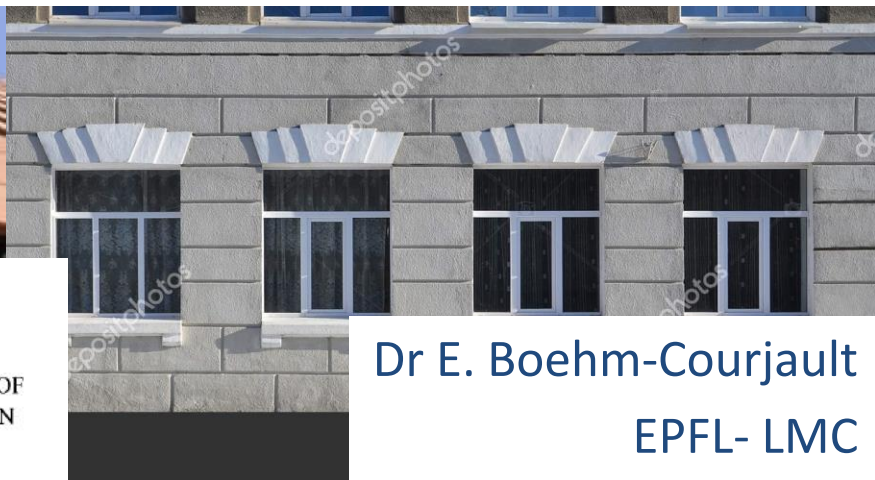




LES BRIQUES ET LES MAÇONNERIES



*La brique est «solide, belle et résistante à long terme, disponible presque partout»
Reto Hinden, Rapport final EPFL-ENAC 2006-2007*



EPFL



LABORATORY OF
CONSTRUCTION
MATERIALS

Dr E. Boehm-Courjault
EPFL- LMC

Introduction

Pourquoi construire en briques ?

→ résistantes et durables

→ bons isolants sonores et thermiques

Ex pour obtenir la même isolation, il faut :

- 88 cm de béton plein
- 52 cm de parpaing creux (béton aggloméré)
- 28 cm de brique pleine (terre cuite)
- 7.5 cm de bois (résineux)
- 2 cm de laine minérale (laine de verre, laine de roche...)

→ écologiques, leur fabrication émet moins de CO₂ que le béton (pour TC + silico-calcaires)

→ villas et petits immeubles résidentiels principalement

Quelques chiffres :

→ En 2018, 78% des briques de TC étaient produites en Inde + Chine

→ En Suisse il restait 10 producteurs et 21 lieux de production de briques/tuiles de TC en 2007.

Introduction

Construire en briques jusqu'à quelle hauteur ?



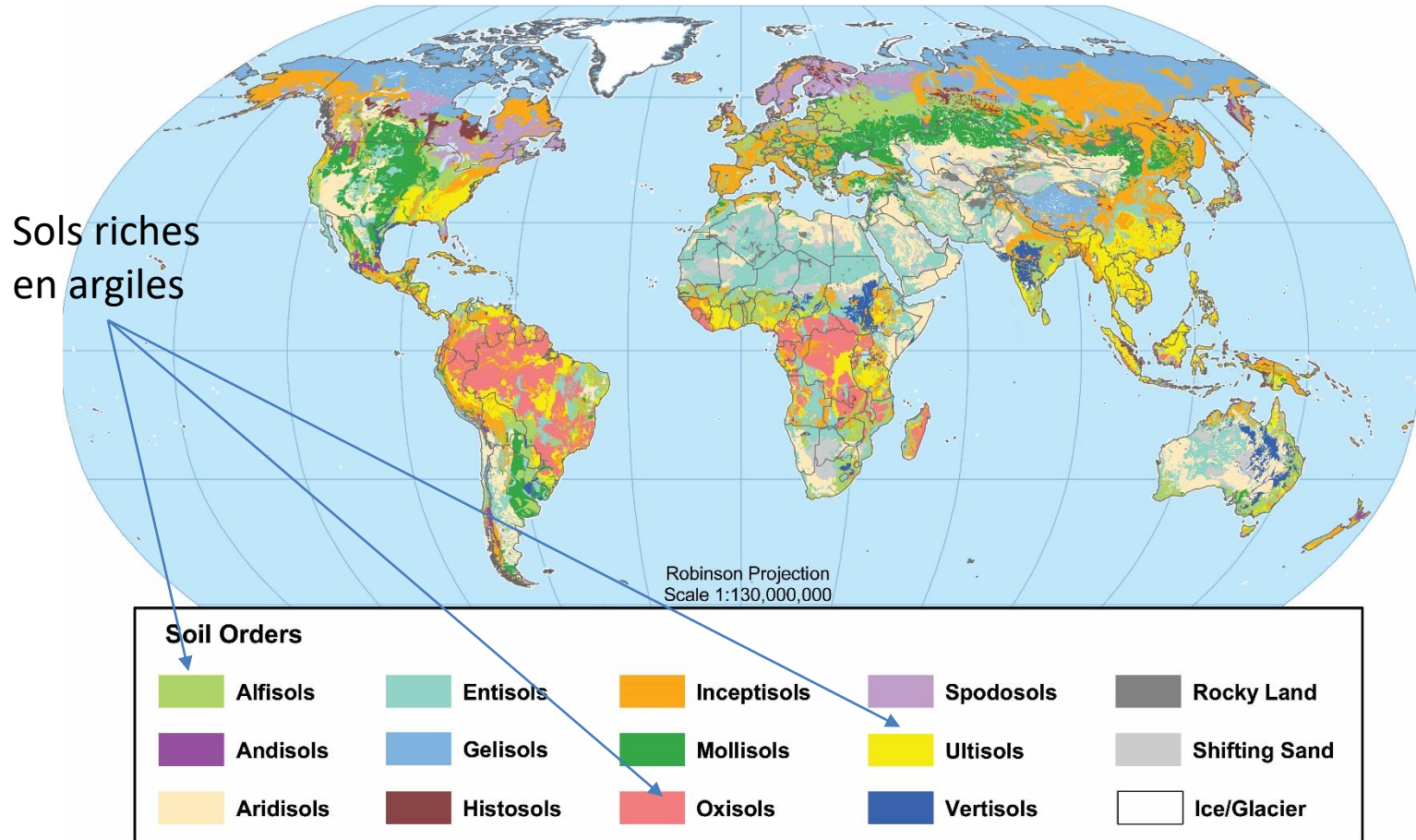
Exemple : «La Mole Antonelliana (ou d'Antonelli) est une structure en maçonnerie en forme de dôme de 167,5 mètres de haut, érigée à Turin (Italie), dont la construction commença en 1863. C'est l'un des plus hauts édifices en maçonnerie d'Europe, devenu le monument qui symbolise la ville, à l'instar de la Tour Eiffel pour Paris (...).

Destinée à l'origine à devenir le lieu de culte de la communauté juive de Turin, elle est aujourd'hui devenue (...) le siège du musée national du cinéma.»

Données Wikipedia 2019

Introduction : ressources

Global Soil Regions



Contenu

1^{ère} partie : LES BRIQUES

Historique

Types de briques

I. Terre cuite

1. Produits en terre cuite

2. Matières premières

3. Fabrication

4. Propriétés

4.1. Porosité

4.2. Adsorption

4.3. Absorption capillaire et saturation

4.4. Résistance au gel

4.5. Propriétés mécaniques

II. Brique silico-calcaire

III. Béton cellulaire

2^{ème} partie : LA MAÇONNERIE

1. Définition et fonctions

2. Briques

3. Mortiers

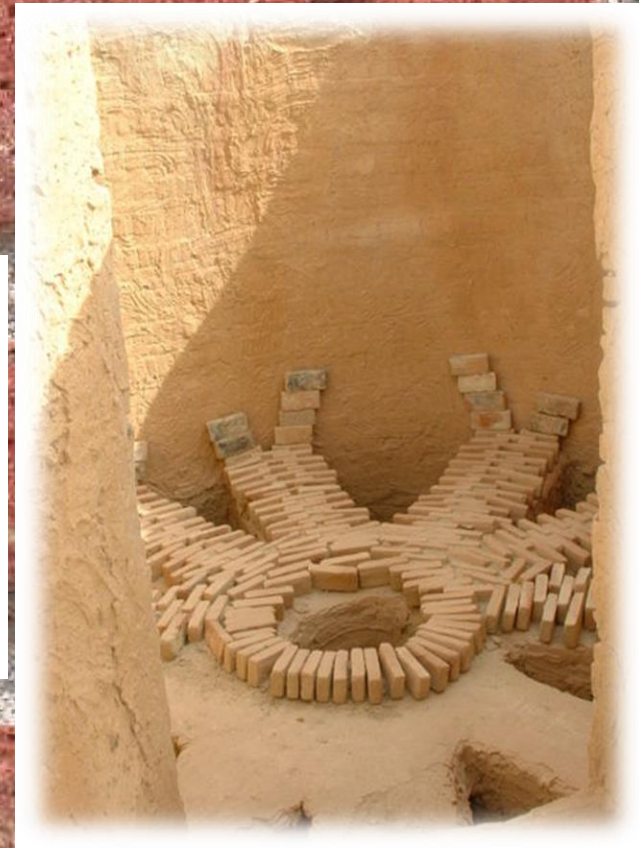
4. Appareils et fabrication

5. Durabilité

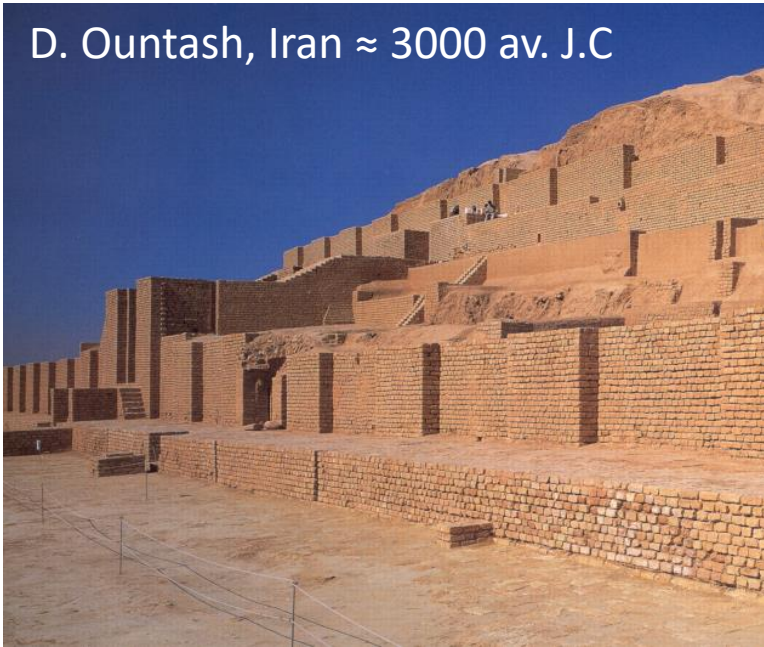
1^{ère} partie : LES BRIQUES

Historique

- ~ -8000 : plus anciennes briques de l'histoire (terre crue - Jericho)
- ~ -7000 -6000 : premières céramiques
- ~ -5000 -4500 : premières briques en TC
- ~ -3000 : première véritable utilisation de la TC



D. Ountash, Iran \approx 3000 av. J.C



B. Taormina, Sicile \approx 300 av. J.C



A. Albi, France
XIII^e-XIV^e siècles



C. Digswell, UK \approx 1850



Types de briques

- briques en terre cuite

- bonne résistance et durabilité, bonne isolation
- peuvent être porteuses ou décoratives



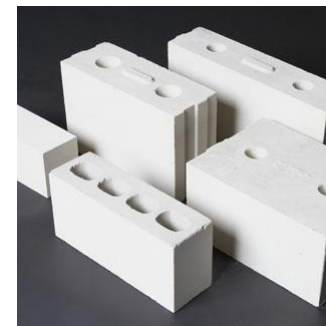
- briques en béton aggloméré (parpaings)

- haute résistance et durabilité
- certaines formes sont utilisées pour le pavement



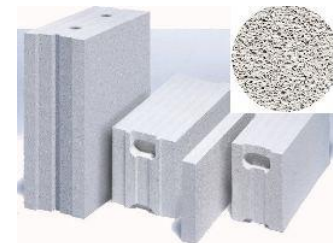
- briques silico-calcaires

- esthétiques
- peu chères



- briques en béton cellulaire

- très légères, utilisées pour l'isolation



I. La terre cuite



1. Les produits

- Briques : normales et modulaires, briques apparentes
- Tuiles : tuiles plates, tuiles à emboîtement, divers éléments pour la toiture
- Carrelages : avec ou sans émail
- Tuyaux
- Poteries
- Argiles expansées



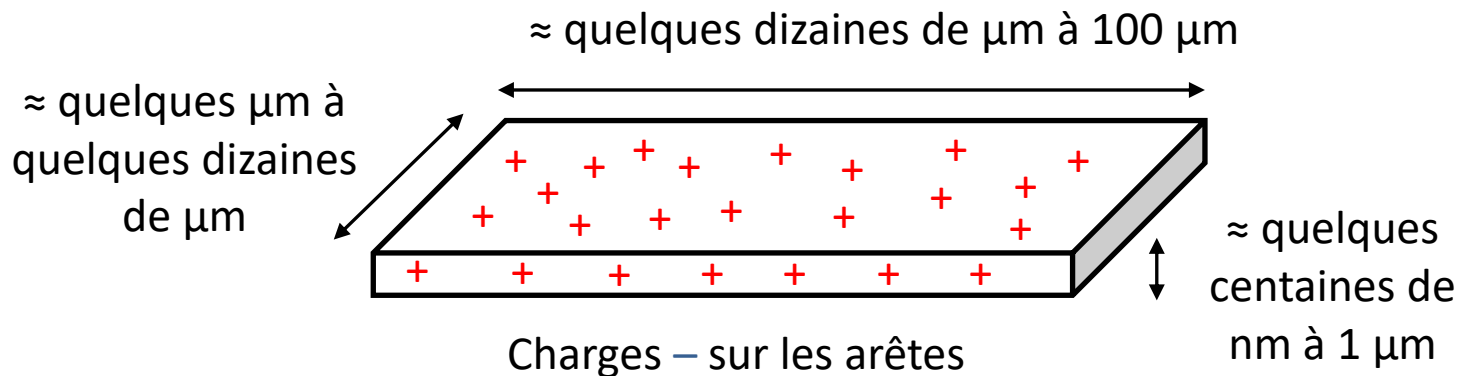
2. Les matières premières

Matières premières essentielles dans la fabrication des TC :

- **Argiles** : pour assurer la plasticité
- **Fondant** : pour abaisser le point de fusion (feldspath, K^+ , Na^+)
- **Filler** ou **dégraissant** : généralement inerte (par ex: quartz) qui amène la résistance et diminue le retrait lors du séchage
- **Eau** : pour obtenir une pâte

2. Les argiles

Le matériau utilisé pour la terre cuite contient de l'argile ; il s'agit de poudres constituées de plaquettes dont la surface est chargée négativement (mais globalement électriquement neutres).

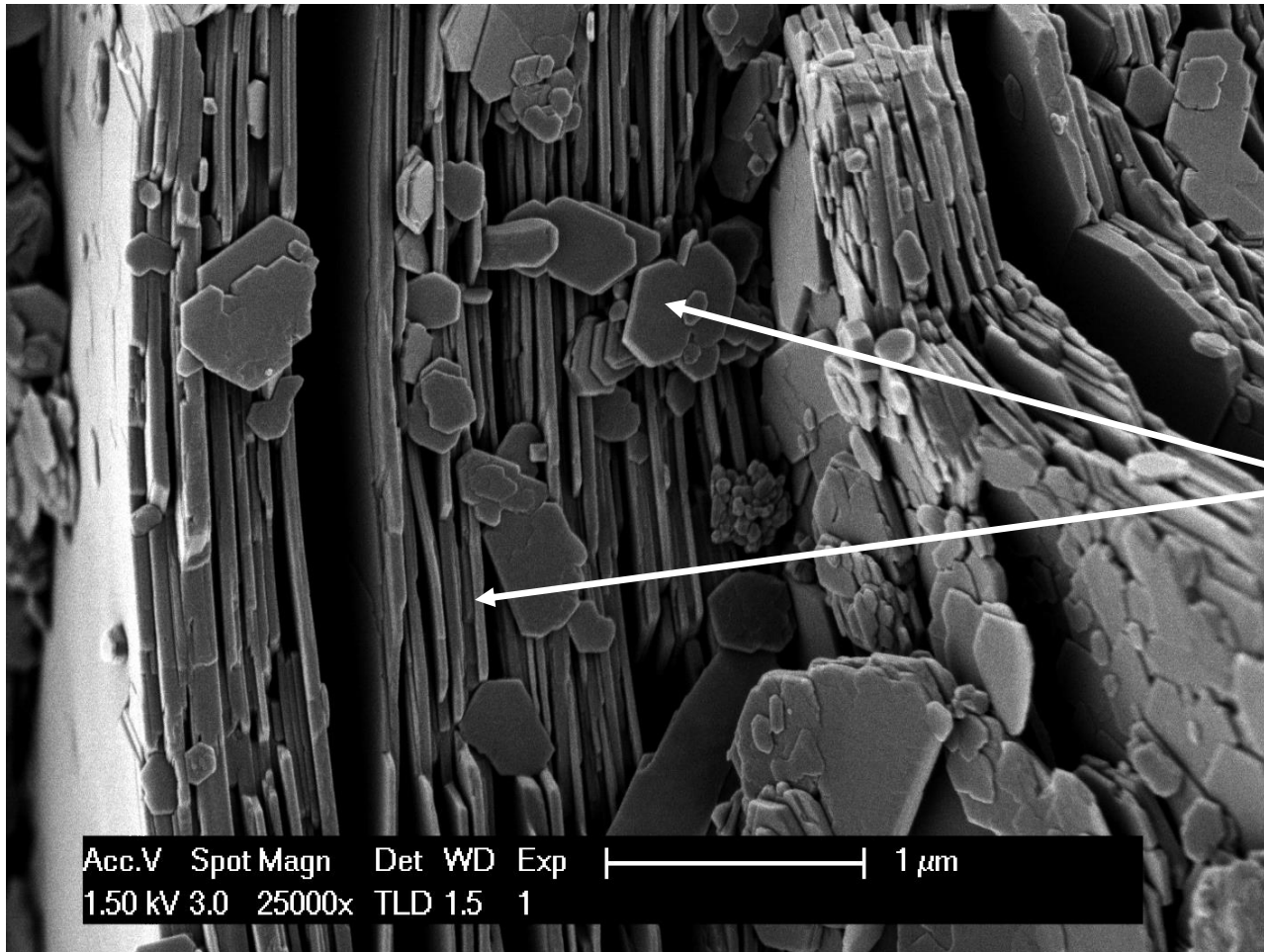


Une plaquette peut donc attirer :

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

2. Les argiles

MICROSCOPIQUE



plaquettes

Image de Microscopie Electronique à Balayage d'une argile

2. Les argiles

Argiles, 2 définitions :

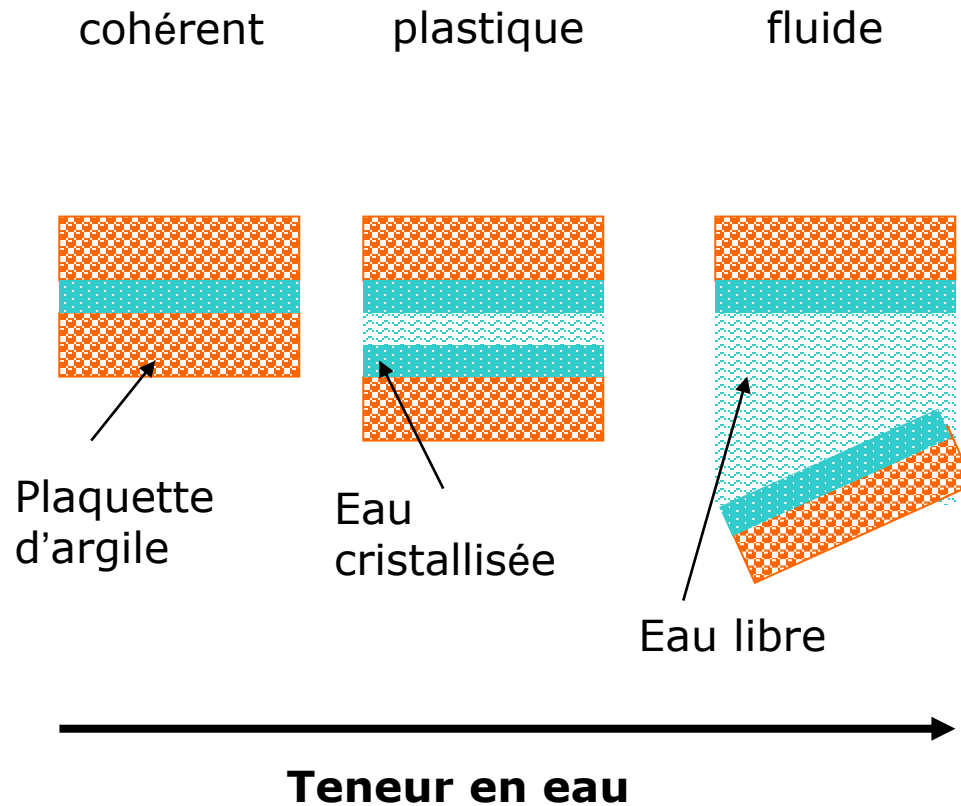
- Géologie : tailles particules des sols $< 2-3 \mu\text{m}$
- Chimie : compositions particulières et empilements cristallographiques précis



2. Les argiles

Que se passe-t-il lorsqu'on met l'argile au contact de l'eau ?

MICROSCOPIQUE

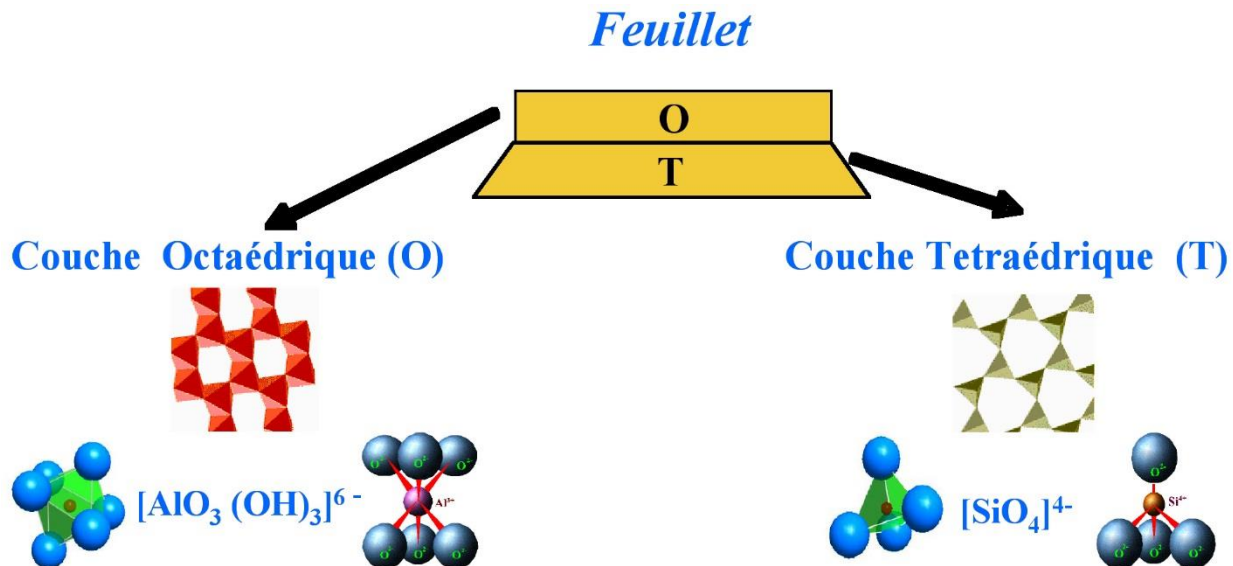


2. Les argiles

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

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

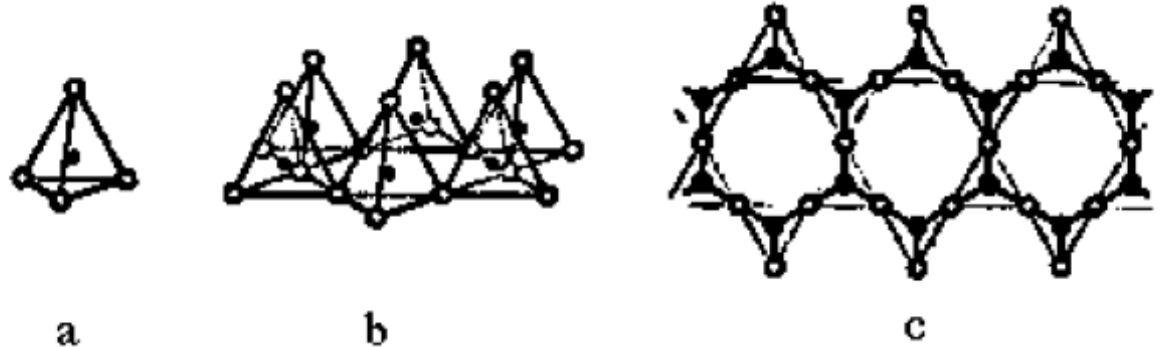
- **Feuillets siliceux (silice SiO_2)** : Couches de tétraèdres de silice
- **Feuillets hydro-alumineux ($\text{Al}(\text{OH})_3$)** : Couches d'octaèdres d'alumine hydratée



2. Les argiles

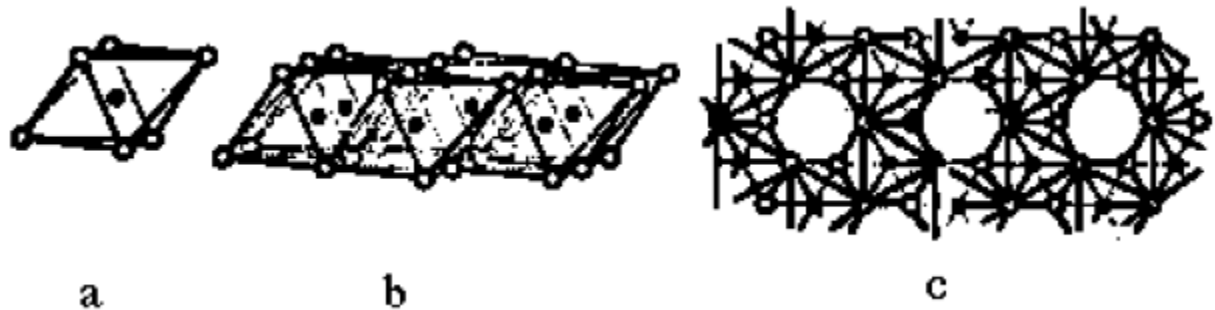
Structures :

- 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)*

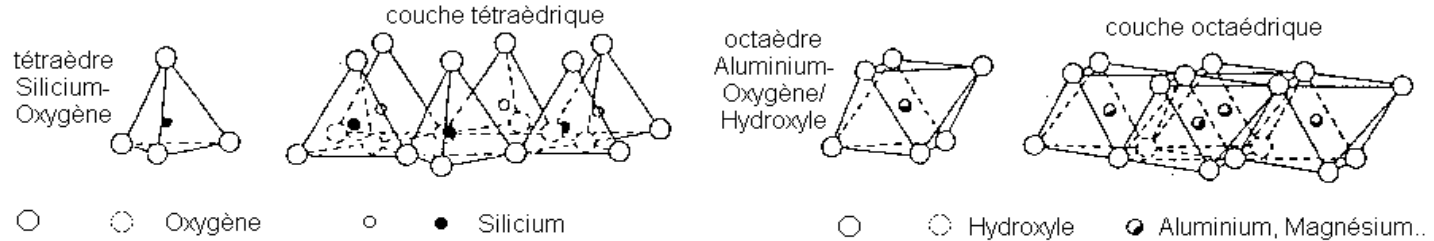
2. Les argiles

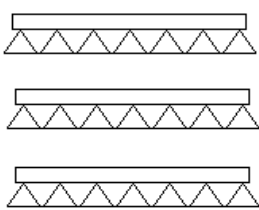
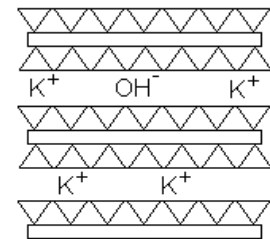
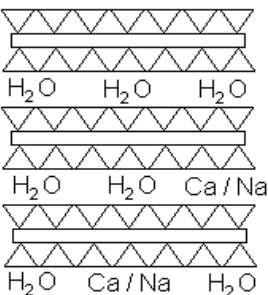
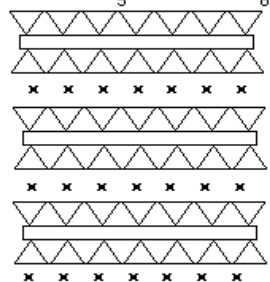
Les 4 types principaux d'argiles :

	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			

2. Les argiles

Les 4 types principaux d'argiles :



<p>KAOLINITE $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$</p>  <p>couche octaédrique couche tétraédrique</p> <p>distance inter-réticulaire: 7 Å</p>	<p>ILLITE $\text{K Al}_2(\text{OH})_2 \cdot (\text{Al Si}_3(\text{O}, \text{OH})_{10})$</p>  <p>substitution de Si par Al</p> <p>distance 10 Å</p>
<p>SMECTITES $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 8\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (Montmorillonite) $(\text{Mg}, \text{Ca})\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$</p>  <p>substitution de Al par Mg et Fe</p> <p>distance 14 Å gonfle à 17 Å</p>	<p>CHLORITE $\text{Mg}_5(\text{Al}, \text{Fe})(\text{OH})_8(\text{Al}, \text{Si})_4\text{O}_{10}$</p>  <p>substitution de Al par Fe couche Mg-OH</p> <p>distance 14 Å</p>

2. Ex. de composition de terre argileuse

Composition et granulométrie d'une terre argileuse suisse (nord)

GRANULOMETRIE	argileux < 2 μ	fines de 2 à 20 μ m	sables > 20 μ
	70%	27%	3%
COMPOSITION			
Montmorillonite	25%		minéraux argileux 54%
Illite	15%		
Kaolinite	10%		
Chlorite	4%		
quartz SiO ₂	20%		autres minéraux 46%
Calcite CaCO ₃	19%		
Dolomite CaMg 2(CO ₃)	4%		
Feldspath (K, Na, Ca,)AlSiO ₃ O ₈	3%		

3. La fabrication de la terre cuite

Quatre étapes :

1. Extraction et préparation (mélange, broyage)
2. Façonnage
3. Séchage
4. Cuisson



<https://youtu.be/v5GVmv9-0b0>

3. La fabrication de la terre cuite



Extraction

Les matières premières pour la production des briques et des tuiles sont des marnes et argiles que l'on trouve dans la nature. Leurs propriétés diffèrent selon leur teneur en minéraux argileux, chaux, quartz, carbonates et oxyde de fer (couleur et structure du produit fini). L'extraction des glaises s'effectue mécaniquement à ciel ouvert.



Mélange

Les glaises provenant de couches ou carrières différentes sont transportées à la briqueterie où elles sont mélangées suivant un dosage déterminé. Toute une série d'opérations est nécessaire au mélange intensif des glaises et cela avec addition d'eau pour obtenir la plasticité désirée.



3. La fabrication de la terre cuite



Broyage

Parallèlement au mélange, le broyage s'opère également en plusieurs opérations. Il a pour but d'obtenir le degré de finesse voulu des matières premières. La composition et le dosage régulier de ces dernières garantissent la qualité constante du produit fini.



Façonnage des briques crues

Selon le procédé de fabrication, après addition d'eau et de vapeur, la glaise est devenue une masse plastique que l'on peut façonner. Dans la mouleuse à vis sans fin, cette masse est pressée à travers une filière qui lui confère sa forme et sa perforation spécifiques. Un appareil de coupe automatique débite les pièces aux dimensions voulues.



Façonnage (ou filage) = sorte d'extrusion (on pousse la matière plastique dans un tube). **Les plaquettes d'argiles vont s'aligner dans la direction du filage. Cela donnera un matériau anisotrope.**

3. La fabrication de la terre cuite



Séchage

Après la mise en forme, une partie de l'eau contenue dans les pièces est extraite par séchage naturel ou artificiel. Les produits subissent une diminution de volume et acquièrent la dureté qui permet leur manutention.

Engobage

Après séchage, les tuiles reçoivent une ou plusieurs couches d'engobe destinées à leur donner des teintes unies ou flammées, correspondant par ex. aux toitures anciennes.



Cuisson

Tout d'abord, la brique crue perd sa faculté de devenir encore une masse plastique en présence d'eau; elle devient un produit fini vers 1000° par transformation chimique et minéralogique. Toute la cuisson, du préchauffage au refroidissement, dure environ 48 heures; le produit reste toutefois au maximum pendant 10 heures en plein feu.

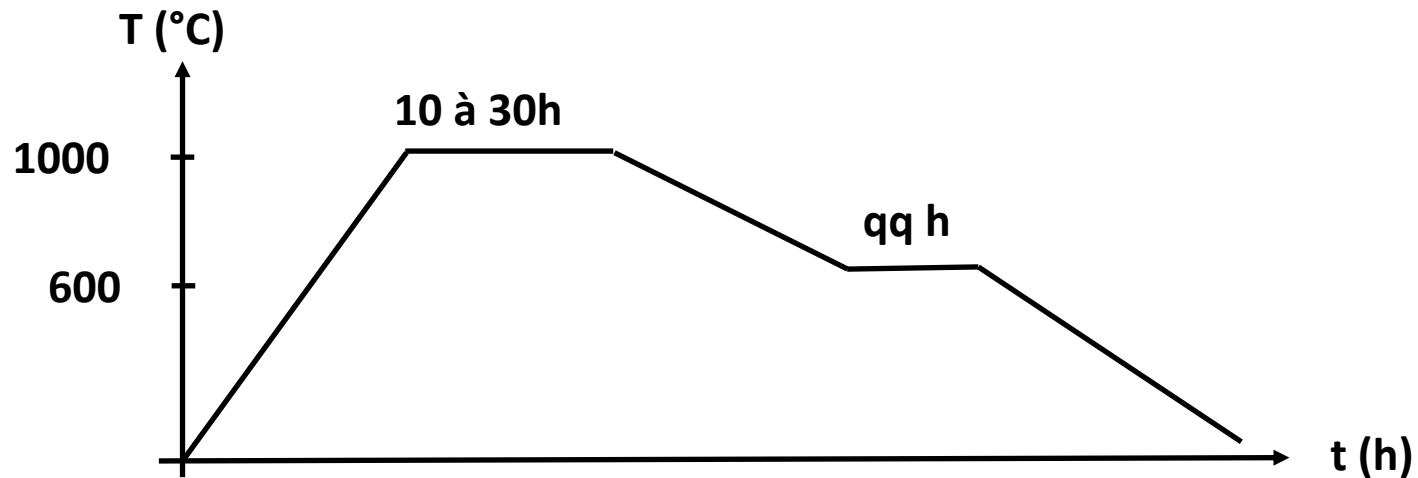


3. La fabrication de la terre cuite

Les qualités recherchées d'une brique en terre cuite sont :

- une bonne résistance mécanique
- une insensibilité à l'eau

Cycle thermique de la cuisson d'une brique en terre cuite :



3. La fabrication de la terre cuite

Deux processus physiques donnent la cohésion :

1. Transformation de phase et vitrification :

Lors de la montée en T :

- **Vers 650°C** : Le quartz peut se transformer en une autre structure cristalline (cristobalite)
- **De 650° à 750°C** : CaCO_3 (calcite) \rightarrow $\text{CaO} + \text{CO}_2 \nearrow$
- **A T > 750°C** : $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{argile} \rightarrow$ composés typiques de la terre cuite
(quartz) (plagioclases, gehlenite, diopside, wollastonite)
- **Vers 1000°C** : Formation d'une phase vitreuse (= amorphe) grâce aux fondants (K^+ , Na^+)

Lors du refroidissement lent :

- Phases cristallines et amorphes refroidissent
- La phase vitreuse se transforme partiellement en mullite (phase cristalline)
- La cristobalite redevient du quartz (palier à 600°C)

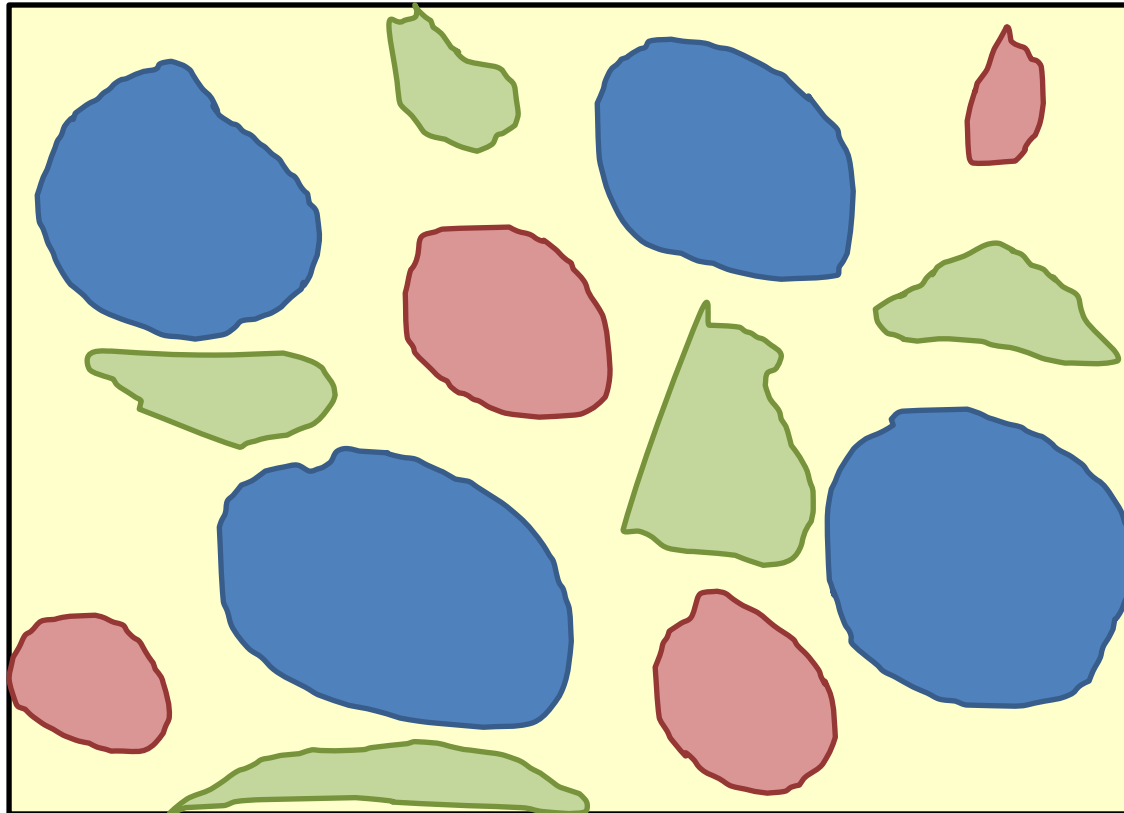
3. La fabrication de la terre cuite

Phases
typiques
de la TC

Quartz

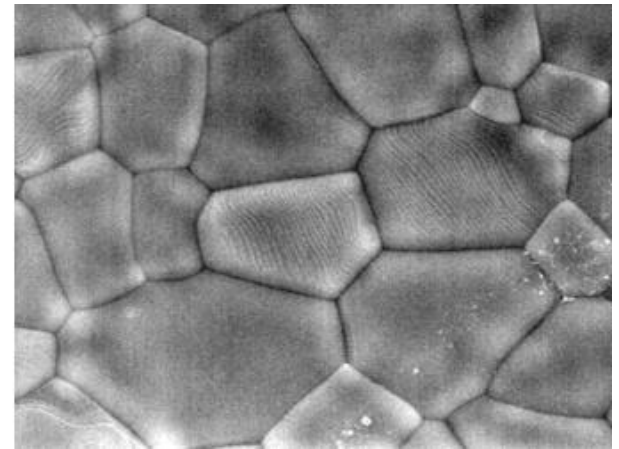
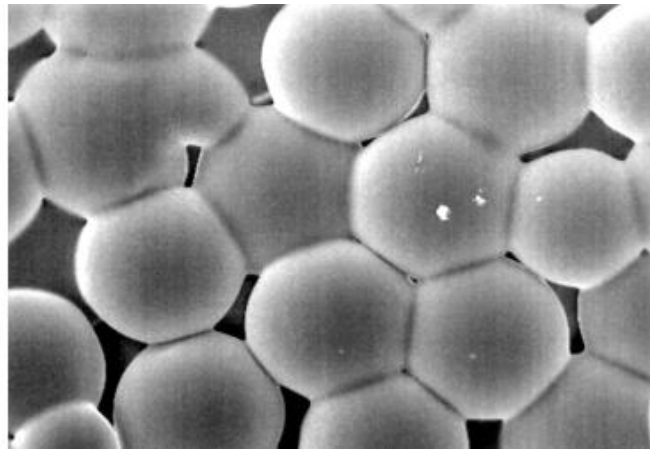
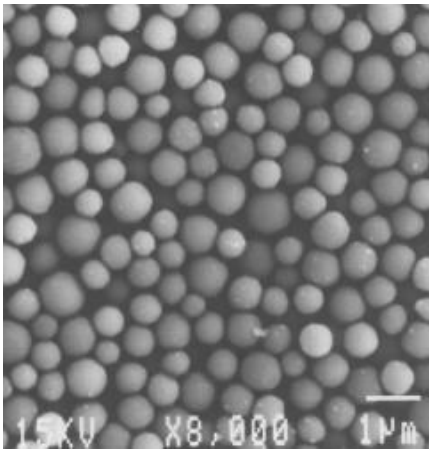
Mullite

Matrice
vitreuse

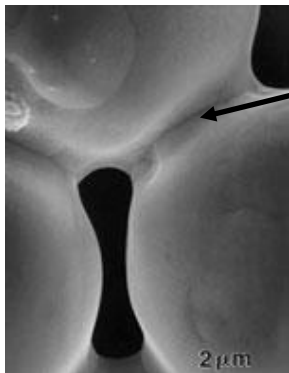


3. La fabrication de la terre cuite

2. Le frittage



→ T
($T_{\max} < T_{\text{fusion}}$)



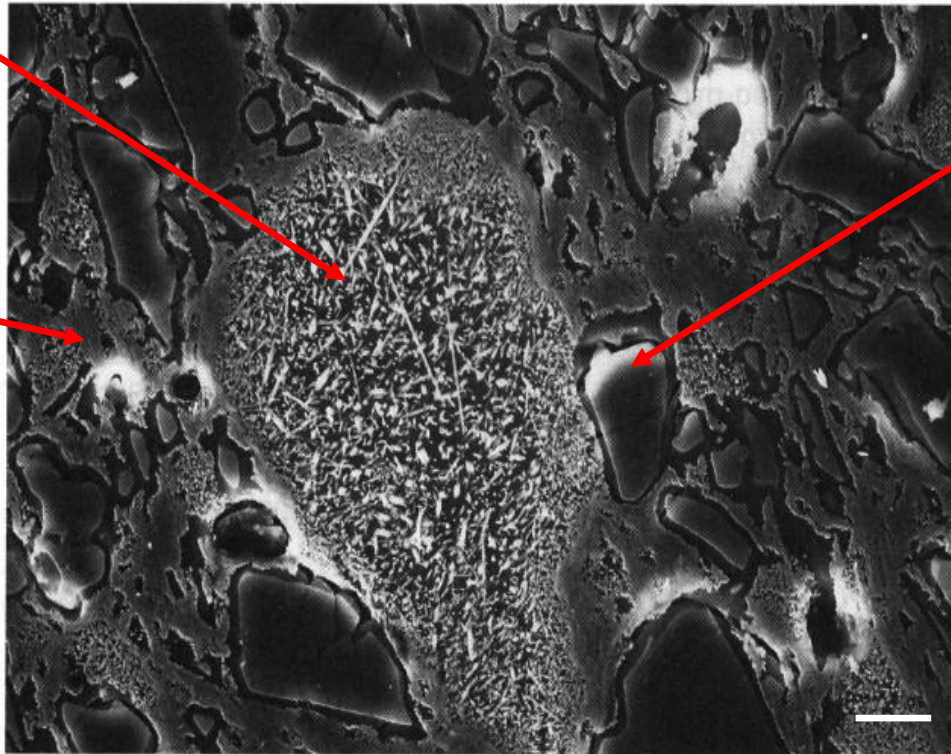
Formation de cou

- Modifie la granulométrie
- Augmente la résistance mécanique
- Diminue la porosité

3. La fabrication de la terre cuite

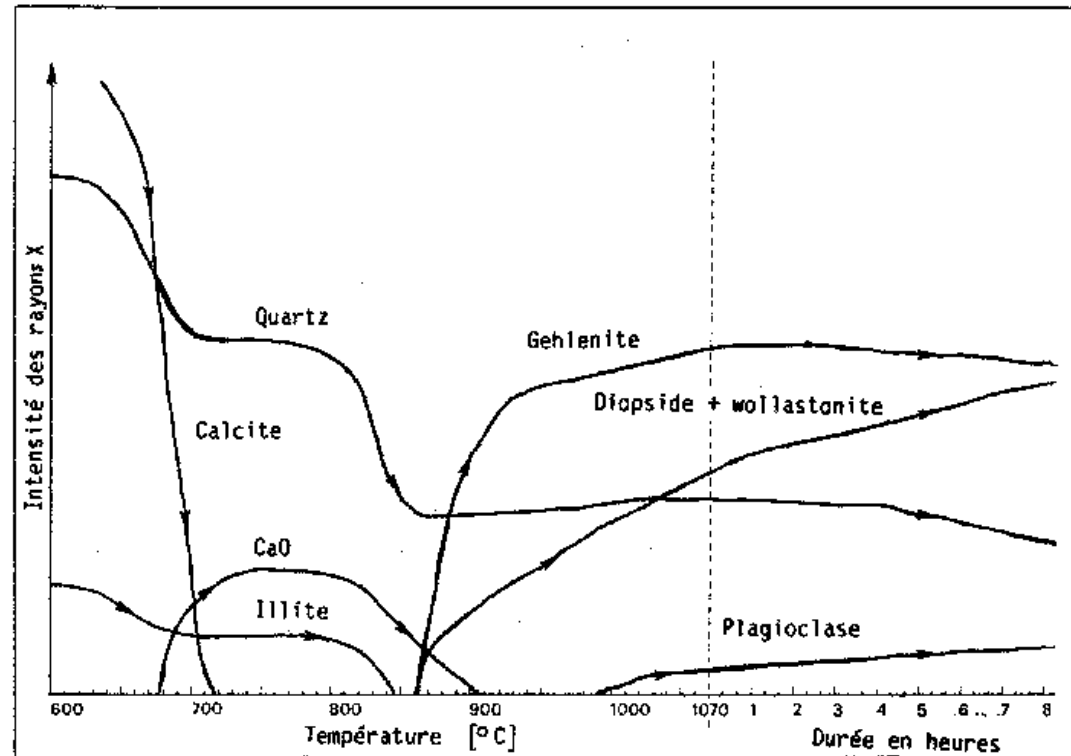
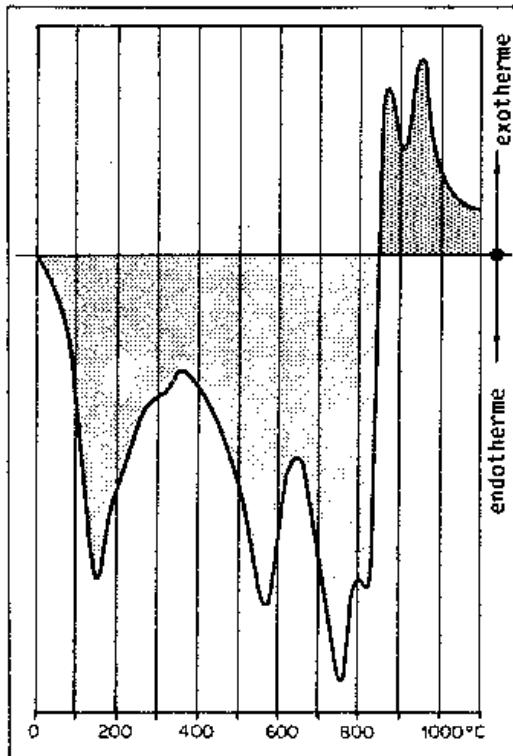
Mullite
 $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$

Phase
vitreuse



Quartz ou
autres phases
cristallines
(gehlenite,
diopside...)

3. La fabrication de la terre cuite



Analyse thermique différentielle et analyse des intensités des pics de diffraction par rayon X en fonction de la température pour une argile pour tuile (vitesse de chauffage 1°C/min).

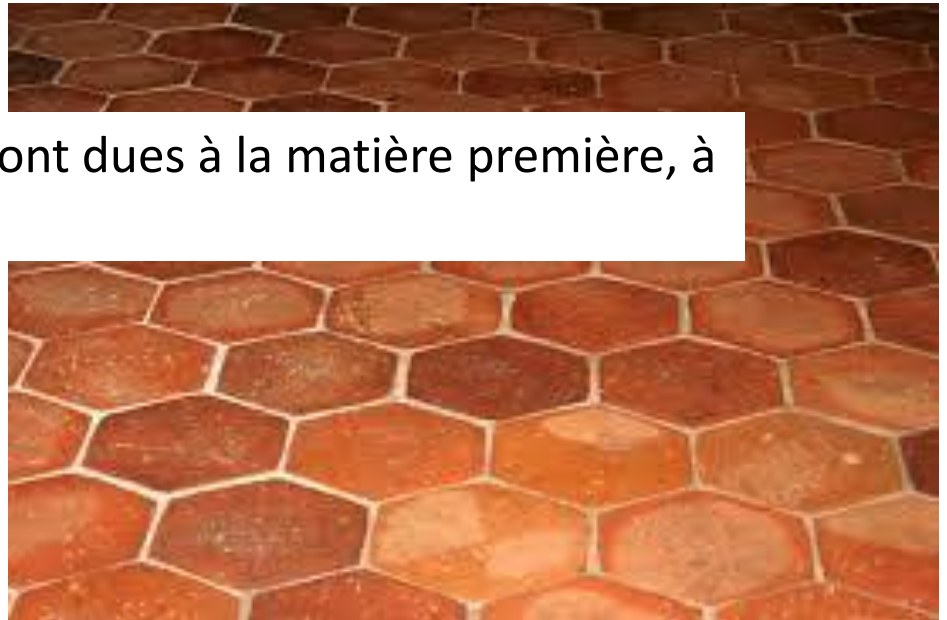
Composition d'une terre cuite suisse

COMPOSITION D'UNE TERRE CUITE		
Quartz	SiO_2	15 à 30 %
Gehlenite	$2\text{CaO} \bullet \text{Al}_2\text{O}_3 \bullet \text{SiO}_2$	1 à 15 %
Diopside	$\text{CaO} \bullet \text{MgO} \bullet 2\text{SiO}_2$	10 à 25 %
Wollastonite	$\text{CaO} \bullet \text{SiO}_2$	3 à 10 %
Plagioclases	$\text{Na}_x \text{Ca}_{1-x} \text{Al}_{1+x} \text{Si}_{2+x} \text{O}_8$	5 à 20 %
Hématite	Fe_2O_3	2 à 8 %
Chaux vive	CaO	1 %
Mullite	$\text{Al}_6\text{Si}_2 \text{O}_{13}$	25 à 45 %
Phase vitreuse		



Les propriétés de la terre cuite

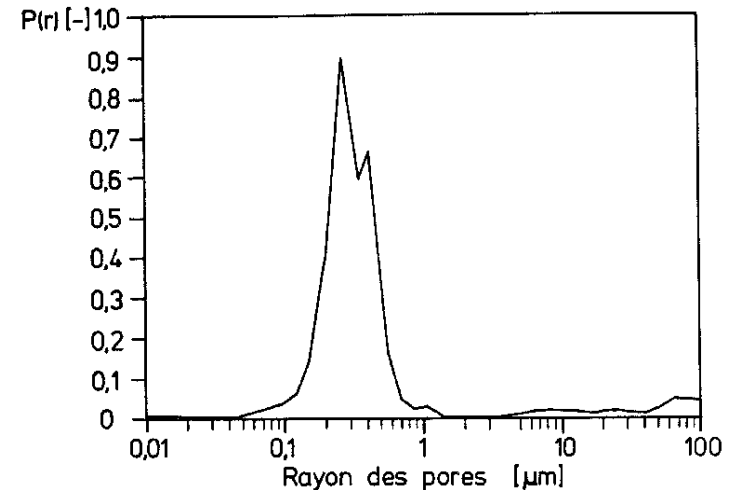
Les propriétés de la terre cuite sont dues à la matière première, à l'extrusion et à la cuisson



4.1. La porosité

$$\text{porosité} = \frac{V_{\text{pores}}}{V_{\text{total}}}$$

- La porosité des produits en TC varie de quelques pour-cent à plus de 50 %.
- Pour les briques en TC, 20 à 55%
- A cause du filage, pas de gros pores, mais des fissures.
- Certains micropores disparaissent pendant le frittage et la création de la phase vitreuse.
- Porosité resserrée au tour d'un seul pic 0.1 à 1 µm
→ comportement particulier en présence d'eau.



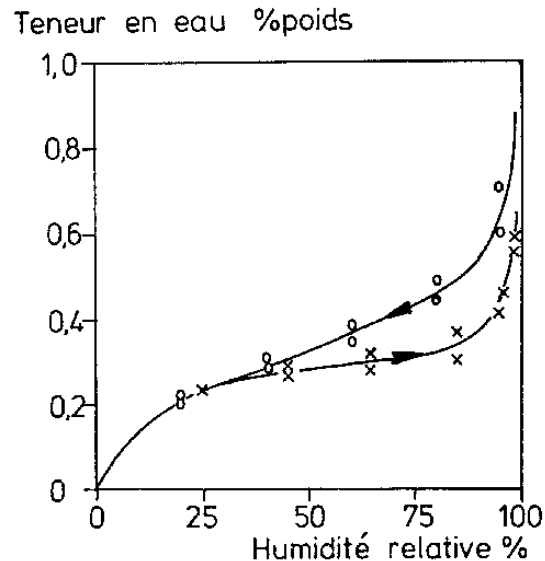
Distribution de la taille des pores.

*Porosité resserrée autour d'un
seul pic 0.1 à 1 µm*

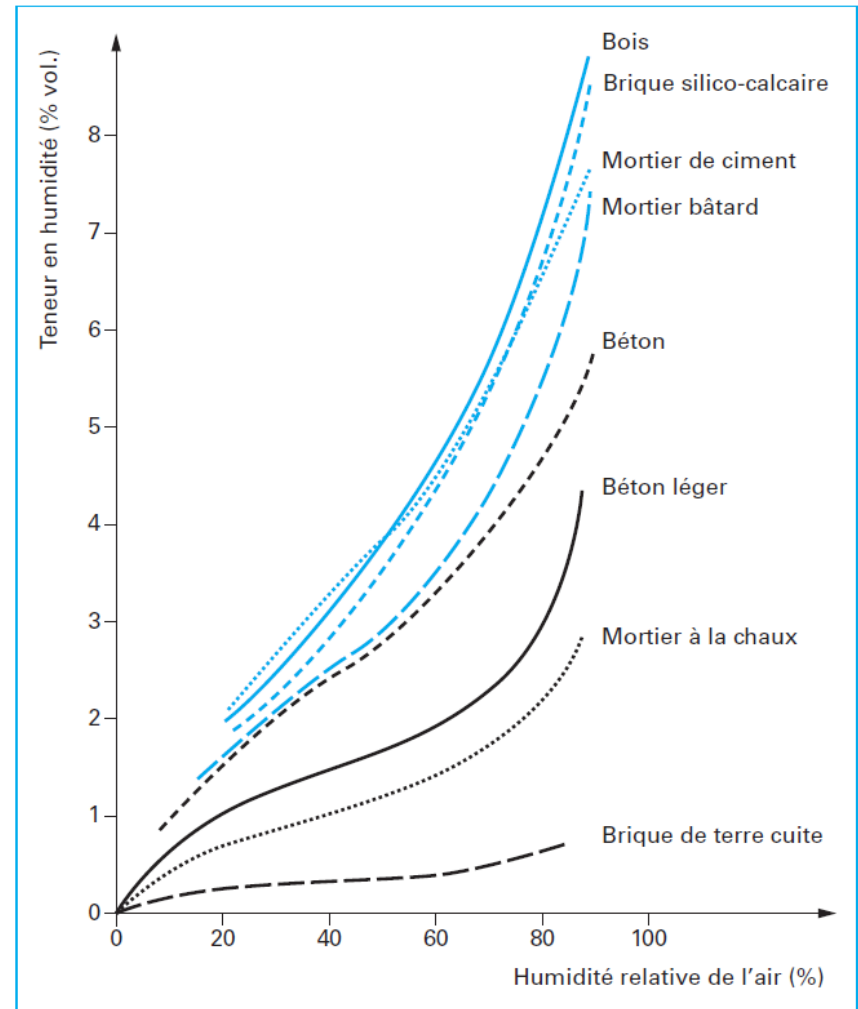
4.2. L'adsorption

La terre cuite adsorbe peu car elle a très peu de nanopores.

Pas de variations dimensionnelles
(contraire de ce qu'on a vu sur le bois).



Isotherme d'adsorption d'une terre cuite avec 31 % de porosité ouverte.



(Source : Techniques de l'Ingénieur)

4.3. L'absorption capillaire



Contact avec l'eau



Début de l'absorption capillaire



Absorption capillaire



Fin de l'absorption
Saturation initiale



Saturation par diffusion
de l'air occlus



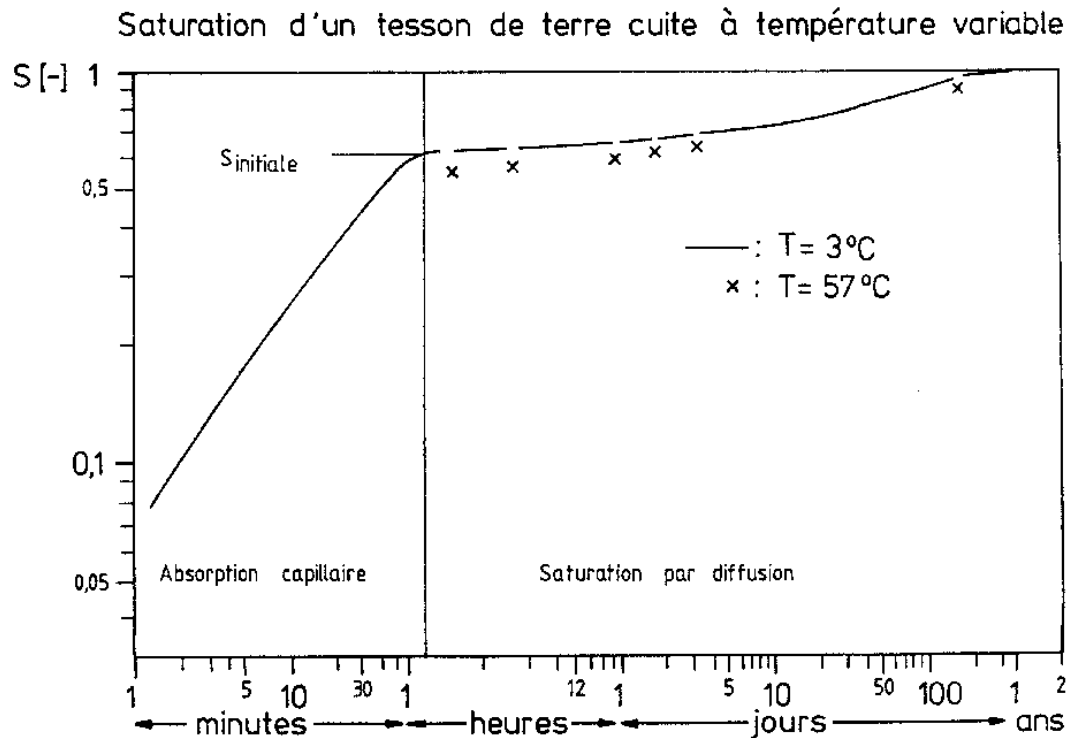
Saturation maximale

Pas de variations dimensionnelles
(contraire de ce qu'on a vu sur le bois).

Représentation de l'absorption et de la saturation dans un réseau de capillaire.

4.3. La saturation

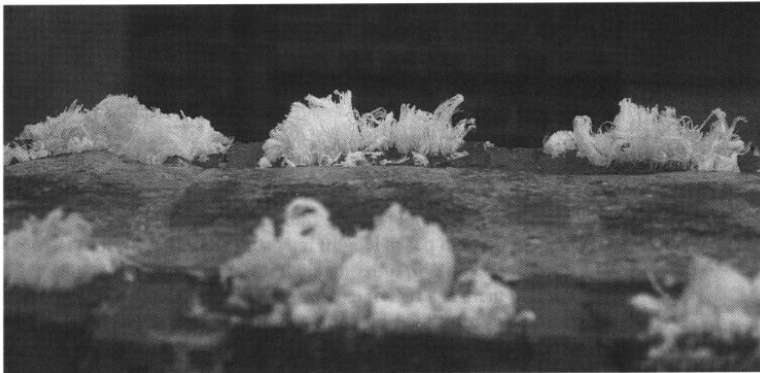
Coefficient de saturation S :
$$S = \frac{\text{Volume d'eau dans les pores}}{\text{Volume des pores}}$$



Mesure de la saturation d'un tesson de terre cuite
à long terme et avec des variations de température.

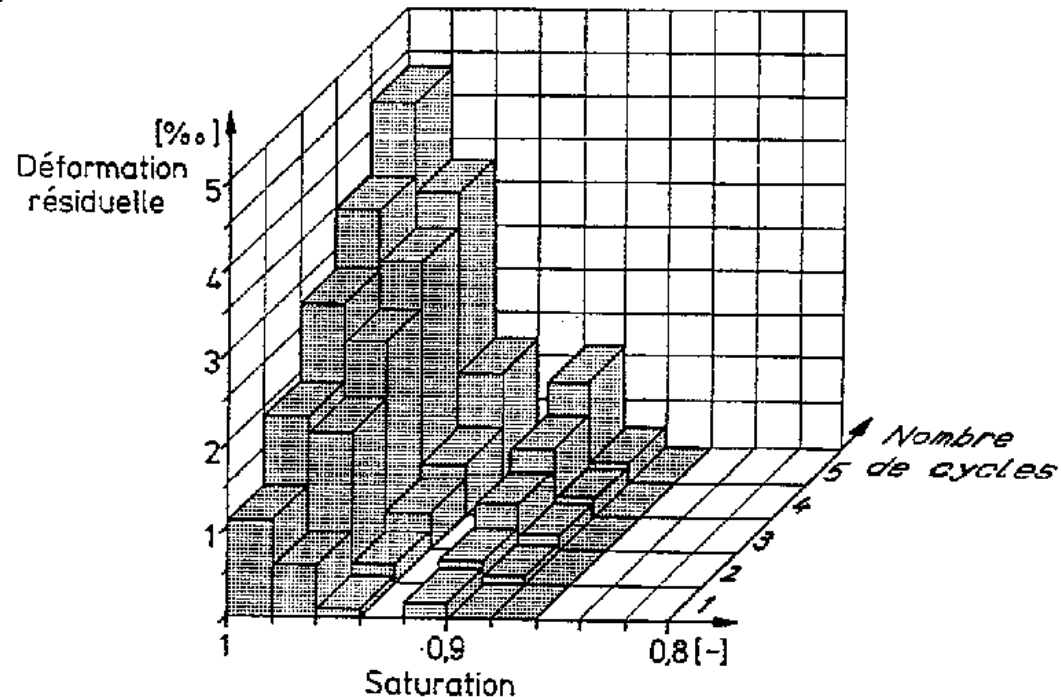
4.4. La résistance au gel

Si le volume d'air occlus est faible, i.e.
 $S > 91\%$, les dégâts sont certains.
Même à $S < 91\%$, des dégâts
sont possibles.



*Expulsion de la glace à partir des
pores et fissures d'une brique saturée
lors du gel*

Materials in construction, G. D. Taylor



Influence de la saturation et du nombre de cycles de gel-dégel sur les déformations résiduelles d'un tessou de terre cuite (la déformation résiduelle mesurée à la fin d'un cycle de gel-dégel est l'image du degré de dégradation de la structure).

4.5. Propriétés mécaniques

Elles dépendent de :
- la direction de filage
- la porosité

Module : $E = E_o \cdot (1-c.P)$
avec c : coefficient (≈ 2)
 P : porosité (brique: $P = 40 \%$)
 $E_{//} \approx 1000 \text{ MPa}$
 $E_{\perp} \approx 800 \text{ MPa}$

σ_{traction} : $\sigma_{//} = 0 - 15 \text{ Mpa}$
 $\sigma_{\perp} = 4 - 10 \text{ Mpa}$

$\sigma_{\text{compression}}$: $\sigma_{//} = 30 - 60 \text{ MPa}$
 $\sigma_{\perp} = 15 - 40 \text{ MPa}$

La Résistance est testée sur 10 briques.

4.6. Propriétés physiques

- Insensible à l'eau (d'un point de vue dimensionnel = pas de gonflement)
- Séchage rapide

Coefficient de dilatation

faible : $5 \text{ à } 8.10^{-6} \text{ K}^{-1}$

ce qui peut provoquer une incompatibilité avec les mortiers

Coefficient de dilatation thermique α	Bois (K^{-1})	Béton et mortiers (K^{-1})
$\alpha_{\text{tangential}}$	$25.10^{-6} - 50.10^{-6}$	$10.10^{-6} - 12.10^{-6}$
α_{radial}	$15.10^{-6} - 35.10^{-6}$	Acier (K^{-1})
$\alpha_{\text{longitudinal}}$	$3.10^{-6} - 6.10^{-6}$	11.10^{-6}

Conductibilité thermique

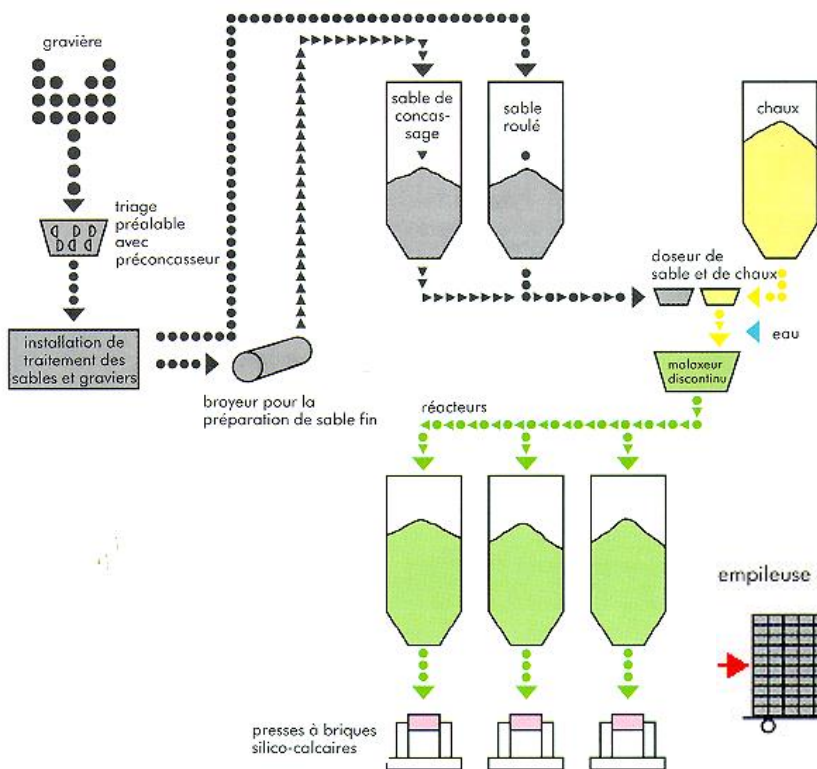
$\lambda = \lambda_0(1-P)$ avec λ_0 : conductibilité à porosité nulle

$\lambda_0 \approx 1.2 \text{ à } 1.5 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

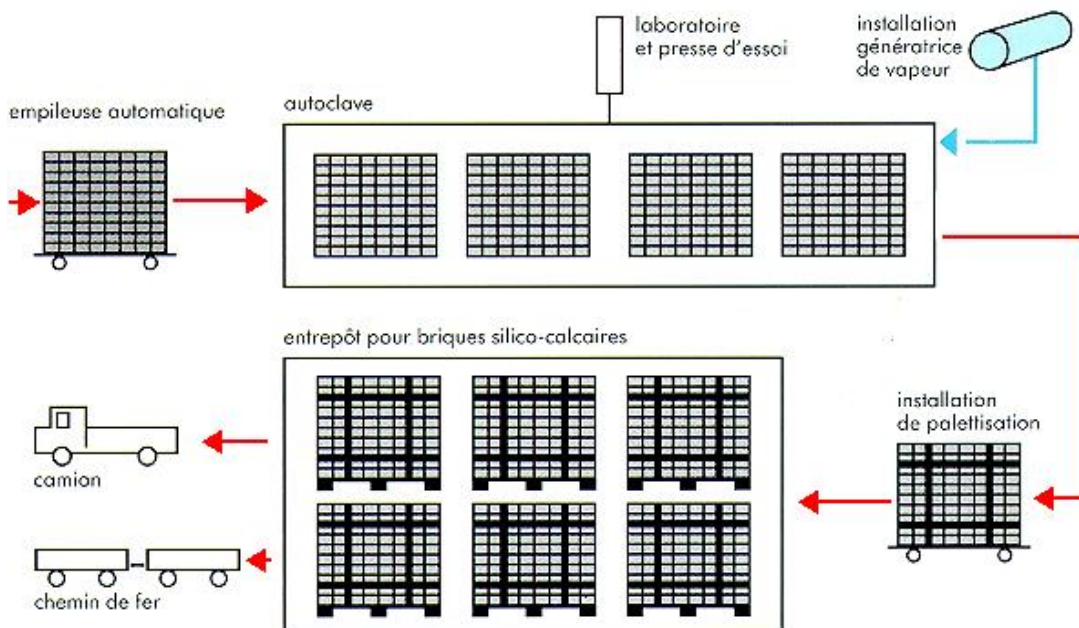
Si $P \approx 40 \%$ $\lambda = 0.8 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

	Epicéa $\rho = 0.4 \text{ g.cm}^{-3}$	Chêne $\rho = 0.65 \text{ g.cm}^{-3}$	Béton et mortiers $\rho = 2.4 \text{ g.cm}^{-3}$
λ_{radial} ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	0.10	0.14	1.75
$\lambda_{\text{tangential}}$ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	0.22	0.30	Acier $\rho = 7.8 \text{ g.cm}^{-3}$
			50

II. La brique silico-calcaire



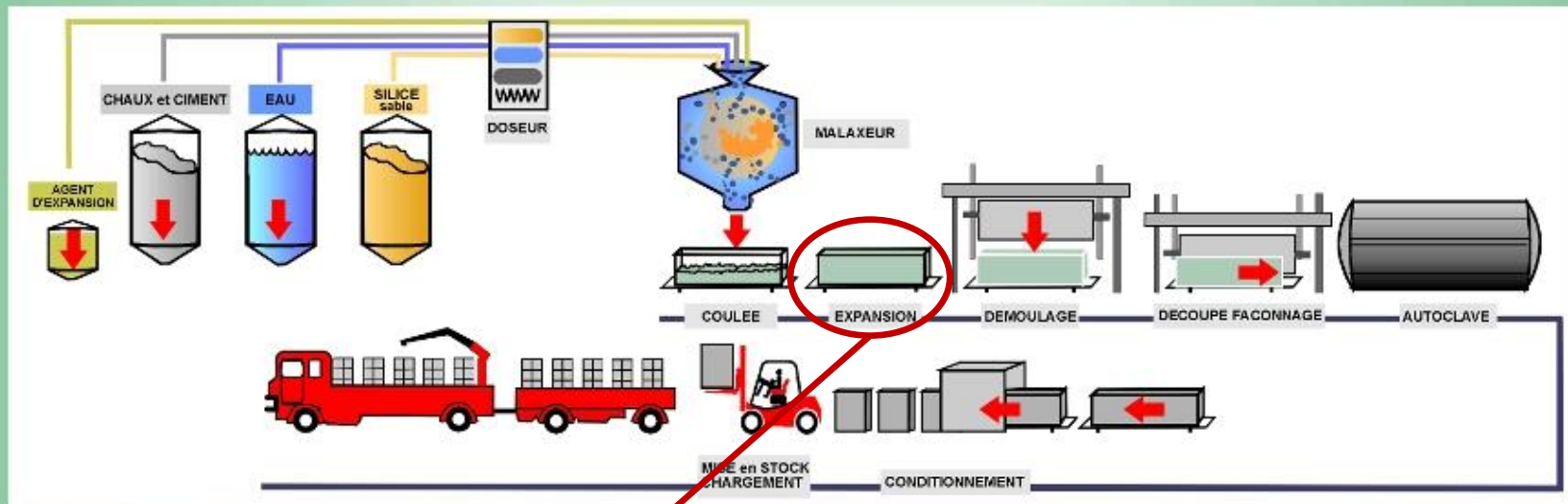
Mélange de sable (SiO_2) et de chaux (CaO).
Silicate + chaux + eau \rightarrow ?
En autoclave (sous pression) et à environ 150° .



III. Le béton cellulaire



Fabrication du béton cellulaire



Ajout d' $\text{Al}(\text{OH})_3$
Réagit avec la pâte de ciment (alcaline)
Dégagement de $\text{H}_2 \rightarrow$ pores



2^{ème} partie : LA MAÇONNERIE

1. Définition

Ensemble composite de matériaux pierreux lié par du mortier et se comportant comme un tout

- Élément composite brique-mortier
- Discontinuité dans les matériaux
- La cohésion entre les joints est négligée et la résistance à la traction est considérée comme nulle



1. Fonctions

1. Statique

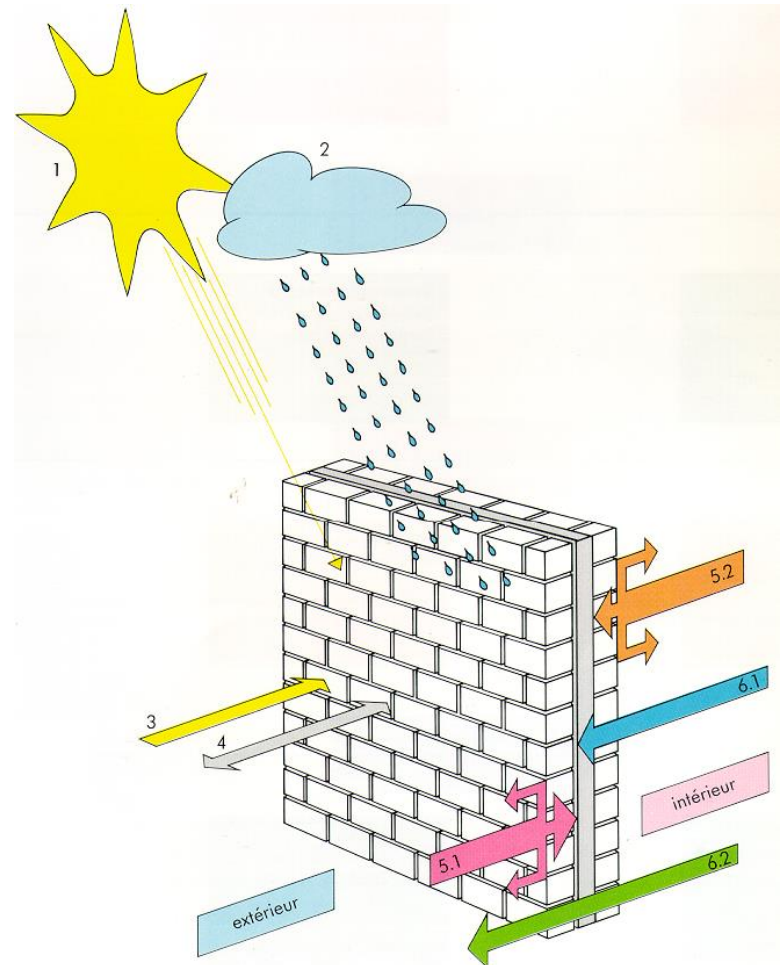
- résistance
- murs porteurs

2. Enveloppe physique

- protection contre les intempéries
- isolation et inertie thermique
- isolement et absorption phonique
- protection incendie

3. (Esthétique)

- aspect de la construction



1. Matériaux

Matériaux traditionnels

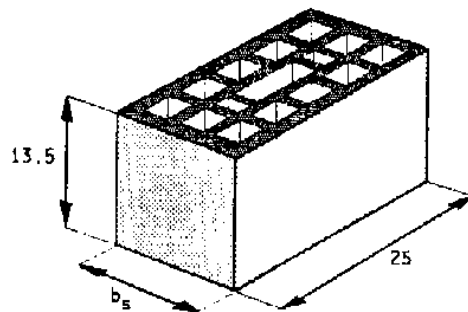
Briques	Liants
Argile crue Pierres et pierraille Terre cuite	Argile Chaux Plâtre Bitume

Matériaux modernes

Briques	Liants
Terre cuite Silico-calcaires Béton aggloméré Béton cellulaire	Chaux Plâtre Chaux hydraulique Ciment

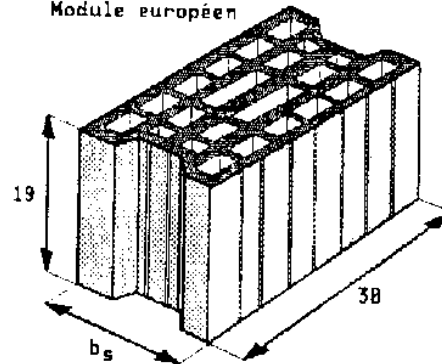
2. Formats de briques

Format normal



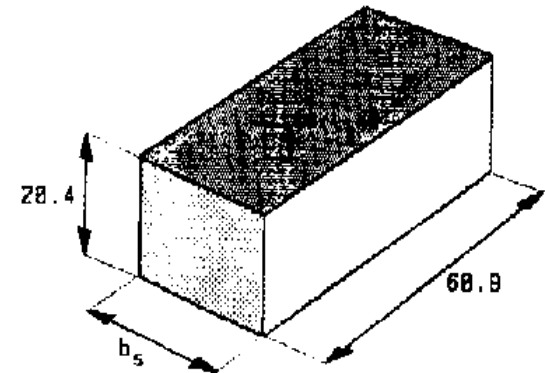
Types de brique :
terre cuite, béton,
silico-calcaire

Module européen



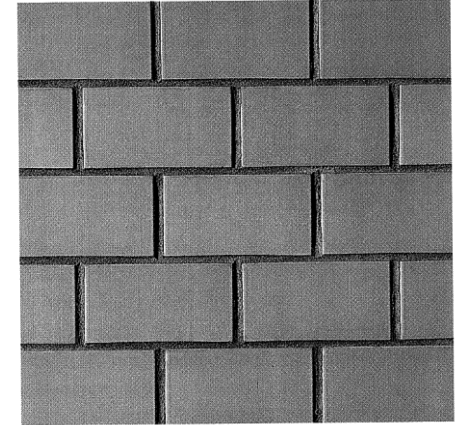
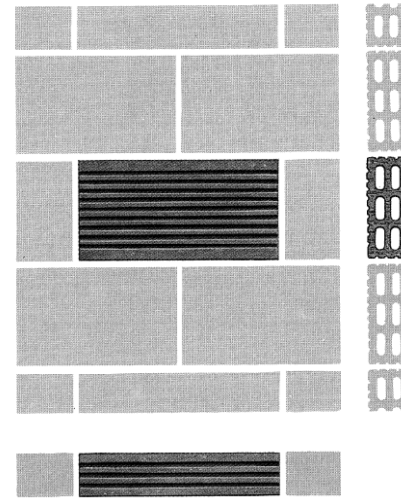
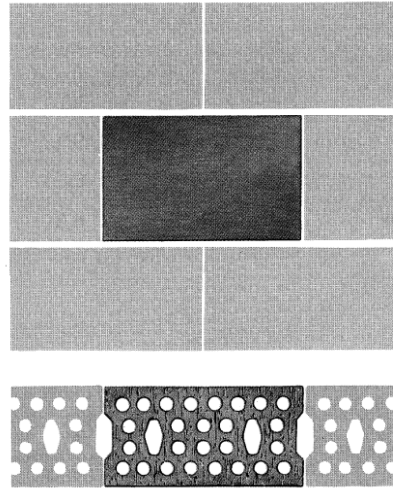
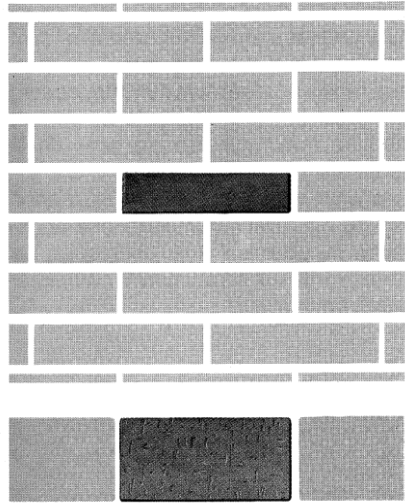
Types de brique :
terre cuite, béton

Brique pleine



Types de brique :
terre cuite, béton cellulaire

Pour les briques de terre cuite



Briques pleines :

Les briques sans trous utilisées pour éléments porteurs apparents

Briques perforées :

Les briques qui comportent des trous perpendiculaires aux plans de pose, on les utilise pour des éléments porteurs et isolants

Briques creuses :

Les briques avec des trous parallèles au lit de pose.
La surface des vides peut être plus importante que la surface de la matière.
Utilisées pour des cloisons et des doublages, en raison de leur légèreté et de leur isolation thermique

Briques de parement :

Les briques fabriquées en différents formats pour maçonnerie apparente

3. Mortiers

Définition d'un mortier : sable ($\varnothing < 8\text{mm}$) + eau + liant

Trois domaines d'utilisation :

- Joints des maçonneries (liaison, compense les inégalités, répartit les charges)
- Chapes
- Crépis et enduits

Constituants :

➤ **Sables**

Propres, pas de matières nuisibles

➤ **Liants**

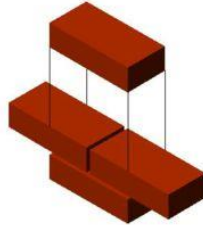
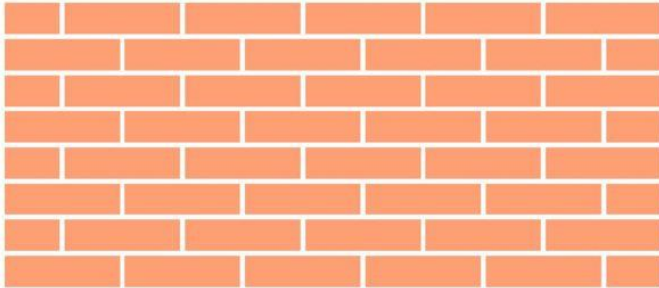
Le choix dépend de la fonction :

- *ciment ordinaire* : courant mais mise en œuvre difficile, bonne résistance mécanique
- *chaux hydraulique* : mise en œuvre facile, faible résistance mécanique, bas module d'élasticité (cuisson des calcaire marneux ou calcaire + 6 à 12% d'argile, de 900 à 1200°C, donne CaO + composés hydrauliques)
- *chaux (éteinte)* : durcissement très lent, s'utilise comme ajout
- *liants organiques* : bonne résistance mécanique et à l'usure, époxydes et polyuréthanes

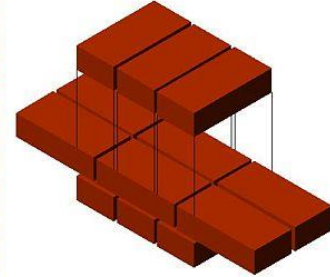
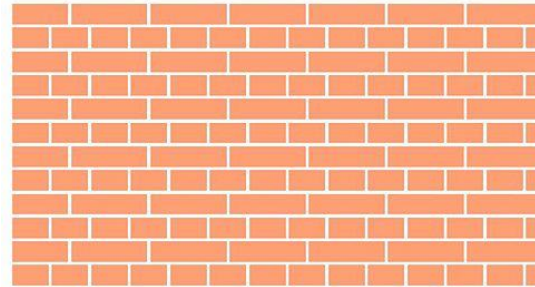


4. Appareils et fabrication

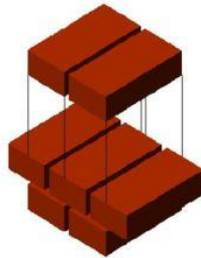
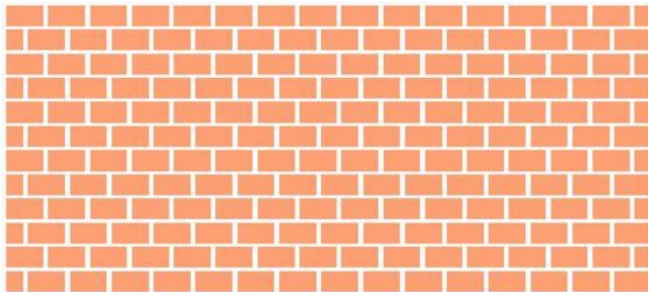
Appareil en panneresses



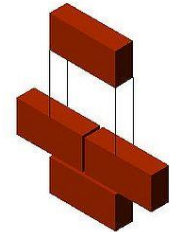
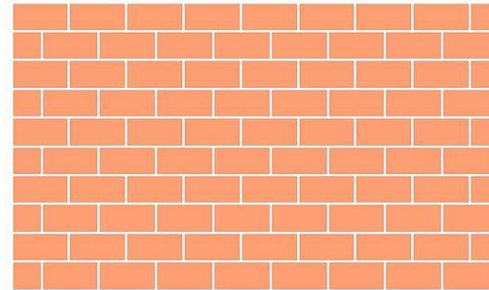
A la française



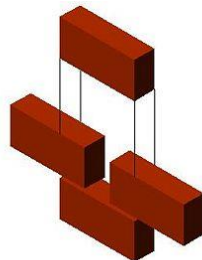
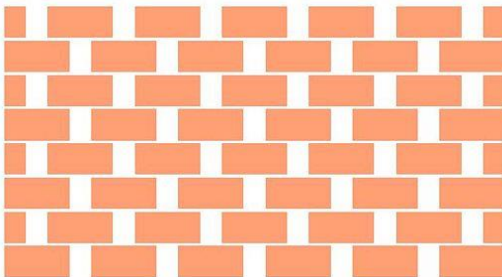
Appareil en boutisse



Sur champ



A claire-voie



5. Durabilité

Efflorescences



5. Durabilité

Type de sel	Provenance
Sulfate de calcium	Ciment, brique béton
Sulfate de sodium	Sables
Sulfates de sodium, potassium ou magnésium	Formés pendant la cuisson (contact avec fumées chargées de SO ₂)
Chlorures	Sels de déverglaçage
Nitrates	Fumier, engrais
Carbonates	Chaux issue de la dissociation du calcaire durant la cuisson

Solutions :

Protection des briques contre l'eau

- eau de pluie
- remontée capillaire
- eau de condensation

Pour aller plus loin...

- <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/les-materiaux-de-construction-42224210/materiaux-de-terre-cuite-c905/>
- <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/les-materiaux-de-construction-42224210/materiaux-de-terre-cuite-c906/>
- <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3/l-enveloppe-du-batiment-42226210/maconnerie-c2100/>
- <https://www.tracesecritesnews.fr/actualite/ils-innovent-wienerberger-fabrique-en-alsace-une-brique-isolante-pour-la-construction-139990>

Résumé : mind map

Matières 1ères

-
-
-
-
-
-
...

*Processus de
fabrication*

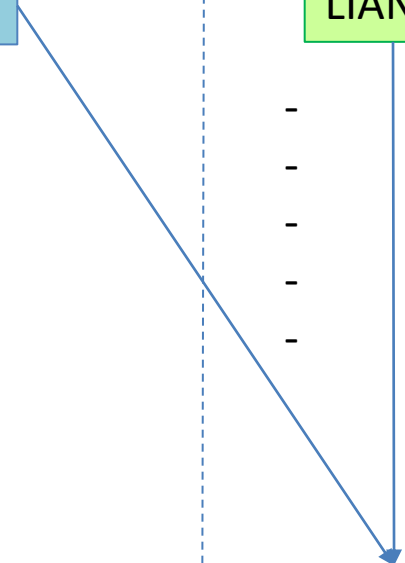
BRIQUES

-
-
-
-

LIANTS

-
-
-
-

MACONNERIE



Ce que je retiens de ce cours

- Je connais les différents types de briques, les matières premières nécessaires et leurs processus de fabrication, les différences entre chacune d'elles.
- 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 puis lors de la cuisson, la différence entre l'argile crue et la terre cuite (*en lien avec cours sur les liants*).
- Je suis capable d'expliquer les phénomènes physiques/chimiques qui se produisent pendant la cuisson de la terre cuite.
- J'ai compris l'importance de la porosité dans les terres cuites et comment celle-ci va influencer certaines propriétés du produit fini. Lien avec absorption/adsorption, saturation en eau, gel, insensibilité à l'eau, efflorescences, anisotropie des propriétés notamment mécaniques.
- J'ai compris la définition d'une maçonnerie et je suis capable de donner des exemples de briques et liants potentiellement utilisées pour celle-ci.
- *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**).*