

# Présentation de l'étude « Construire en 2020 »

Nicolas GUEZEL



code2e

ACTEUR DE L'ÉCO-TRANSITION



Bâtir ensemble  
l'avenir  
de nos cités



Maisons  
& Cités

# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

## POUR MAISONS & CITÉS

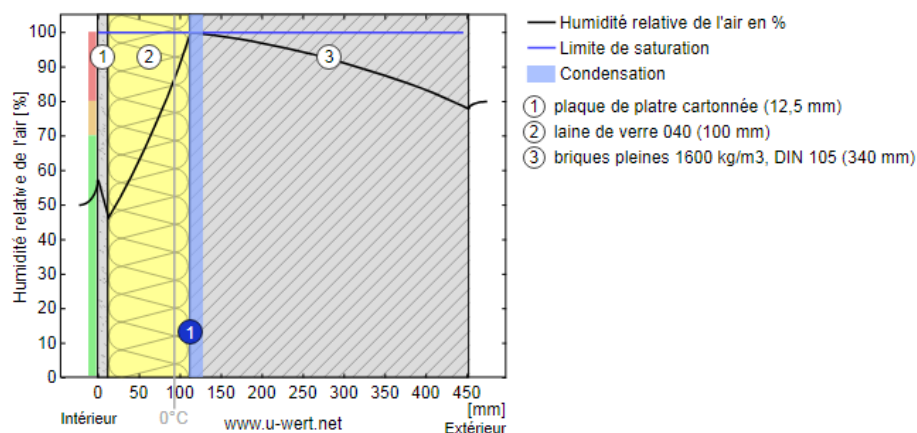
- Genèse de l'étude
- Aspects théoriques et techniques
  - Pourquoi utiliser le coût global ?
  - Confort et humidité
- Réglementation thermique et béton de chanvre
- Comparaison laine de verre VS béton de chanvre
  - Confort
  - Facture énergétique
  - Coût global

# 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

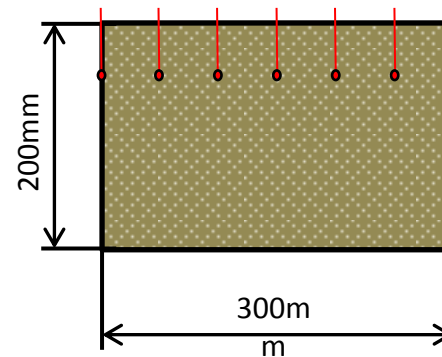
# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

## 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

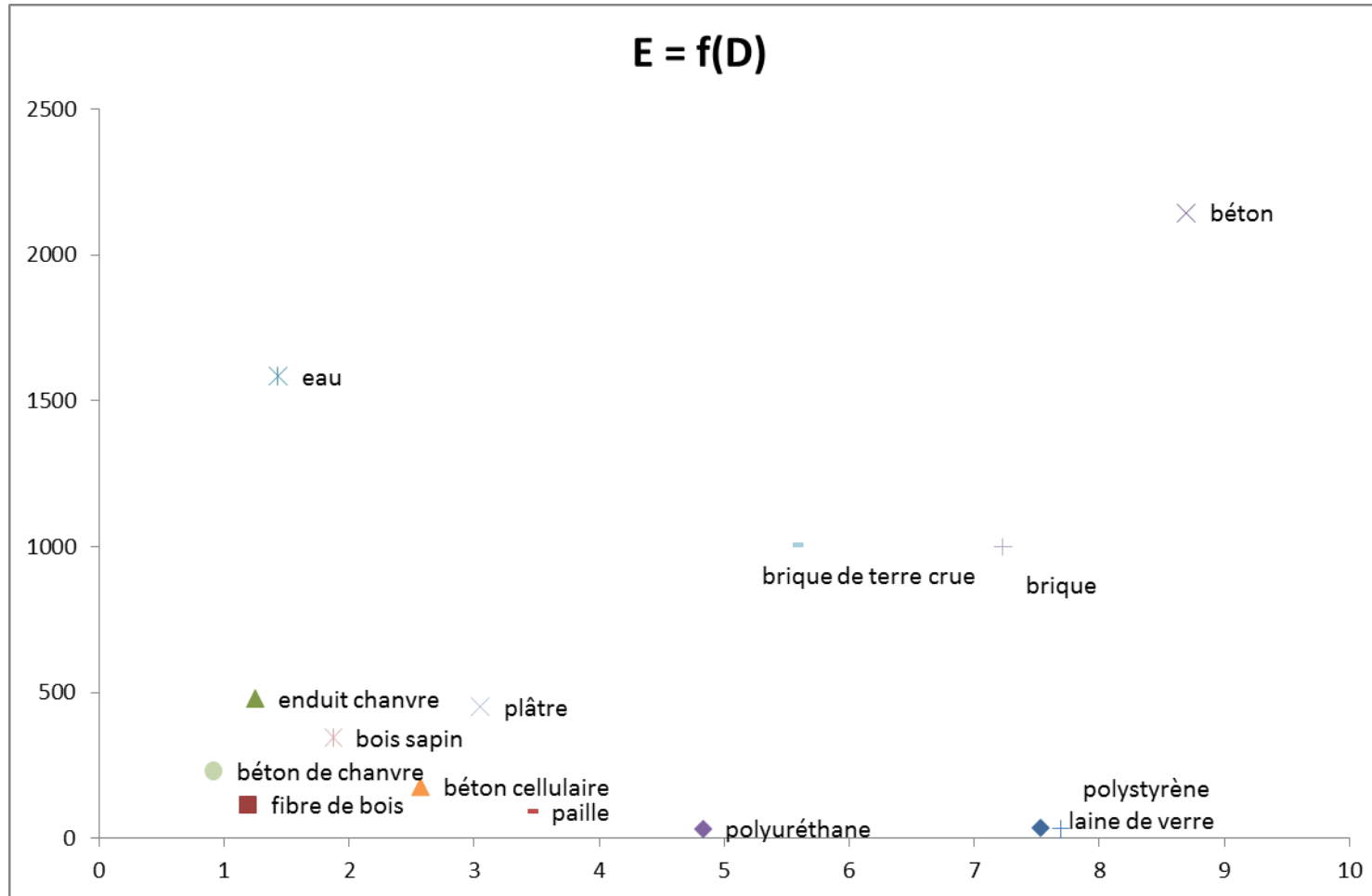
# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

## 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 ”

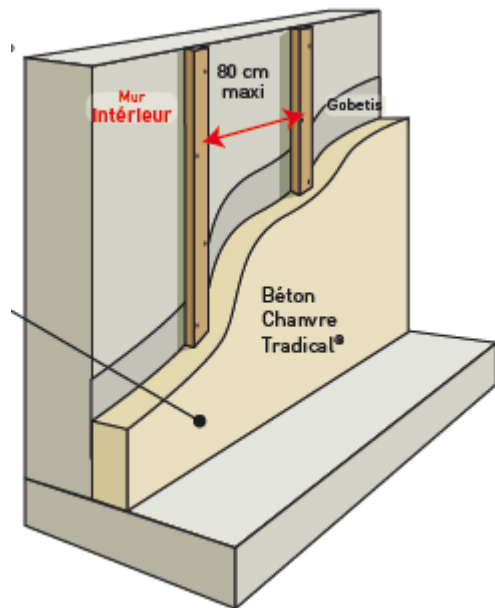
## RÉGLEMENTATION THERMIQUE

- 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

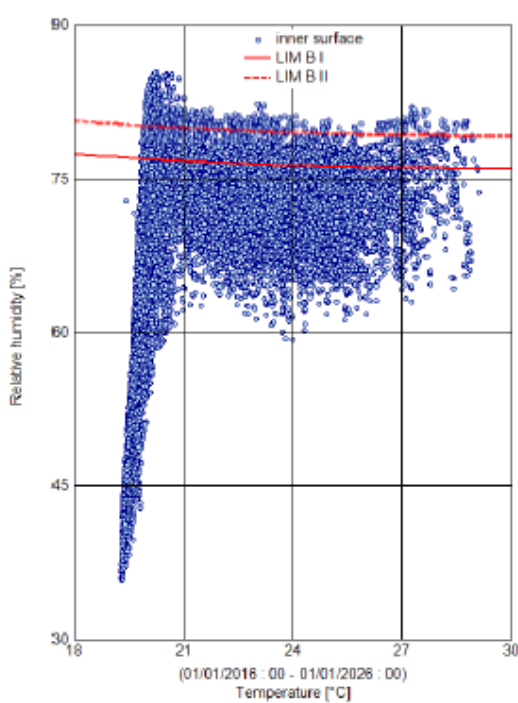


# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

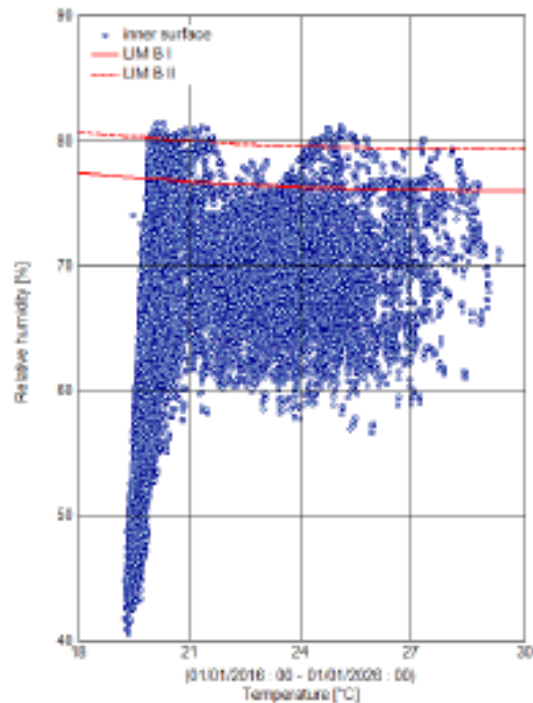
## COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

### Sur la durabilité du bâti

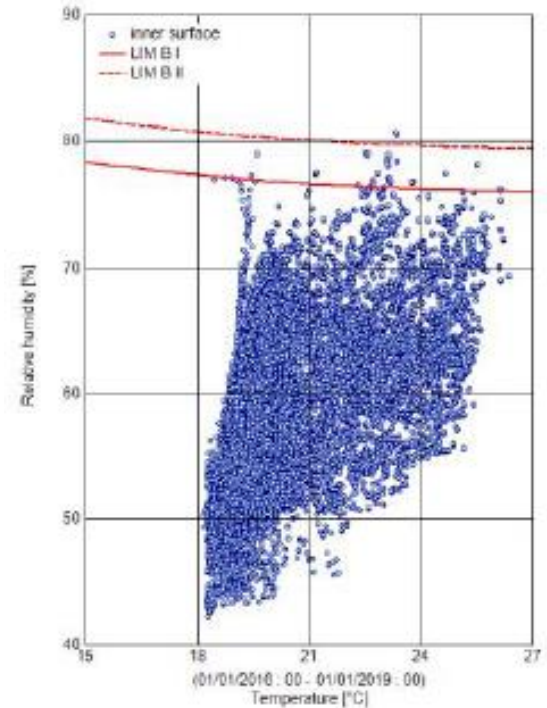
- Analyse des courbes isoplèthes (mur Sud-Est) : HR surfacique



*Laine de verre sans frein-vapeur*



*Laine de verre avec frein-vapeur*



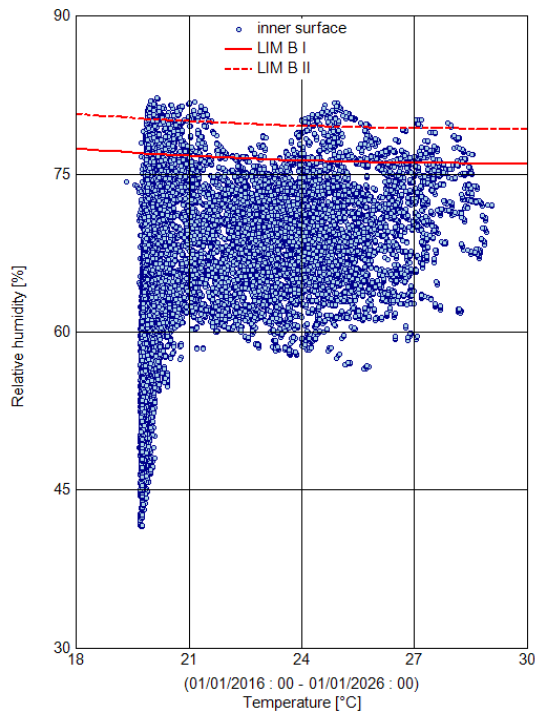
*Béton de chanvre*

# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

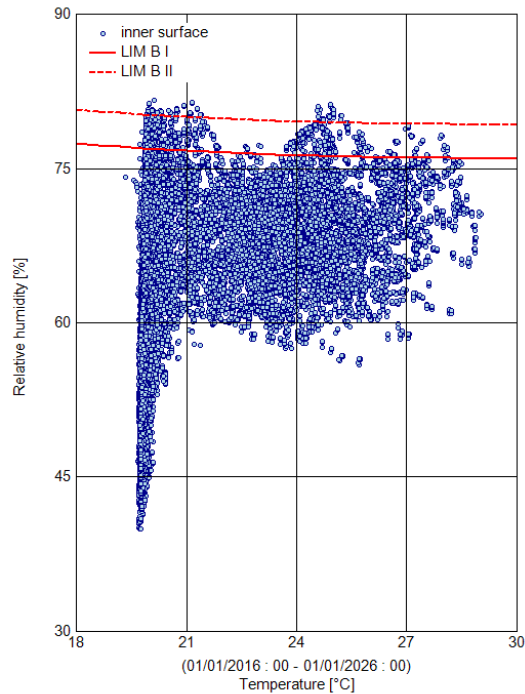
## COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

### Sur la durabilité du bâti

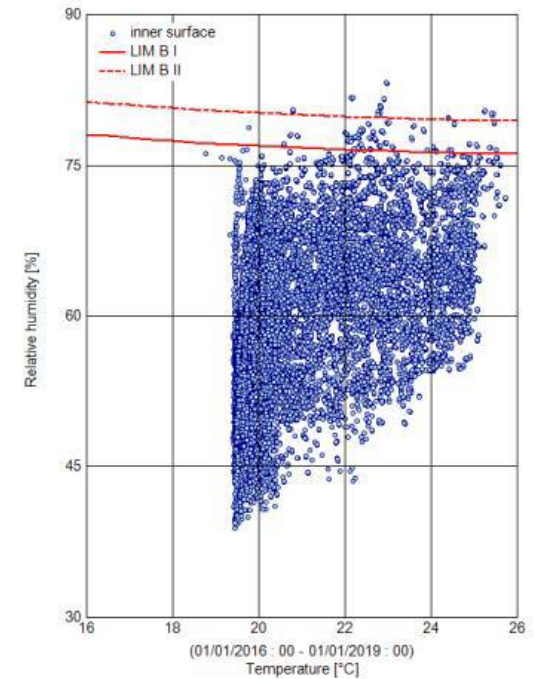
- Analyse des isoplèthes (plafond combles) : HR surfacique



*Laine de verre sans frein-vapeur*



*Laine de verre avec frein-vapeur*



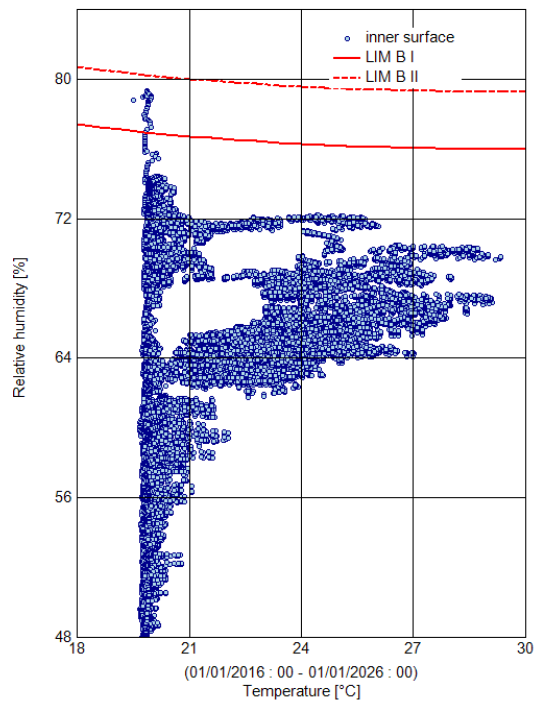
*Béton de chanvre*

# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

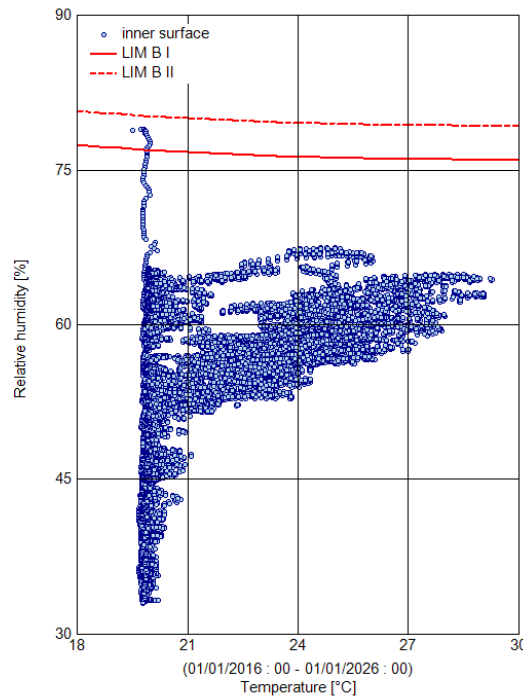
## COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

### Sur la durabilité du bâti

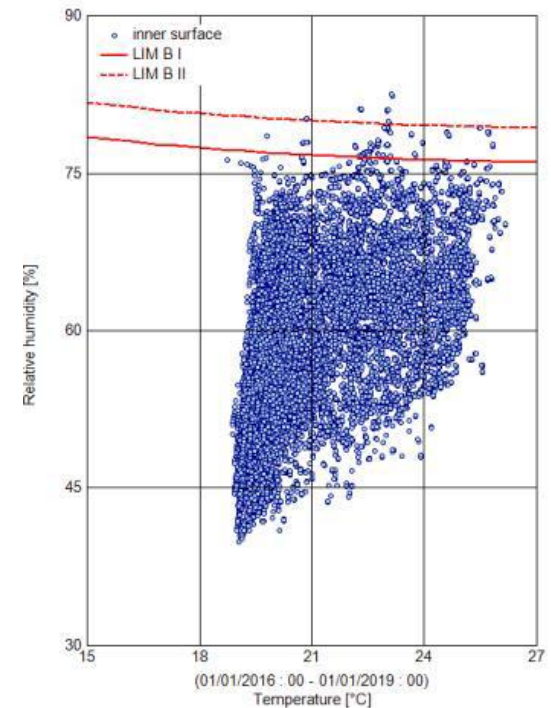
- Analyse des isoplèthes (rampant Sud-Est) : HR surfacique



*Laine de verre sans frein-vapeur*



*Laine de verre avec frein-vapeur*

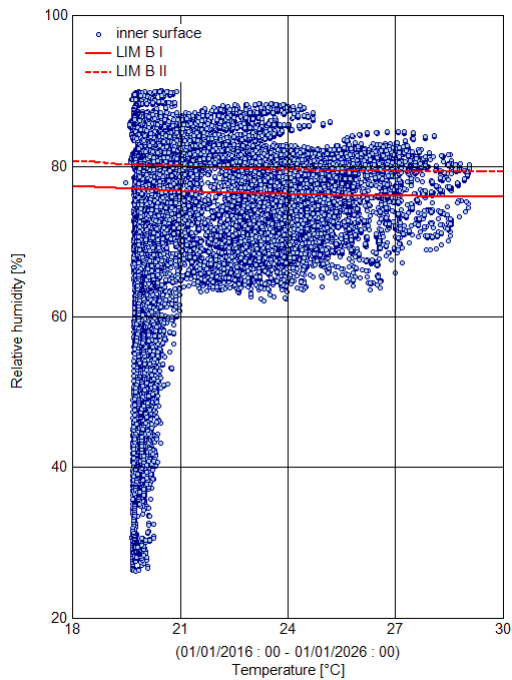


*Béton de chanvre*

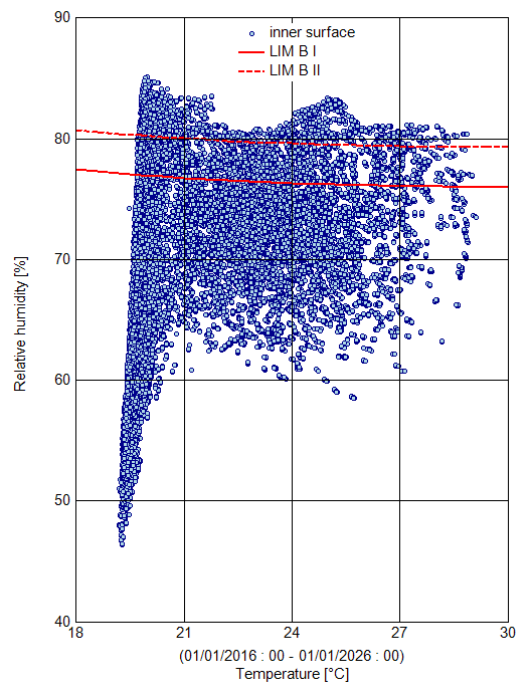


# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

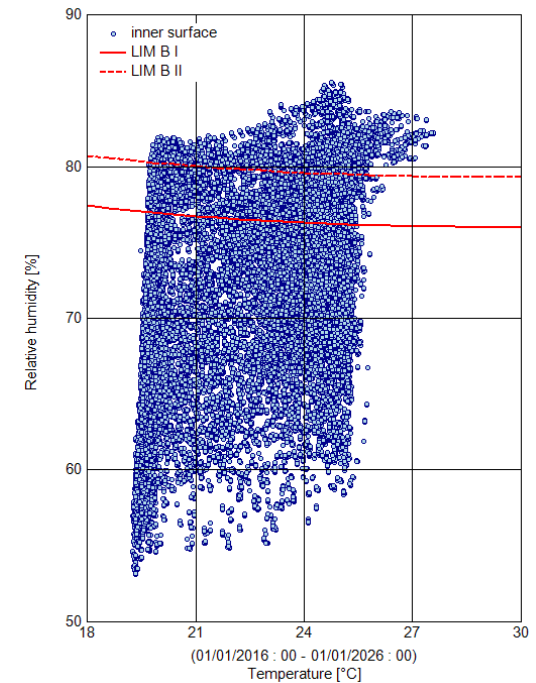
## CAS EXTREMES



*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<br>(kWh <sub>EF</sub> /m <sup>2</sup> .an) | 146,1          | 141,8            |
| Facture de chauffage hors<br>abonnement (€ TTC)                      | 615            | 593              |

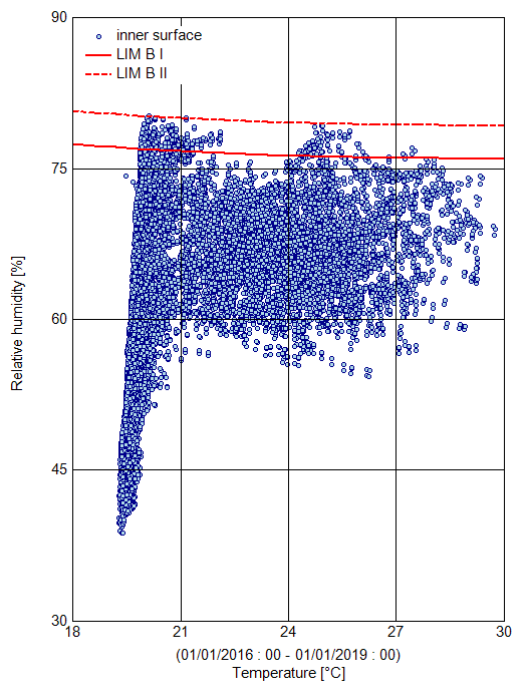
Tarif gaz : 5,33 ct€ TTC/kWh

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

# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

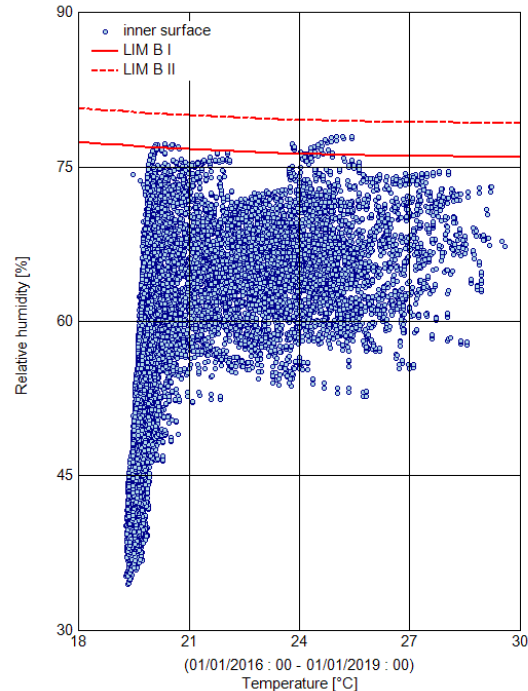
## MODIFICATION DU COMPORTEMENT

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

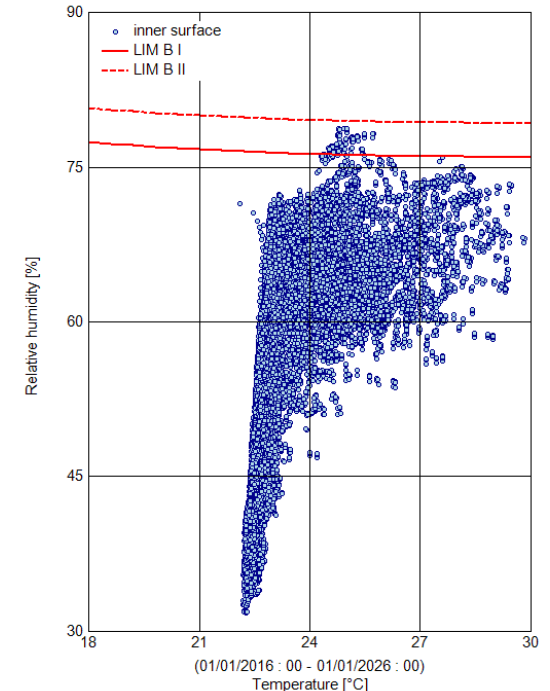


*Laine de verre avec frein-vapeur*  
*Ouverture des fenêtres*  
*15 minutes/jour*

Bâtir ensemble  
l'avenir  
de nos cités



*Laine de verre avec frein-vapeur*  
*Ouverture des fenêtres*  
*une heure/jour*



*Laine de verre avec frein-vapeur*  
*Température de consigne*  
*= 23 °C*

# 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 <sub>EF</sub> /m <sup>2</sup> .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                                      | -            |
| <b>TOTAL</b>  | <b>77074</b>              | <b>66031</b>                              | <b>14,33%</b> | <b>71628</b>                              | <b>7,07%</b> |
| <b>Coût rénovation au m<sup>2</sup></b>   | <b>976</b>                | <b>836</b>                                |               | <b>907</b>                                |              |

# 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%         |
| <b>TOTAL</b>  | <b>25339</b>              | <b>39099</b>                              | <b>-54,31%</b> | <b>51134</b>                              | <b>-101,80%</b> |
| <b>Coût rénovation au m<sup>2</sup></b>   | <b>321</b>                | <b>495</b>                                |                | <b>647</b>                                |                 |

# 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                     | -            |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>2509</b>               | <b>2509</b>             | <b>0,00%</b> |
| <i>Coût rénovation au m<sup>2</sup></i> | <b>32</b>                 | <b>32</b>               |              |

#### COÛT TRAVAUX AU BOUT DE 25 ANS

|   | Scénario béton de chanvre | Scénario laine minérale | écart          |
|---|---------------------------|-------------------------|----------------|
| travaux d'électricité                   | 2117                      | 2647                    | -25,00%        |
| <b>TOTAL</b>                            | <b>2117</b>               | <b>2647</b>             | <b>-25,00%</b> |
| <i>Coût rénovation au m<sup>2</sup></i> | <b>27</b>                 | <b>34</b>               |                |

# 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                    | -              |
| <b>TOTAL</b>  | <b>6139</b>               | <b>7417</b>             | <b>-20,83%</b> |
| <i>Coût rénovation au m<sup>2</sup></i>   | <b>78</b>                 | <b>94</b>               |                |



# ETUDE “ RÉNOVER EN 2020 ”

## COMPARAISON LDV VS BÉTON DE CHANVRE

### Sur le coût global

| Hypothèses de calcul :                                |            |   |            |            |       |
|---|------------|---|------------|------------|-------|
| Prix du kWh gaz (B1) mai 2017 (€/kWh)                 | 0,0511     | Valeurs à modifier                                    |            |            |       |
| Prix de l'abonnement gaz ( B1) (€/an)                 | 238,15     |   |            |            |       |
| Augmentation annuelle prix du gaz                     | 1,70%      |   |            |            |       |
| Prix du kWh électrique mai 2017 (€/kWh)               | 0,156      | Prix des énergies en €TTC, compris abonnement         |            |            |       |
| Prix de l'abonnement électricité (€/an)               | 56,07      | Prix du kWh gaz (B1) mai 2017 (ct€ TTC/kWh)           |            |            | 0,072 |
| Augmentation annuelle prix de l'électricité           | 1,70%      | Prix du kWh électrique (B1) mai 2017 (ct€ TTC/kWh)    |            |            | 0,193 |
| Taux d'emprunt (rénovation initiale) laine minérale   | 2,00%      |   |            |            |       |
| Taux d'emprunt (rénovation initiale) béton de chanvre | 2,00%      |   |            |            |       |
| Taux d'emprunt (rénovation à 40 ans)                  | 1,50%      |   |            |            |       |
| Taux d'emprunt (rénovation à 40 ans) béton de chanvre | 0,50%      | Taux d'actualisation                                  |            |            |       |
| Durée premier prêt laine minérale (années)            | 10         | Taux d'actualisation emprunt initial laine minérale   |            |            | 0,111 |
| Durée premier prêt béton de chanvre (années)          | 10         | Taux d'actualisation emprunt initial béton de chanvre |            |            | 0,111 |
| Durée deuxième prêt laine minérale (années)           | 8          | Taux d'actualisation emprunt 40 ans laine minérale    |            |            | 0,134 |
| Durée deuxième prêt béton de chanvre (années)         | 3          | Taux d'actualisation emprunt 40 ans béton de chanvre  |            |            | 0,337 |
| Prix moyens de l'énergie (TTC) :                      |            |   |            |            |       |
|   | Sur 20 ans | Sur 40 ans  | Sur 60 ans | Sur 80 ans |       |
| Gaz   | 0,086      | 0,103   | 0,125      | 0,153      |       |
| Electricité   | 0,230      | 0,276   | 0,334      | 0,409      |       |

Le taux d'actualisation des prix de l'énergie est estimé à l'aide du site [enerprix.fr](http://enerprix.fr) grâce à une projection faite sur 10 ans.

# 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

