

# Les 7<sup>es</sup> RENCONTRES DU FROMAGE FERMIER

Provence - Alpes - Côte d'Azur

**Jeudi 11 octobre 2012**

**Carmejane**

**Le Chaffaut / Digne-les-Bains**

## **Les matériaux de construction de fromagerie**

- Antoine MICHEL (Actilait - Centre de Carmejane)
- Laurence MUNDLER (MRE)
- Jean-Yves BLANCHIN (Institut de l'Élevage)



*Actions de diffusion régionale des filières d'élevage*  
MAISON RÉGIONALE DE L'ÉLEVAGE PROVENCE-ALPES-CÔTE D'AZUR

# LES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION DE FROMAGERIE

Jean-Yves BLANCHIN - Antoine MICHEL – Laurence MUNDLER

## Des solutions techniques, adaptées à la région PACA et au métier de fromager.

Des solutions, comme pour toute construction, il en existe des dizaines.

Résultat de combinaisons de matériaux horizontaux, verticaux, assemblés, adossés. Une énumération de matériaux disponibles sur le marché plus tous ceux qui ne le sont pas.

Ceux qui sont présents sur le territoire : pierre, terre, paille, foin, chanvre, chaux, laine, bois, matériaux de réemploi, ... tout est possible.

Ce qu'il faut considérer c'est la situation, les compétences, les moyens, les affinités électives du fromager débutant ou chevronné avec des matériaux, des produits, ...

Projet neuf, dans l'existant, composite neuf et ancien, ...

Réalisation, mise en œuvre : confiée à des entreprises, auto construit ou un peu des deux, ...

Concevoir un projet répondant aux besoins et aux moyens du moment mais qui reste évolutif.

Loin en amont soumettre le projet à des regards ouverts en puisant dans des registres divers : réglementation sanitaire et thermique, bioclimatique, confort de travail, bien être animal, transmissibilité, pédagogie, ...

Plus que des matériaux **de construction**, il s'agit des matériaux de  **finition** qui devront toujours être conformes à la réglementation sanitaire et permettre une consommation d'énergie fossile et humaine minimale.

### DES SOLUTIONS TECHNIQUES

Pas de véritable révolution. Ce qui paraît primordial aujourd'hui est de réduire les coûts de fonctionnement des équipements.

Donc viser le plus haut possible en matière d'économie d'énergie ou se laisser la possibilité d'y arriver par étapes.

### DES SOLUTIONS ADAPTÉES A LA REGION PACA

Dans sa diversité :

- humaine, - géographique, - climatique.

À l'heure de la mondialisation, de la standardisation, on trouve tous les matériaux, partout.

Et pourtant, le choix de construire ou faire construire en paille, en chanvre, en bois ... en matériaux locaux, ce choix subsiste.

### DES SOLUTIONS ADAPTÉES AU MÉTIER DE FROMAGER

L'ensemble du secteur du bâtiment évolue très lentement. L'éventail des matériaux employés pour la construction des fromageries suit le même rythme.

Bien qu'une fromagerie artisanale du milieu des années 80, soit sans aucune mesure comparable à une fromagerie fermière contemporaine, les matériaux de construction de fromagerie, ont évolué et présentent à ce jour des avantages : montage rapide pour les panneaux sandwichs, facilités d'entretien pour les joints époxy, etc.

Parallèlement, le métier de fromager est en perpétuelle évolution. Les outils de fabrication ne cessent de s'améliorer afin de faciliter la vie du fromager. L'ergonomie, la traçabilité, les rendements améliorés prennent aujourd'hui de plus en plus d'importance et facilitent le travail quotidien.

**RÈGLEMENTATION HYGIÈNE** : obligatoire et partiellement négociable.

**Paquet Hygiène 852/2004 - annexe 2 + Note de flexibilité DGAL/SDSSA/N2011-8239**

- Les locaux de transformation des aliments doivent posséder des sols, des murs, plafonds, des fenêtres et des portes construits ou revêtus avec des matériaux étanches, faciles à nettoyer et à désinfecter, non absorbants, conçus pour éviter tout encrassement et non toxiques.
- Les locaux doivent être pourvus de moyen d'évacuation des eaux de lavage.
- Les locaux doivent être convenablement éclairés, suffisamment aérés ou ventilés.
- Un vestiaire doit être prévu pour le personnel.
- Des toilettes doivent être disponibles.
- Des lavabos à commande non manuelle judicieusement situés doivent être disponibles.
- Les locaux d'entreposage réfrigérés et/ou de congélation doivent disposer d'une installation de puissance frigorifique suffisante pour assurer le maintien du lait, des caillés ou des fromages aux températures appropriées.
- Doivent être évités :
  - Les contaminations par des sources extérieures (insectes, rongeurs...)
  - Les risques de contact avec des substances toxiques (raticide, insecticide...)

**A - Locaux**

1. Conception des locaux
  - Présence d'un ou deux sas : entrée et sortie
  - Sectorisation des locaux : sas – transformation – laverie - conservation
2. Toilettes dans les locaux de fromagerie
3. Matériaux des portes et huisseries

**B – Équipements particuliers**

1. Pédiluve à l'entrée de l'atelier
2. Lave-mains
3. Désinsectiseurs
4. Présence de corrosion sur les équipements

**LISTE POSITIVE DU MATÉRIEL**

En fromagerie on applique la réglementation générale sur les matériaux aptes au contact alimentaire.

On distingue 7 catégories de matériaux : Bois et matières végétales / Almasilium, par exemple les bidons de lait / Acier inoxydable / Cuivre / Plastiques / Poteries, céramiques, terres cuites / Polyester

**RÈGLEMENTATION THERMIQUE**

Aujourd'hui rien n'oblige un fromager fermier à respecter la réglementation thermique en vigueur pour l'habitat et le tertiaire.

Cependant autant s'y référer pour viser des consommations d'énergie limitées tout au long de la vie de la fromagerie. Cette réflexion conduit à minimiser les dépenses tant de construction que de fonctionnement et jusqu'à la démolition et au recyclage.

Tout autant qu'à une réglementation c'est à des principes généraux de conception qu'il faut répondre :

- Approche bioclimatique : Implantation, orientation
- Neuf, existant, composite
- Technique de construction : les matériaux et leurs combinaisons
- Surface des locaux

Une fromagerie comprend quatre types d'espaces : sas, salles de fabrication, laverie, salles d'affinage.

Priorité sera donnée à l'entretien et à la durabilité des matériaux et équipements choisis.

L'étanchéité à l'humidité et à l'air donc toutes les jonctions entre parois de même nature ou pas sera très soignée.

- **Sol** : isolé, résistant au trafic intense, à l'humidité, aux produits d'entretien mais non glissant soit *Carrelage, béton poncé, peinture sur béton, résine, sol collé ... siphons de sols et joints epoxy !*
- **Plinthes** : Produits spécialisés : *plinthes à gorge, matériau coordonné avec matériau de sol.*
- **Murs** : sur enduit de la structure ou sur panneaux rapportés, lisses et lavables *peinture, carrelage, bardage (tous matériaux), panneau salle propre*
- **Plafond** : sur structure ou panneaux rapportés lisses et lavables, *peinture, pvc tendu, panneau salle propre*
- **Menuiseries** : – attention à l'ambiance très humide et à l'étanchéité périphérique, vers l'extérieur moustiquaire, ouverture à la française, fixe, en abattant, oscillo battant, basculant : *bois peint, alu, pvc et toutes combinaisons, vitrage double*
- **Aération naturelle ou mécanique** : grilles d'entrée d'air dans les menuiseries, grilles de sortie en plafond ou en mur ; raisonner le parcours de l'air, envisager les effets cheminée possibles, puits provençaux, VMC simple ou double flux : *inox, PVC, démontable, nettoyable,*
- **Équipements sanitaires** : *inox, faïence, matériaux de synthèse,*
- **Équipements électriques** : minimum pratique, éclairage de circulation, éclairage des postes de travail, étanchéité à l'humidité, LED si possible
- **Chauffage** : pas systématique.

**En conclusion : PAS DE PRODUIT OU DE SOLUTION MIRACLE !**

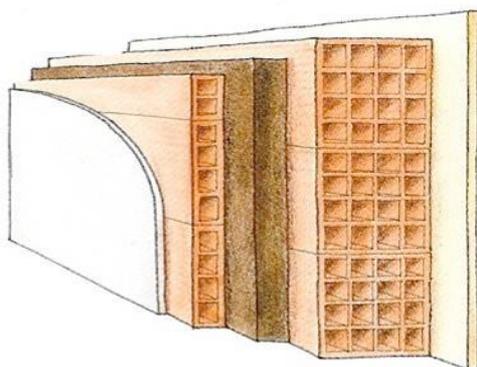
## Quelques repères concernant l'isolation thermique

Aujourd'hui, il existe dans le commerce un grand nombre d'isolants dont le choix n'est pas évident. Pourtant chaque isolant est caractérisé par un ensemble de propriétés physiques bien précises qui permettent à la fois de les comparer entre eux et de définir leur application la plus appropriée. Nous pouvons dissocier deux types de propriétés :

- Les caractéristiques statiques comme la conductivité thermique ( $\lambda$ ), la résistance thermique (R), le coefficient de transmission surfacique (U), la capacité thermique ( $\rho C$ ), et la perméabilité à la vapeur d'eau ( $\mu$ ).
- Les caractéristiques dynamiques comme la diffusivité thermique ( $a$ ) et l'effusivité thermique (E) qui caractérisent le comportement d'un matériau en fonction de son temps de réaction.

Parois courantes	$U_{max}$ (W/m <sup>2</sup> .K)	R = 1/U (m <sup>2</sup> .K/W)	Épaisseur d'isolant (ex pour $\lambda = 0,040$ )
Murs / extérieur	0,45	2,22	9 cm
Plancher bas / extérieur	0,36	2,7	11 cm
Plancher haut	0,28	3,5	14 cm
Plancher haut (toiture terrasse)	0,34	2,9	12 cm
Fenêtres & porte fenêtres	2,60	x	x

Exemple de calcul de U pour des parois courantes



Composition de la paroi	Épaisseur (en mètre)	Conductivité thermique $\lambda$ (en W/m.°C)	Résistance thermique R (en m <sup>2</sup> .°C/W)
Résistance superficielle interne	-	-	0,11
Enduit plâtre	0,015	0,50	0,03
Briques plâtrières	0,05	DTU*	0,10
Panneaux liège expansé	0,06	0,04	1,50
Brique creuse standard	0,20	DTU*	0,40
Enduit chaux/sable	0,025	1,05	0,024
Résistance superficielle externe			0,06
<b>Résistance thermique totale</b>			<b>2,224</b>

La valeur U de la paroi est de:  $1/2,224 = 0,45$

### Exemple de calcul de la Résistance thermique d'une paroi

On cumule les R de chaque matériau soit son épaisseur divisée par sa conductivité thermique lambda

Isolation	Valeur isolante	durabilité	Comportement incendie	Toxicité en oeuvre	Perméabilité à la vapeur d'eau	Capacité absorption d'eau	Prix	total
Liège expansé	5	5	2	3	5	4	2	26
Granulé de chanvre	4	5	2	3	5	4	3	26
Granulé de chanvre bitumé	1	5	2	2	5	3	1	19
Laine de cellulose	5	4	2	3	5	5	3	27
Laine de lin ou de chanvre	5	4	2	3	5	4	2	25
Laine de mouton	5	5	2	2	5	5	2	26
Argile expansée	2	5	5	3	4	4	2	25
Perlite/vermiculite bitumée	3	5	5	3	4	3	2	25
Perlite/vermiculite bitumée/siliconée	3	5	2	2	2	3	1	18
Laine minérale avec pare vapeur	5	4	2	1	1	1	5	19
Polystyrène	5	2	1	1	1	1	5	16

### Comparaison des performances de quelques matériaux isolants

Chaque matériau est noté de 1 à 5 (médiocre à excellent) selon 7 critères : isolation, durabilité, comportement au feu, toxicité, perméabilité à la vapeur d'eau, capacité d'absorption d'eau, prix).

Le cumul des notes maximum serait de 35.

# Caractéristiques thermiques des différents matériaux

Matériaux d'isolation	Masses volumiques $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	Conductivité thermique $\lambda$ (W/m.K)	Capacité thermique $\rho C$ (Wh/m <sup>3</sup> .K)	Diffusivité thermique $a$ (m <sup>2</sup> /h) * 10 <sup>-3</sup>	Vitesse de transfert $v$ (cm/h) *	Effusivité thermique $E$ (Wh <sup>1/2</sup> /m <sup>2</sup> .K)	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau $\mu$	Énergie grise (kWh/m <sup>3</sup> )
Polystyrène expansé	30 à 300	0,038	12	3,14	4,06	0,7	40 à 100	≈ 450
	15 à 30	0,042	9	4,63	4,93	0,6	30 à 70	
	7 à 15	0,050	4	11,29	7,7	0,5	20 à 50	
Polystyrène extrudé	20 à 30	0,028					80 à 300	≈ 850
Polyuréthane (panneaux)	30	0,030	12				Imperméable	1000 à 1200
Polyuréthane (mousse)	27 à 60	0,032	17	1,89	3,15	0,7	Imperméable	
Laine de verre	40 à 150	0,039	27	1,43	2,74	1	perméable à la vapeur d'eau mais les performances thermiques sont fortement diminuées par l'humidité	150 à 250
	15 à 40	0,041	8	5,21	5,23	0,6		
	7 à 15	0,050	3	15,89	9,14	0,4		
Laine de roche	40 à 200	0,045	34	1,31	2,62	1,2	Moins sensible à l'humidité que la laine de verre	
	25 à 40	0,044	9	4,73	4,99	0,6		
	15 à 25	0,050	6	8,74	6,78	0,5		
Verre cellulaire	140 à 180	0,057	44	1,28	2,59	1,6	$\infty$	≈ 1600
	110 à 140	0,051	35	1,47	2,78	1,3		
	75 à 130	0,06 à 0,08						
Panneaux de bois mou	40 à 55	0,040	113	0,37	1,39	2,2	3 à 4	≈ 230
Panneaux de bois « mi dur »	160	0,050	156	0,62	1,81	2,8	1 à 2	≈ 12,5
Laine de cellulose	20 à 30	0,043	11	3,97	4,57	0,7	5	≈ 12,5
Liège expansé	100 à 150	0,049	65	0,75	1,99	1,8	1 à 2	≈ 6
Panneaux de chanvre	20 à 30	0,039					5 à 30	80 à 90
Panneaux en lin semi-rigide	30 à 35	0,037					1 à 2	30
Laine de coton en rouleaux	20	0,040					1 à 2	
Laine de mouton	20 à 50	0,060	16	3,86	4,5	1	1 à 2	80
	10 à 20	0,065	7	9,75	7,16	0,7	1 à 2	80
Matériaux de construction à isolation répartie								
Béton cellulaire	775 à 825	0,29	222	1,31	2,62	8	4 à 10	≈ 400
Béton cellulaire	575 à 625	0,21	167	1,26	2,57	5,9		
Béton cellulaire	375 à 425	0,14	111	1,26	2,57	3,9		
Béton de chanvre	400 à 450	0,11	213	0,52	1,65	4,8		700
Brique alvéolée (monomur)	700 à 750	0,12	202	0,59	1,76	4,9		
Terre-paille	300 à 400	0,11	136	0,81	2,06	3,9	Très faible	Très faible
Autres matériaux								
Parpaing de ciment	850 à 950	0,9	250	3,6	4,35	15	5 à 10	1800
Brique de terre cuite pleine	2300 à 2400	1,04	663	1,59	2,89	26,1	50 à 100	1700
	1600 à 1700	0,64	458	1,4	2,71	17,1	50 à 100	1700
Pisé	1770 à 2000	1,1	785	1,4	2,71	29,4		100 à 120

\*La vitesse de transfert correspond à la vitesse de conduction de la chaleur à l'intérieur du matériau.

*Les valeurs concernant la conductivité thermique peuvent être légèrement moins bonnes que celles données par les fabricants car il s'agit de valeurs par défaut. Pour un même matériau, les caractéristiques peuvent être différentes d'un fabricant à l'autre. Il est donc judicieux de se référer au document technique du fabricant pour avoir une valeur plus précise.*