre



Attention:

- * ne pas utiliser pour des murs portants
- * si les blocs sont susceptibles d'entrer à de multiples reprises en contact avec l'humidité : prendre des précautions (utiliser des blocs appropriés)

Chape liquide à l'anhydrite

(anhydrite + sable 0-3mm + adjuvant et fluidifiants)

- Pose sans joints de dilatation,
- Surface lisse et horizontale destinée à recevoir tous les revêtements de sol usuels.

Fermacell

plaques de plâtre renforcées avec des fibres de cellulose. Incombustibles, elles offrent une haute résistance au feu et leur propriété hydrofuge étend leur application aux locaux humides. Ces caractéristiques leur confèrent de très larges applications: cloisons, plafonds, doublages et planchers.



Prise rapide → séchage long

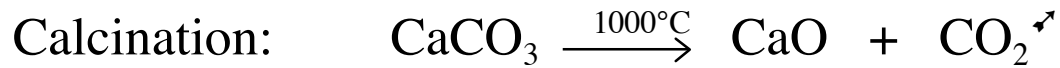
Utilisation du gypse en chiffres :

Plâtre et produits en plâtre	45%
Ciment	45%
Amendement et correction des sols	4%
Autres usages	6%

4. LA CHAUX

4.1 Fabrication

On emploie le calcaire le plus pur possible :



L'emploi de CaO non éteinte dans la construction est dangereuse.

On distingue trois types de chaux :

- Chaux vive : morceaux, réactive
- Chaux hydratée ou éteinte : poudre, $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{O}$
- Chaux en pâte : $\text{Ca(OH)}_2 + n \text{H}_2\text{O}$ (excès d'eau).

CYCLE DE LA CHAUX

Calcaire



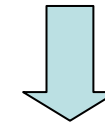
Chaux vive



Décarbonatation



Recarbonatation



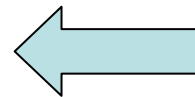
Hydratation

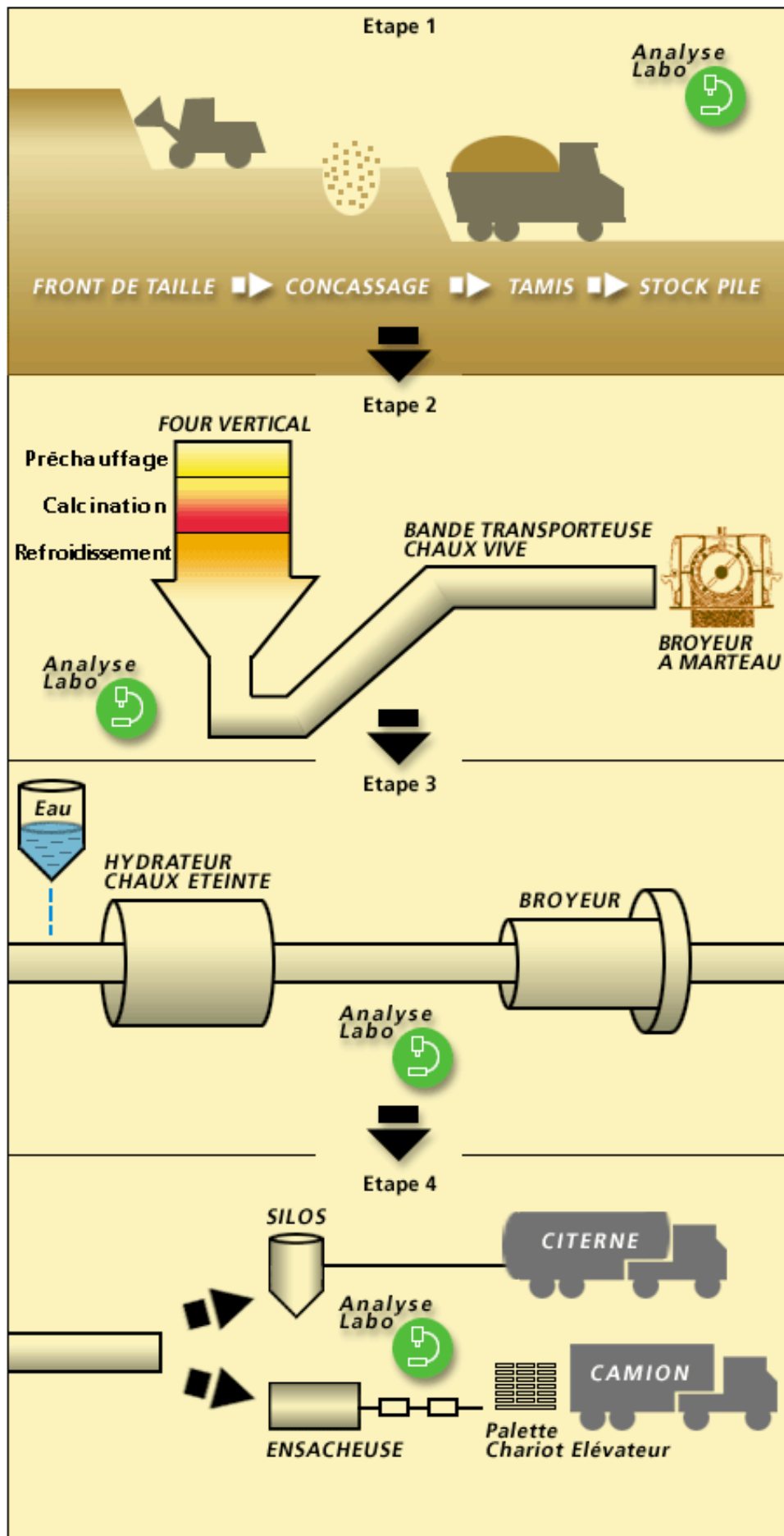


Chaux éteinte



Réaction en cours





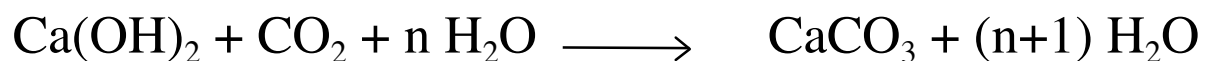


Chaux vive

4.2 Durcissement

Le durcissement de la chaux est causé par plusieurs mécanismes :

- durcissement physique dû au **séchage**
- durcissement dû à la **crystallisation**
- durcissement dû à la **carbonatation**



4.3 Dosage et résistance

Mortier : 3 à 5 volumes de sable pour un volume de chaux hydratée en pâte.

σ : 0,5 à 1 N/mm² après 28 jours

5 à 7 N/mm² après des années

4.4 Utilisation

L'appellation standard est Calcium Lime (CL) suivi d'un chiffre indiquant la proportion de carbonate de calcium; CL 90 est la chaux aérienne la plus pure.

La chaux aérienne est principalement employée pour :

- les finitions intérieures et les peintures
- **mortier de maçonnerie** peu sollicité
- **crépis, enduits, badigeons**
- **stabilisation des sols**

2 à 4% de la masse de chaux vive

court terme :

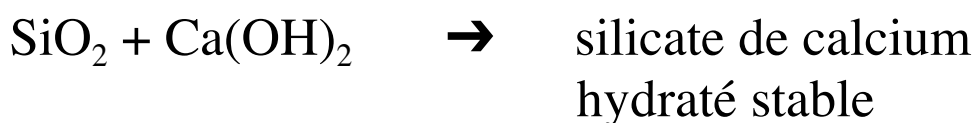
chaux vive + sol = réduction de la teneur en eau +
dégagement de la chaleur (évaporation de l'eau)

long terme :

réactions pouzzolaniques entre chaux et argile

- **briques silico-calcaires**

chaux + granulats siliceux dans un autoclave saturé de vapeur d'eau à une pression de 8 à 16 atmosphères et une température supérieure à 170°C :



5. LA CHAUX HYDRAULIQUE

5.1 Fabrication

calcaire marneux

(6% à 20% d'argile)

ou

composés

calcaire + argile

(finement moulu)



$\xrightarrow{900^\circ \text{ à } 1200^\circ\text{C}}$

CaO +

hydrauliques
(C₂S, F, A, C, S)

Il faut éteindre la chaux vive
⇒ vapeurs d'eau dans les tambours rotatifs de
broyage.

5.3 Durcissement

- composant aérien : comme la chaux
- composants hydrauliques : comme le ciment

5.4 utilisation

L'appellation standard est Natural Hydraulic lime (NHL):
bonne résistance mécanique: NHL 2 (résiste à une
compression de 20 bars tandis que NHL 5 résiste à 50
bars)

La chaux hydraulique est utilisée:

- Pour les soubassements
- Pour les enduits extérieurs, en raison de sa prise plus rapide et de sa moins grande sensibilité aux conditions climatiques lors de l'emploi. Un fixatif peut être rajouté lors de la préparation du badigeon: alun de potasse, latex, caséine.
- Pour faire des dalles, des chapes en y mélangeant du chanvre pour augmenter les performances thermiques, pour la pose de carrelages.
- en maçonnerie peu sollicitée, comme crépis ou enduit.
- pour avoir des résistances plus élevées :

chaux hydraulique + ciment \Rightarrow mortier bâtard



meilleure plasticité
et mise en place

- adjointe au béton pour l'améliorer la plasticité de certains bétons.

6. LE CIMENT PROMPT

6.1 Fabrication

Le ciment prompt, appelé parfois ciment romain, est obtenu par cuisson de marnes (mélange naturels de calcaire et d'argile) autour de 900 à 1000°C. La teneur en alumine est particulièrement élevée et le composé principal formé est l'aluminate tricalcique $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ (C_3A), d'où la prise très rapide (qq s à qq mn).

La résistance obtenue n'est très élevée. Il faut rajouter jusqu'à 5% du gypse pour régulariser la prise du C_3A à quelques minutes

Les ciments prompts contiennent toujours une certaine proportion de chaux vive (stockage après broyage dans des silos à l'aire libre pendant un temps déterminé pour permettre l'extinction de la chaux vive).

Les ciments prompts ont souvent une couleur rougeâtre brun chocolat ou gris jaunâtre à cause de la présence de l'oxyde de fer.

6.2 Utilisation

Chaque fois que l'on a besoin d'un liant à prise rapide sans qu'il soit nécessaire d'avoir de hautes résistances : Ex : travaux d'étanchements ou scellement.

Le ciment prompt s'emploie à l'état pur