

**maisons
paysannes
de france**

**maisons
paysannes
du rhône**

Connaissance du bâti ancien ,
de ses techniques et de ses matériaux

Bernard Leborne, le 28 janvier 2017

Plan de l'exposé

Les modes constructifs

Les matériaux et leurs caractéristiques

Les désordres structurels

Les désordres liés à l'humidité, les éviter.

Le confort dans le bâti ancien

Les qualités naturelles du bâti ancien

Isoler les fenêtres

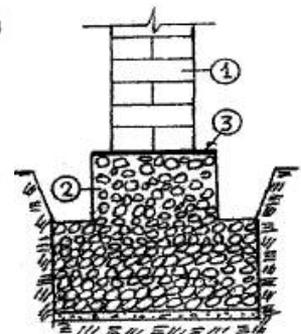
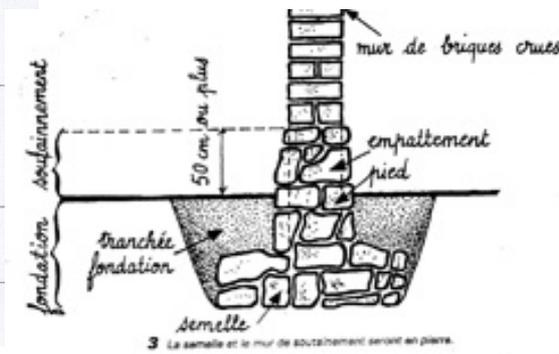
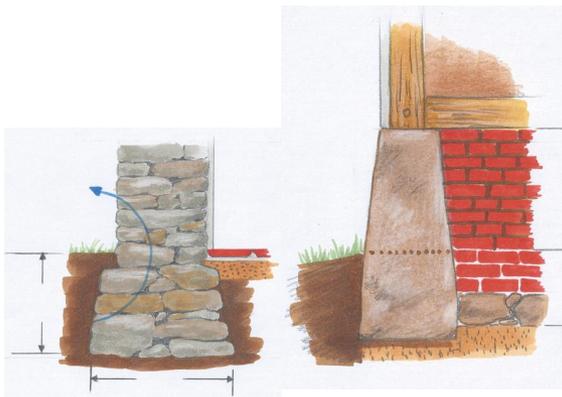
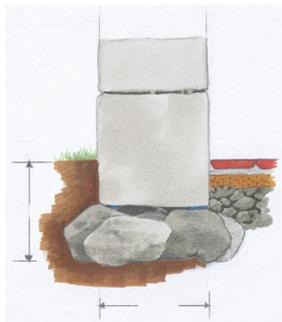
Isoler par l'intérieur ou l'extérieur (ITE)

Les modes constructifs

Les fondations

Généralement sommaires, peu profondes, faites de grosses pierres, ou de « béton cyclopéen » environ deux fois plus large que l'épaisseur du mur soutenu.

ille



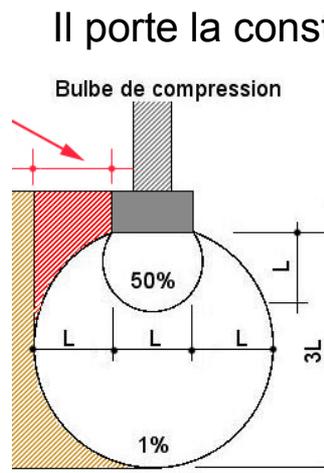
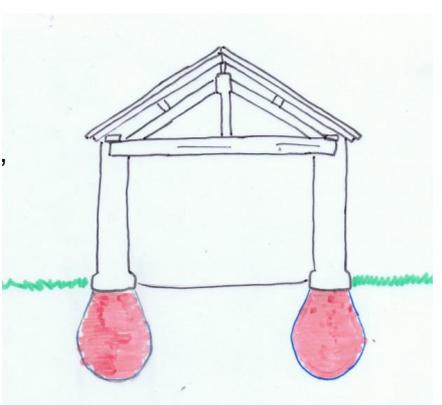
3 La semelle et le mur de soutènement seront en pierre.

① blocs d'adobe ② béton cyclopéen ③ étanchéité

2. Béton cyclopéen

Les fondations

Le « bulbe de compression » forme l'assise des fondations, c'est une zone sensible.



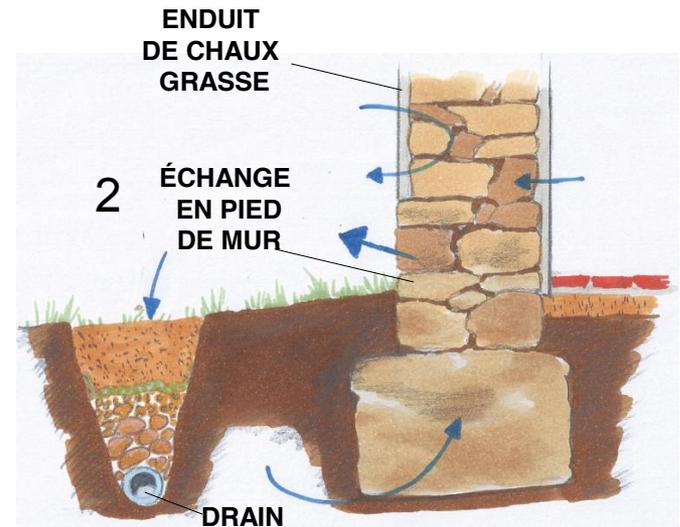
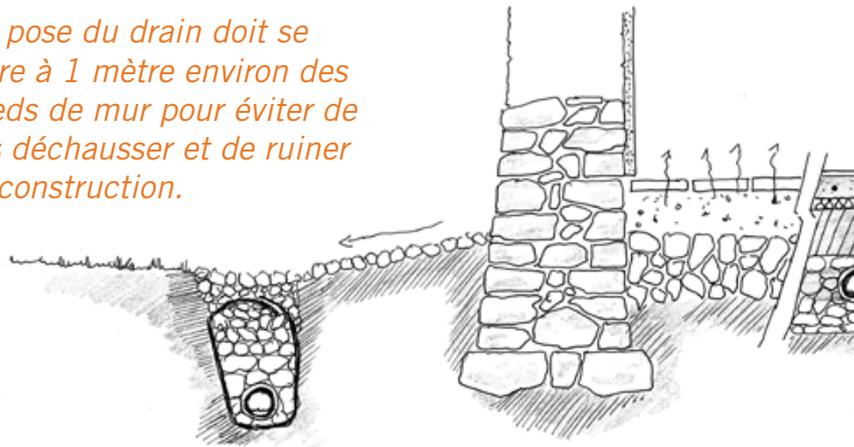
Pas de décaissement vertical plus bas que la première assise
Pas de drain en pied de mur

Le tassement du sol provoque une augmentation de la capillarité. Les remontées capillaires sont courantes et normales.

Les fondations

Elles étaient généralement protégées par un drain pour limiter les remontées capillaires, malheureusement souvent non entretenu et détérioré par le temps,

La pose du drain doit se faire à 1 mètre environ des pieds de mur pour éviter de les déchausser et de ruiner la construction.



Les fondations

Elles étaient aussi protégées de la remontée d'humidité intérieure par des sols perméables à la vapeur d'eau: terre battue, terre cuite, dalles sur sable ou terre,...

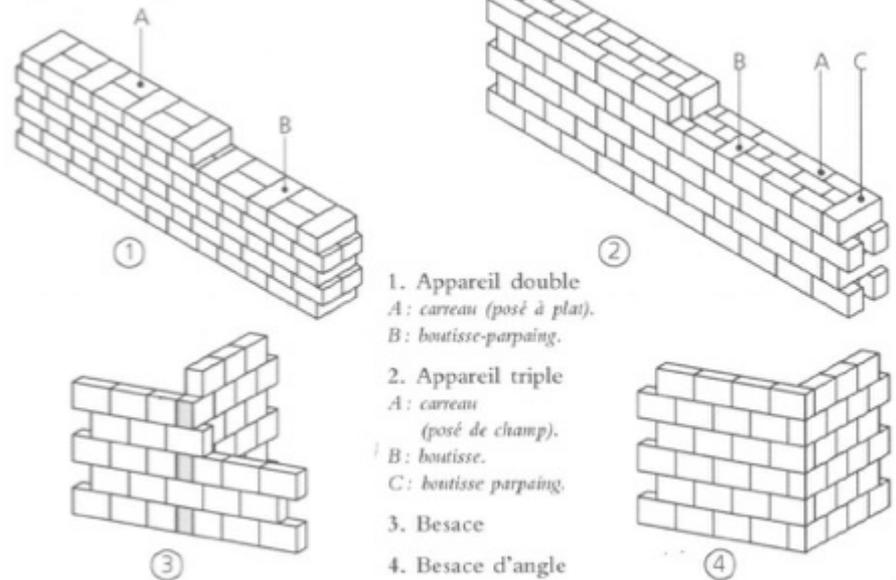
On verra plus tard qu'il faut aujourd'hui retrouver ces caractéristiques par un choix adapté de matériaux.

Les murs en pierre de taille

Les pierres sont taillées, parfois sommairement, pour s'organiser avec des joints très réduits de chaux.

La quantité de chaux étant faible c'est la caractéristique de la pierre elle même qui va déterminer la possibilité de remontées capillaires dans le mur.

Appareils des pierres de taille



Les murs en pierre de taille ...sommaire



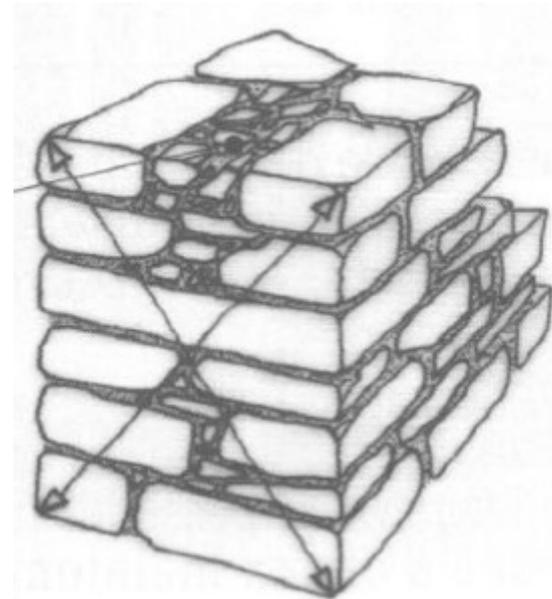
Photo B Leborne

Les murs en pierre tout venant

Les pierres sont telles qu'elles ont été ramassées ou extraites
D'une carrière.

Le mur est fait de deux parements,
Leur solidarité est obtenue par des
« parpaings » et des « boutisses »
qui relient ces deux parements,
comme pour les murs en pierre
sèche.

Attention la chaux n'est pas là pour
« coller », mais pour boucher les vides!!!!



Dessin «EDF habitat »

Les murs en pierre tout venant



Photo B leborne

Les murs en pierre tout venant



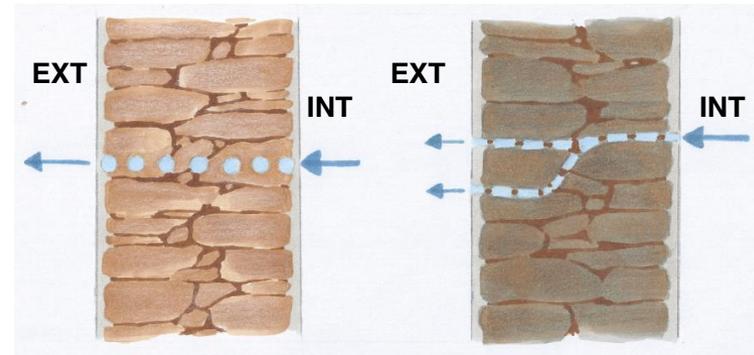
Photo B leborne

Le rôle du hourdage

Qu'il soit fait de chaux ou de terre, il n'a aucun effet de colle, il reste souple aux déformations, il protège du vent.

Il joue un rôle essentiel dans les performances thermiques et hydriques du bâti ancien.

Sa « porosité » réduit les transferts thermiques et favorise les transferts d'humidité..



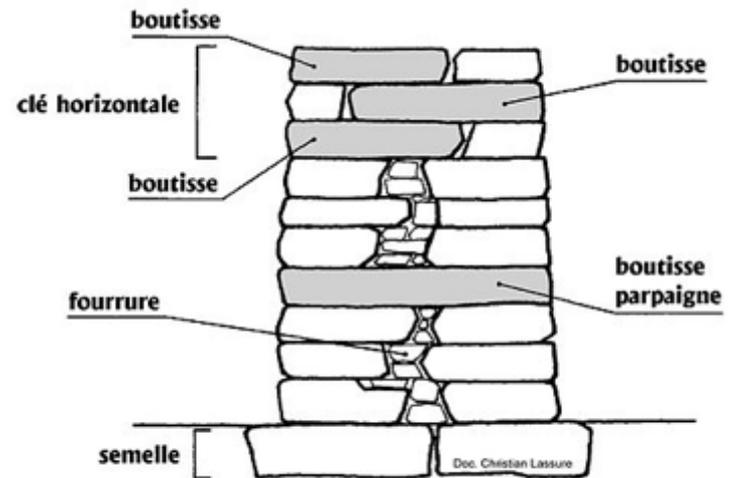
**PIERRE TENDRE
POREUSE, ISOLANTE
LA VAPEUR D'EAU TRAVERSE
LE MUR FACILEMENT**

**PIERRE DURE NON POREUSE,
PEU ISOLANTE
SEUL LE MORTIER
EST RESPIRANT**

Les murs en pierre sèche

Comme dans les murs hourdés, mais là de façon plus critique, c'est le calage stable des pierres qui donne sa solidité au mur.

Quand le mur est un mur d'habitation son étanchéité à l'air nécessaire au confort est assurée avec de la terre ou un mortier maigre de terre, sable et chaux.



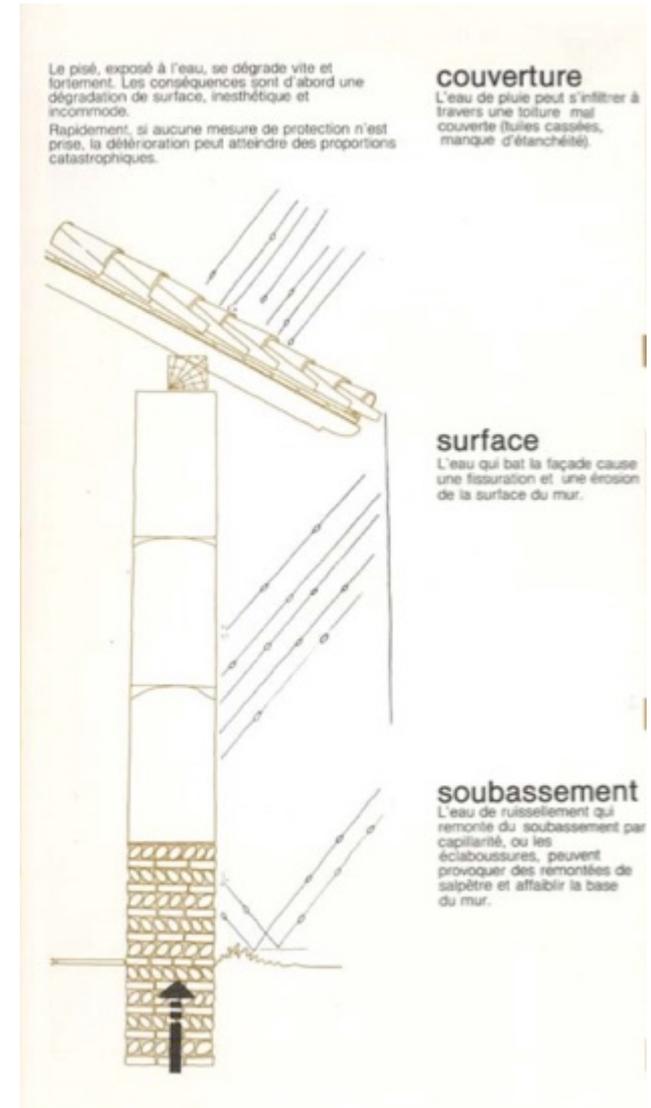
COUPE D'UN MUR EN PIERRE SECHE

Les murs en pisé

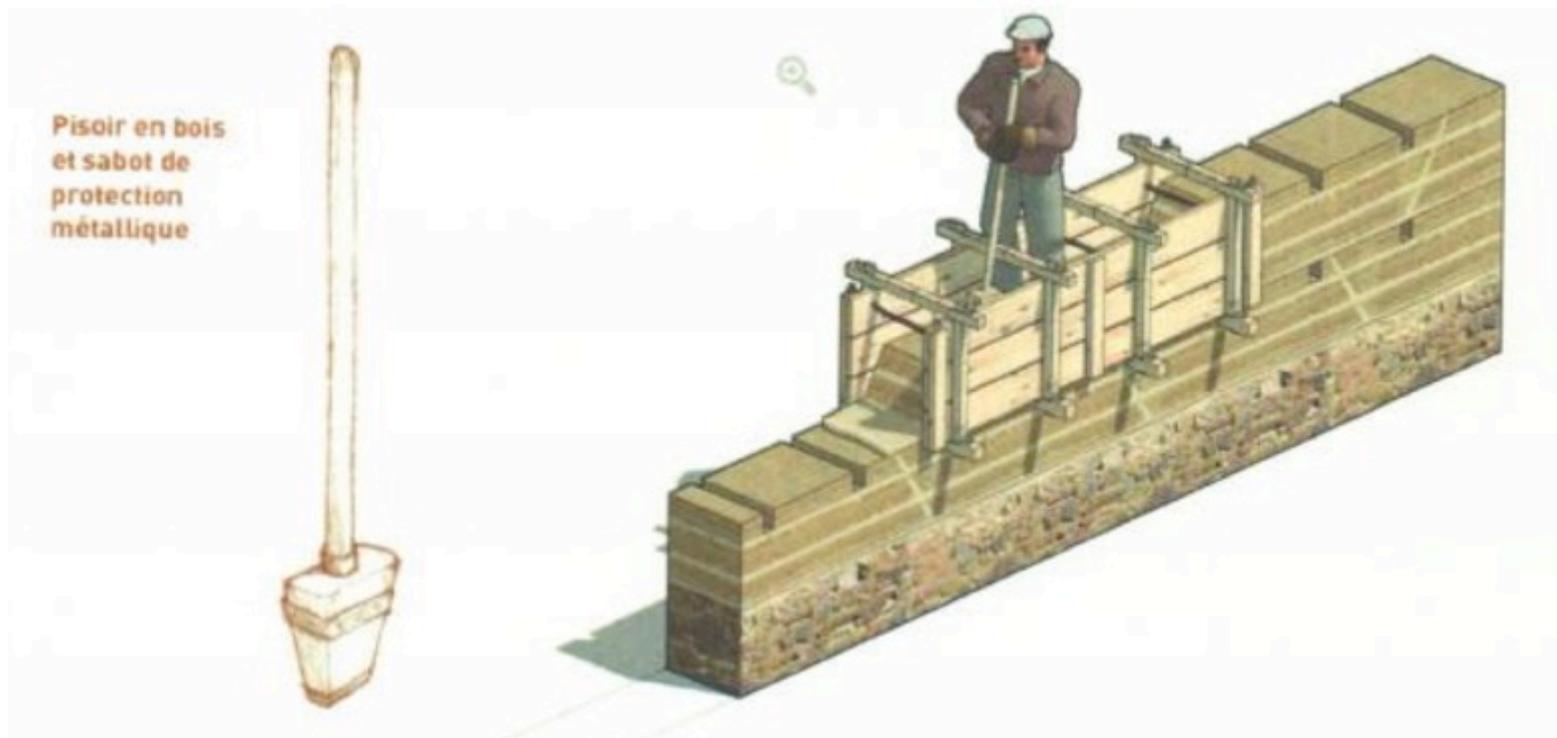
Le pisé est fragile, il lui faut « de bonnes bottes et un bon chapeau » :

Un bas de mur en pierre, galets,...
pour limiter les remontées capillaires
et protéger de l'érosion d'éclaboussure.

Un toit débordant pour éloigner l'eau
de pluie.



Les murs en pisé



Les murs en pisé



Les matériaux

La chaux

Fabrication

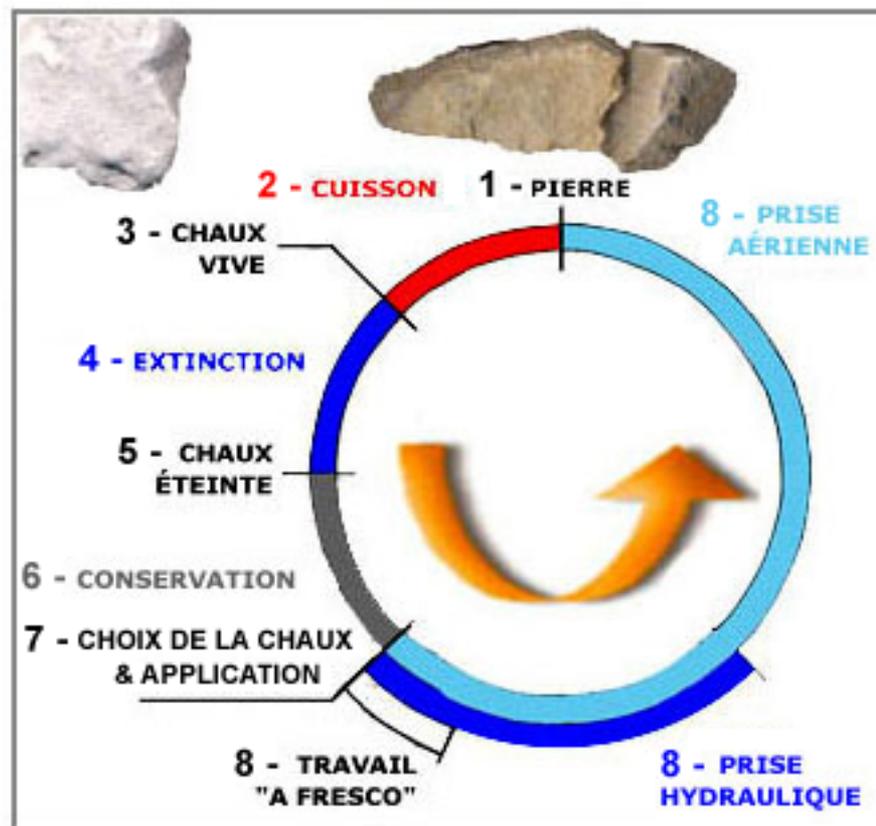
La chaux c'est de la pierre calcaire cuite à 1000°.

A la sortie du four la pierre a presque perdu la moitié de son poids, parti en gaz carbonique.

On comprend pourquoi la cuisson se nomme aussi décarbonatation.

Si on pousse la température on fabrique des chaux surcuites ou des ciments naturels tels le ciment prompt (connus pour leur emploi en rocaille et en fausse pierre entre la fin du XIXe s et le début du XXe s).

La chaux



La chaux

Fabrication

Si le calcaire est pur : Il donne une **chaux aérienne** qui fera prise par réaction avec le gaz carbonique de l'air. Les coquillages, calcaire pur, donnent une très bonne chaux. Certaines chaux en pâte sont produites à partir de marbre.

Si le calcaire est argileux : Sa cuisson donne une **chaux hydraulique** qui fait prise par réaction à l'eau. La chaux sera plus hydraulique et plus résistante si le pourcentage d'argile est plus élevé.

La chaux

Fabrication ÉTEINDRE LA CHAUX

Plongée dans l'eau la chaux vive fuse en dégageant de la chaleur avant de se déposer au fond du bac.

Cette extinction par excès d'eau donne la chaux en pâte. C'était la seule extinction possible autrefois.

Si la chaux produite est aérienne on peut la garder la pâte à l'abri de l'air.

Si la chaux est hydraulique on devra utiliser la pâte dans les 24h avant qu'elle ne fasse prise, donc pas de chaux hydraulique en pâte.

La maîtrise en usine de l'extinction sans excès d'eau permet aujourd'hui de produire les chaux éteintes en poudre, aériennes ou hydrauliques, vendues en sacs.

La chaux aérienne « CL 90s »

La cuisson de pierre calcaire pure donne la chaux aérienne.

On la trouve en pâte ou en poudre.

En pâte elle a été stockée pour se combiner avec l'eau d'extinction, elle est plus « souple » à l'usage.

En poudre lors du gâchage il faudra lui laisser le temps de s'hydrauliser, il vaut mieux la préparer la veille, et la garder en seau ou bidon sous un film d'eau.

EN PRATIQUE : On utilisera de préférence une chaux aérienne pour les enduits de finition, pour les badigeons et les peintures.

On l'utilisera de préférence à la chaux hydraulique en contact avec le pisé ou l'adobe.

La chaux hydraulique « NHL »

La cuisson de pierre calcaire contenant de l'argile va combiner la chaux avec la silice et l'alumine de l'argile pour former des silicates et aluminates de chaux.

Les chaux hydrauliques conservent une part variable de chaux aérienne. La prise aérienne d'une chaux hydraulique représente environ 30% de sa prise. La Nathural de Lafarge est un peu plus aérienne que la Saint Astier.

EN PRATIQUE : On utilisera de préférence une chaux hydraulique de faible résistance, une NHL 2 (Voir Normes), sur les murs en terre ou en pierres tendres, hourdés avec des joints peu résistants.

La chaux NHL 3,5 peut convenir aux supports de pierres froides.

On évitera les NHL 5 sur le bâti ancien, sauf en altitude.

Le ciment naturel, ciment prompt dit aussi ciment romain.

Fabrication

Le ciment naturel c'est un calcaire argileux particulier cuit entre 80 et 900° dans un four vertical au charbon (qui donne une température entre 500 et 1200° selon la zone).

Cette cuisson produit très peu de chaux vive, il n'y a donc pas de phase d'extinction, et donc pas de réduction en pâte ou en poudre.

Les incuits, les cuits et les surcuits» sont broyés dans un broyeur à boulet, puis mélangés dans « la bonne proportion »....

Le ciment naturel, ciment prompt dit aussi ciment romain.

Il est utilisé pour les scellements et calages rapides

Il est utilisé pour les modénatures, corniches, ...

Il est utile, ajouté en petites quantités à la chaux hydraulique, quand on a besoin d'accélérer la prise, mais contrairement aux ciments artificiels il ne réduit pas la perméance de la chaux.

Le « plâtre gros ».

Il est fabriqué par cuisson du gypse aux environs de 150°.

Le plâtre « gros » est le plâtre le plus naturel sans adjuvants, c'était celui des plâtriers à l'ancienne.

Il est utilisé pour faire des travaux traditionnels de plâtreries, de gypserie,..

Il est aussi utilisé avec la chaux aérienne dans la proportion 1 vol de chaux + 2 vol de sable + 3 volumes de plâtre gros (préparé comme le plâtre: poudre jetée dans l'eau), pour réaliser un mortier à prise rapide qui se travaille comme le plâtre au Berthelet.

Sa résistance mécanique à 4 jours est de 28 MPa

L'argile.

C'est elle qui joue le rôle de liant dans le pisé ou l'adobe.

Elle est constituée de feuillets dont l'épaisseur est de quelques atomes d'oxygène entre lesquels viennent se glisser les atomes plus petits de silice et d'alumine.

Ces feuillets s'assemblent en plaquettes(1μ) qui s'organisent à leur tour de différentes façons et leur cohésion mécanique vient à la fois de forces électriques entre atomes et de tension de surface de l'eau entre feuillets.

On comprend pourquoi trop d'eau la liquéfie et pas assez la transforme en poussière. C'est ce qui rend le pisé si vulnérable.

L'argile.

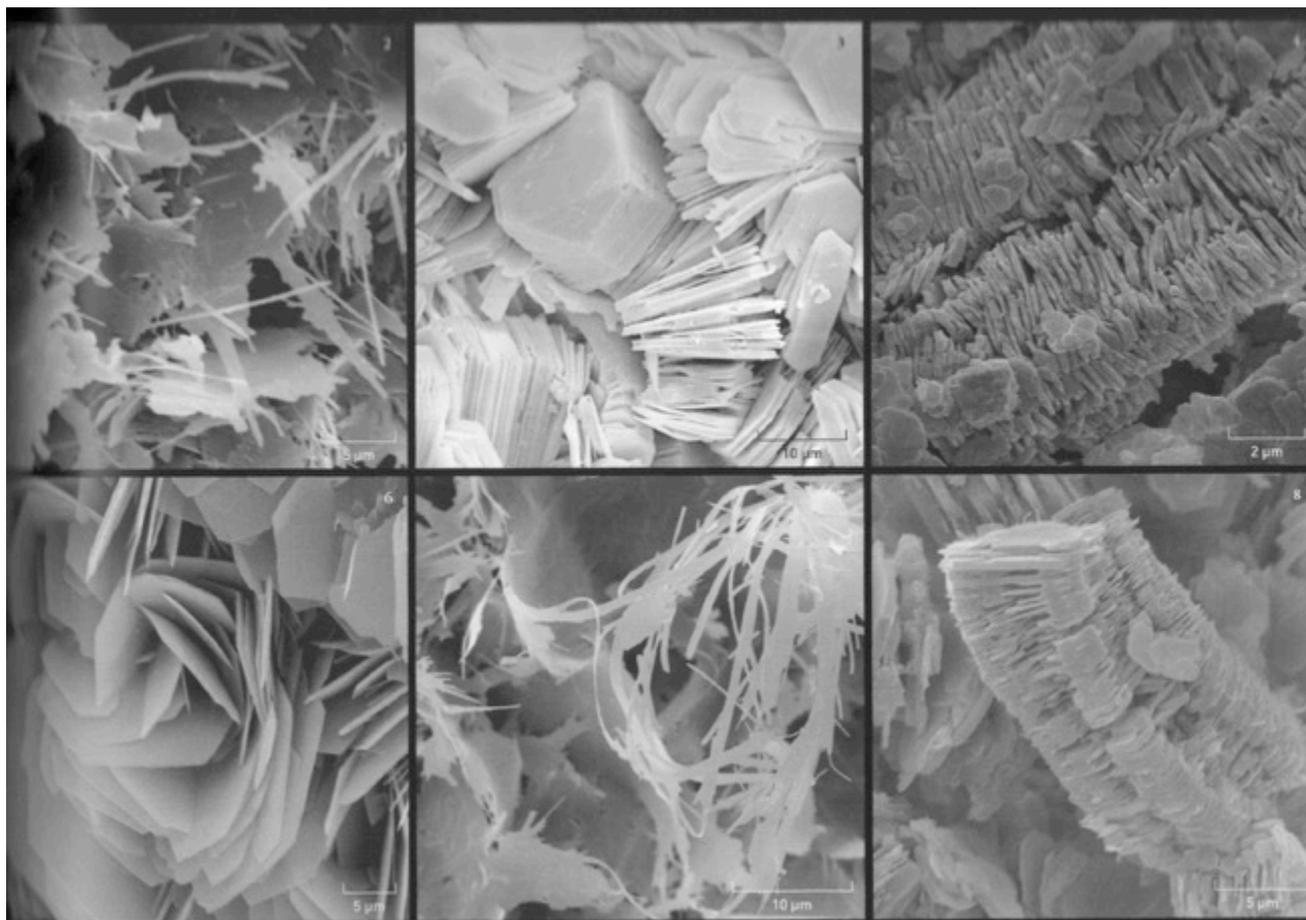


Photo Bâtir en terre

Tableau des résistances mécaniques à 28 jours*:

Ciment CEM I, II, III, IV et V	52,5 MPa	soit	525 T au dm ²
	42,5 MPa	soit	425 T au dm ²
	32,5 MPa	soit	325 T au dm ²
Ciment à maçonner MC	12,5 MPa	soit	125 T au dm ²
Ciment prompt naturel NF P15-314	12,5 MPa	soit	125 T au dm ²
Chaux naturelle à maçonner FL (mélange de chaux NHL et de ciment 52,5)	5 à 15 MPa	soit	50 à 150 T au dm ²
Chaux hydraulique naturelle NHL5	5 MPa	soit	50 T au dm ²
Chaux hydraulique naturelle NHL3,5	3,5 MPa	soit	35 T au dm ²
Chaux hydraulique naturelle NHL2	2 MPa	soit	20 T au dm ²
Chaux aérienne CL90-S	<2 MPa	soit	<20 T au dm ²

- 28 jours parce que c'est le moment où le ciment a atteint sa résistance maximale,
- la résistance de la chaux croît sans limite de temps

résistances mécaniques à 28 jours

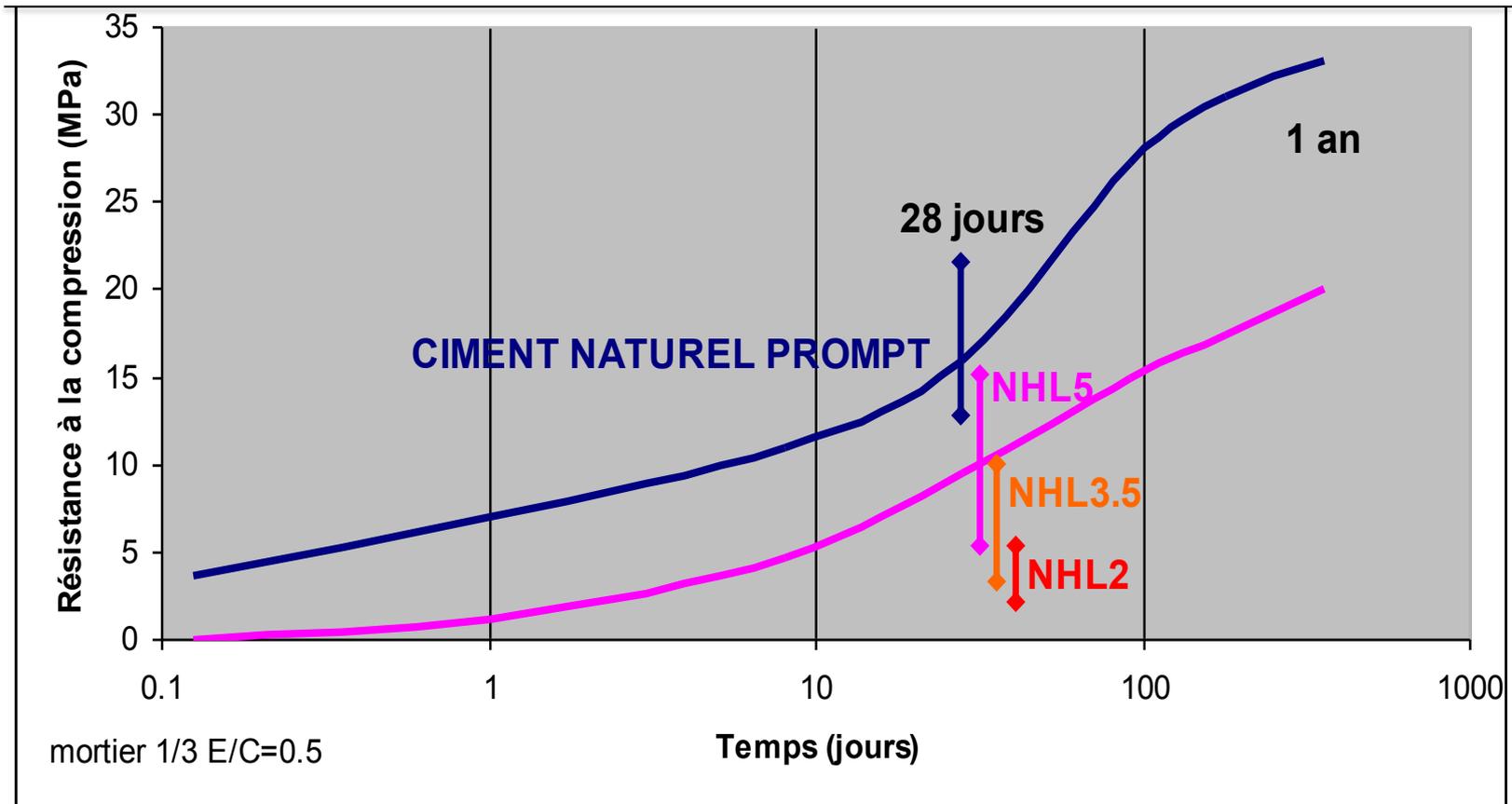


Tableau de dosage global sur maçonnerie neuve et ancienne

Application	SUPPORT	
	Neuf	Ancien
1 ^{ère} couche accrochage Gobetis	500 à 600 kg/m ³	400 à 450 kg/m ³
2 ^{ème} couche Dégrossi	350 à 400 kg/m ³	300 à 350 kg/m ³
3 ^{ème} couche Enduit de finition	250 à 300 kg/m ³	150 à 250 kg/m ³

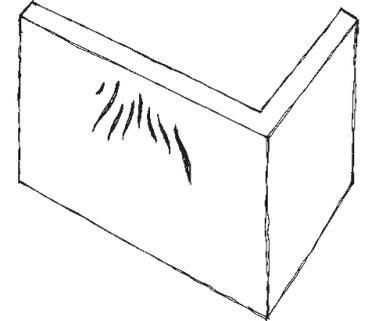
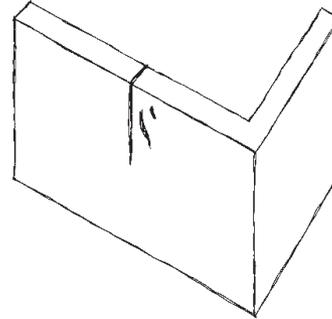
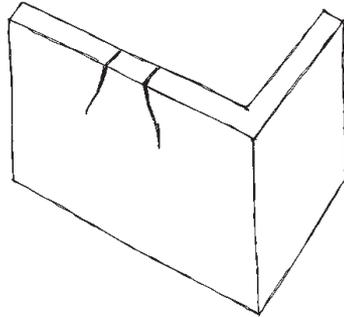
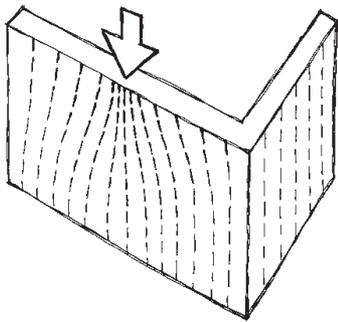
Masse volumique des liants Kg/l ou Kg/m³

Ciments : M-V = 1 (1 litre = 1kg)

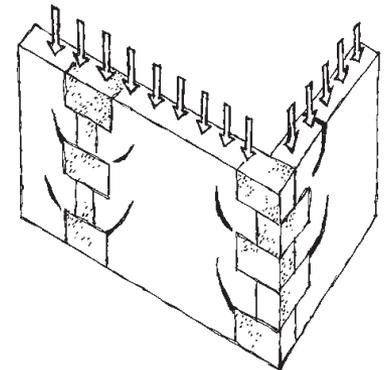
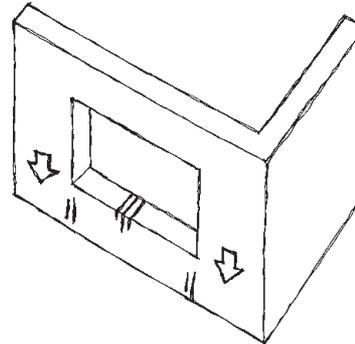
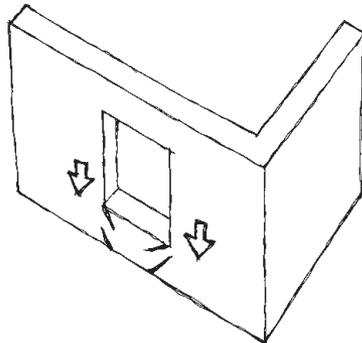
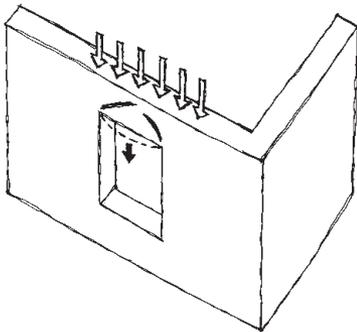
Chaux aérienne M.V. = 0,5 (1 litre = 0,5 kg)

Les désordres structurels

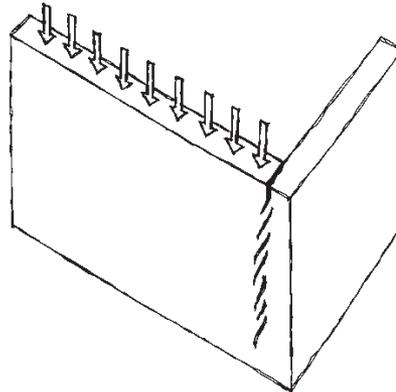
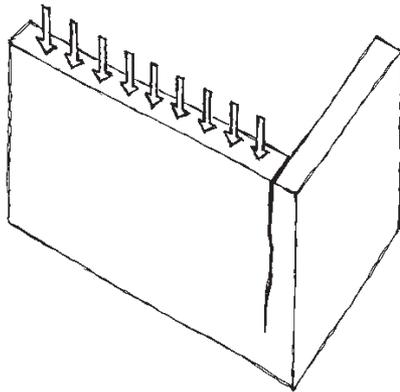
Désordres dûs à une charge ponctuelle



Désordres dûs à une différence de rigidité

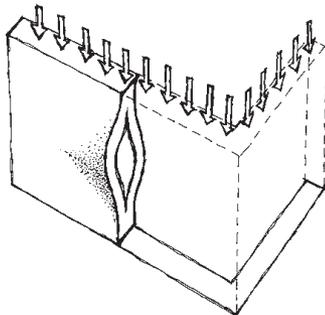


Désordres dûs à une différence de charge



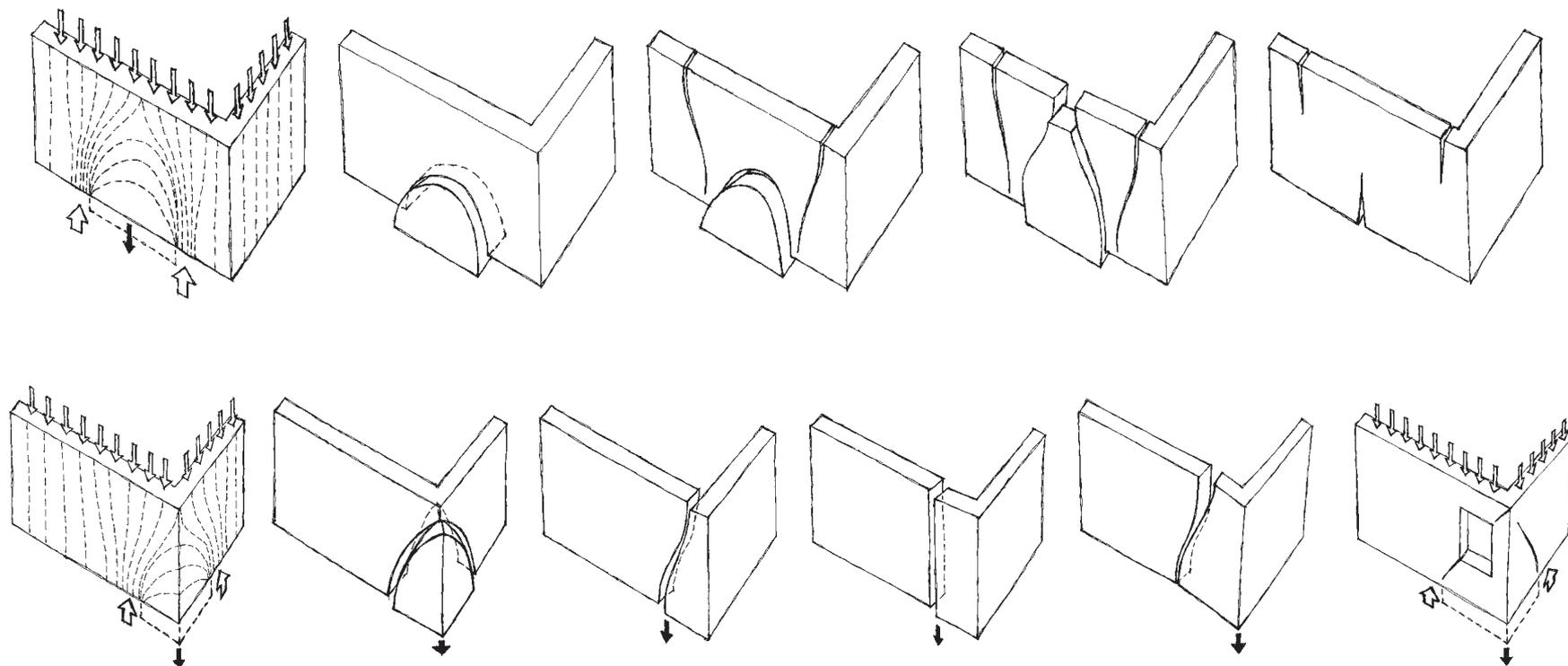
Cela peut résulter d'une modification, par exemple l'ajout d'un plancher béton.

Désordres dûs à une charge sur un mur affaibli

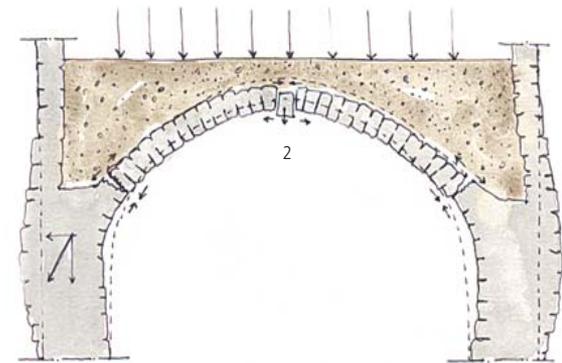
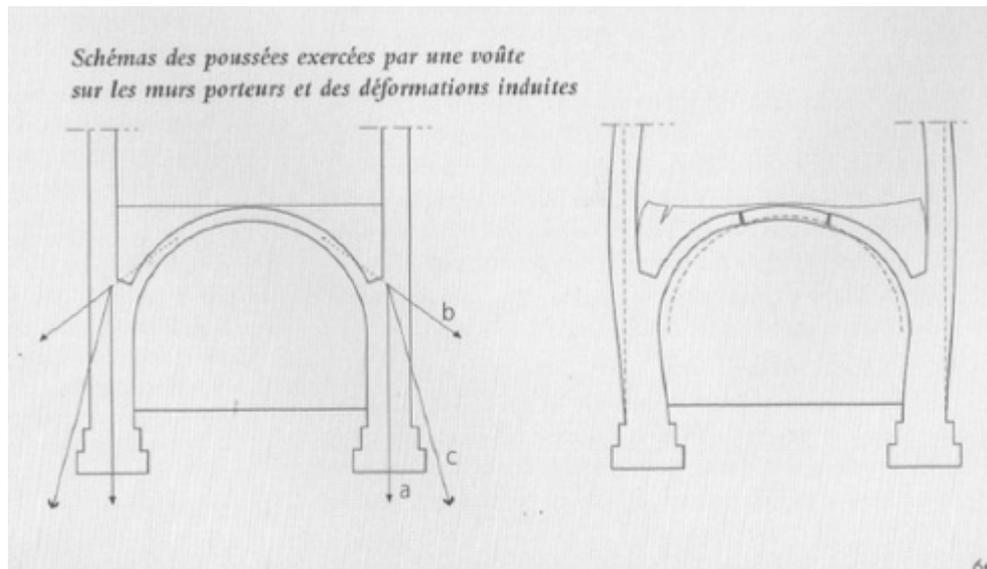


Si les deux parements sont séparés par un matériau hétérogène et ne sont pas reliés par des boutisse, ils se séparent et ne présentent plus assez de résistance à la compression

Désordres dûs aux mouvements des fondations

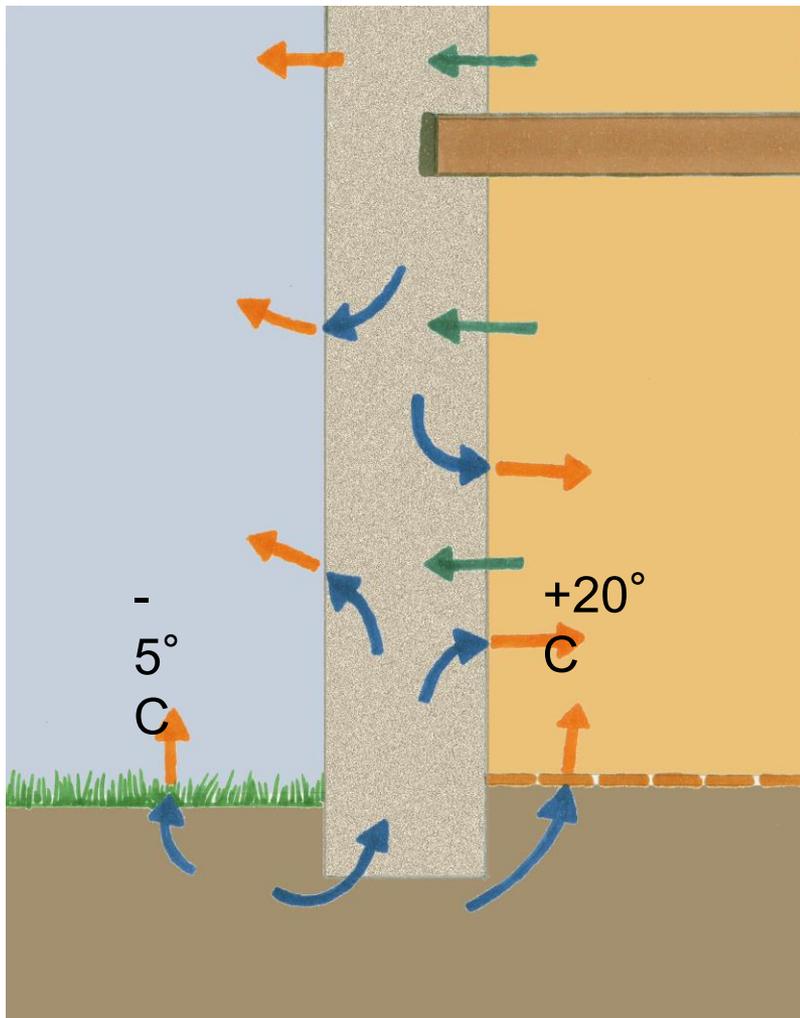


Désordres sur les voûtes



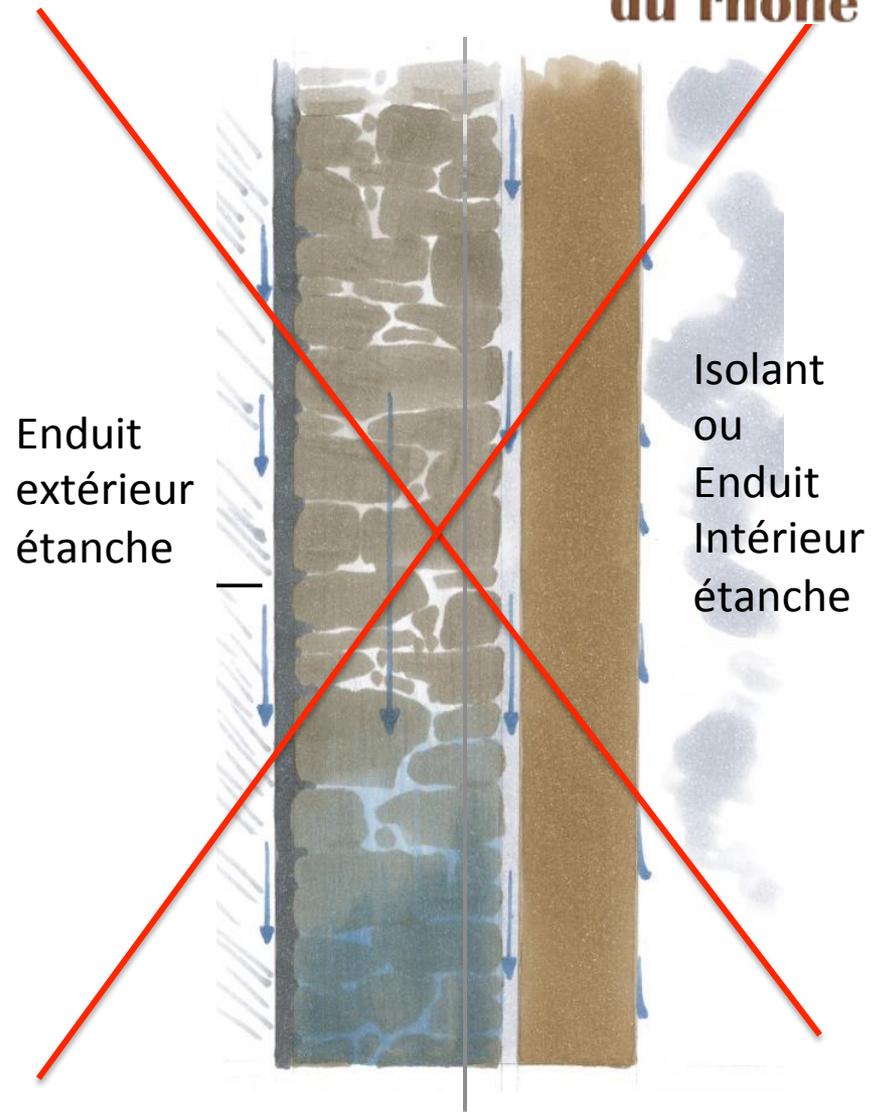
Les désordres liés à l'humidité

maisons paysannes de france



Traditionnel: Le mur « respire »

maisons paysannes du rhône



Mal restauré: le mur pourrit

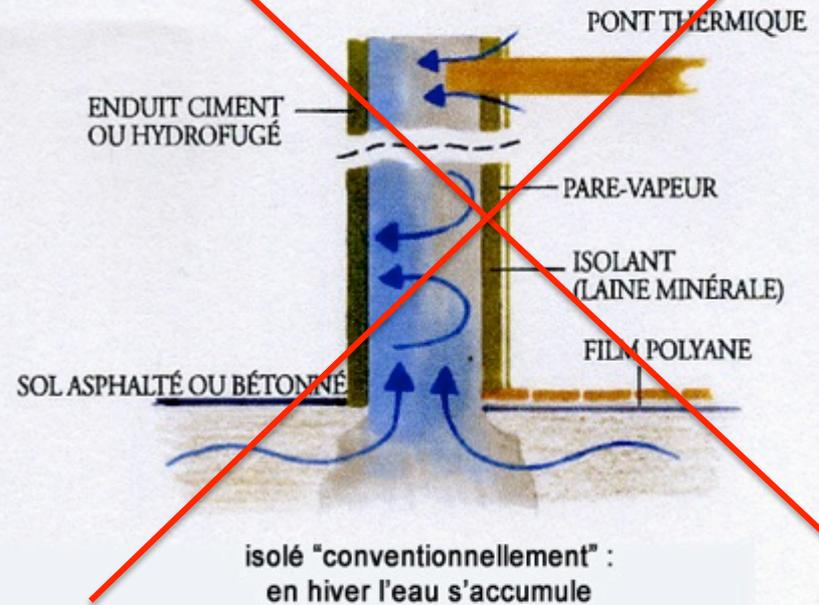
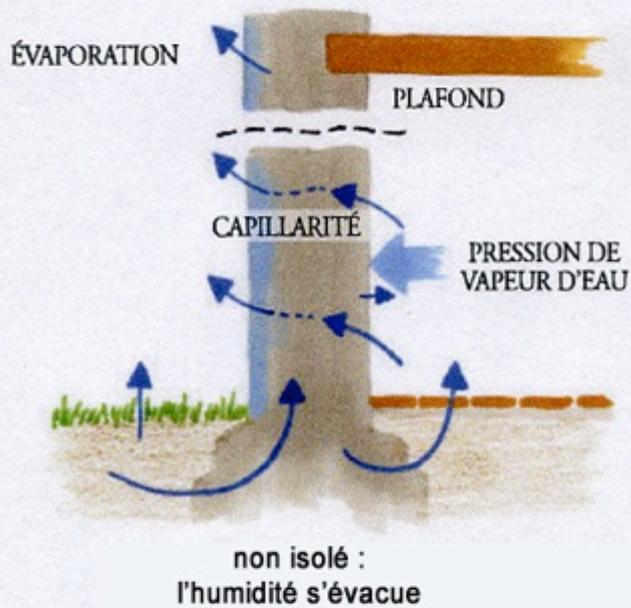
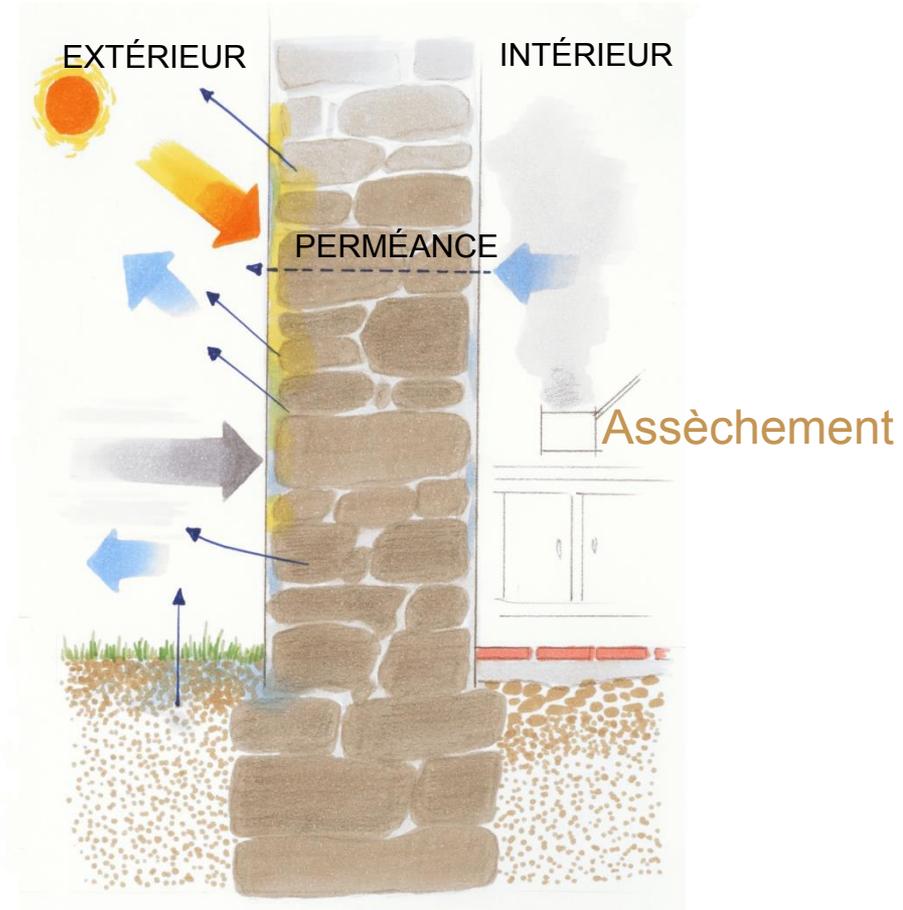
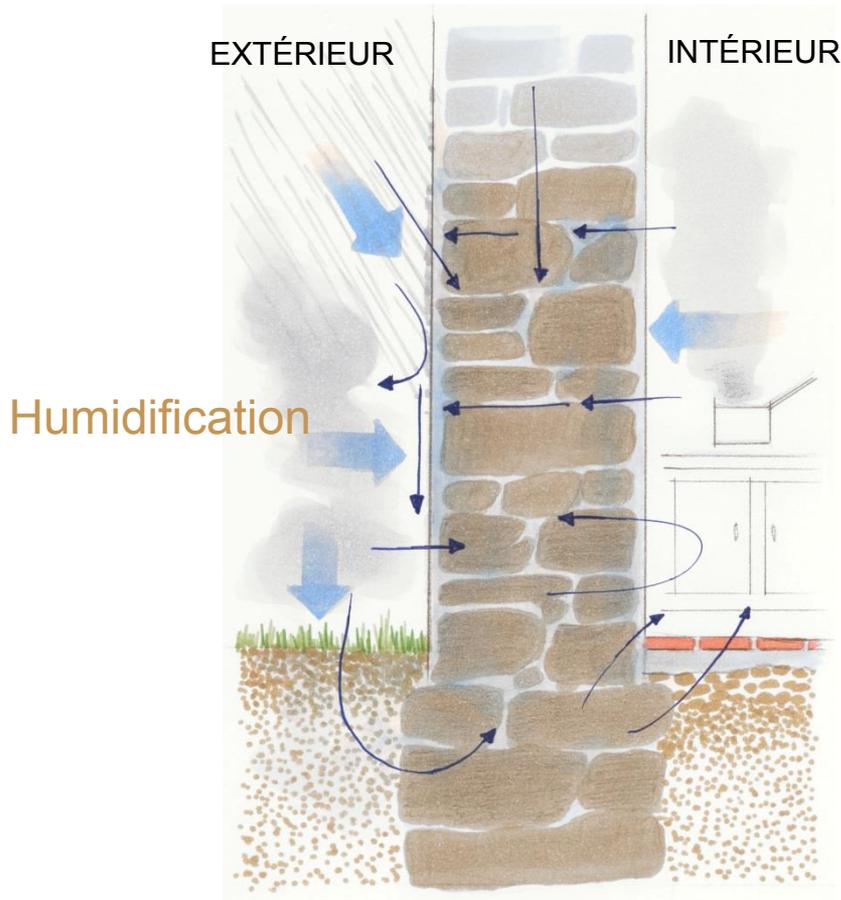


Fig. 2 Fonctionnement hygrométrique d'un mur traditionnel



Les enduits de chaux, de plâtre ou de terre ont un rôle régulateur

Les enduits de ciment, ou de chaux avec ajout de ciment, ou industriels type Weber....

Les isolations intérieures ou extérieures étanches, par exemple polystyrène,...

créent à moyen terme des désordres dans la structure du mur,

Et ils se détériorent sous l'effet de l'eau qu'ils retiennent.

Transferts d'humidité vapeur d'eau

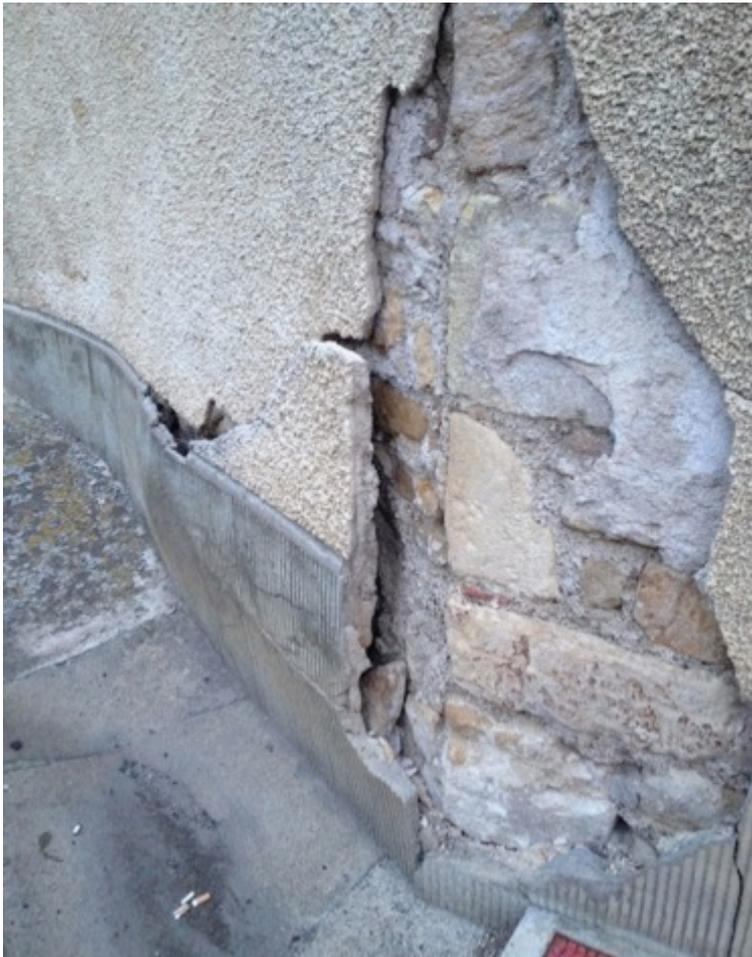
- « μ » est le **coefficient de résistance à la diffusion de vapeur** d'un matériau par rapport à la diffusion de la vapeur d'eau dans l'air, donc sans unité.
- « Sd » la résistance à la diffusion de vapeur d'eau d'un matériau d'épaisseur « e » s'exprime par :
 $Sd = \mu \times e$, unité en m (mètre).

Transferts d'humidité vapeur d'eau

« μ » est le coefficient de résistance à la diffusion de vapeur, ou « perspiration »

Air	1	Pierre calcaire tendre	30
Enduit terre	8	Mortier de ciment	40
Plaque de plâtre	8	Polystyrene expansé	60
Béton cellulaire	8	Pierre dure	150
Enduits chaux/plâtre	10	Polystyrene extrudé	150
Enduit chaux chanvre	12	OSB	170
Plaque de Fermacell	13	Béton	180
Panneau de liège expansé	13	Granit	10 000
Brique	15	Bitume	60 000

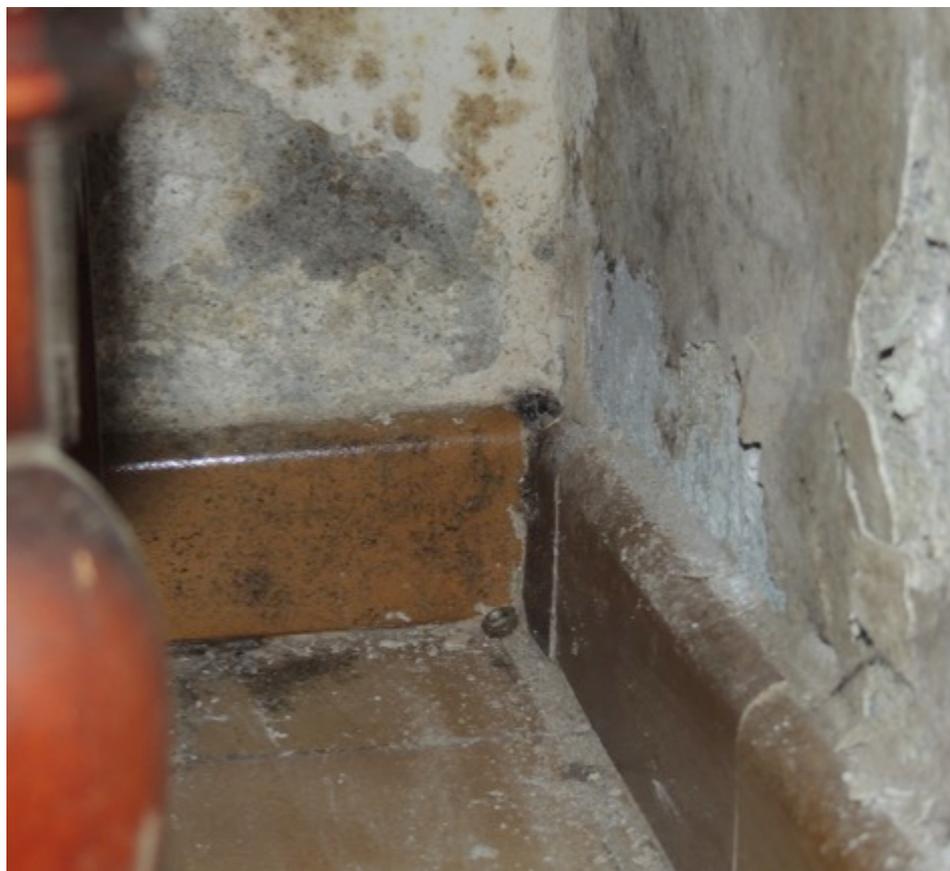
Désordres extérieurs



Désordres extérieurs



Et aussi... Désordres intérieurs



Désordres extérieurs dans le pisé



**maisons
paysannes
de france**

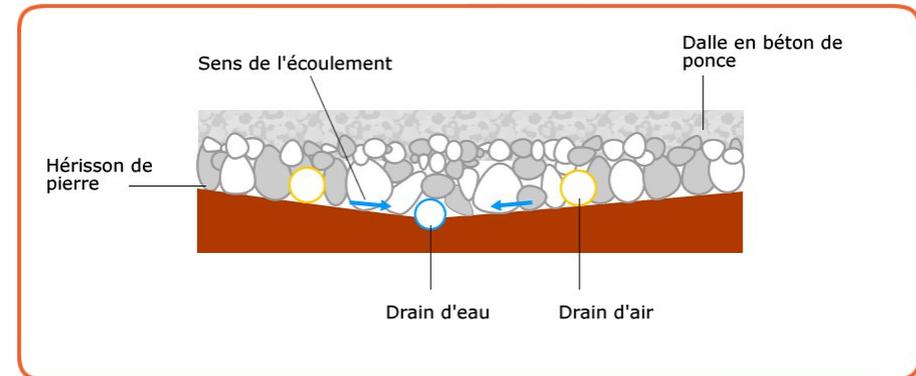
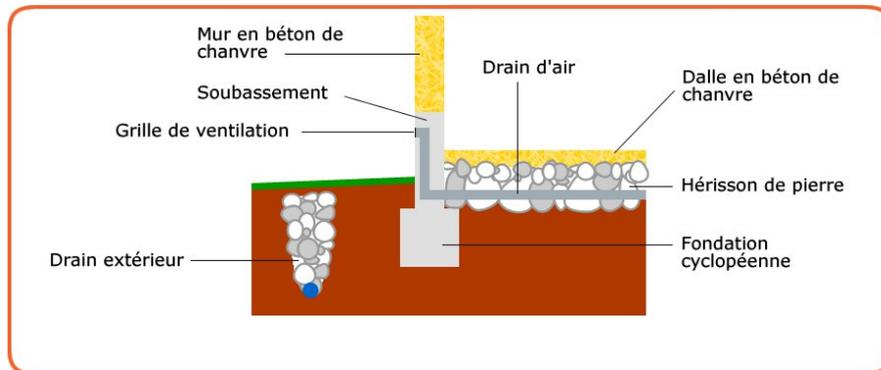
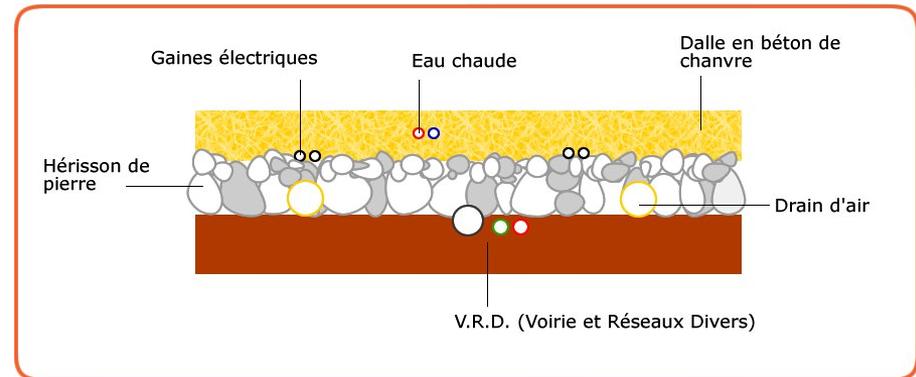
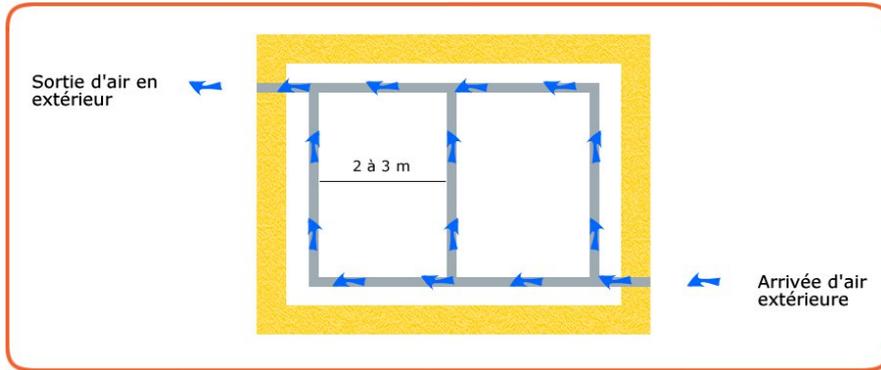
**maisons
paysannes
du rhône**

Désordres extérieurs, ou catastrophe???



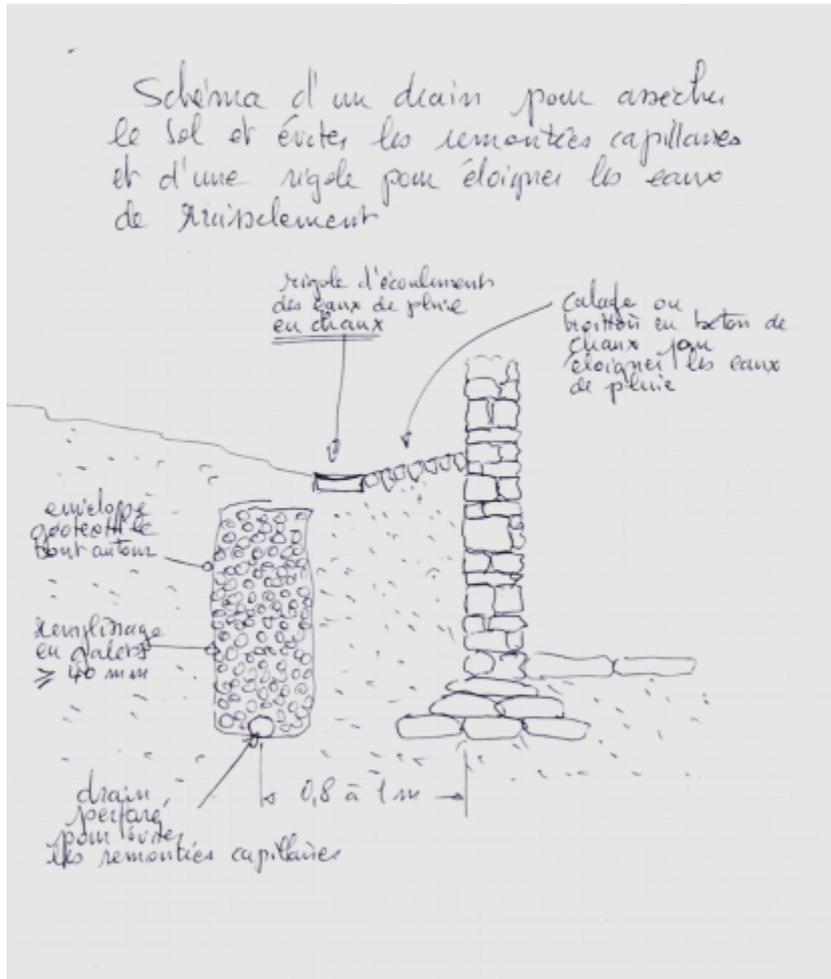
Eviter les désordres liés à l'humidité

Quelques détails du hérisson



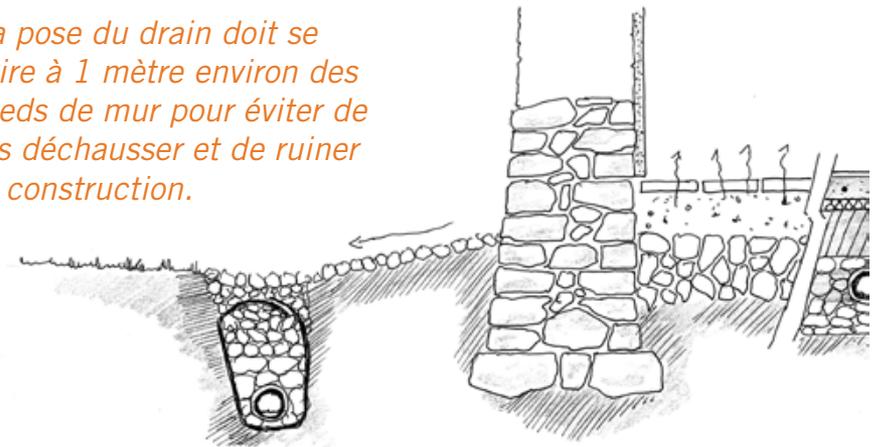
Le drain doit déboucher à l'air libre sur deux façades opposées

Schéma général des drains



Le tuyau du drain doit s'écouler dans le fossé ou un puits perdu d'un côté et déboucher à l'air libre de l'autre côté.

La pose du drain doit se faire à 1 mètre environ des pieds de mur pour éviter de les déchausser et de ruiner la construction.



Isoler le bâti ancien?
Plutôt rechercher le confort!

Une combinaison de température
et d'hygrométrie

on est bien dans une plage assez large

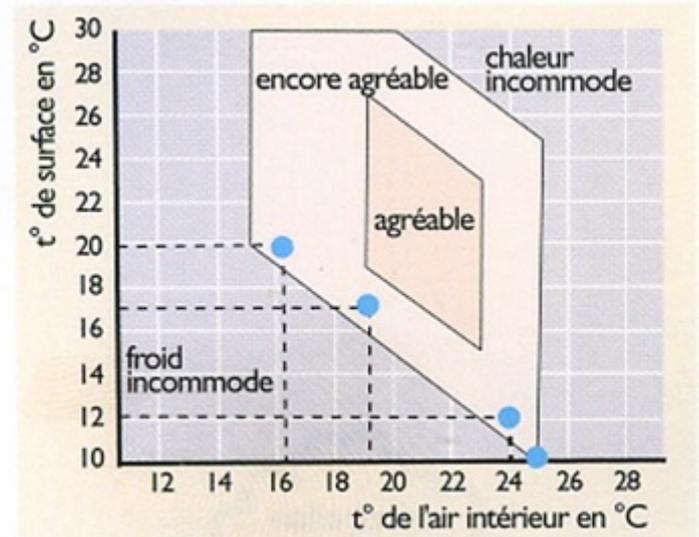
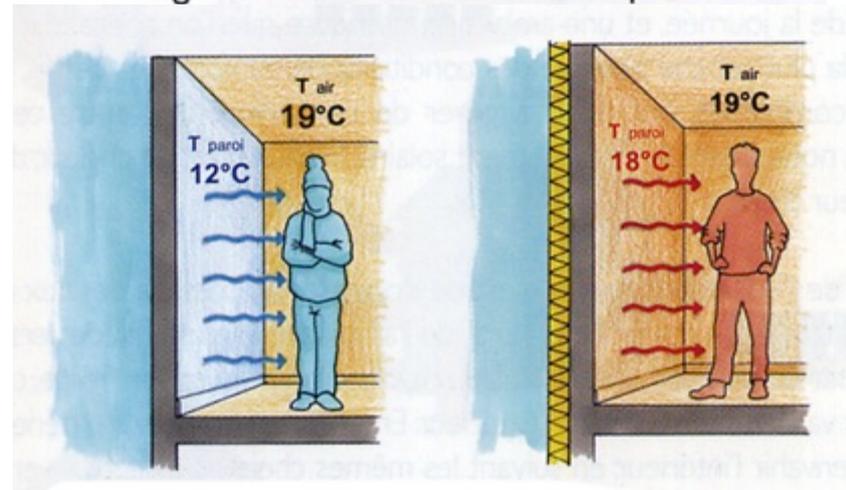


Diagramme du bien-être thermique.

Des parois non froides en hiver
et non chaudes en été

on ressent la moyenne de la
température ambiante et de la paroi



La chaleur ou le froid se transmettent

- par rayonnement (chauffage infra rouge...)
- par convection (l'air chaud monte...)
- par conduction (le froid du dehors pénètre les matériaux du mur...)

Pour isoler il faut se protéger de ces trois formes de transmission.

Un isolant est un matériau qui ralentit la progression de la température.

Il enferme des cellules d'air qu'il immobilise ce qui empêche la convection.
Il est fait d'un matériau peu conducteur de température ce qui limite la conduction.

Il protège du rayonnement par son opacité.

On caractérise cette performance par le λ (lambda)

Air sec immobile	0,024	Eau	0,6
Isolant courant	0,04	verre	1,15
Chaux-chanvre	0,08	béton	1,5
Sapin	0,12	cuivre	380,0

On caractérise le niveau d'isolation par le « R » qui est la référence pour les normes et les avantages fiscaux...

$R = e / \lambda$ avec $e =$ épaisseur en mètres du matériau
 $\lambda =$ caractéristique du matériau

0,20m d'isolant avec un λ de 0,04 donne un R de 5

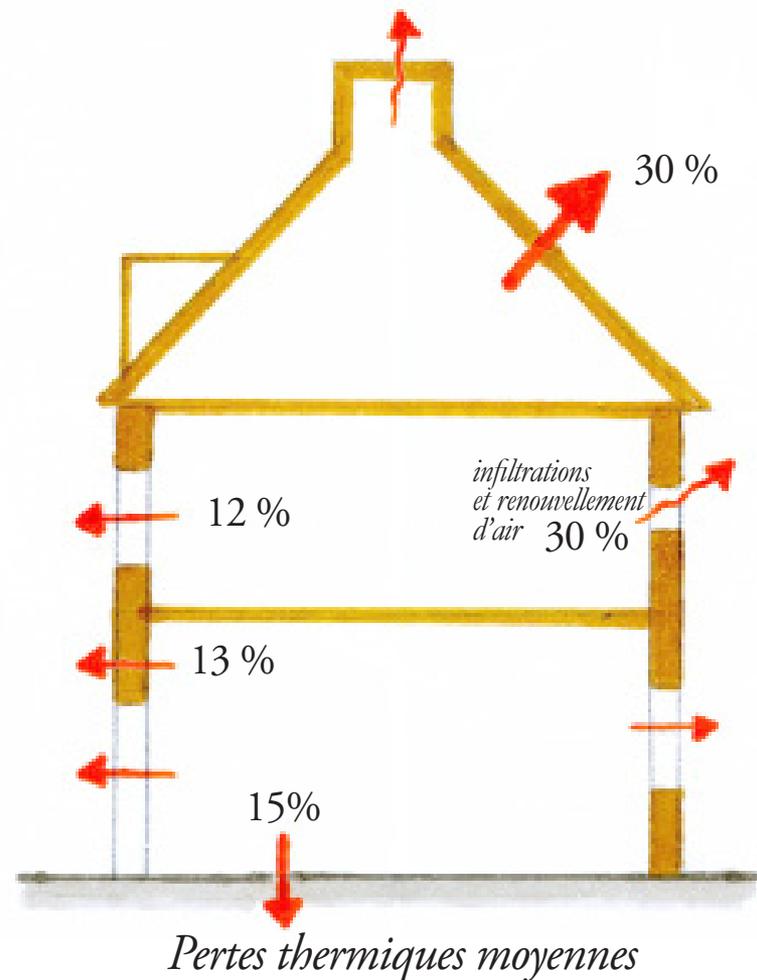
Les déperditions du bâti ancien:

Elles donnent les priorités:

Le toit	30%
Les fenêtres	12%
Le sol	15%

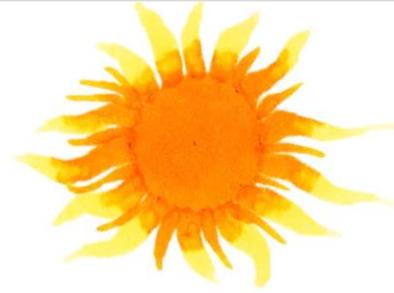
Le renouvellement d'air
nécessaire 30%

Les murs seulement 13%
Mais l'effet paroi froide donne
de l'inconfort.

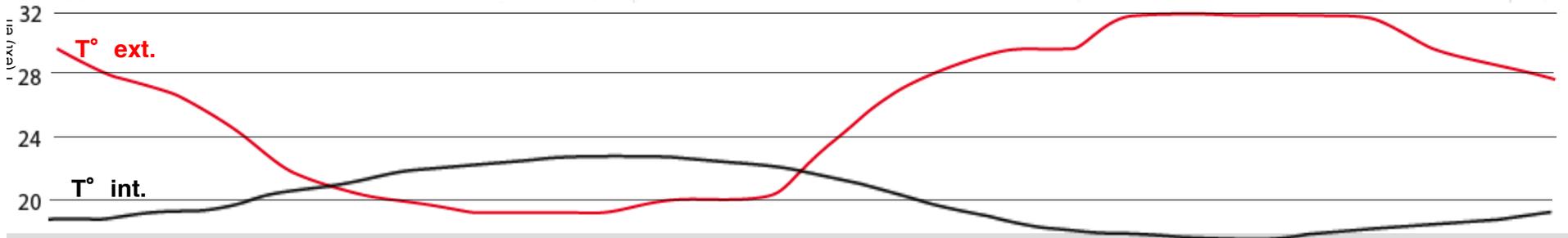
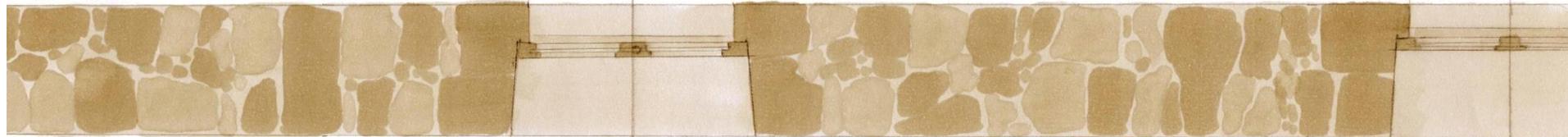


Les qualités du bâti ancien

L'inertie des parois en été...



22 23 24 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23



... et le déphasage

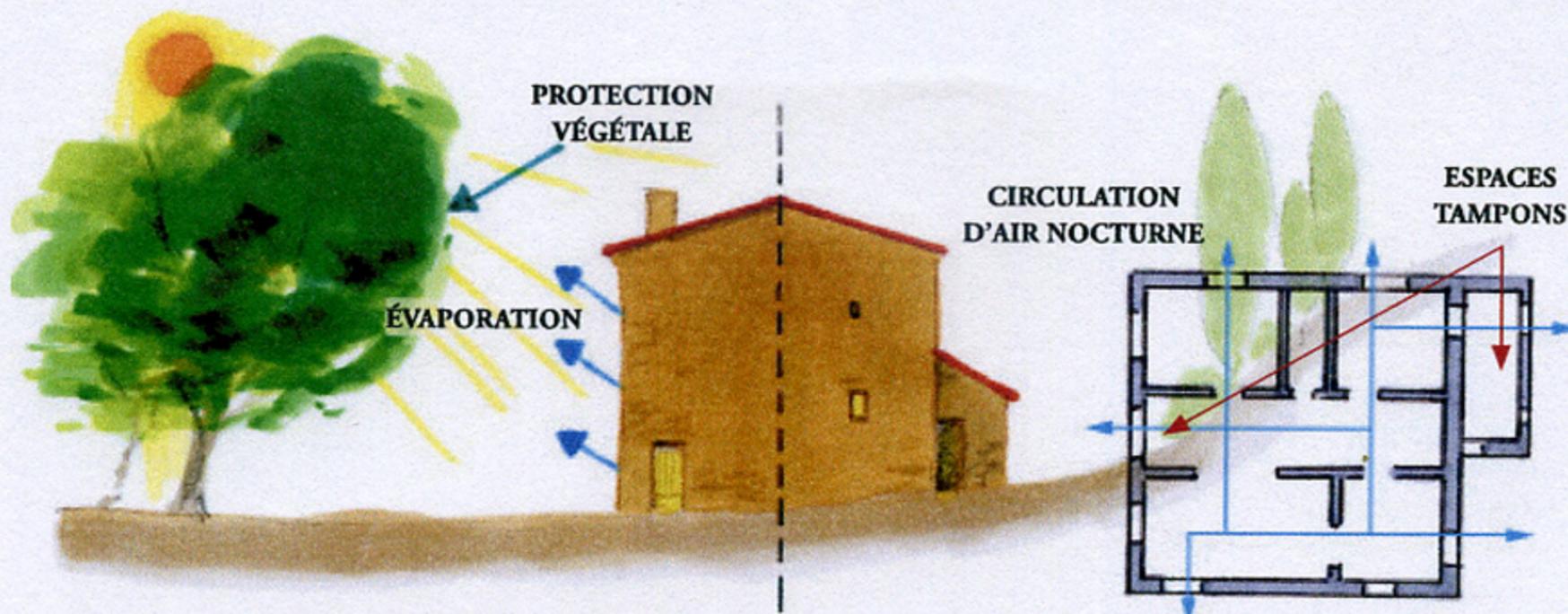
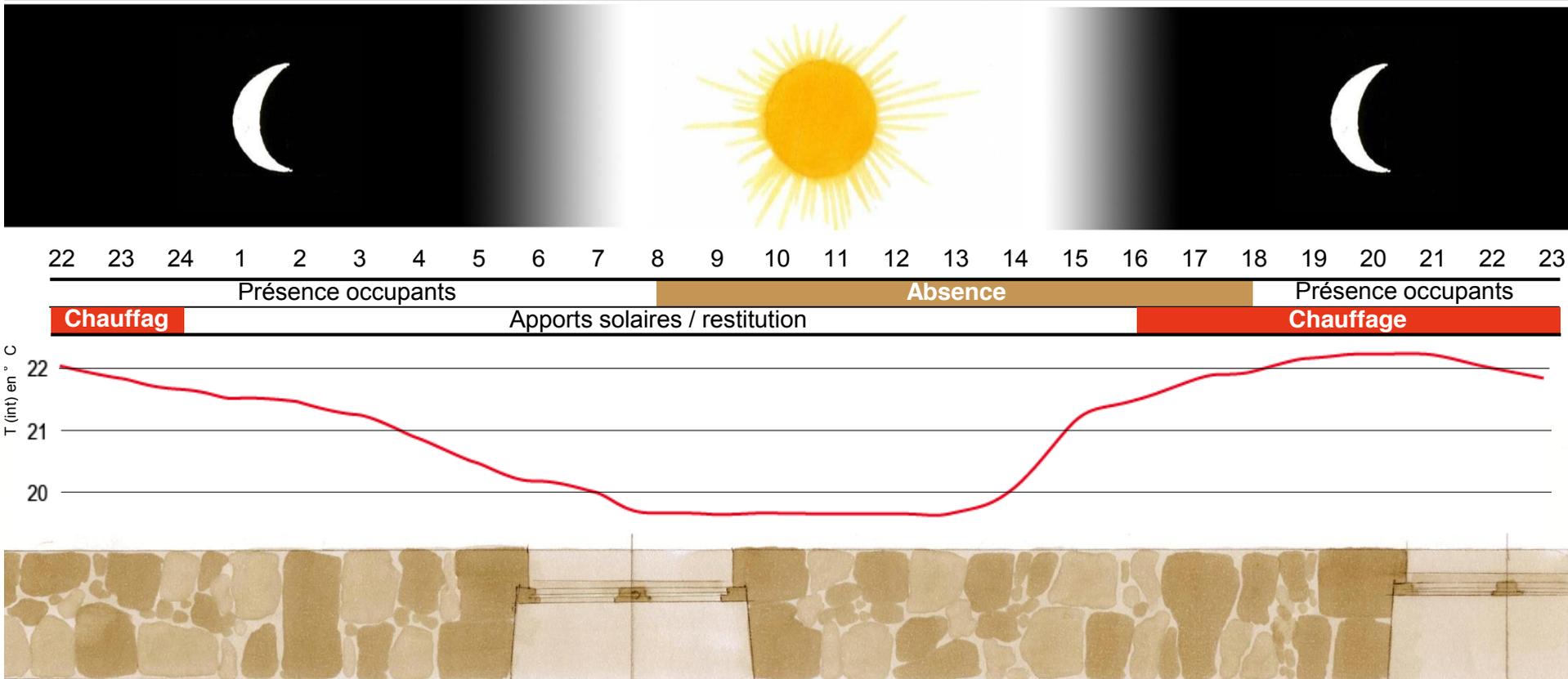


Fig. 6-2 Comportement thermique d'été

L'inertie des parois en hiver...



Limite le refroidissement lors des plages sans chauffage

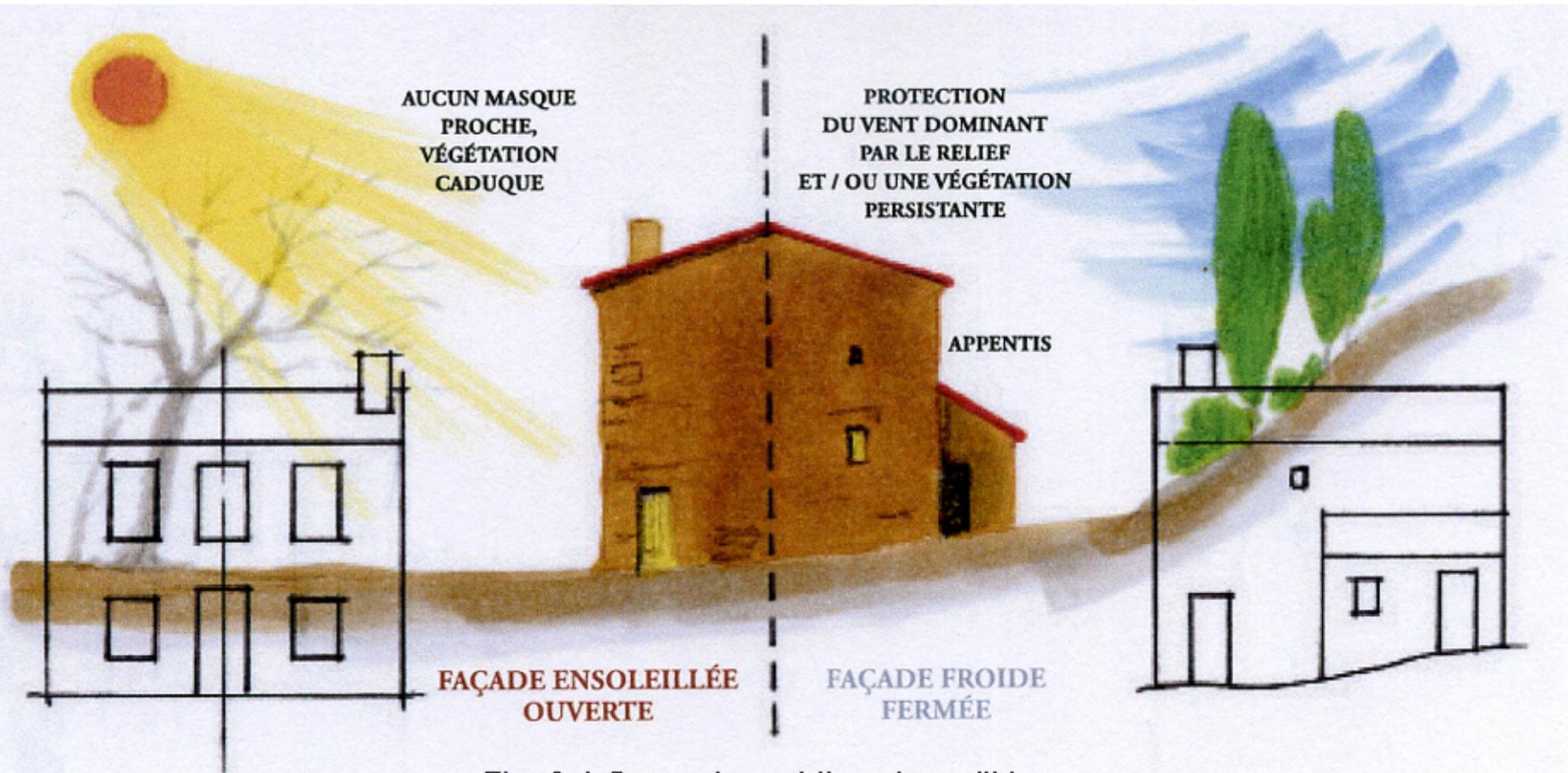


Fig. 6-1 Comportement thermique d'hiver

Pour choisir la façon d'isoler il faut donc prendre en compte ces caractéristiques.

Isoler les fenêtres

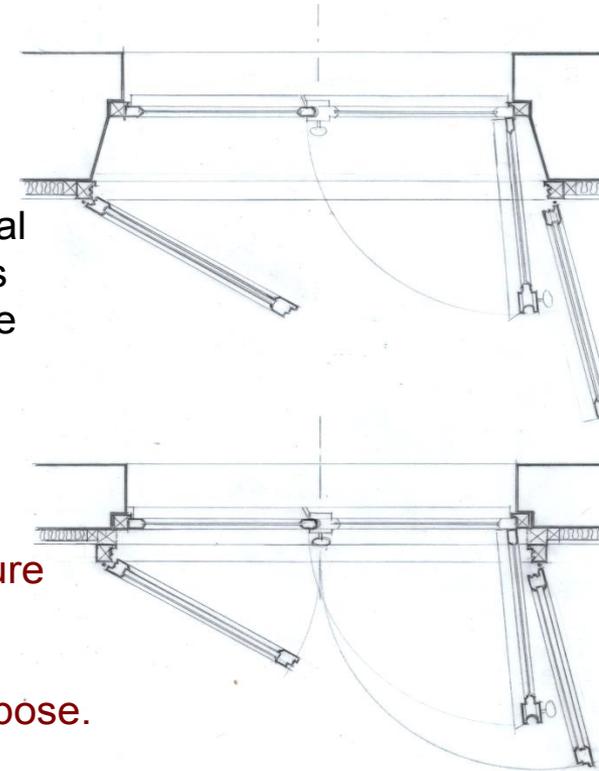
Isoler par l'Extérieur ITE ? Ou par l'intérieur?

La pose d'une double fenêtre



Ce dispositif existe déjà
Il permet de conserver l'aspect patrimonial
Les fenêtres existantes sont conservées
Dans le cas d'un mur épais cela supprime
le pont thermique en tableau.

S'il existe une allège, le vide de l'embrasure
peut donner place à une menuiserie.
Si le vide est occupé par un radiateur
une tablette complétée d'un déflecteur s'impose.



Le vitrage / renforcement des capacités thermiques

	Simple vitrage	Survitrage sur châssis	Verre simple isolant	Double vitrage avec vide	Double vitrage « patrimoine »	Double vitrage performant
Matériau pris en référence		Survitrage 4 mm Lame d'air 20 mm	VAN RUYSDAEL Forte isolation	PILKINGTON spacia ou VAN RUYSDAEL HPI	SGG CLIMAPLUS COLONIAL Ultra	SGG CLIMAPLUS Ultra N 4/16/4 Argon
épaisseur	4 mm	28 mm	6,9 mm	6,2 mm	12,5 mm	24 mm
poids	10 kg	20 kg	17,23 kg	15,5 kg	20 kg	20 kg
Ug en W/m ² ,K	5,8	3,3	3,2	1,4	1,9	1,1

Isolation par l'intérieur

Elle isole les murs donnant sur l'extérieur donc empêche la chaleur de s'échapper et le froid de rentrer.

- Les murs de refend, les dalles béton sont autant de pont thermiques qui ne sont pas isolés,
- les encadrement des portes et de fenêtres également sauf si l'on déplace les portes et les fenêtres au ras de l'isolation.
- Elle évite l'effet paroi froide des murs, mais on peut éliminer cet aspect sans « isolant », avec un enduit chaux chanvre, avec du bois, ...

Isolation par l'intérieur

Mais...

- Elle ne doit pas être étanche à la vapeur d'eau
- Elle empêche de profiter en hiver du rechauffement du mur sud par le soleil
- Elle n'accumule pas la chaleur si l'on coupe le chauffage

Isolation par l'extérieur dite ITE

Elle enveloppe totalement la maison dans un manteau protecteur ce qui paraît idéal, en effet:

- Les murs de refend, les dalles béton, les encadrement des portes et de fenêtres sont autant de pont thermiques potentiels ainsi supprimés.
- La masse des murs est réchauffée par le chauffage et son inertie maintien cette chaleur longtemps après extinction du chauffage.

Isolation par l'extérieur dite ITE

Mais....

- Elle nécessite un choix d'isolant perméant qui laisse le mur ancien respirer
- Elle détruit et uniformise les caractéristiques architecturales.

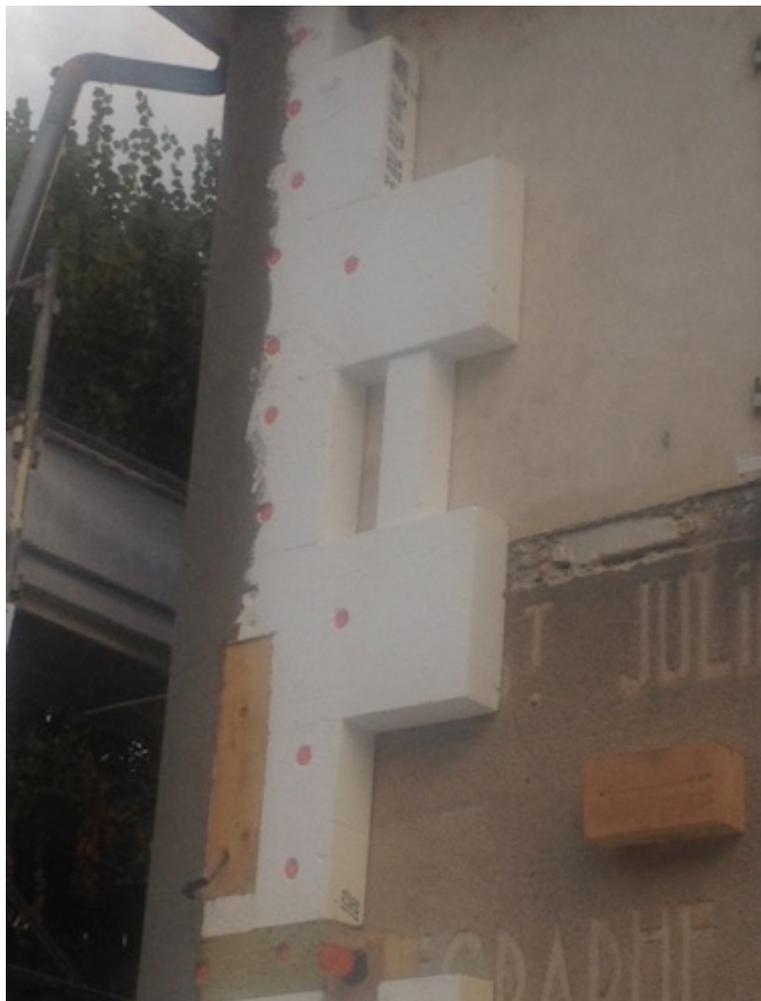
**maisons
paysannes
de france**

**maisons
paysannes
du rhône**



Isolation par l'extérieur avec enduit « Diasen » Photo B leborne

**maisons
paysannes
de france**



**maisons
paysannes
du rhône**



Isolation par l'extérieur avec Polystyrène de 20 cm Photo B leborne

**maisons
paysannes
de france**

**maisons
paysannes
du rhône**



Isolation par l'extérieur photo SPEEF

Décret du 30 mai d'application de la loi de transition énergétique au 1 er janvier 2017

Il impose l'ITE dès que l'on ravale.

Sauf pour les bâtiments protégés

Sauf pour les bâtiments dans les zones de protection

Sauf si « un homme de l'art » (payant...) certifie que c'est préjudiciable à l'esthétique ou au fonctionnement du bâti;

La loi votée prévoyait de laisser le choix de l'ITE ou d'une autre isolation pour une liste précise de bâti incluant le bâti ancien.

MPF, VMF, DH et SPEEF ont déposé un « recours gracieux » contre le décret.

Si le 27 sept on n'a pas obtenu gain de cause on passe à l'étape suivante.

A votre disposition pour répondre à vos question....

Bernard Leborne 04 75 90 44 21
vice-président@maisons-paysannes.org

Chaux naturelles



NHL 3,5



NHL 2

Chaux formulées



HL,5
Avec ciment blanc



HL 5
Avec ciment gris

Chaux naturelles



NHL 5



NHL 3,5



NHL 2

Chaux naturelles



CL90-S

Chaux formulées



FL5
Avec ciment gris



Formulée pour
le chanvre

Chaux aérienne



CL90-S





Chaux en pâte CL90-S
7, 17 ou 27 kg



Enduit traditionnel
0-300 μ ou 0-700 μ
27 kg



Badigeon
5, 10 ou 20 litres



Ciment naturel, prompt



DOSAGES POUR LA PRÉPARATION DU MORTIER DE PROMPT

		+		+		+	
Dosages courants	Prompt 1 litre		Tempo 1 bouchon		Sable 1 litre		Eau 0,3 à 0,5 litre
Dosages ouvrages sollicités	Prompt 2 litres		Tempo 2 bouchons		Sable 1 litre		Eau 0,3 à 0,5 litre