

Présentation de l'étude « Construire en 2020 »

Nicolas GUEZEL



Bâtir ensemble
l'avenir
de nos cités



ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

POUR MAISONS & CITÉS

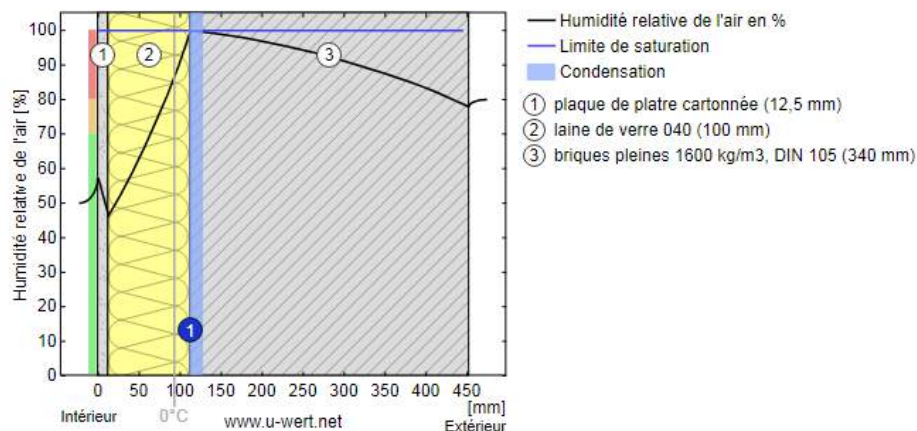
- Genèse de l'étude
- Aspects théoriques et techniques
 - Pourquoi utiliser le coût global ?
 - Confort et humidité
- Réglementation thermique et béton de chanvre
- Comparaison laine de verre VS béton de chanvre
 - Confort
 - Facture énergétique
 - Coût global

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

GENÈSE DE L'ÉTUDE

- Le comportement hygrothermique des isolants doit être maîtrisé pour améliorer la durabilité des rénovations
- La laine de verre montre ces limites à de nombreuses reprises lorsqu'elle n'est pas mise en œuvre avec un frein-vapeur
- Frein-vapeur = coût supplémentaire + difficulté de vérifier s'il reste en bon état au fil du temps

Le graphique suivant montre l'humidité de l'air à l'intérieur de la paroi, 100% = condensation (point de rosée).



ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

GENÈSE DE L'ÉTUDE

- Nécessité donc de réfléchir à une mise en œuvre la plus pérenne possible du point de vue :
 - De l'isolation
 - De l'étanchéité à l'air
 - Des réseaux
- Objectifs :
 - Limiter les coûts d'entretien / maintenance des logements, quitte à augmenter l'investissement initial
 - Conserver une performance énergétique équivalente au BBC rénovation
- Première approche : Peut-on montrer l'impact de la détérioration de la laine de verre sur le confort, la facture énergétique et le coût d'entretien des logements ?

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

GENÈSE DE L'ÉTUDE

- Fait suite aux expérimentations Rehafutur 1 et 2
 - Rehafutur 1 : 30 cm de béton de chanvre sur le mur Sud-Est
 - Instrumentation sur les matériaux isolants en lien avec le LGCgE

Capteur de flux et de température
à l'interface mur-
chanvribloc



Capteur de flux et de température
Côté bâtiment intérieur

- L'espace entre les deux murs est rempli de chènevotte
- Un enduit terre est prévu à l'intérieur

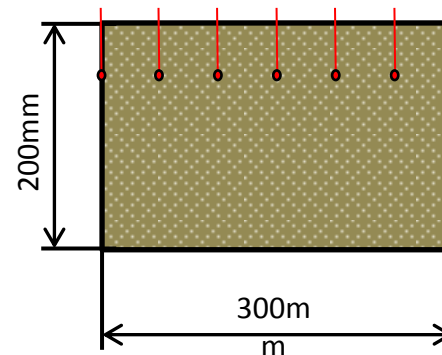
ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

GENÈSE DE L'ÉTUDE

- Sondes de températures tous les 5 cm à l'intérieur de la paroi



Bloc de chanvre
instrumenté



Implantation des
thermocouples

- ❑ Une caractérisation des matériaux a débuté en laboratoire, les résultats viendront alimenter les modèles numériques de comportement développés par M. M. ASLI, doctorant au LGCgE.

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

GENÈSE DE L'ÉTUDE

- La suite : Rehafutur 2 : Rénovation de deux maisons minières à Liévin avec 10 cm de béton de chanvre en paroi verticale



ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

ASPECTS THÉORIQUES ET TECHNIQUES

- **Approche coût global** tient compte de toutes les étapes de rénovation d'un bâtiment (exploitation, entretien, maintenance lourde, ...) : **Durée prise en compte : 80 ans**
- **Point de départ** : En cas de **rénovation lourde**, nécessité de refaire la toiture, l'isolation, l'électricité, le chauffage, ...
- **Embellissement** à chaque changement de locataire : reprise des peintures (dépose des équipements de chauffage) tous les 10 ans
- Renouvellement des **installations électriques, techniques et sanitaires** tous les 25 ans (durée de vie max de la chaudière et de la VMC)
- Reprise des **menuiseries** et de l'**isolation** tous les 40 ans (dépose des réseaux à prévoir si configuration laine de verre + plaque de plâtre)

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

ASPECTS THÉORIQUES ET TECHNIQUES

- Pourquoi le béton de chanvre ?
 - Culture écologique : peu d'intrants, favorise la biodiversité, peu de traitements nécessaires (démarche zéro phyto), toute la plante peut être valorisée (fibre, chènevotte, graine, poussière), la filière commence à être reconnue en France
 - Existence de règles professionnelles (Construire en Chanvre)
 - Plusieurs recherches et réalisations montrent que le matériau « régule » l'humidité du bâtiment → intérêt pour le logement social ou le problème de l'humidité est récurrent
- De quoi se compose le béton de chanvre ?
 - Chènevotte (paille de chanvre)
 - Liant (chaux)
 - Eau pour la mise en œuvre

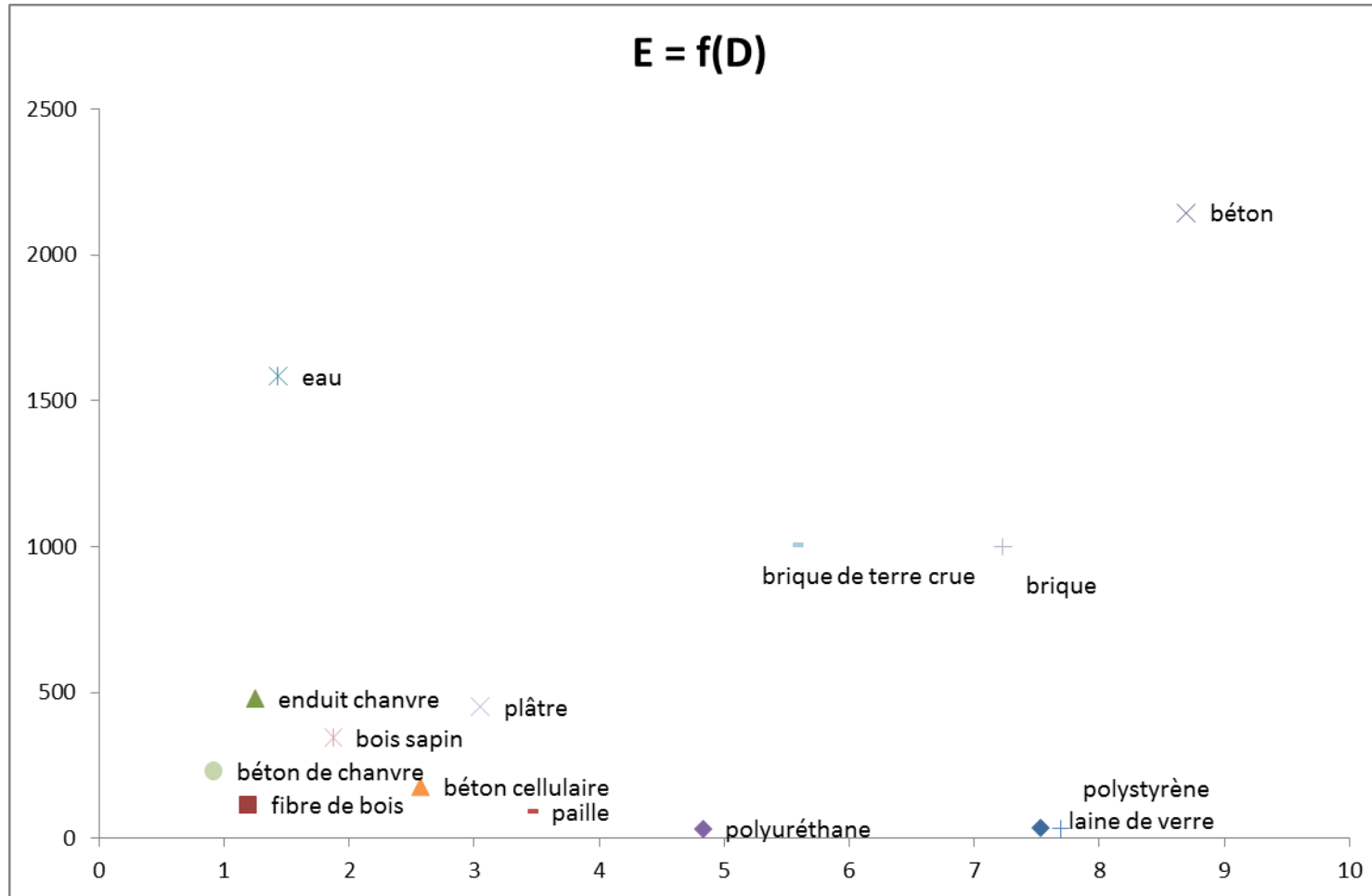
ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

ASPECTS THÉORIQUES ET TECHNIQUES

- Le béton de chanvre est connu comme un **matériau régulant l'humidité** à l'intérieur des bâtiments et des parois
- Un enduit peut également traiter **l'étanchéité à l'air** est permet une vérification plus facile qu'un frein-vapeur (pas enfermé !)
- Une thèse en 2010 étudie le matériau est montre que **l'adsorption d'humidité produit de la chaleur** en journée
- Ce phénomène permet théoriquement un gain substantiel sur la facture énergétique mais a un **grand intérêt vis-à-vis du confort : paroi chaude !**
- Ce phénomène est-il observable sur Rehafutur 1 et 2 ?
- Approche du comportement à l'humidité et du confort par logiciel de STD : **WUFI 3D**
- Approche de la facture énergétique par logiciel **PHPP**

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

ASPECTS THÉORIQUES ET TECHNIQUES



Effusivité
 $J/m^2 \cdot K \cdot s^{1/2}$
→ « capacité à échanger de la chaleur »

Diffusivité
 $10^{-8} \cdot m^2/s$
→ « vitesse de propagation de la chaleur »

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

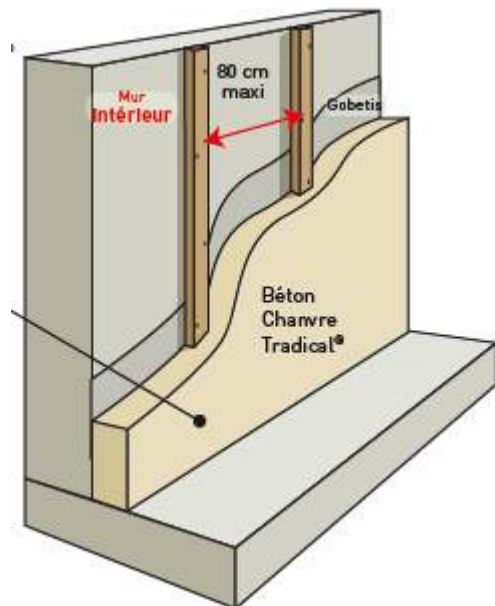
RÉGLEMENTATION THERMIQUE

- Contexte : RT élément par élément (arrêté du 22 mars 2017) impose une résistance thermique de $2,9 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ en paroi verticale
- Conductivité thermique du béton de chanvre : $\lambda = 0,07 \text{ W/m.K}$
→ il faudrait une épaisseur de 20 cm pour respecter la RT
- Habitude de M&C en rénovation : 12 cm de laine de verre GR32, soit $R = 3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ entre rails métalliques
- Mais la résistance thermique ne tient pas compte de la mise en œuvre (du type de pose)

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

RÉGLEMENTATION THERMIQUE

- Le béton de chanvre peut se mettre en œuvre par projection
- La pose de la laine de verre génère des **ponts thermiques**
- L'épaisseur de complexe (isolant, vide technique éventuel, parement intérieur) tolérée par M&C est de 16 cm

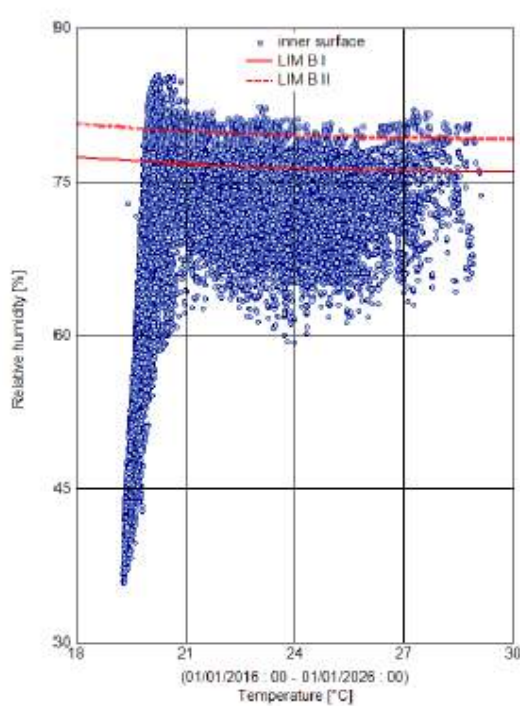


ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

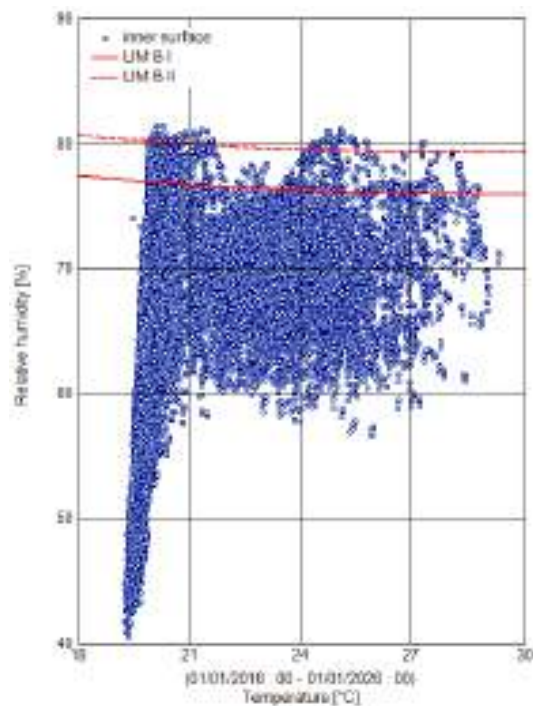
COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur la durabilité du bâti

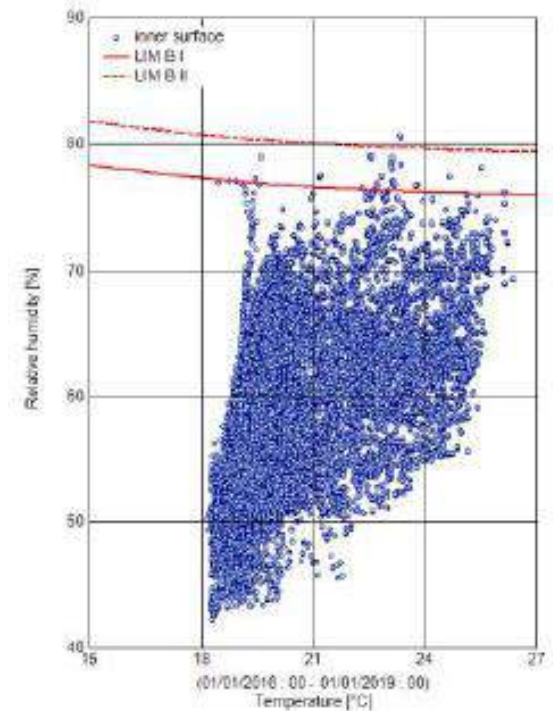
- Analyse des courbes isoplèthes (mur Sud-Est) : HR surfacique



Laine de verre sans frein-vapeur



Laine de verre avec frein-vapeur



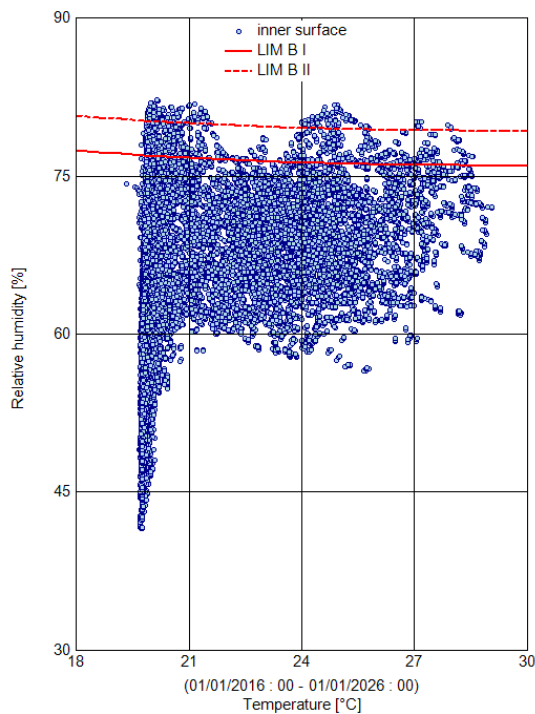
Béton de chanvre

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

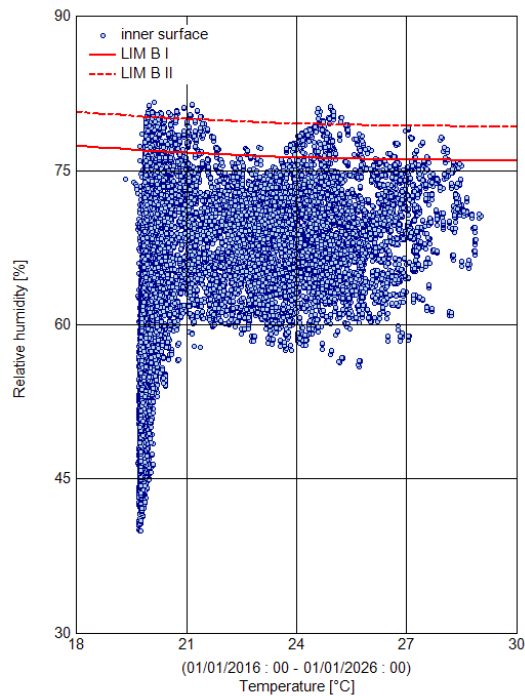
COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur la durabilité du bâti

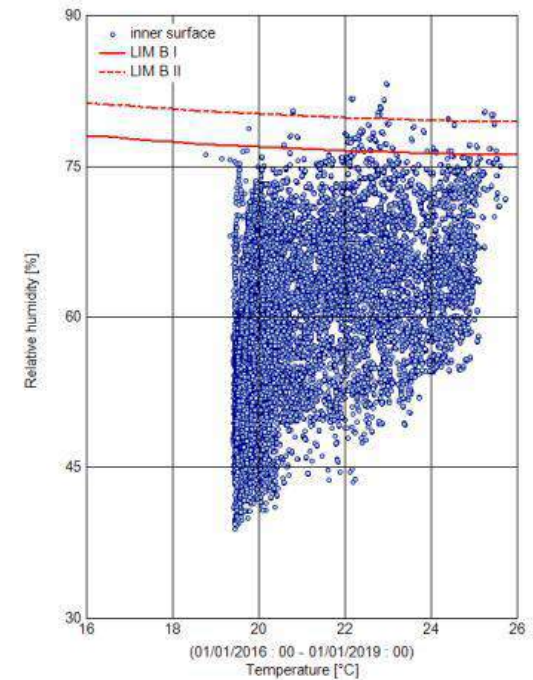
- Analyse des isoplèthes (plafond combles) : HR surfacique



Laine de verre sans frein-vapeur



Laine de verre avec frein-vapeur



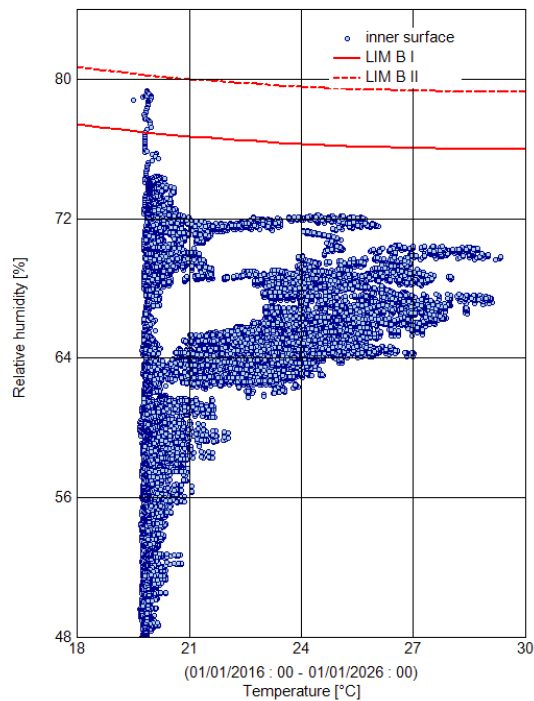
Béton de chanvre

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

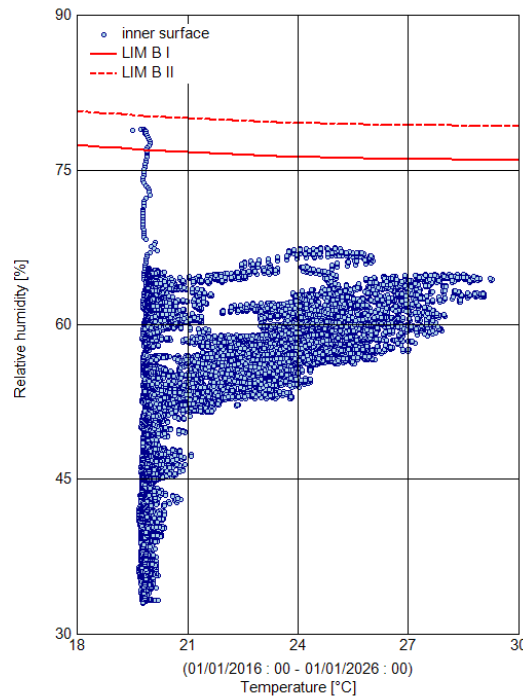
COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur la durabilité du bâti

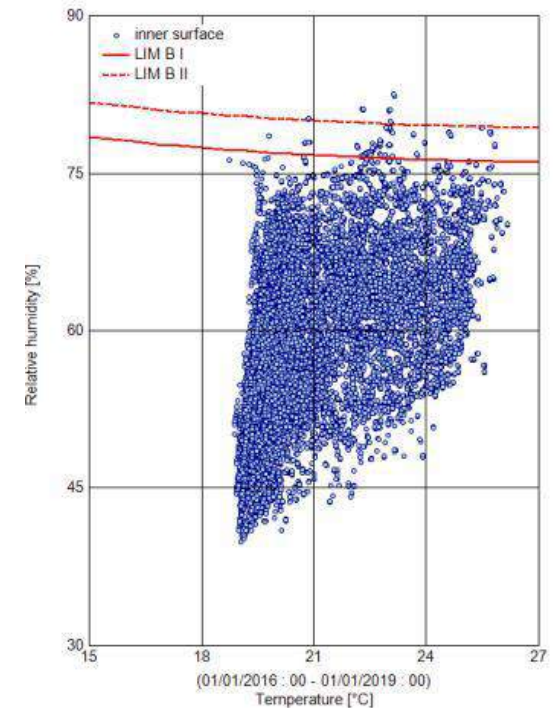
- Analyse des isoplèthes (rampant Sud-Est) : HR surfacique



*Laine de verre sans frein-
vapeur*



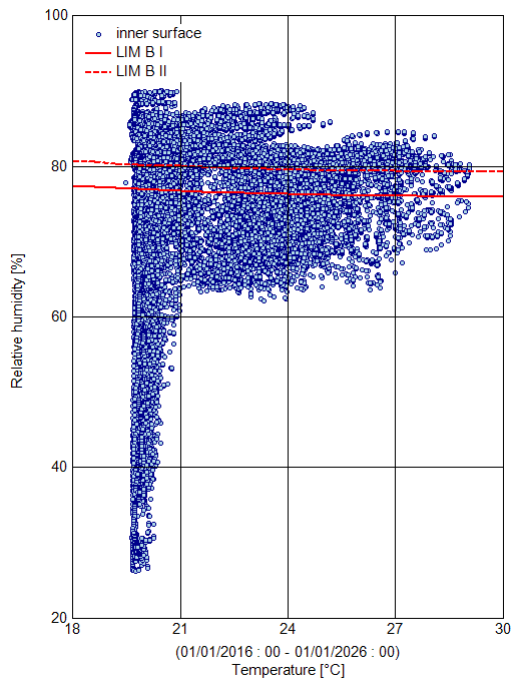
*Laine de verre avec frein-
vapeur*



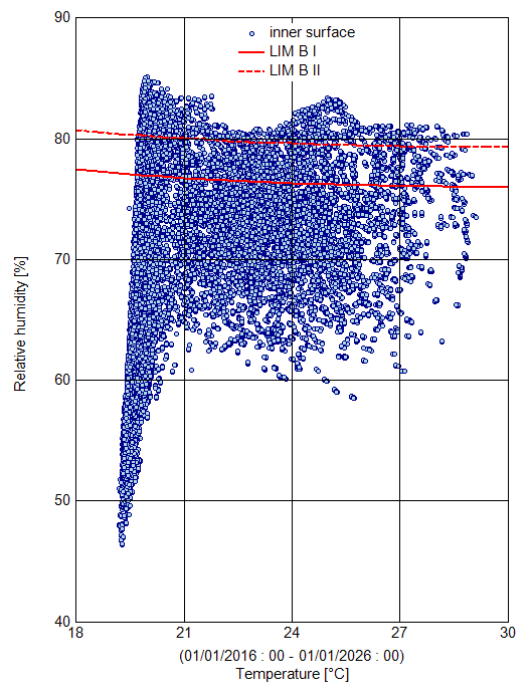
Béton de chanvre

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

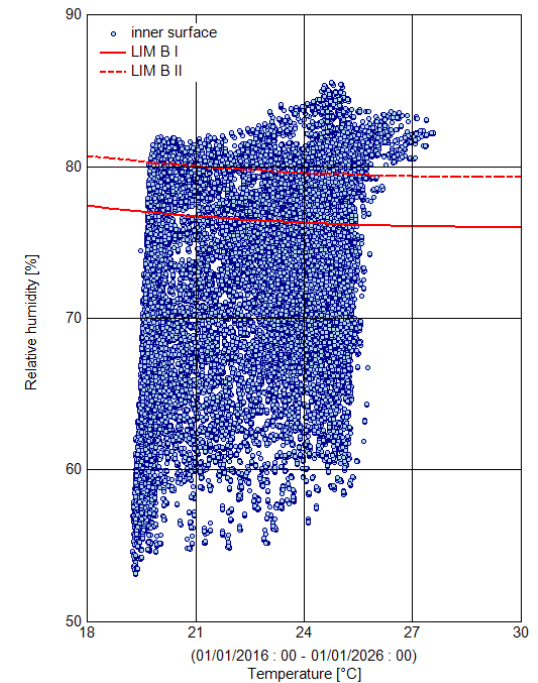
CAS EXTREMES



*Laine de verre sans frein-
vapeur, avec pare-pluie
polyane et ventilation
inefficace
Rampant Sud- Est*



*Laine de verre avec pare-
vapeur, ventilation
efficace
Mur Nord-Ouest*



*Laine de verre sans frein-
vapeur, ventilation
efficace, pièce aveugle*

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur la facture énergétique

- Température : 20° C constamment
- Béton de chanvre absorbe l'humidité = diminution du temps de fonctionnement de la VMC hygroréglable

	Laine de verre	Béton de chanvre
Renouvellement d'air moyen (vol/h)	0,48	0,36
Consommation de chauffage (kWh _{EF} /m ² .an)	146,1	141,8
Facture de chauffage hors abonnement (€ TTC)	615	593

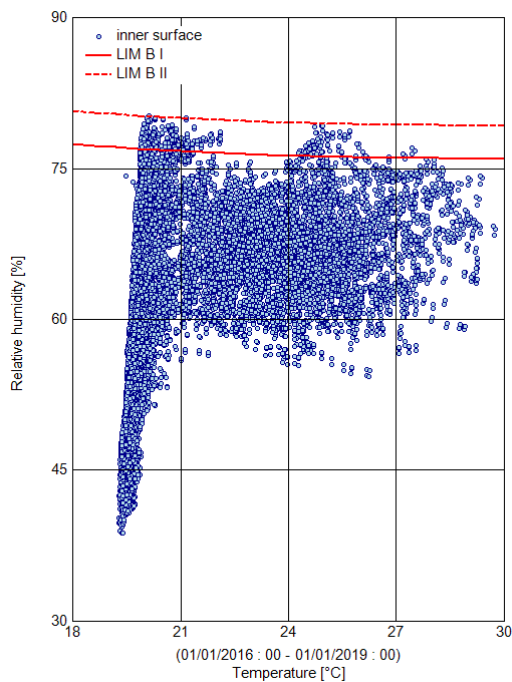
Tarif gaz : 5,33 ct€ TTC/kWh

- Si on souhaite limiter les risques fongiques tout en conservant une isolation en laine de verre : Que faire ?

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

MODIFICATION DU COMPORTEMENT

- Analyse des courbes isoplèthes (mur Sud-Est) : HR surfacique

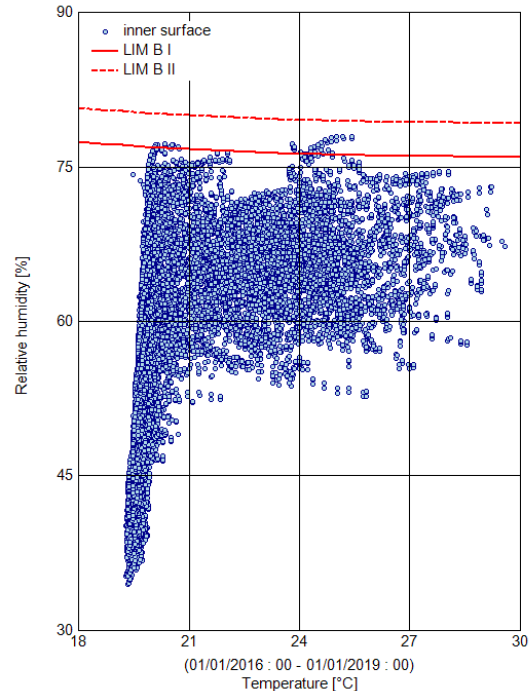


Laine de verre avec frein-vapeur

Ouverture des fenêtres

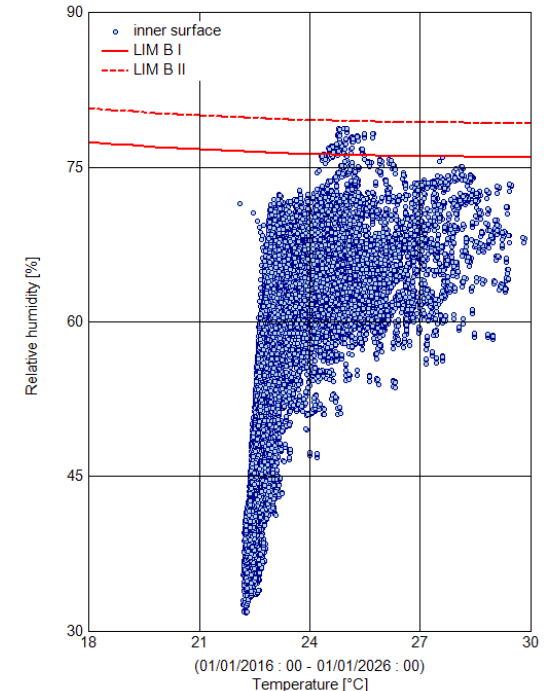
15 minutes/jour

Bâtir ensemble
l'avenir
de nos cités



Laine de verre avec frein-vapeur

Ouverture des fenêtres



Laine de verre avec frein-vapeur

Température de consigne

= 23 ° C - 19 -

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur la facture énergétique

- Hypothèse 1 : augmentation de la température à 23° C
- Hypothèse 2 : ouverture des fenêtres 1 heure par jour

	T = 20 °C	T = 23 °C	T = 20°C	T = 20 °C
Renouveau d'air moyen (vol/h)	0,48	0,48	0,67	0,36
Consommation de chauffage (kWh _{EF} /m ² .an)	146,1	178	158,2	141,8
Facture de chauffage hors abonnement (€ TTC)	615	750	666	593
Ecart (%)	3,58%	20,88%	10,98%	-

Laine de verre

Béton de chanvre

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

COÛT TRAVAUX RENOVATION INITIALE					
	Scénario béton de chanvre	Scénario laine minérale sans frein vapeur	écart	Scénario laine minérale avec frein vapeur	écart
<i>isolation des murs</i>	9360	6458	31,00%	9354	0,07%
<i>isolation des toitures</i>	10943	5345	51,16%	8048	26,46%
<i>toiture corps principal</i>	7207	3822	46,97%	5697	20,95%
<i>toiture extension sur sdb - WC</i>	1493	674	54,84%	1045	30,01%
<i>toiture extension sous grenier</i>	2243	849	62,15%	1306	41,79%
<i>isolation de la dalle basse</i>	11215	10549	5,94%	10549	5,94%
<i>travaux de chauffage</i>	6314	4636	26,57%	4636	26,57%
travaux de ventilation	644	644	-	644	-
travaux de couverture	6499	6499	-	6499	-
travaux de menuiseries extérieures	7586	7586	-	7586	-
travaux de revêtement de sol	4582	4582	-	4582	-
<i>travaux d'électricité</i>	2847	2647	7,03%	2647	7,03%
travaux de plomberie sanitaires	1458	1458	-	1458	-
travaux plâtrerie sur plafond rdc hors extension et cloisons et menuiseries intérieures	9200	9200	-	9200	-
installation de chantier	6425	6425	-	6425	-
TOTAL	77074	66031	14,33%	71628	7,07%
Coût rénovation au m²	976	836		907	

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

COÛT TRAVAUX AU BOUT DE 40 ANS					
	Scénario béton de chanvre	Scénario laine minérale sans frein vapeur	écart	Scénario laine minérale avec frein vapeur	écart
<i>isolation des murs</i>	3332	1784	46,46%	10241	-207,38%
<i>isolation des toitures</i>	732	5345	-629,71%	9378	-1180,27%
<i>isolation de la dalle basse</i>	-	-	-	-	-
<i>travaux de chauffage</i>	287	1383	-382,48%	1383	-382,48%
travaux de ventilation	-	644	-	644	-
travaux de menuiseries extérieures	6981	6981	-	6981	-
travaux de revêtement de sol	5513	5513	-	5513	-
travaux d'électricité	-	2647	-	2647	-
travaux de plomberie sanitaires	1458	1458	-	1458	-
travaux plâtrerie sur plafond rdc hors extension et cloisons et menuiseries intérieures	3363	8300	-146,77%	8300	-146,77%
<i>installation de chantier</i>	3673	4590	-24,98%	4590	-24,98%
TOTAL	25339	39099	-54,31%	51134	-101,80%
Coût rénovation au m²	321	495		647	

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

COÛT TRAVAUX AU BOUT DE 15 ANS

	Scénario béton de chanvre	Scénario laine minérale	écart
travaux de chauffage	1865	1865	0,00%
travaux de ventilation	644	644	-
TOTAL	2509	2509	0,00%
<i>Coût rénovation au m²</i>	32	32	

COÛT TRAVAUX AU BOUT DE 25 ANS

	Scénario béton de chanvre	Scénario laine minérale	écart
travaux d'électricité	2117	2647	-25,00%
TOTAL	2117	2647	-25,00%
<i>Coût rénovation au m²</i>	27	34	

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

COÛT TRAVAUX AU BOUT DE 10 ANS

	Scénario béton de chanvre	Scénario laine minérale	écart
<i>isolation des murs</i>	720	902	-25,31%
isolation des toitures	732	732	-
travaux de chauffage	287	1383	-
travaux de revêtement de sol	1328	1328	-
travaux de plomberie sanitaires	1458	1458	-
travaux plâtrerie sur plafond rdc hors extension et cloisons et menuiseries intérieures	1614	1614	-
TOTAL	6139	7417	-20,83%
<i>Coût rénovation au m²</i>	78	94	

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

SCENARIOS COMPARES						
		Rénovation Laine Minérale Sans Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation béton de chanvre	
Température intérieure		20°C	20°C	23°C	20°C	
ASPECTS ENERGETIQUES						
		Rénovation Laine Minérale Sans Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation béton de chanvre	
Consommations Gaz	kWh	11542	11542	14062	11202	
Consommations Electricité	kWh	1517	1517	1517	1517	
<i>Consommation annuelle énergie finale</i>	<i>kWh EF/an</i>	<i>13059</i>	<i>13059</i>	<i>15579</i>	<i>12719</i>	
FACTURE ENERGETIQUE DU LOCATAIRE						
Estimation P1 (combustible) Gaz, moyenne sur 80 ans	€ / an	1 769	1 769	2 156	1 717	
Estimation P1 (combustible) Elec, moyenne sur 80 ans	€ / an	620	620	620	620	
Estimation entretien annuel P2 + abonnement	€ / an	120	120	120	120	
Coût d'Exploitation annuel (Charges et contrat d'entretien).	€ / an	2 510	2 510	2 896	2 457	
<i>Coût d'Exploitation cumulé sur 80 ans (Charges et contrat d'entretien).</i>	<i>€ / an</i>	<i>200 763</i>	<i>200 763</i>	<i>231 670</i>	<i>196 597</i>	

ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

SCENARIOS COMPARES				
	Rénovation Laine Minérale Sans Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation béton de chanvre
Température intérieure	20°C	20°C	23°C	20°C

INVESTISSEMENTS					
Coût Rénovation année 0	€ TTC	69 662	75 568	75 568	81 313
Coût Rénovation année 10	€ TTC	7 825	7 825	7 825	6 476
Coût Rénovation année 15	€ TTC	2 509	2 509	2 509	2 509
Coût Rénovation année 20	€ TTC	7 825	7 825	7 825	6 476
Coût Rénovation année 25	€ TTC	2 647	2 647	2 647	2 117
Coût Rénovation année 30	€ TTC	10 334	10 334	10 334	8 985
Coût Rénovation année 40	€ TTC	41 250	53 947	53 947	26 733
Coût Rénovation année 45	€ TTC	2 509	2 509	2 509	2 509
Coût Rénovation année 50	€ TTC	10 472	10 472	10 472	8 594
Coût Rénovation année 60	€ TTC	10 334	10 334	10 334	8 985
Coût Rénovation année 65	€ TTC	2 647	2 647	2 647	2 117
Coût Rénovation année 70	€ TTC	7 825	7 825	7 825	6 476
Coût Rénovation année 75	€ TTC	2 509	2 509	2 509	2 509
Total sur les 40 premières années	€ TTC	100 802	106 708	106 708	107 878
Total sur 80 ans	€ TTC	178 348	196 951	196 951	165 801



ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

Sur le coût global

SCENARIOS COMPARES					
		Rénovation Laine Minérale Sans Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation Laine Minérale Avec Frein-vapeur	Rénovation béton de chanvre
Température intérieure		20°C	20°C	23°C	20°C
TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT					
Loyer annuel (430€/mois)	€ TTC	5 160	5 160	5 160	5 160
Temps de retour sur investissement 1 er emprunt	années	14,8	16,1	16,1	17,5
Temps de retour sur investissement 2 ème emprunt	années	8,5	11,2	11,2	5,2
COÛT GLOBAL					
Coût bailleur sur 80 ans	€ TTC	188 071	208 215	208 215	175 179
Coût bailleur sur 80 ans + facture + entretien maintenance installations	€ TTC	388 834	408 978	439 885	371 776

+ 4 %

+ 9 %

+ 15 %



cd2e

Rue de Bourgogne - Base 11/19 - 62750 Loos-en-Gohelle

Tél.: +33 (0)3 21 13 06 80 Fax: +33 (0)3 21 13 06 81

www.cd2e.com

