



LES LIANTS



EPFL



LABORATORY OF
CONSTRUCTION
MATERIALS

Dr E. Boehm-Courjault
EPFL- LMC

Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

 - 1. Argiles et constructions en terre

 - 2. Plâtre

 - 3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES

 - 4. Chaux hydraulique

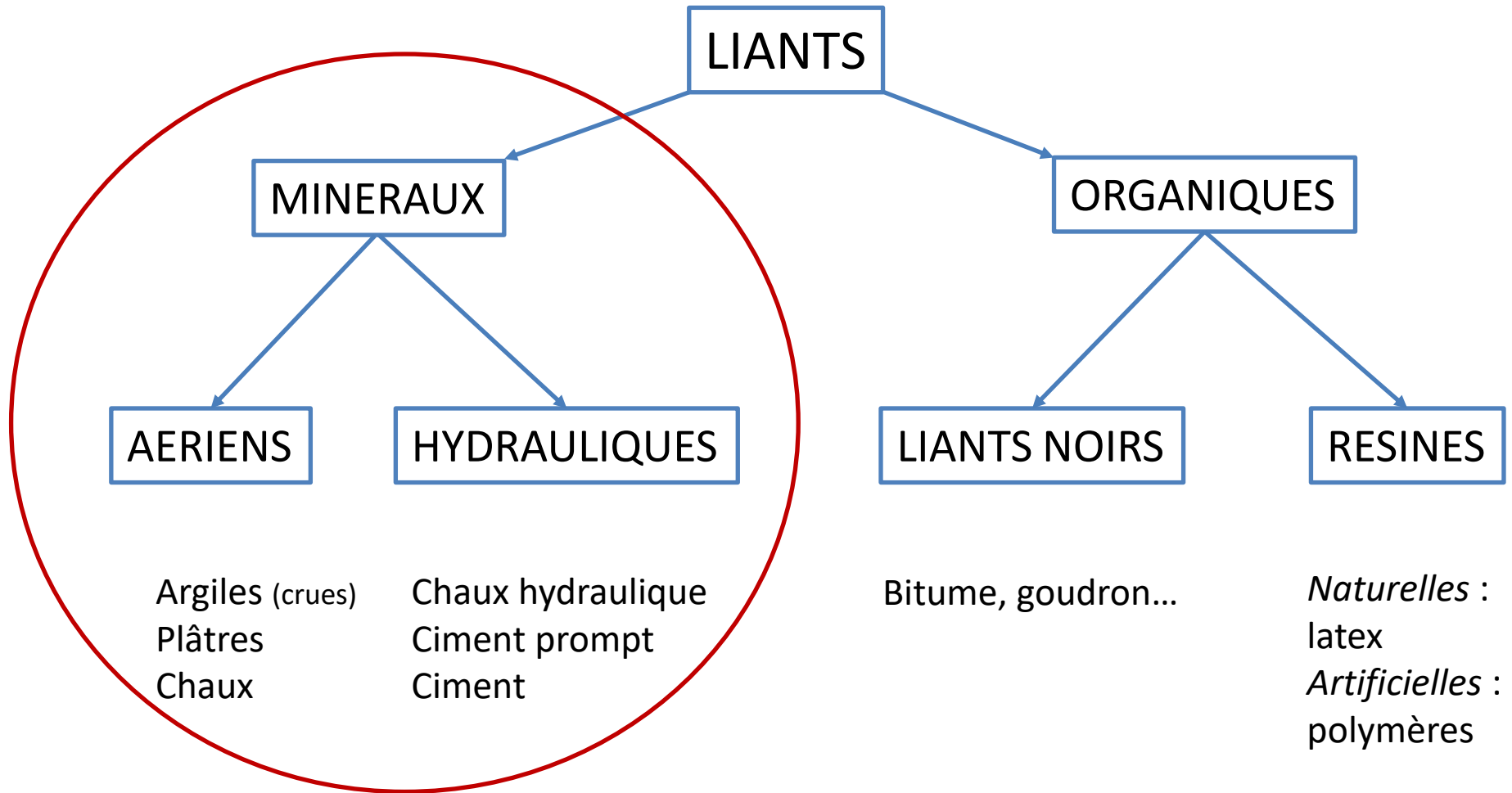
 - 5. Ciment prompt

- COMPARAISON DES UTILISATIONS

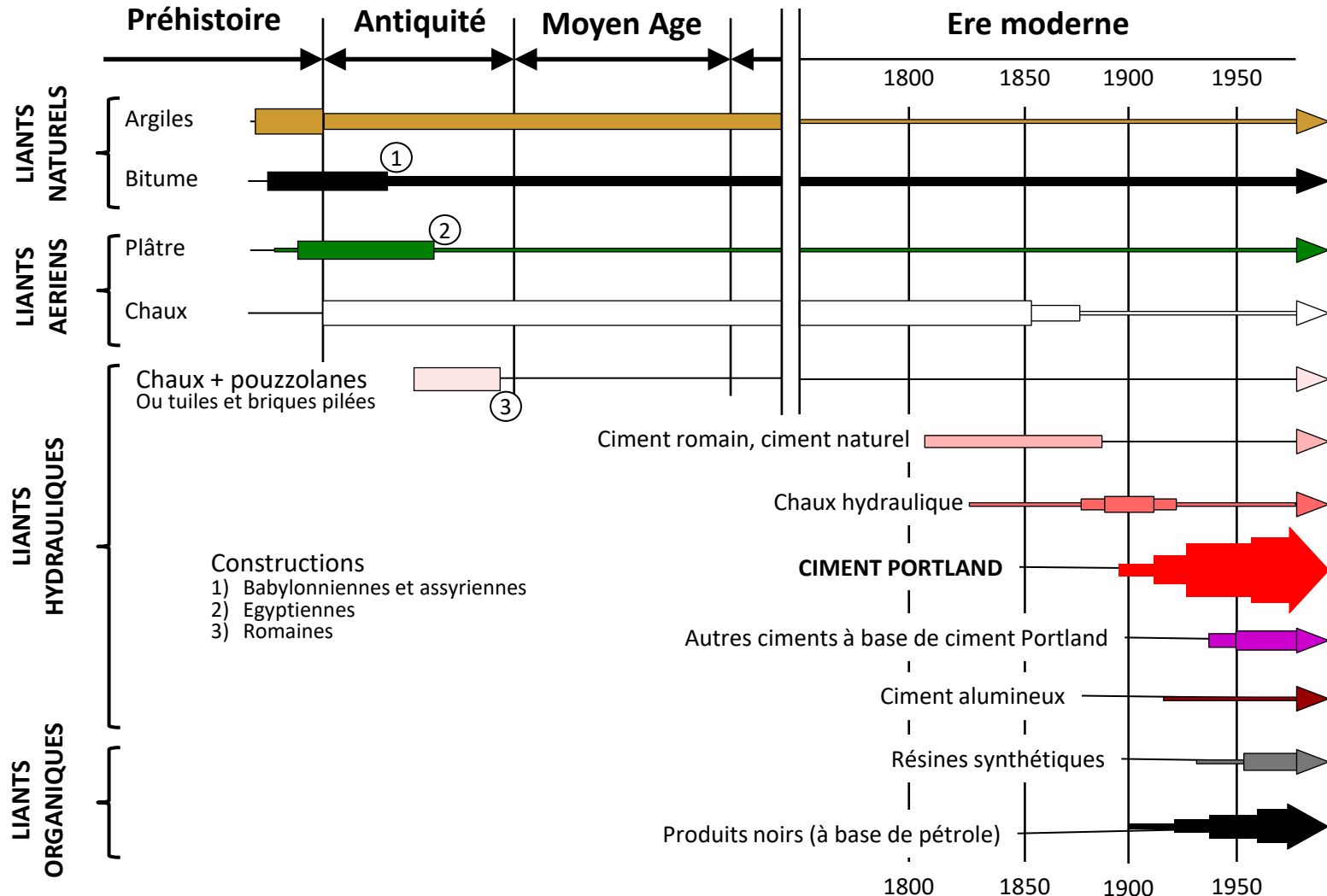
Introduction

- Liant : produit utilisé pour lier ou agglomérer entre eux d'autres matériaux
- 2 types :
 - **Liants minéraux**
 - Liants organiques : très peu utilisés (béton organique, avec polymère comme liant, par ex.)
- Liants minéraux :
 - Aériens
 - Hydrauliques

Classification des liants



Historique d'utilisation des liants



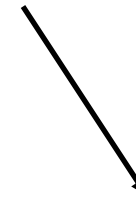
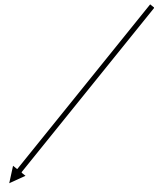
Liants minéraux

Tous les liants minéraux sont utilisés
en mélange avec de l'eau.

Liant aérien

≠

Liant hydraulique



Durcit à l'air, pas sous l'eau.

Ne résiste pas à l'eau.

Doit donc être protégé de l'eau
(donc à ne pas utiliser en
extérieur).

Durcit aussi sous l'eau.

Résiste à l'eau.

Modes de durcissement (prise)

1. Liants aériens

- a. Séchage/capillarité
- b. Carbonatation
- c. Recristallisation

2. Liants hydrauliques

- a, b, c possibles
 - + d. Formation d'hydrates

Usages principaux

- Joints de maçonnerie
- Enduits (crépis, peintures...)
- Chapes (= dalles)
- Cloisons intérieures
- Revêtements de sols
- ...

Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

 - 1. Argiles et constructions en terre

 - 2. Plâtre

 - 3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES

 - 4. Chaux hydraulique

 - 5. Ciment prompt

- COMPARAISON DES UTILISATIONS

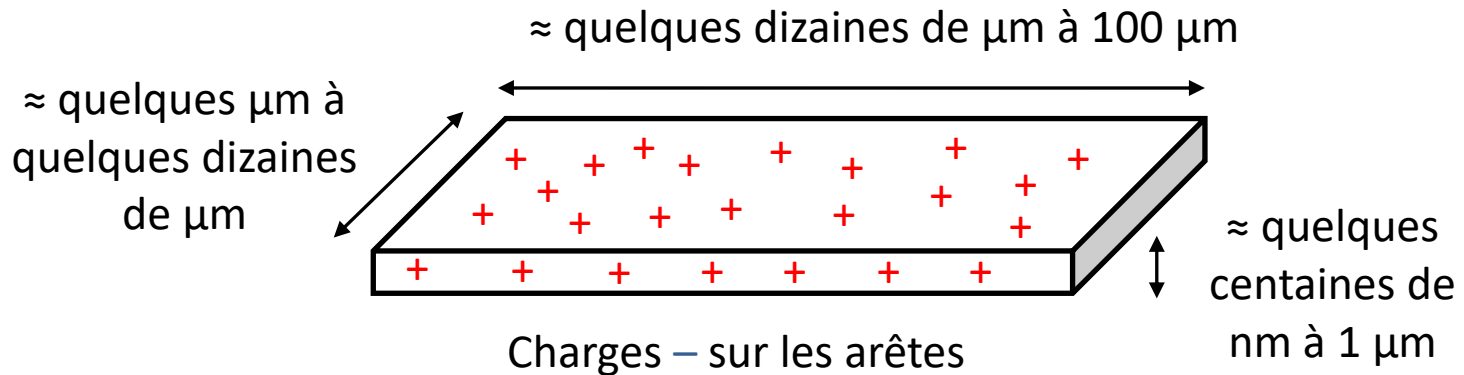
1. Les argiles : définitions

- **Chimie/Science des Matériaux** : Argiles = silicates d'alumine complexes hydratés ($x \text{ SiO}_2$, $y \text{ Al}_2\text{O}_3$, ..., $n \text{ H}_2\text{O}$) ou phyllosilicates.
- **Géologie/Science des sols** : Argile \leftrightarrow taille des poudres
 - < 50 μm = limon
 - < 2-3 μm = argiles
 - < 0.2 μm = argiles colloïdales



1.1. Structure des argiles

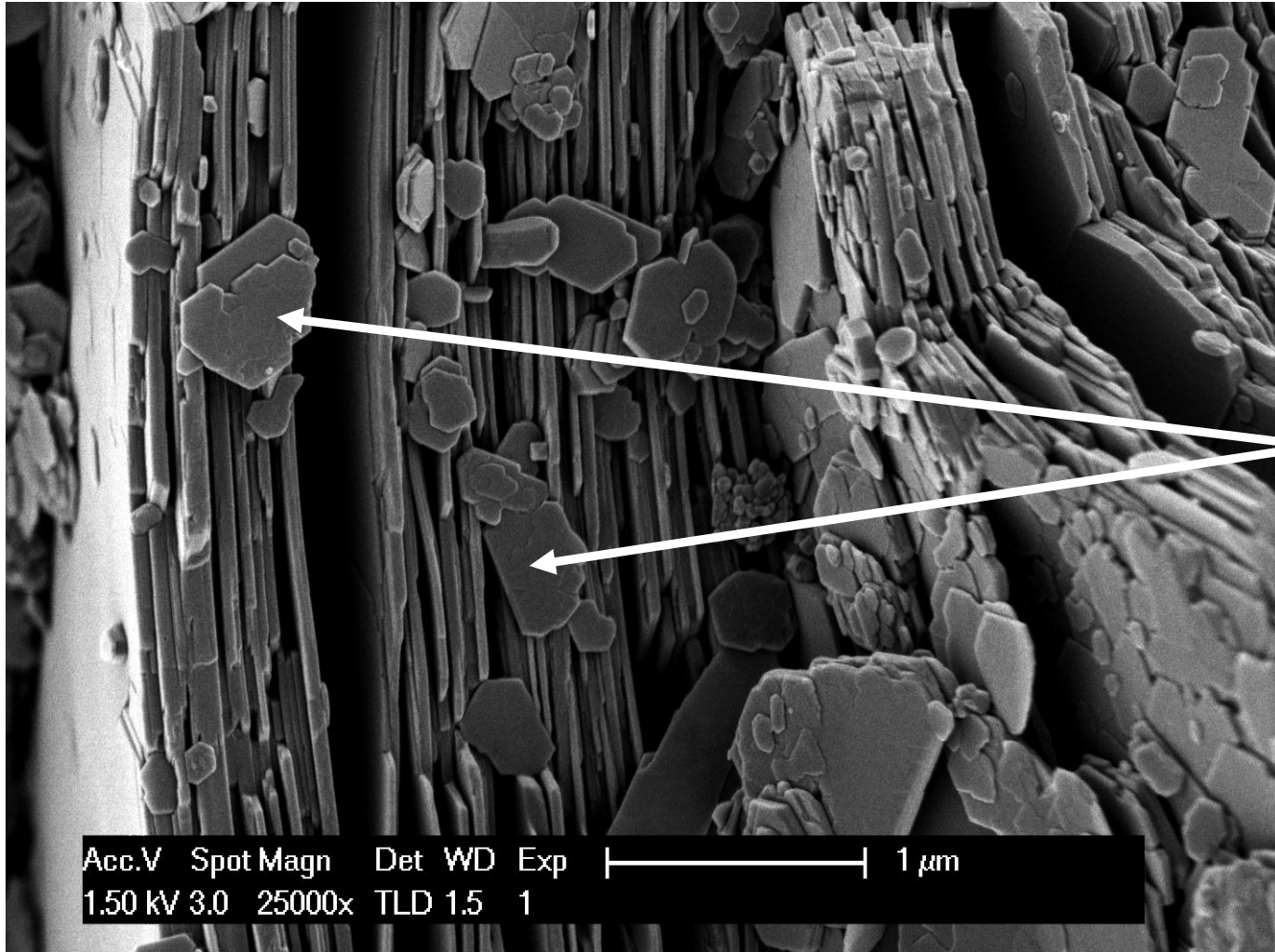
Il s'agit de poudres constituées de plaquettes dont la surface est chargée négativement (mais globalement électriquement neutres).



Une plaquette peut donc attirer :

- une autre plaquette
- des ions de charge opposée (cations)
- les molécules polaires (dipôles, comme par ex. H_2O) par liaisons Van der Waals

1.1. Structure des argiles



plaquettes

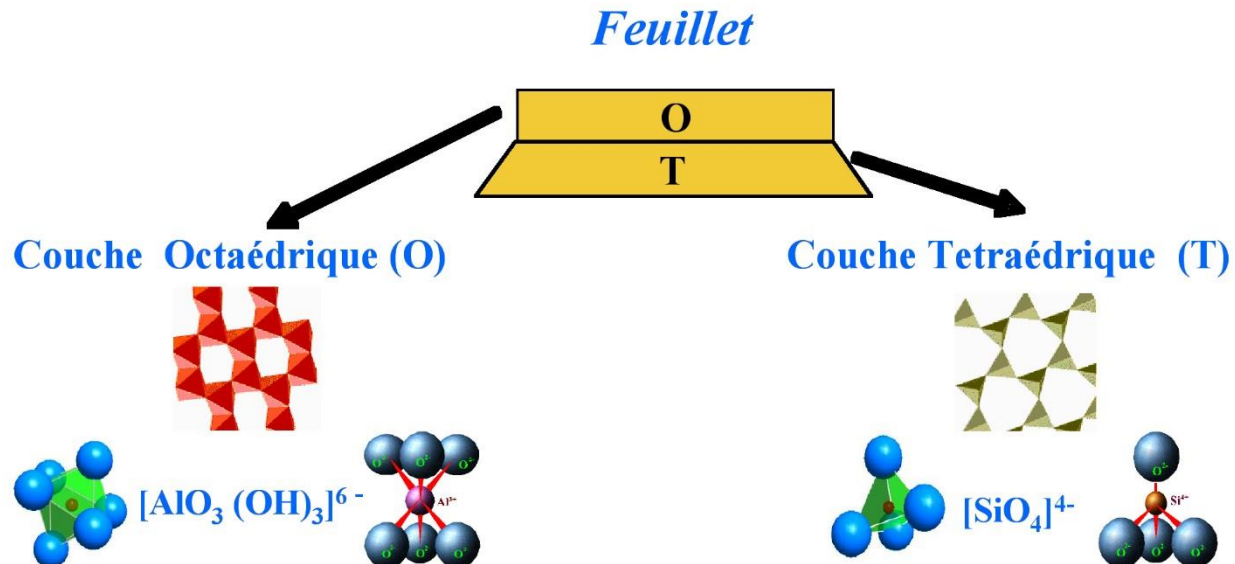
Image de Microscopie Electronique à Balayage d'une argile

1.1. Structure des argiles

Argiles = **silicates d'alumine hydratés** ou **phyllosilicates**.

Minéraux cristallisés basés sur l'empilement de deux types de feuillets :

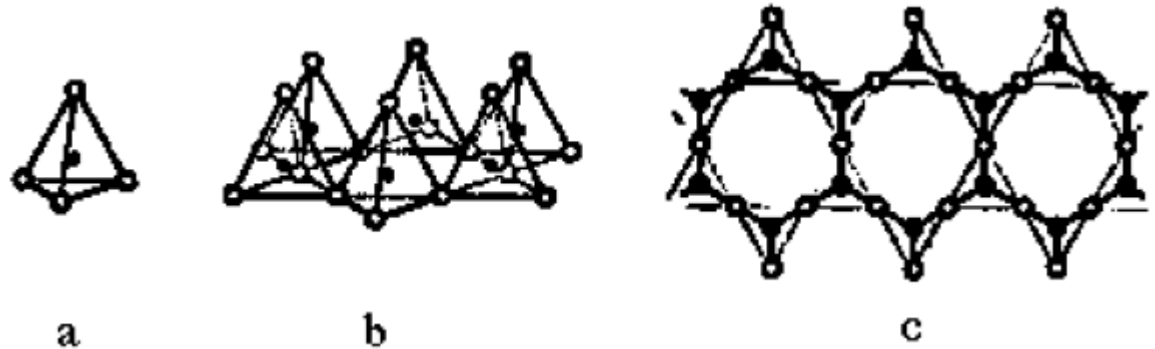
- **Feuillets siliceux (silice SiO_2)** : Couches de tétraèdres de silice
- **Feuillets hydro-alumineux ($\text{Al}(\text{OH})_3$)** : Couches d'octaèdres d'alumine hydratée



1.1. Structure des argiles

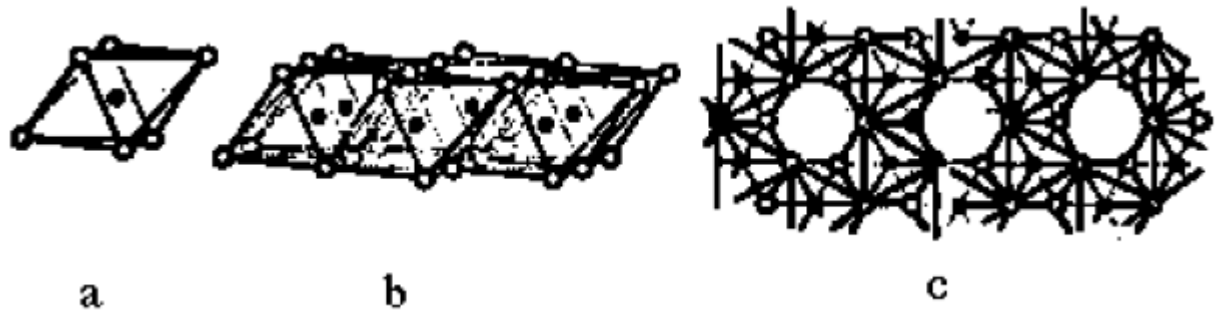
Structures :

- d'un feuillet siliceux
(SiO_2)



a) *Tétraèdre de silice* b) *Maille plane de tétraèdres (en perspective)*
c) *Réseau plan de tétraèdres (vue de dessus)*

- d'un feuillet alumineux
($\text{Al}(\text{OH})_3$: gibbsite)



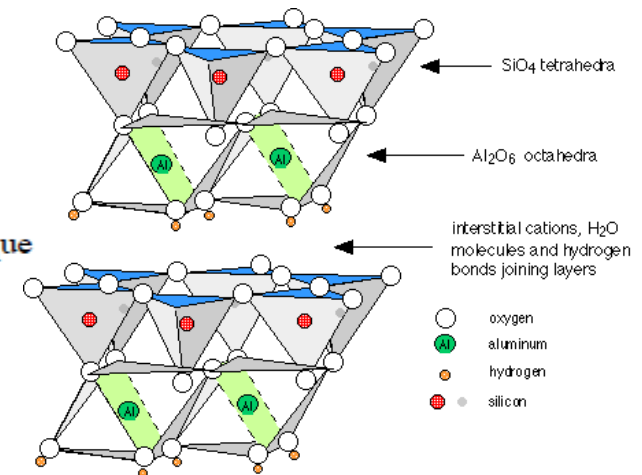
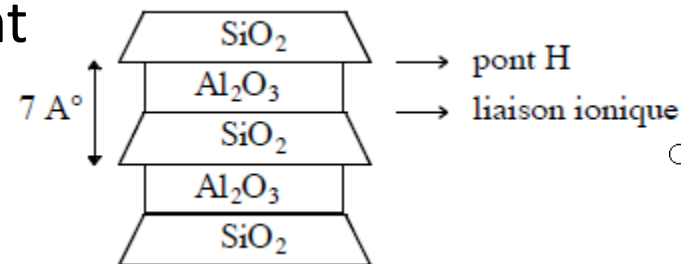
a) *Octaèdre de gibbsite* b) *Maille plane d'octaèdres (en perspective)*
c) *Réseau plan d'octaèdres (vue de dessus)*

1.1. Structure des argiles : classification

Kaolinite (1:1) (ex : porcelaine)

❖ Non gonflant

❖ $S = 15 \text{ m}^2/\text{g}$

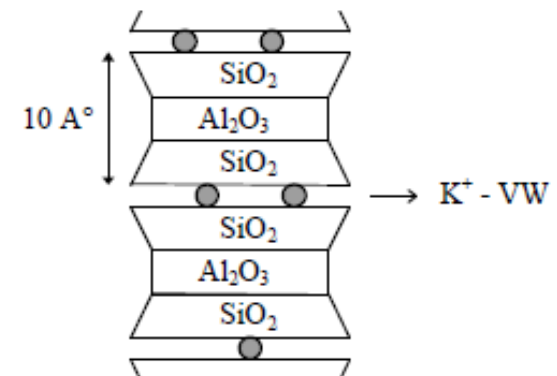


Illite ou mica (2:1)

❖ Non gonflant

❖ $S = 80 \text{ m}^2/\text{g}$

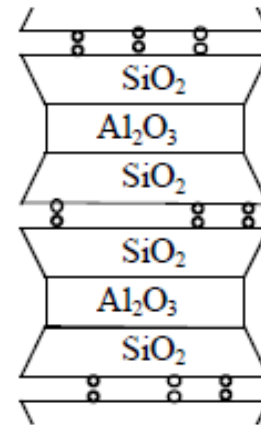
❖ La meilleure pour les terres cuites



1.1. Structure des argiles : classification

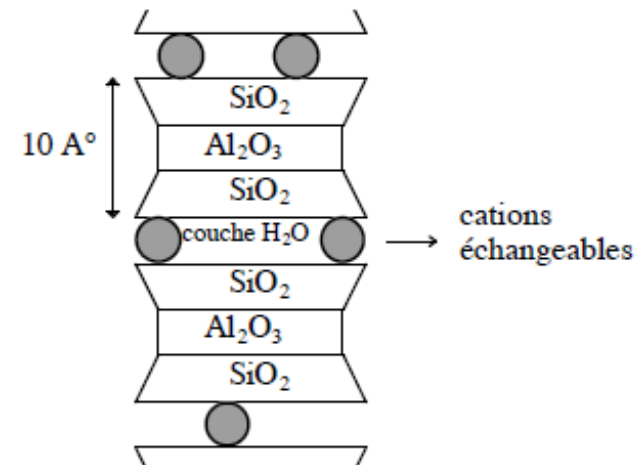
Chlorite ou vermiculite (2:1)

- ❖ Capacité d'adsorption limitée
- ❖ $S = 80 \text{ m}^2/\text{g}$
- ❖ Substitution de Si^{4+} par Al^{3+}

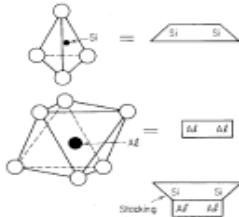
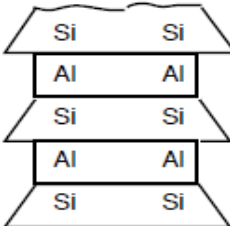
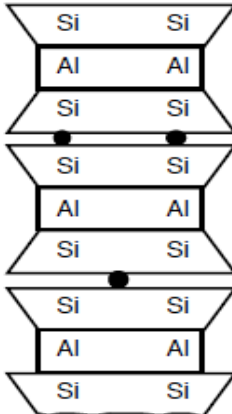
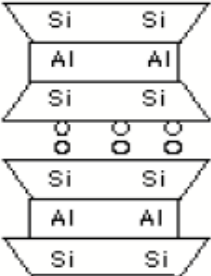
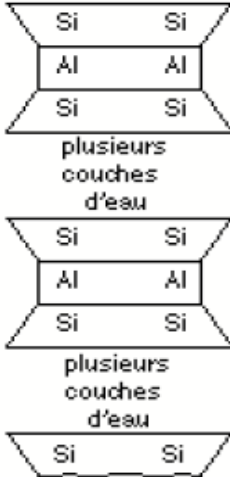


Montmorillonite ou smectite (2:1)

- ❖ Gonflant
- ❖ $S = 800 \text{ m}^2/\text{g}$
- ❖ Substitution de Al^{3+} par Mg^{2+} et Fe^{2+}

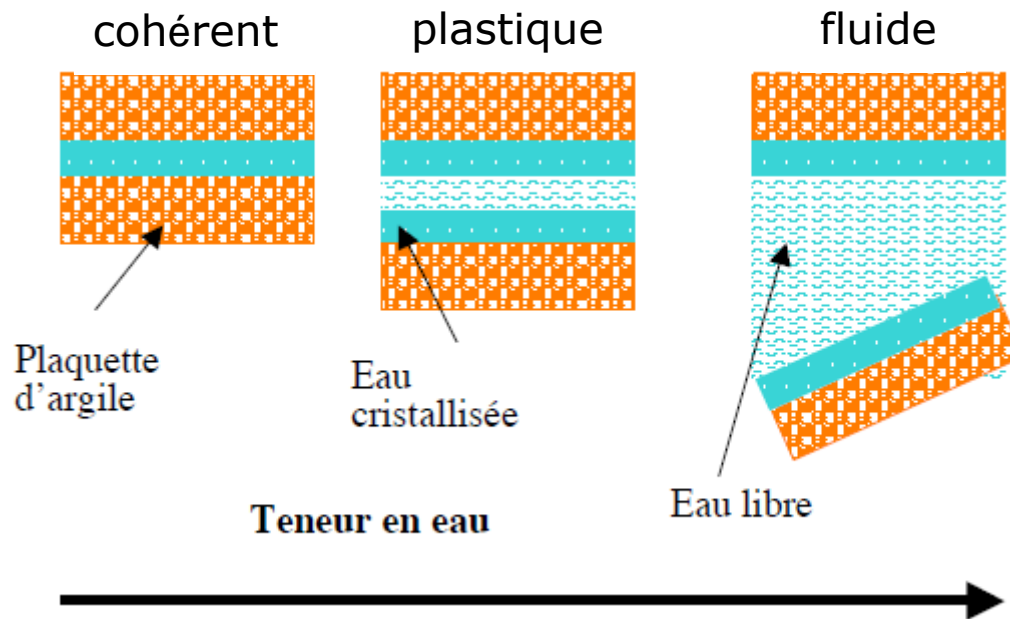


1.1. Argiles : récapitulatif

	Types d'argile			
	Kaolinite	Illite (mica)	Vermiculite	Montmorillonite
		 <p>● ion potassium</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			

1.2. Plasticité des argiles

= propriété importante



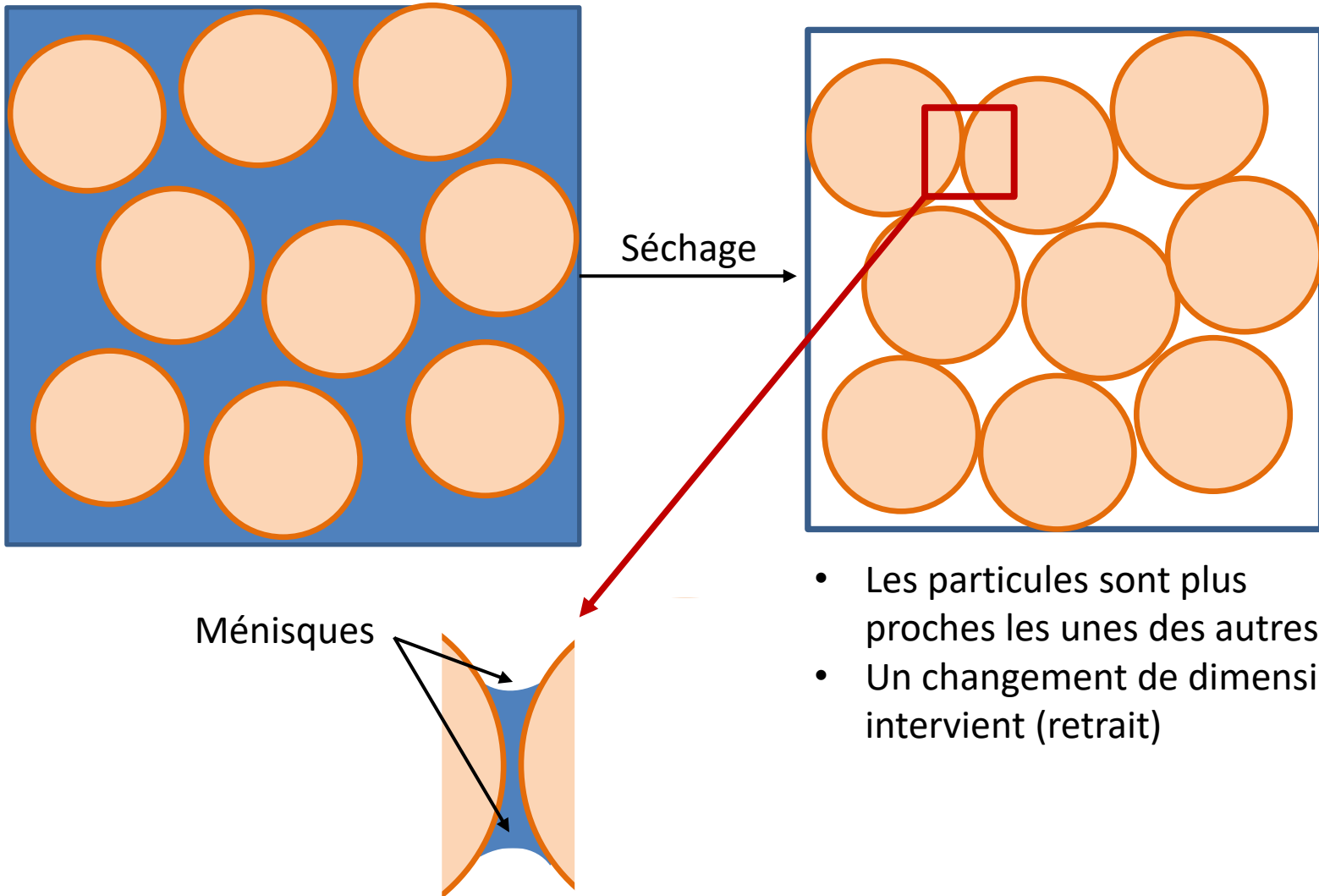
H_2O nécessaire pour la cohésion:

si $[H_2O] \nearrow$, $[H_2O \text{ libre}] \nearrow$ et $d_{\text{plaquettes argile}} \nearrow$

Les grains se lient grâce à l'eau (capillarité).

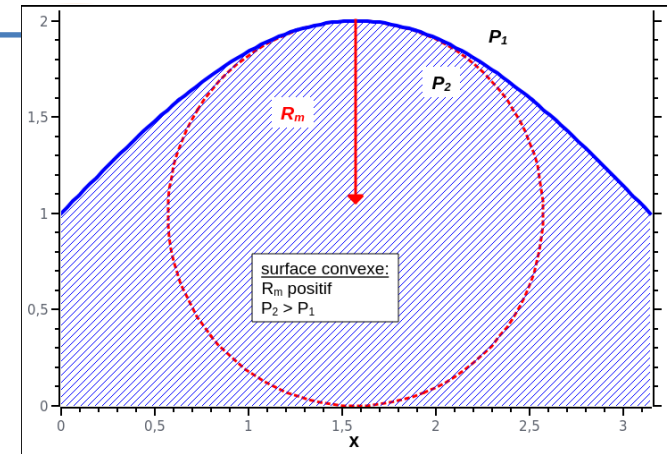
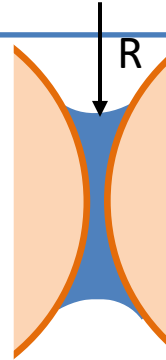
1.3. Mécanisme de durcissement

Capillarité/séchage : on passe de l'état plastique à l'état cohérent



1.3. Mécanisme de durcissement

Loi de Laplace 1D : $\Delta p = \frac{\gamma}{R}$



avec Δp différence de pression (forces capillaires)
 γ tension superficielle
 R rayon de courbure du ménisque

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

→ Durcissement par **capillarité**.

Capillarité = phénomène d'interaction qui se produit aux interfaces entre 2 liquides non miscibles, entre 1 liquide et l'air ou entre 1 liquide et 1 surface.

1.4. Le béton de terre

- Béton (de ciment) = **ciment** + sable + gravier + eau
- Béton de terre = **argile** + limon + sable + eau (idéal)
(en réalité : on stabilise en ajoutant un peu de ciment)

Avantages de l'argile ?

- Faible coût énergétique
- Main d'œuvre
- Variété de formes
- Autoconstruction
- Pays en voie de développement
- Propriétés thermiques
- Résistance au feu
- Incorporation des déchets

1.4. Durabilité



Dalle béton + mur en béton de terre (<5% ciment)

1.4. Durabilité



Dalle béton + mur en béton de terre (<5% ciment)

1.4. Stabilisation

- Mécanique
- «Armature»
- Hydrofugation
- Physico-chimique (mélange)

1.4. Techniques de construction

- Adobe
- Bauge
- Pisé (banches)
- Torchis
- Blocs compressés

1.5. Exemples



*Fabrication et séchage
des briques en adobe*



Mur en adobe



Maison en adobe (Sanaa, Yémen)



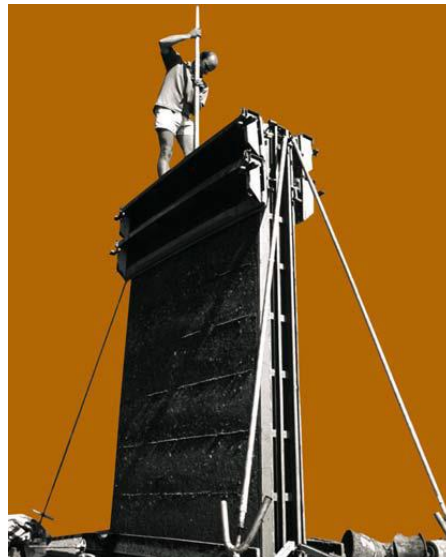
1.5. Exemples



Bauge



*Mur en pisé
(Cornouailles, Angleterre)*

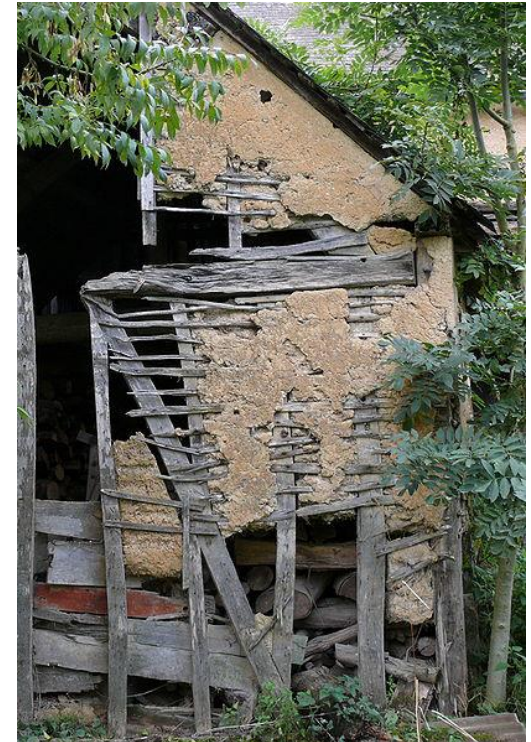


*Banchage
(coffrage)*

1.5. Exemples



Murs en torchis de maisons à colombages (Alsace, France)



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

Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

 - 1. Argiles et constructions en terre

 - 2. Plâtre

 - 3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES



 - 4. Chaux hydraulique

 - 5. Ciment prompt

- COMPARAISON DES UTILISATIONS

2. Le plâtre

- Cuisson du gypse à basse température
- S'utilise à l'état pur (pas de mélange avec d'autres liants)

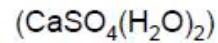
	
Temps de prise contrôlable	Ne peut pas être utilisé à l'extérieur
Attente minimum entre différentes couches successives	De nature acide, le plâtre favorise la corrosion de l'acier
Possibilité d'obtenir différents degrés de dureté de surface et de texture	Temps de séchage long => <i>produits préfabriqués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

2.1. Plâtre : étapes de fabrication

- Extraction du gypse dans des carrières



Lentille de gypse naturel



Variétés



Albâtre



Rose de sable



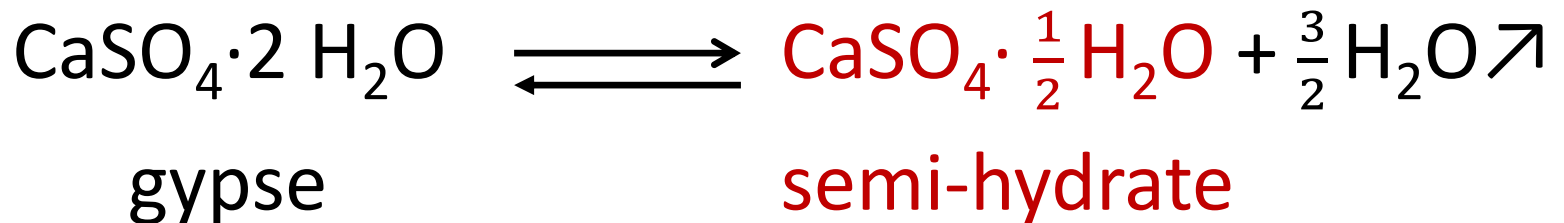
Anhydrite
(CaSO_4)



Sélénite

2.1. Plâtre : étapes de fabrication

- Concassage : réduction de la taille de grains
- Criblage ou tamisage (< 40 mm).
- Stockage et homogénéisation
- Cuisson entre 130 et 180°C



- Mélange (100 kg de plâtre pour 70 kg d'ajouts)
 - Amidon
 - Adjuvants
 - Retardateurs

2.2. Plâtre : durcissement et prise

Phénomènes en jeu :

- A court terme : capillarité
- A long terme : recristallisation

Mise en œuvre :

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

Délai de lissage : 15 minutes. On ne peut pas planter un clou dans plus de 1 cm de profondeur.

Utilisation de retardateurs (sulfate et phosphate de soude, caséine, sucre, alcool) pour gâcher le plâtre avec moins d'eau → produits plus résistants et moins poreux

Ou d'accélérateurs (alun, sulfates d'alumine ou de potasse) pour plâtres à haute température de cuisson

2.3. Plâtre : résistance

- Dépend du rapport α (comme pour le ciment) :

$$\alpha = \frac{\text{eau}}{\text{plâtre}} = \frac{E}{P}$$

On met plus d'eau que nécessaire.

Gâché correctement et conservé à 28 jours, une résistance maximale à la compression de 10MPa et à la traction de 2MPa peut être atteinte.

Imbibé d'eau ces valeurs baissent à 3 et 0.6 MPa.

→ Pas fait pour supporter les efforts (utilisé pour cloisons par ex.)

2.4. Plâtre et 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 ↗ $\text{CaSO}_4 \rightleftharpoons \text{CaO} + \text{SO}_3$ (CaO est le catalyseur) → $\sigma = 15 - 40 \text{ N/mm}^2$ moins sensible à l'eau

Cristaux plus petits → plus de pores
→ moins résistant

Pression → cristaux plus gros

Utilisations spécifiques comme les sculptures par exemple

2.5. Plâtre : utilisations

En Suisse

- Plâtrier : 2/3 semi-hydrate + 1/3 d'anhydrite à prise lente → compromis entre résistance et prix. Matériau de finition des parois intérieures et des plafonds.
- Plaques de plâtre («Placoplatre[®]») : 2 plaques de carton + plâtre en sandwich.
- Protection contre le feu : entrave la propagation du feu (6 cm), résistant au feu (8 à 10 cm).

2.5. Plâtre : utilisations

- **Carreaux de plâtre**

A ne pas utiliser pour des murs portants.

Attention à l'humidité.



- **Chape liquide à l'anhydrite**

Anhydrite + sable 0-3 mm + adjuvants 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.

Propriété hydrofuge → utilisation en local humide possible

→ cloisons, doublages, planchers, plafonds.

Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

 - 1. Argiles et constructions en terre

 - 2. Plâtre

 - 3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES

 - 4. Chaux hydraulique

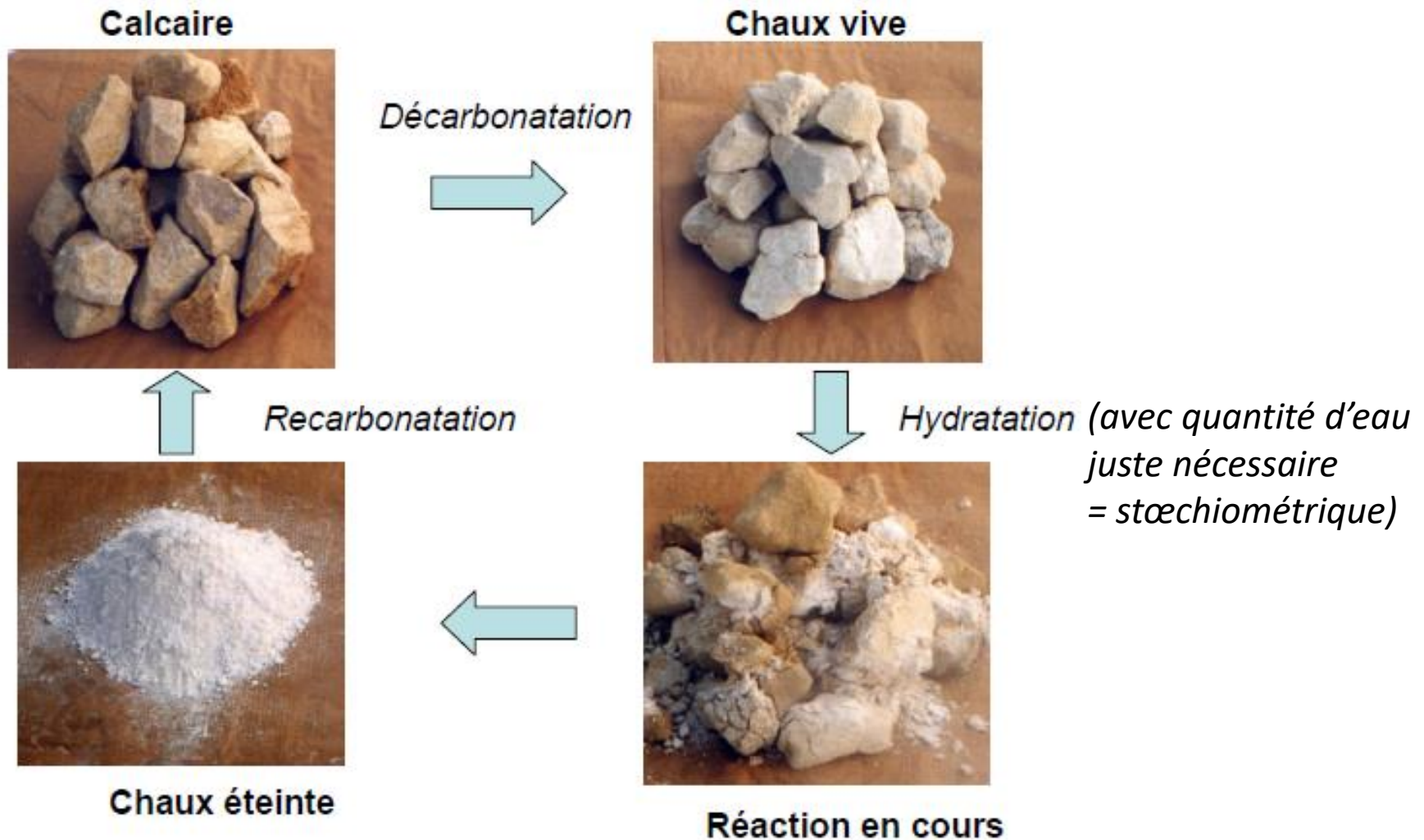
 - 5. Ciment prompt

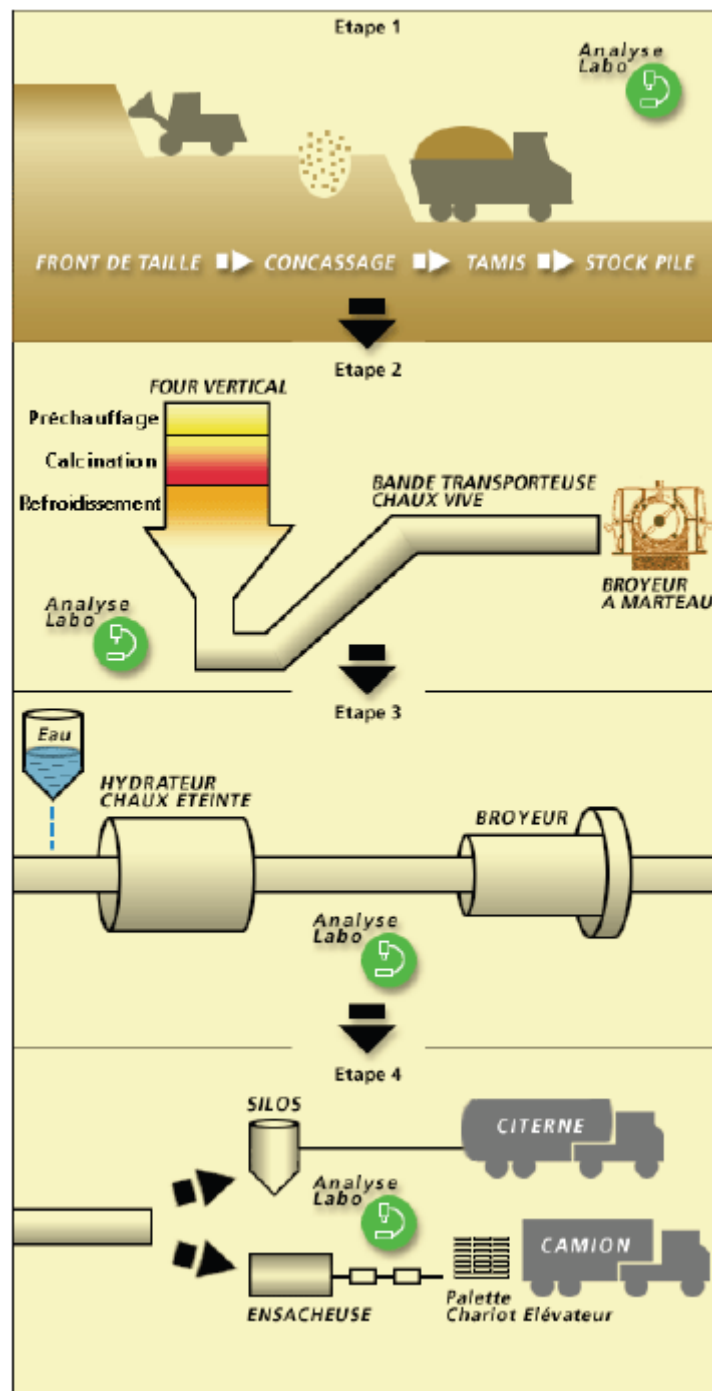
- COMPARAISON DES UTILISATIONS

3.1. Chaux éteinte (= chaux) : fabrication

- Calcination : $\text{CaCO}_3 \xrightarrow{1000^\circ\text{C}} \text{CaO} + \text{CO}_2$
calcaire le plus pur possible chaux vive
- Extinction : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Ca(OH)}_2 + \text{chaleur}$
chaux éteinte ou
portlandite
- L'emploi de chaux vive (non éteinte) dans la construction est dangereuse.
- 3 types de chaux :
 - chaux vive (en morceaux, réactive)
 - chaux hydratée ou éteinte (poudre)
 - chaux en pâte ($\text{CaO} + n\text{H}_2\text{O}$, excès d'eau)

3.1. Cycle de la chaux

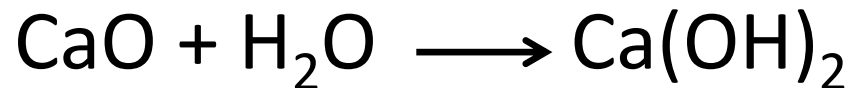




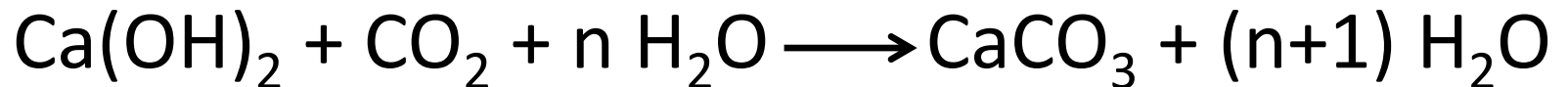
3.2. Chaux : durcissement

Plusieurs mécanismes :

- Durcissement physique dû au séchage (capillarité)
- (Durcissement dû à la cristallisation)



- Durcissement dû à la carbonatation



3.3. Chaux : dosage et résistance

- Mortier bâtard : 3 à 5 volumes de sable pour un volume de chaux hydratée en pâte
- σ_{comp} : 0.5 à 1 MPa après 28 jours
5 à 7 MPa après des années (après carbonatation, reformation du calcaire de départ)

3.4. Chaux : utilisation

Principalement utilisée pour :

- finitions intérieures et peintures
- mortiers de maçonnerie peu sollicitée
- crépis
- enduits
- stabilisations des sols
- briques silico-calcaires

3.4. Chaux : utilisation

- **Stabilisations des sols**

2 à 4% de la masse de chaux vive ou éteinte

Court terme : Chaux vive + sol = réduction de la teneur en eau + dégagement de chaleur

Long terme : Réactions pozzolaniques entre chaux et argile (formation de C-S-H)

- **Briques silico-calcaires** (très stables et peu chères)

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



Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

1. Argiles et constructions en terre
2. Plâtre
3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES

4. Chaux hydraulique

5. Ciment prompt

- COMPARAISON DES UTILISATIONS

4.1. Chaux hydraulique : fabrication

Calcaire marneux (6 à 20% d'argile) ou composés
calcaire + argile finement moulus

↓ 900 à 1200°C

CaO + hydrauliques (C_2S , F, A)
(pas C_3S car se forme à 1300°C)

= «ciment de mauvaise qualité»
→ résistance acceptable mais peu élevée.

4.2. Chaux hydraulique : durcissement

- Composant aérien : comme la chaux (capillarité, cristallisation, carbonatation)
- Composants hydrauliques : comme le ciment (formation d'hydrates comme C-S-H)
- Liant hydraulique donc durcit sous l'eau.

4.3. Chaux hydraulique : utilisation

- Utilisée pour :
 - Soubassements
 - Enduits extérieurs (prise plus rapide et moins grande sensibilité aux conditions climatiques).
 - Dalles, chapes (en mélange avec chanvre pour augmenter les performances thermiques), pose de carrelage
 - Maçonnerie peu sollicitée (crépis, enduits).
- Pour avoir des résistances plus élevées : mortier bâtard = chaux hydraulique + ciment
 - Meilleure plasticité et mise en place par rapport au mortier de ciment.

Contenu

Introduction : définition et classification

- LIANTS AERIENS

 - 1. Argiles et constructions en terre

 - 2. Plâtre

 - 3. Chaux

- LIANTS HYDRAULIQUES

 - 4. Chaux hydraulique

 - 5. Ciment prompt

- COMPARAISON DES UTILISATIONS

5.1. Ciment prompt : fabrication

- Ciment prompt ou ciment romain : obtenu par cuisson de marnes (mélange naturel de calcaire et d'argile) vers 900-1000°C.
- Teneur en alumine particulièrement élevée.
- Composé principal : aluminat tricalcique $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ (C_3A). Prise très rapide (qq s à qq min). On ajoute jusqu'à 5% de gypse pour régulariser la prise à qq min.
- Résistance pas très élevée.
- Contient toujours une quantité non négligeable de chaux vive (stockage après broyage dans des silos à l'air libre pour en permettre l'extinction).
- A souvent une couleur brun rougeâtre ou gris jaunâtre à cause de la présence d'oxyde de fer.

5.2. Ciment prompt : utilisation

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

Exemples : travaux d'étanchements ou de scellement.

S'emploie à l'état pur (pas de mélange avec d'autres liants).

Comparaison des utilisations

A titre indicatif

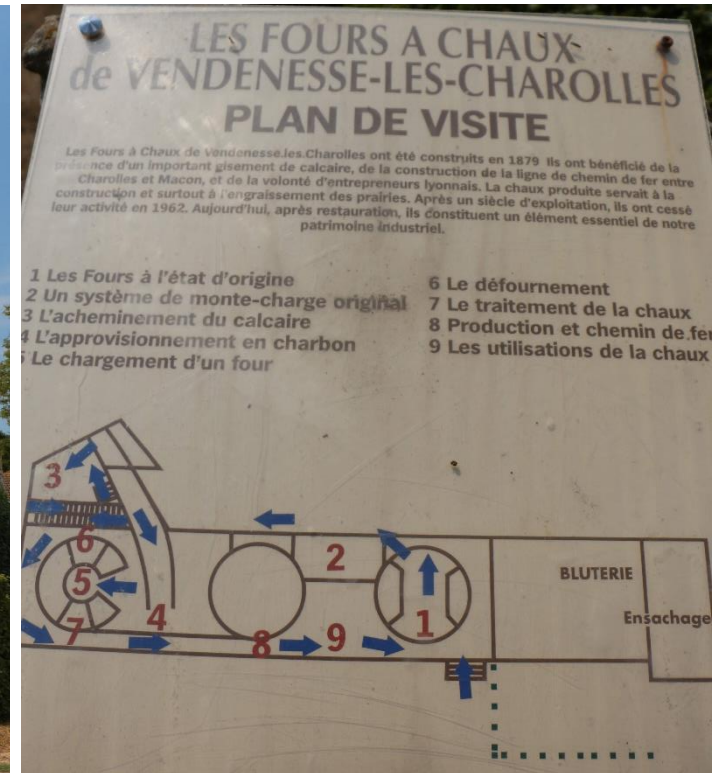
	Liant	Joint de maçonnerie	Enduit intérieur	Enduit extérieur	Chape (dalle)	Cloison
AERIEN	Argile	+				
	Plâtre	+	++		++(*)	++
	Chaux	+	++	++		
HYDRAU-LIQUE	Chaux hydraulique	+		++	++	+
	Ciment prompt	+		+		+
	Ciment	++		+	+++	+

* anhydrite

Pour aller plus loin...

- Briques en terre crue + chaux :
https://www.youtube.com/watch?v=FYWK1aaE_nU
- Briques en terre crue + béton :
<https://static1.squarespace.com/static/56f11c090442628377d7f98e/t/58db75832994ca7505d6bd7f/1490777476503/Nouvelliste.pdf>
- Chaux :
<https://laisonnature.ch/wp-content/uploads/2011/10/articlechaux.pdf>

Annexe : anciens fours à chaux



Vendennes-les-Charolles, Bourgogne, France

Annexe : anciens fours à chaux

1

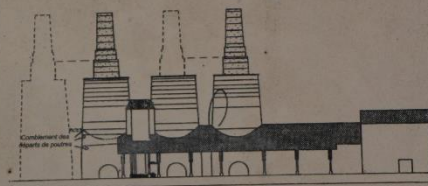
LES FOURS A L'ORIGINE

Les fours à chaux de Vendennes-les-Charolles furent construits par la Compagnie des Fours à Chaux des Dombes entre 1879 et 1881, en même temps que ceux de Bourg-en-Bresse et sur le même modèle que ceux de Montluçon.

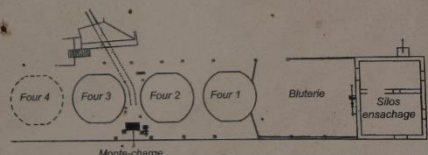
Seuls les fours de Vendennes subsistent aujourd'hui et sont uniques en France, ce qui a facilité leur classement en "Monument Historique" en 1998.

Surmontés d'imposantes cheminées de briques, les fours de Vendennes étaient au départ au nombre de quatre fonctionnant en batterie deux par deux.

Au cours du début du 20ème siècle, la baisse de la production a amené à les modifier : le four n°4 fut entièrement démonté, alors que le four n°1 n'a plus été utilisé. Le chemisage des fours n°1 et 3 fut modifié et le dispositif actuel de monte-charge et de passerelle fut créé.



Fours vus de face



Fours vus d'en haut

3

L'ACHEMINEMENT DU CALCAIRE

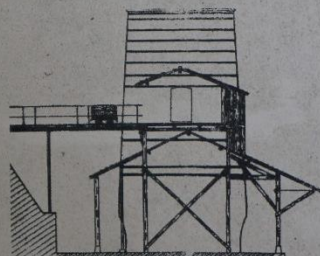
L'installation des fours à chaux à Vendennes-les-Charolles est liée à la présence d'un important banc de calcaire gris bleuté qui constitue une matière première de bonne qualité de par son aptitude à la calcination.



A la carrière, le calcaire était d'abord extrait à la dynamite, puis les blocs étaient cassés sur place pour obtenir des pierres de taille moyenne.

Chargées dans des wagonnets basculant tractés par des chevaux, elles étaient acheminées vers les fours en suivant les rails qui se terminaient à au port (plate-forme devant la passerelle).

Chaque année, deux campagnes d'extraction avaient lieu de décembre à février, et de juin à septembre.



Acheminement de la pierre par wagonnet

2

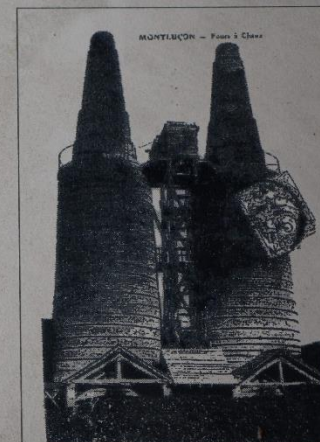
UN SYSTEME DE MONTE CHARGE ORIGINAL

Le système de monte-charge d'origine a aujourd'hui complètement disparu : seuls témoins de son existence, les trous de boulins à la base des corniches des fûts et la cavité destinée à recevoir un arbre à came découvert en sous-œuvre.

Ces éléments laissent à penser que les fours à chaux de Vendennes-les-Charolles étaient équipés d'un système d'ascenseur métallique proche de celui qui existait sur les anciens fours de Montluçon.

Son mode de fonctionnement était le suivant : le calcaire et le charbon prenaient place dans des bennes de chaque côté du four et s'élevaient jusqu'aux portes placées à la base des cheminées, avant d'être déversés dans les gueulards.

Une passerelle permettait de passer d'un four à l'autre et une rambarde métallique protégeait les ouvriers de la chute.



4

L'APPROVISIONNEMENT DU CHARBON

La proximité du charbon à Montceau-les-Mines et à Blanzay ainsi que l'existence de la voie ferrée furent alors un autre élément déterminant de l'implantation des fours à chaux à Vendennes-les-Charolles.

La quantité de charbon nécessaire à chaque cuisson était calibrée grâce à des caisses en bois qui étaient montées à la corde par l'ouverture ménagée dans le monte-charge.



Wagonnet de charbon

Le charbon arrivait dans des wagonnets.



Caisse de charbon

Dans les dernières années d'exploitation (les fours ont cessé leur activité en 1962) un système électrique a remplacé le procédé manuel.

Annexe : anciens fours à chaux

5

LE CHARGEMENT DU FOUR

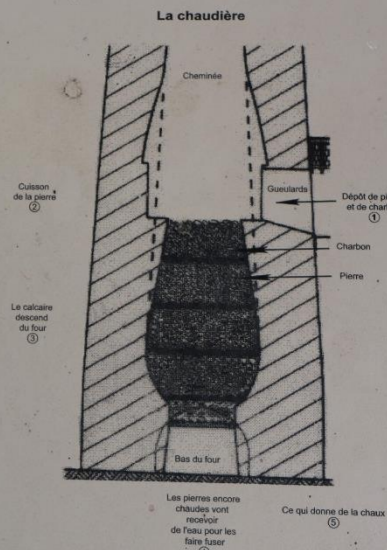
L'intérieur d'un four, de forme ovoïdale, est tapissé de briques réfractaires.

Son chargement par le gueulard se faisait avec une semelle de paille et de fagots de bois pour la mise à feu, puis on disposait des couches alternées de charbon sur environ 20 centimètres d'épaisseur (15 caisses) et de pierres calcaires sur environ 1 mètre (un wagonnet).

Lors de la combustion, la température pouvait atteindre 1000°.

Au fur et à mesure que les basses couches de pierres étaient calcinées, les couches supérieures s'effondraient à leur place, permettant de recharger en continu par le gueulard.

La cuisson du calcaire à plus de 1000° permet d'obtenir la chaux vive par la perte d'une molécule de gaz carbonique.



6

LE DEFOURNEMENT

Le savoir faire du chaufournier lui permettait de reconnaître la pierre calcinée au bruit plus mat et à la couleur plus foncée.

La chaux vive était soutirée par le bas : on retirait progressivement les barres métalliques de manière à faire glisser la pierre transformée en chaux sur les grilles en s'aidant si nécessaire de griffes (ringards) pour l'extraction.

Lorsque des pierres rougies par le feu apparaissaient, les barres métalliques étaient remises en place et la cuisson pouvait continuer.

Le rechargement du four avait lieu par le haut. Les fours à chaux produisaient 1000 tonnes de chaux par an, lors de deux campagnes de quatre mois chacune.



7

LE TRAITEMENT DE LA CHAUX

La chaux vive était alors acheminée à la brouette vers le hangar pour subir sa transformation en chaux éteinte par arrosage.

La réaction chimique, d'adjonction d'eau produit de la chaleur et la chaux se transforme en poudre (fleur de chaux).

La chaux éteinte était ensuite passée au tamis dans la bluterie avant d'être conditionnée en sacs prêts à être vendus. Elle pouvait être conditionnée en poudre ou en pâte.

En d'autres lieux, le contenu initial du calcaire en argile donnera, après cuisson de la chaux grasse également appelée chaux aérienne (moins de 5 % d'argile), de la chaux maigre (de 5 à 15 % d'argile) ou de la chaux hydraulique (de 15 à 20 % d'argile). Le ciment quant à lui est fabriqué à partir d'un mélange de 80 % de calcaire et de 20 % d'argile cuit à environ 1500° C, puis broyé et additionné de gypse et d'autres composants minéraux de substitution, le tout étant à nouveau pulvérisé pour obtenir le ciment commercialisable.

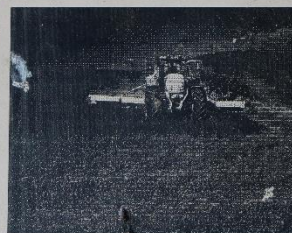
Processus de transformation Du calcaire à la chaux



8

PRODUCTION ET CHEMIN DE FER

La production des fours à chaux de Vendennes était destinée essentiellement à l'amendement par chaulage des terrains granitiques acides du Massif Central ou encore du Morvan, des Monts du Charolais et du Mâconnais pour les plus proches, mais aussi du Beaujolais et du Forez.



Les voies de chemin de fer reliant Charolles, Mâcon, Montceau-les-Mines permettaient d'acheminer le charbon et d'écouler plus facilement la production de chaux.



Annexe : anciens fours à chaux

9

LES UTILISATIONS DE LA CHAUX

La production de chaux du site de Vendennesse était principalement utilisée pour améliorer les terres agricoles, pour la construction de bâtiments ou encore comme désinfectant pour puits, étangs et écuries.

De nos jours, la chaux est une substance minérale indispensable dans de nombreux secteurs industriels déterminants.



Fours à chaux modernes

Utilisée comme fondant dans l'élaboration des métaux non ferreux (c'est son débouché principal à 40 %), la chaux sert également au traitement des eaux potables. Mortiers de hourdage et enduits prêts à l'emploi, béton cellulaire, briques silico-calcaires, peintures : telles sont les utilisations de la chaux dans le bâtiment.

Dans les travaux publics, elle sert essentiellement au traitement et à la stabilisation des sols (autoroutes, TGV, aéroports, plateformes, etc.).

L'agriculture l'utilise pour les amendements calcaires ainsi que pour la désinfection des bâtiments d'élevage et pour la préparation de la bouillie bordelaise.

La papeterie a recours au carbonate de calcium précipité, une des applications récentes de la chaux. Ce développement permet par ailleurs une valorisation du CO₂.

Par ses formulations à base de calcium, la chaux entre également dans la chimie fine.

On l'utilise aussi dans la verrerie, la sucrerie, l'alimentation animale, les additifs alimentaires, la cosmétologie, l'industrie pharmaceutique, les peintures, la tannerie entre autres.

(* féxte UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de construction). Janvier 2005.)



Espace intérieur crépi à la chaux

Résumé : Mind Map

Matières 1ères

Processus de fabrication

LIANTS

Modes de durcissement

aériens

hydrauliques

Ce que je retiens de ce cours

- J'ai compris ce qu'est un liant, la différence entre liant aérien et hydraulique, quels liants sont classés dans l'une ou l'autre de ces catégories.
- J'ai compris ce que sont les argiles, je sais les décrire du point de vue microstructural/cristallographique, chimique, les différents types, ce qu'il se passe quand on les mélange avec de l'eau, la différence entre l'argile crue et la terre cuite (*en lien avec cours sur les briques en terre cuite*).
- Je sais ce qu'est le béton de terre et les avantages/inconvénients à l'utiliser, je sais décrire les méthodes pour le stabiliser ainsi que les méthodes de construction.
- Je connais les matières premières et les processus de fabrication du plâtre, de la chaux, de la chaux hydraulique et du ciment prompt, les utilisations préférentielles de chaque liant (lien avec propriétés notamment mécaniques, résistance à l'eau etc...).
- J'ai compris les différents modes de durcissement et lesquels ont lieu dans quels liants et à quel moment (court terme/long terme).
- *Je suis capable de comparer les matériaux en terme de propriétés (thermiques, mécaniques etc...), mais aussi d'utilisations (**en lien avec tous les autres cours du semestre**).*