

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux

Présentation « Groupe réhabilitation frugale »  
29 octobre 2024

# 1

## Introduction

# Intervenants d'aujourd'hui

## RÉHABILITATION

### Maîtrise d'ouvrage

- **Ville de Brunoy**  
Nicolas Dohin, adjoint à l'Urbanisme, de la Qualité urbaine et architecturale et du Patrimoine
- **Habitat & humanisme**  
Sylvie Sedille  
Responsable de programme  
Habitat & Humanisme IDF

## INSTRUMENTATION

### Initiateurs de la démarche

- **CAUE 77**  
Grégoire Dutertre  
Directrice

## RÉHABILITATION

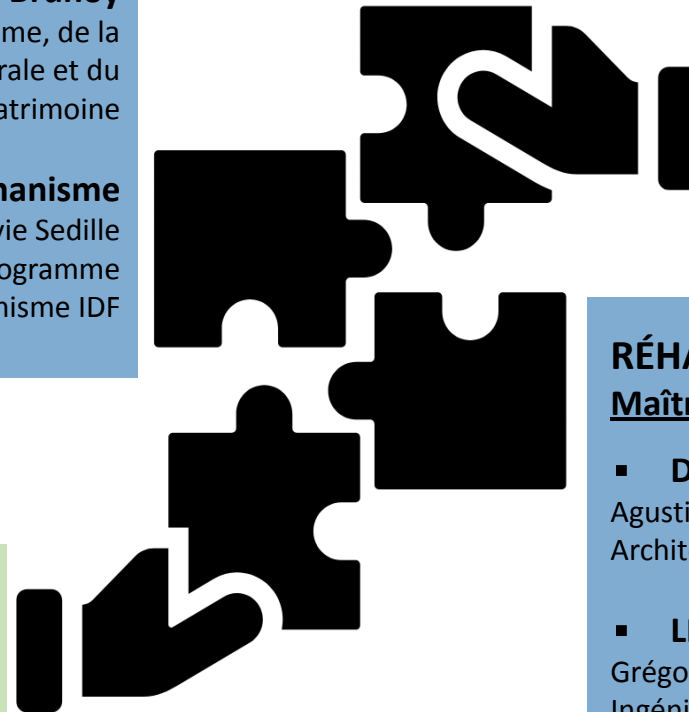
### Maîtrise d'oeuvre

- **Dumont Legrand Architectes**  
Agustin Bohl-Viallefond  
Architecte chargé de l'opération
- **LM Ingénieurs**  
Grégoire Mouly  
Ingénieur

## INSTRUMENTATION

### Bureau d'études & valorisation

- **Cerema**  
Emmanuel Le Duc  
Chef du Groupe Bâtiment  
par intérim
- **CAUE 91**  
Marcela Conci  
Architecte conseiller



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien  
de 8 logements sociaux*

## **1** Introduction *Objectifs d'une instrumentation et partenaires*

*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*

# 1

## Introduction

# Objectifs

Les CAUE 77 et 91 ont engagé l'instrumentation chanvre pour **enrichir la connaissance technique** des caractéristiques du **béton de chanvre, filière locale** en Ile-de-France, dans les opérations de **réhabilitation de bâtiments anciens construits en maçonneries de moellons de pierre** et de mortiers chaux sable ou terre.

Ce projet a pour objectif d'approfondir les connaissances sur la **réhabilitation énergétique du bâti avec le matériau chanvre**. Ses **caractéristiques isolantes** seront particulièrement étudiées. Les objectifs sont doubles :

- Développer les connaissances sur les transferts d'humidité dans le chanvre : **comportement hygrothermique du matériau ;**
- Caractériser la performance globale (énergie, confort hiver et été) d'un bâtiment utilisant le chaux/chanvre : **performances globales du bâti.**

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien  
de 8 logements sociaux*

## 2 La définition du projet

*L'initiative de la commune de Brunoy  
L'engagement du bailleur Habitat & Humanisme*

*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*

# 2

## Définition du projet

# L'initiative de la commune de Brunoy

Devant le constat de la détérioration d'un immeuble historique de son centre ville, la commune de Brunoy a mis en place une politique de préemption pour acquérir au fil du temps tous les lots y compris le commerce du rez de chaussée.

Parallèlement, ayant établi un lien de confiance avec Habitat et Humanisme lors d'un projet de réhabilitation mené dans un îlot proche, la commune a proposé à l'association de réaliser des logements sociaux dans ce bâtiment (Brunoy est une commune carencée). H&H a accepté d'étudier cette opération qui sera menée sur un temps long avec la confiance et le soutien de la ville.

A l'origine plusieurs scénarios étaient envisagés dont la démolition et reconstruction neuve, mais au vu de la valeur patrimoniale du bâtiment, après avis des ABF, H&H s'est engagé dans l'étude d'une réhabilitation globale du bâtiment. Elle pouvait par ailleurs s'appuyer sur une expérience récente de réhabilitation d'un bâtiment identique au centre de Versailles.

La maîtrise d'œuvre a été retenue dans le cadre d'un appel de candidature : la sensibilité aux questions environnementales et la proposition d'utiliser le béton de chanvre (qui s'appuyait sur des expériences réelles) a séduit H&H et l'équipe Dumont-Legrand et LM ingénieur a été lauréate.



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 2

## Définition du projet

# L'engagement du bailleur Habitat & Humanisme

L'association **Habitat et Humanisme Ile-de-France** s'inscrit dans la lutte contre l'exclusion et l'isolement des personnes en situation de grande précarité, pour des raisons économiques, liées à l'âge, à la santé, ou au handicap.

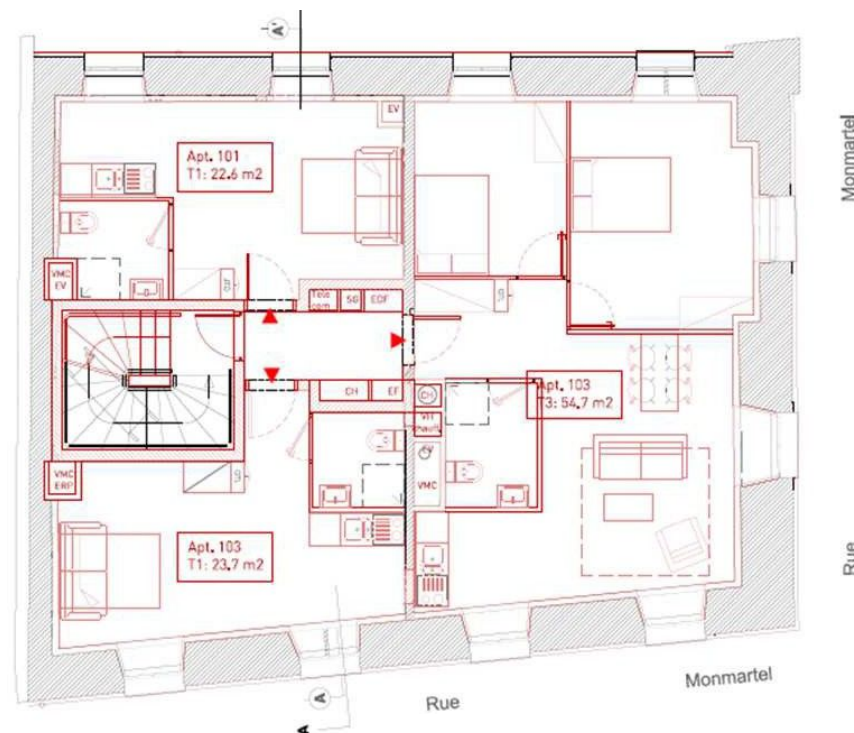
L'association agit sur l'ensemble du territoire francilien en faveur de l'insertion dans le logement et de la recréation de liens sociaux.

Son action repose sur 3 piliers : Loger , Accompagner, Favoriser une ville ouverte à tous

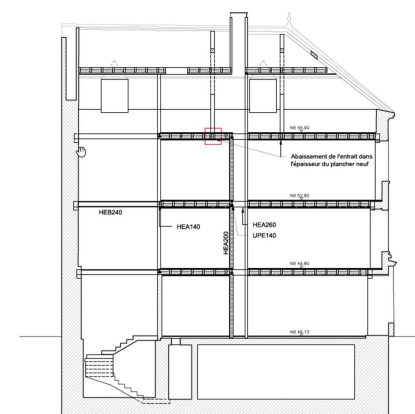
Le projet de BRUNOY s'est inscrit dans une stratégie de développement basée sur la construction ou l'acquisition/réhabilitation de « petits collectifs » (entre 5 et 15 logements) dans des quartiers équilibrés qui répondent aux objectifs de mixité sociale. L'existence d'un local commun à rez de chaussée est un plus pour l'animation de ces petits immeubles.

On y trouve 8 logements financés en PLAI : 4 logements temporaires et 4 logements pérennes.

Il s'agit de loger des familles fragiles dans un habitat confortable, à loyer modeste (7€/m<sup>2</sup> environ) et à faible charges .



Plan R+1



Coupe

Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien  
de 8 logements sociaux*

**3** L'élaboration du projet  
*Dumont Legrand Architectes / LM Ingénieur*

# 3

L'élaboration  
du projet

## Dumont Legrand Architectes / LM Ingénieur

### Des références communes



Maison familiale en bois et isolant biosourcé  
Montmorency  
Livré en 2014



10 logements individuels groupés en béton de chanvre  
Les Loges en Josas,  
livré en 2015



Réhabilitation d'un immeuble XVIIIe en béton de chanvre  
Paris,  
livré en 2016



65 logements dont 8 maisons  
Viroflay  
Pierre de Noyant / FOB isolations biosourcées  
Chantier en cours

Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Le chanvre



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet

# Le chanvre

### LES DÉBOUCHÉS DU CHANVRE

Chènevis (graine)



**Alimentation**  
animale (tourteau) et humaine (huile, muesli, farine)

**Produits techniques**  
vernis, encre, solvants

**Hygiène**  
savons, shampoings, cosmétiques

Défilage de la tige

**Fibres**  
papiers, textiles vestimentaire et techniques, isolants thermiques et phoniques, plasturgies

**Chènevotte**  
paillages horticoles, litière animale, construction (enduits, bétons légers, isolants)

**Poussières**  
paillages bovins, chauffage



chenevotte

+



chaux aérienne

+



eau

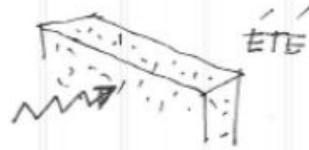


Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet

# Le chanvre



L'évaporation de l'eau dans le mur absorbe la chaleur: maintien de la température du mur, sensation de fraîcheur.



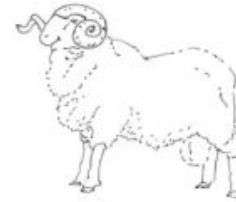
La condensation de l'eau dans le mur dégage de la chaleur: maintien de la température du mur, sensation de chaleur.



L'évaporation de l'eau dans le pull absorbe la chaleur: maintien de la température du corps, sensation de fraîcheur.



La condensation de l'eau dans le pull dégage de la chaleur: maintien de la température du corps, sensation de chaleur.



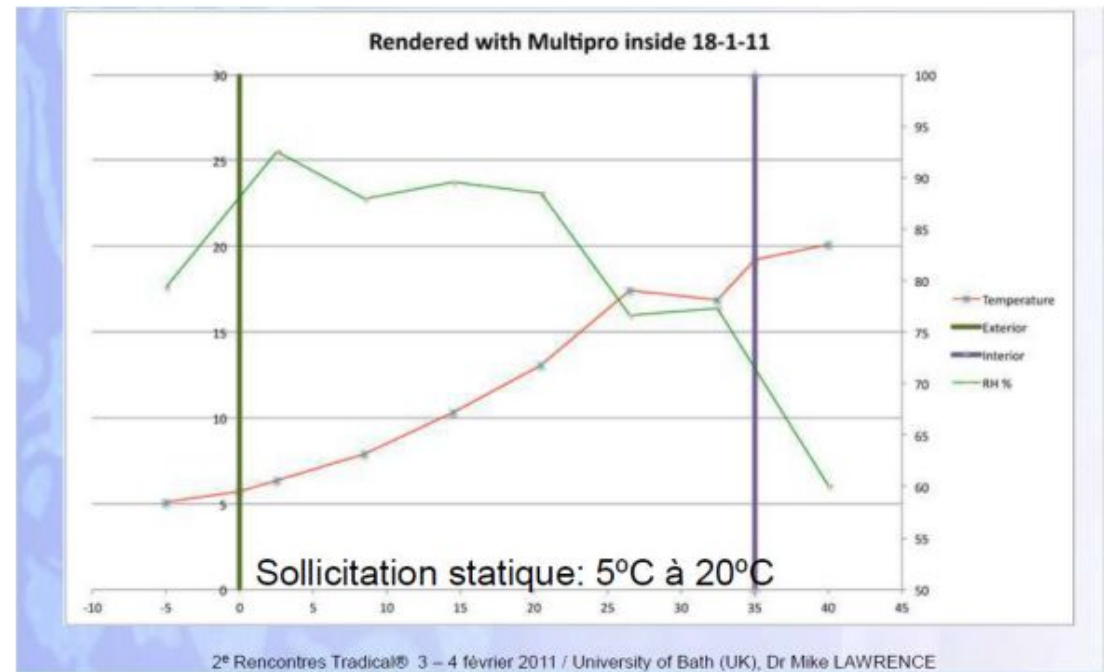
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Le comportement hygrothermique du béton de chanvre

RECHERCHE MENEÉ POUR BCB TRADICAL  
MIKE LAWRENCE, 2011

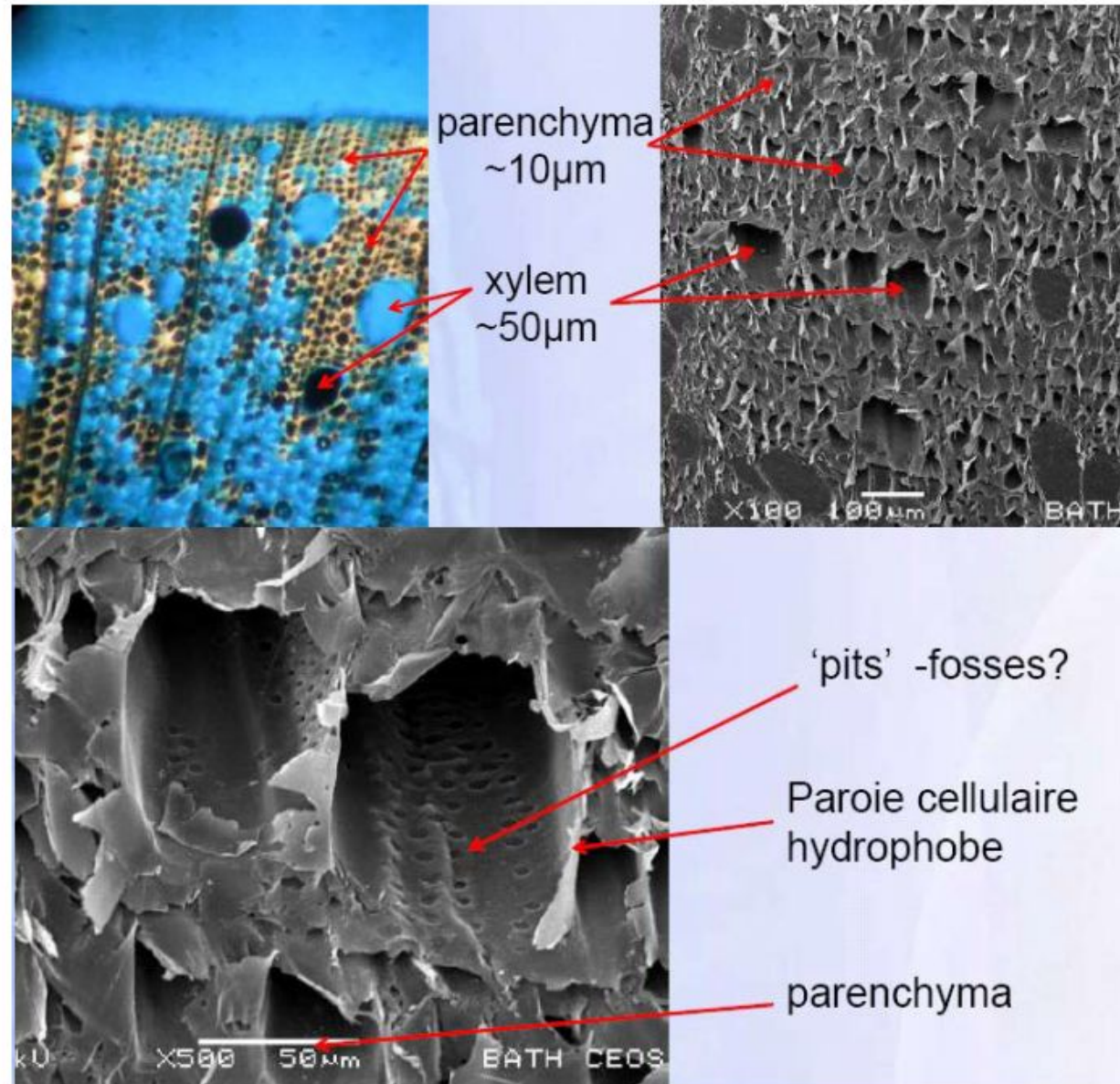


Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## La structure microporeuse du béton de chanvre



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# Dumont Legrand Architectes / LM Ingénieur

Le projet en quelques moments clés

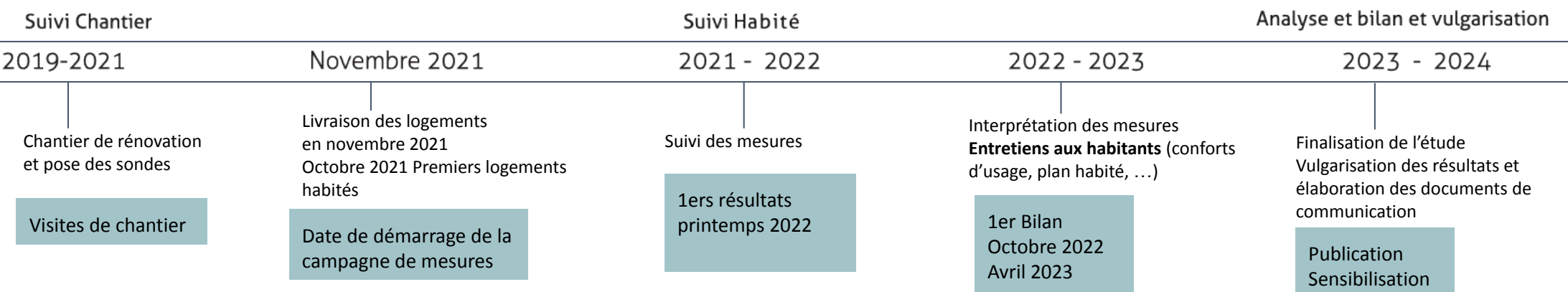
**2017** - rencontre fortuite avec un AMO bénévole chez H&H sur un projet de réhabilitation (MOA privée)

**2017** - réponse à une procédure d'appel d'offre d'un bâtiment XVIIIe en meulière, fort de notre récente expérience commune avec LM Ing à la Huchette (Paris 5eme), nous proposons une réhabilitation patrimoniale et environnementale

**2018 - 2019** - Études de l'Esquisse au Dossier de consultation des entreprises

**2019 - 2021** - Chantier de réhabilitation lourde en entreprise générale  
La pandémie de Covid19 rassemble les CAUE 77 et 91 - CEREMA - H&H et la MOE autour d'un projet d'instrumentation qui se concrétise en mai 2020

**2022 - 2024** - Instrumentation du projet



# 3

## L'élaboration du projet



LIVRAISON  
SEPTEMBRE 2021

LIEU  
15-17 RUE MONMARTEL, BRUNOY (91)

MAÎTRE D'OUVRAGE  
HABITAT & HUMANISME

MAÎTRISE D'ŒUVRE  
DLA DUMONT LEGRAND ARCHITECTES  
BET STRUCTURE ENVELOPPE : LM INGENIEUR

ENTREPRISE  
ENTREPRISE GÉNÉRALE : MCP BÂTIMENT

INSTRUMENTATION  
CAUE 77 & 91  
CONSTRUIRE EN CHANVRE  
CEREMA

PROGRAMME  
REHABILITATION D'UN IMMEUBLE XVIIIIE  
CREATION DE 8 LOGEMENTS SOCIAUX PLAI : 4T1, 2T2, 2T3  
CREATION D'UN LOCAL ASSOCIATIF  
SURFACE TOTALE  
400 M<sup>2</sup> SDP

COÛT  
1,1 M €HT

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 1

## Introduction

# Situation



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 1

## Introduction

# Situation



Centre historique  
de Brunoy

La Maison du coin  
8 logements sociaux  
15-17 rue Monmartel

Eglise Saint-Médard

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Le constat



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet

# Le constat



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

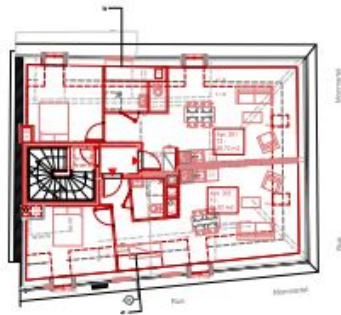


# 3

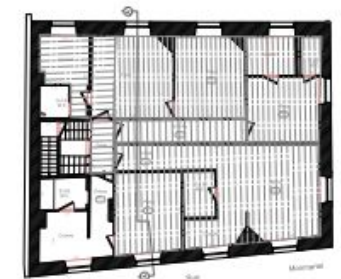
L'élaboration  
du projet

## L'existant / Le projet

Combles



Etage courant



Cave et RDC



Plans du projet de réhabilitation (de haut en bas):  
Plan de l'étage sous combles  
Plan de l'étage courant (R+1 et 2)  
Plan de la cave et du rez-de-chaussée

Plans état existants (de haut en bas):  
Plan de l'étage sous combles  
Plan de l'étage courant (R+1 et 2)  
Plan de la cave et du rez-de-chaussée

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## L'existant / Le projet



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?



# 3

L'élaboration  
du projet

## Curage



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Dépose - pose des planchers

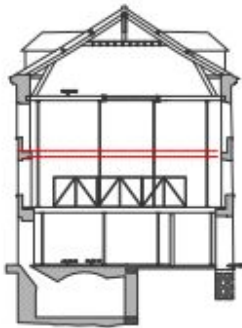
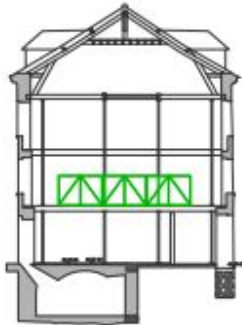
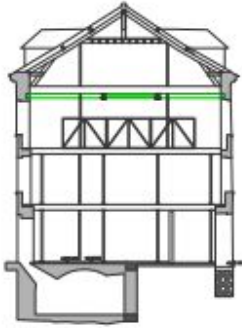


Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Dépose - pose des planchers



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Isolation en béton de chanvre



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*



# 3

## L'élaboration du projet



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Ravalement extérieur et modénatures



Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

L'élaboration  
du projet

## Réemploi des bois des plancher



LE 6ème toit \_ Studio+1



Appentis réalisé sur place\_le Charpentier volant

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 3

## L'élaboration du projet



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?



# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien  
de 8 logements sociaux*

## 4 L'instrumentation de l'immeuble Cerema

*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*

# 4

L'instrumentation  
de l'immeuble

## Objectifs de l'instrumentation

<https://cycleenvironnement.fncaue.fr/chanvre>

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 4

## L'instrumentation de l'immeuble

# Objectifs de l'instrumentation

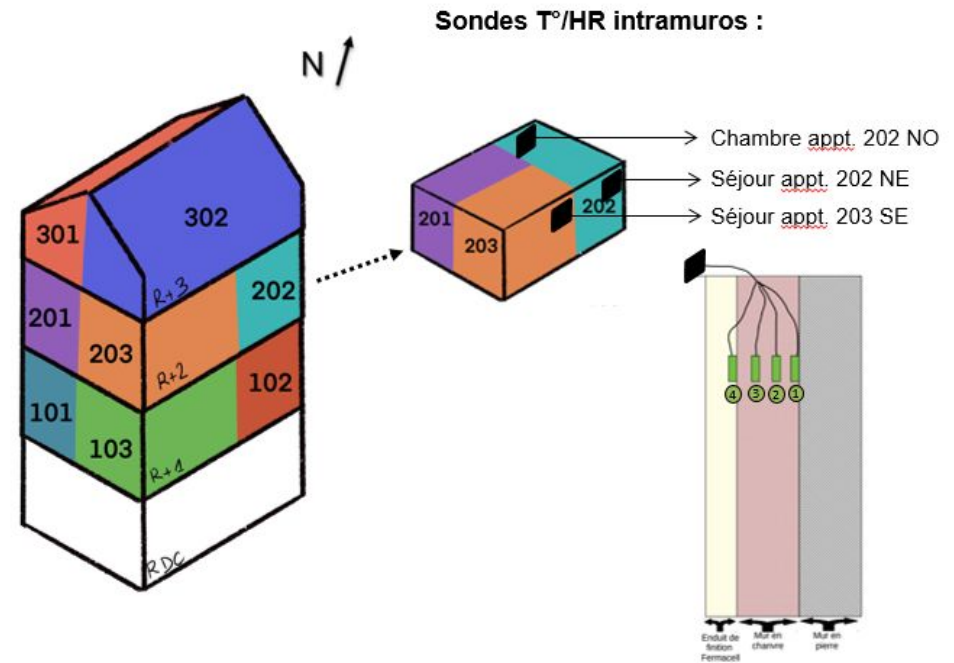
Vérifier la maîtrise des consommations énergétiques

Vérifier le confort intérieur en hiver et en été

Mettre en avant les capacités hygrothermiques du béton de chanvre



- + 1 sonde de T°/HR extérieure
- + au moins 1 enregistreur T°/HR dans chaque appartement



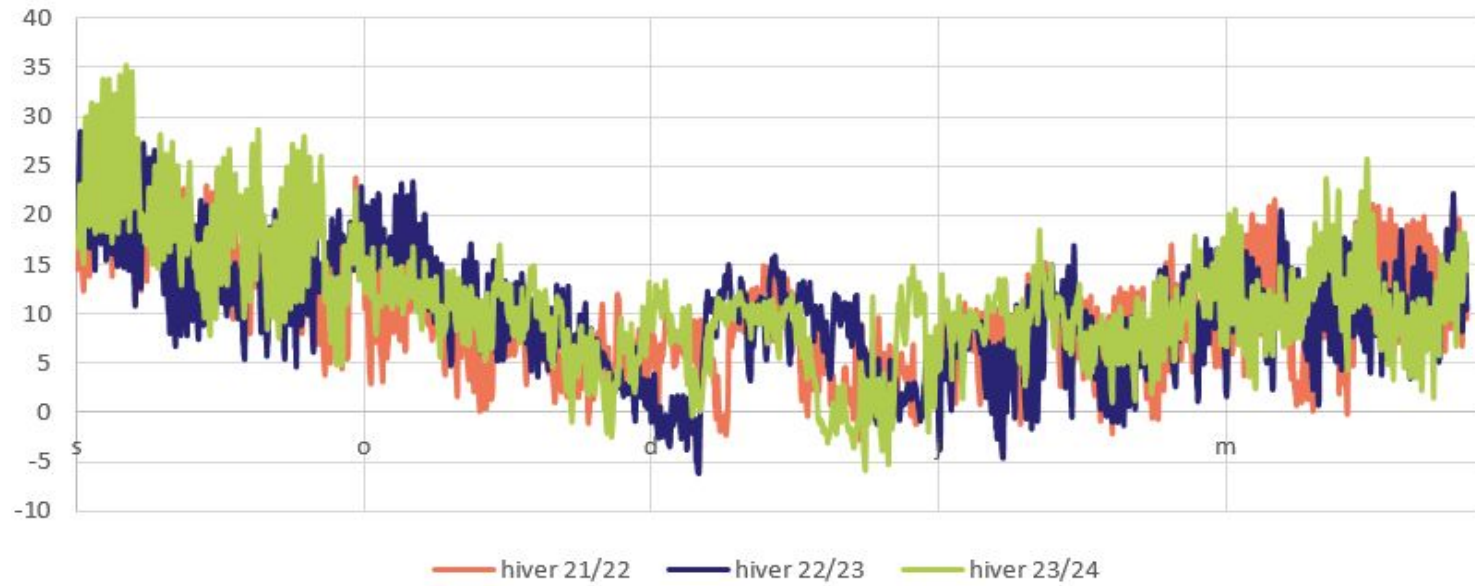
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 4

L'instrumentation  
de l'immeuble

## Températures extérieures

Température extérieure hiver sur 3 ans



DJU hiver (base 18°C)

2021 – 2022 : 2188

2022 – 2023 : 2146

2023 – 2024 : 2036

Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 4

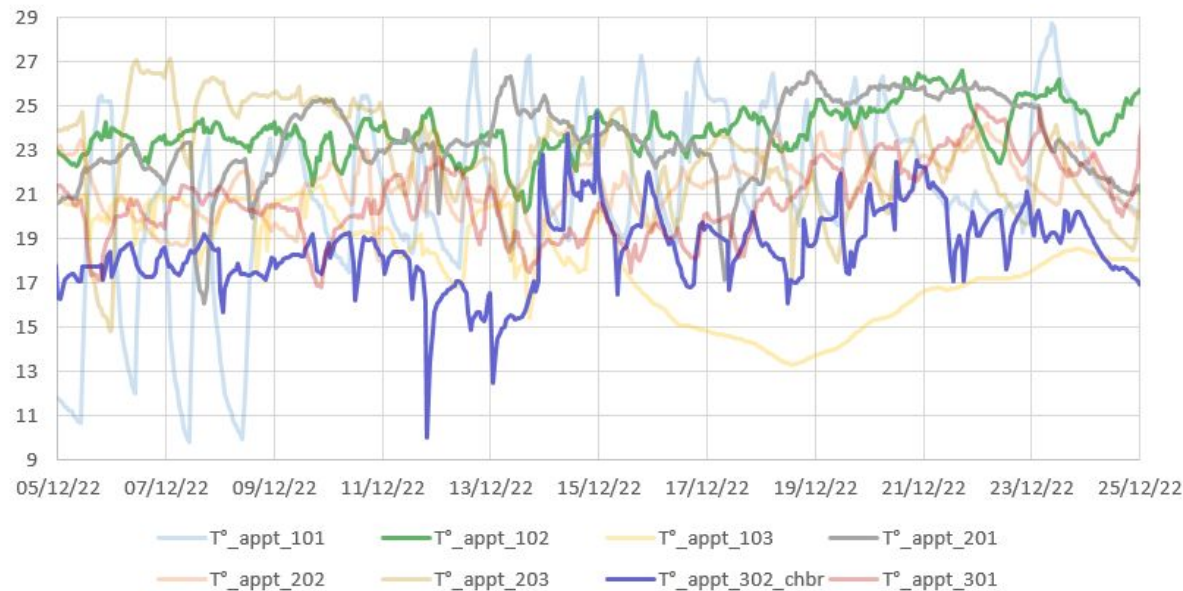
## L'instrumentation de l'immeuble

# Températures et confort intérieurs en hiver

Température moyenne des séjours tous confondus



Températures intérieures du 5 au 25 décembre 2022



- Températures moyennes des séjours

2021 – 2022 : 21,8 °C  
2022 – 2023 : 21,5 °C  
2023 – 2024 : 21,3 °C

- Températures moyennes des logements comprises entre 19°C et 23,7°C

- Bâtiment confortable, températures supérieures à 17°C (hors cas particulier)
- Usages variés en fonction des locataires (ouverture des fenêtres, robinets thermostatiques)
- Température de consigne et loi d'eau pourraient être optimisées

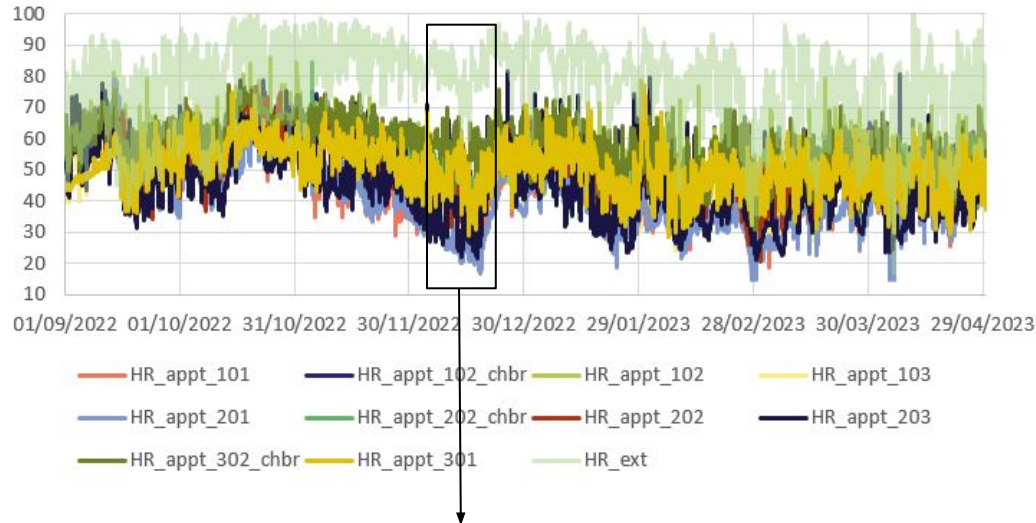
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 4

## L'instrumentation de l'immeuble

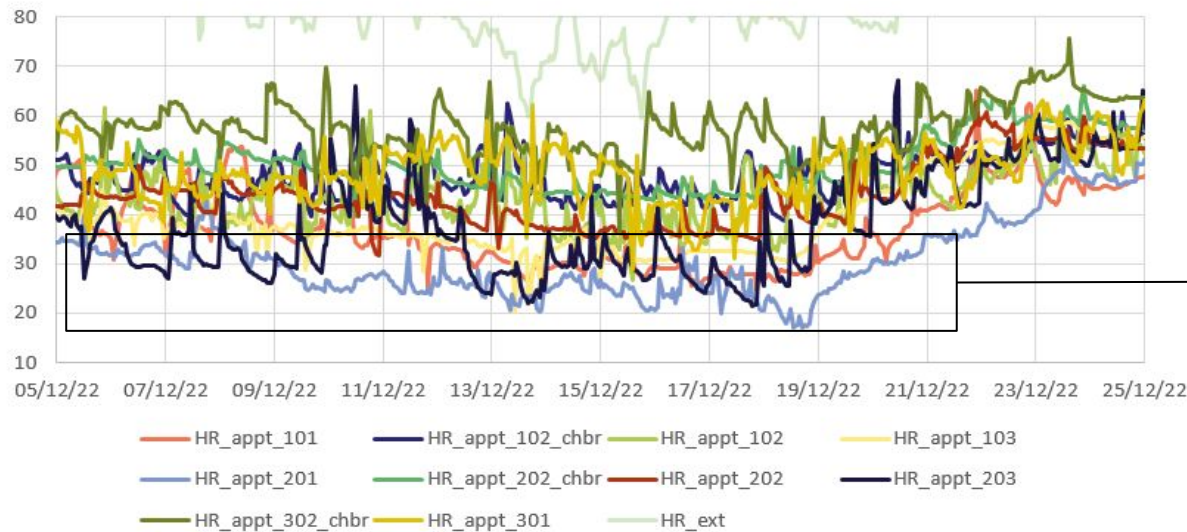
# Températures et confort intérieurs en hiver

Humidité relative hiver 2022-2023



- Humidité relative de 70% rarement dépassée
- Quelques périodes sous les 30% HR pour certains logements

Humidité relative hiver 2022-2023



Les températures des appartements 201 et 203 sont comprises entre 21°C et 26°C sur la même période

Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 4

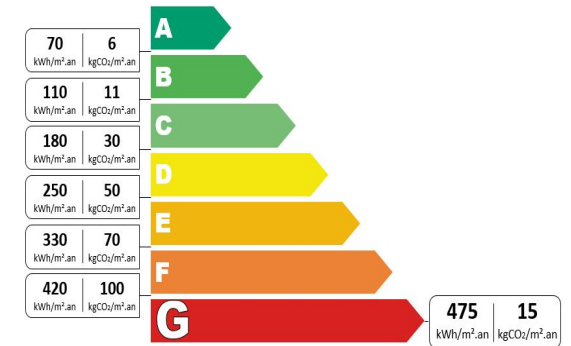
## L'instrumentation de l'immeuble

# Consommations énergétiques

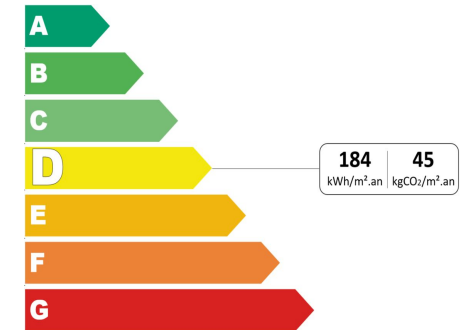
Appartement	SHAB [m²]	Date d'arrivée des locataires dans le logement	Hiver 2021-2022		Hiver 2022-2023		Hiver 2023-2024	
			Conso [kWh/m²]	T°int moyenne	Conso [kWh/m²]	T°int moyenne	Conso [kWh/m²]	T°int moyenne
101	22,09	28/10/21	9	21,4°C	11 →	21°C →	35 ↑	21°C →
102	54,82	24/12/21	58	21,6°C	88 ↑	23,7°C ↑	109*	23°C ↓
103	24	28/10/21	62	20,9°C	72 ↑	20,1°C ↓	165 ↑	20,3°C →
201	22,61	03/11/21	141	22,7°C	105 ↓	22,7°C →	91 ↓	22°C ↓
202	59,4	24/12/21	52	22,1°C	52 →	21,6°C ↓	95 ↑	
203	25,3	03/11/21	171	22,6°C	209 ↑	22,2°C →	221 ↑	21,1°C ↓
301	36,54	24/09/21	484	23,4°C	79* ↓	21,6°C ↓	48 ↓	21,1°C →
302	34,41	28/10/21	69	19,1°C	114 ↑	19,4°C →	104 ↓	19,5°C →
Moyenne globale :			127 kWh/m² SHAB	21,8°C	87 kWh/m² SHAB ↓	21,5°C →	105 kWh/m² SHAB ↑	21,8°C →

- Quelques logements présentent des consommations excessives
- Problème d'équilibrage la première année réglée en 2022
- Consommation réelle supérieure à la consommation théorique de 66 kWh/m² shab pour une consigne prise à 21,5°C
- Consommation globale qui pourrait être réduite en réduisant la température de consigne et en adaptant la loi d'eau

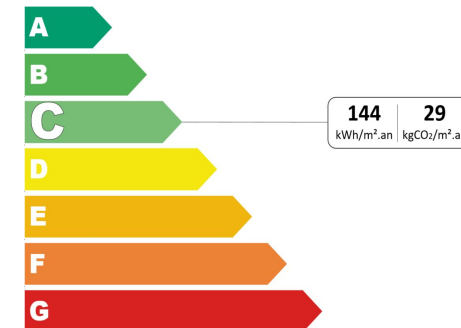
Etiquette énergétique de l'état initial



Etiquette après rénovation



Etiquette après rénovation si ballons thermo



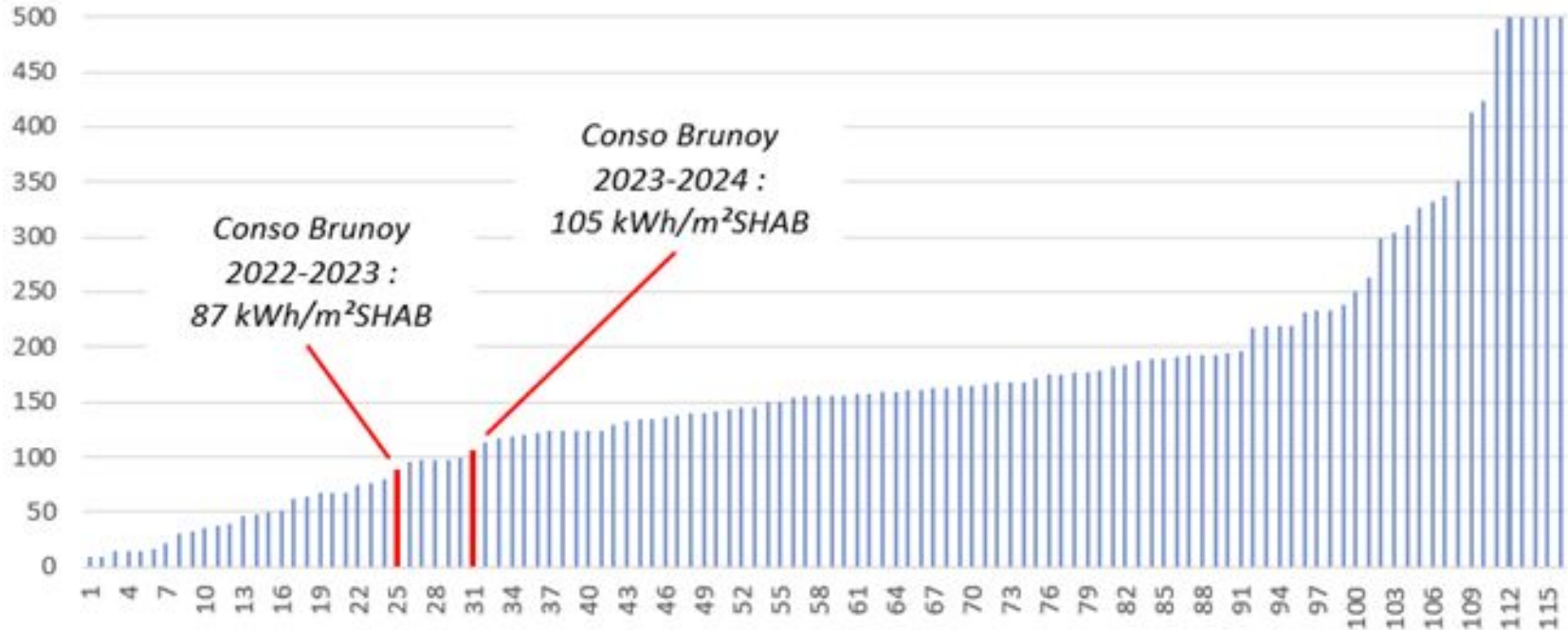
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 4

L'instrumentation  
de l'immeuble

## Consommations énergétiques

Consommations de chauffage réelles [kWh/m<sup>2</sup>SHAB] de logements collectifs situés en zone climatique H1a - données issues de la base de données Phebus (2015)



- Base de données Phebus de 2015 pour des bâtiments construits avant 2000 en région H1a
- Le bâtiment de Brunoy se situe dans les 25 bâtiments les moins consommateurs au regard des consommations de l'année 2022-2023, et les 30 pour 2023-2024

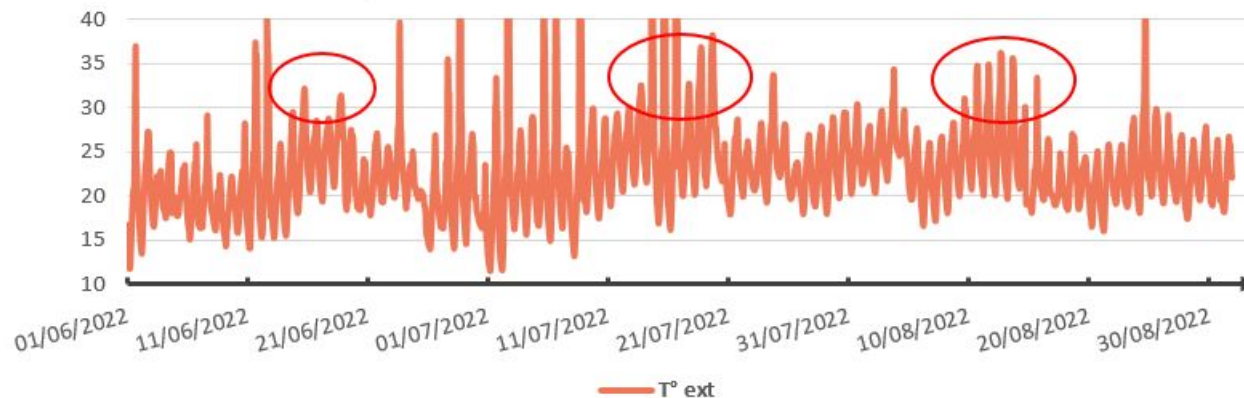
Le béton  
de chanvre  
en rénovation,  
quels apports ?

# 4

## L'instrumentation de l'immeuble

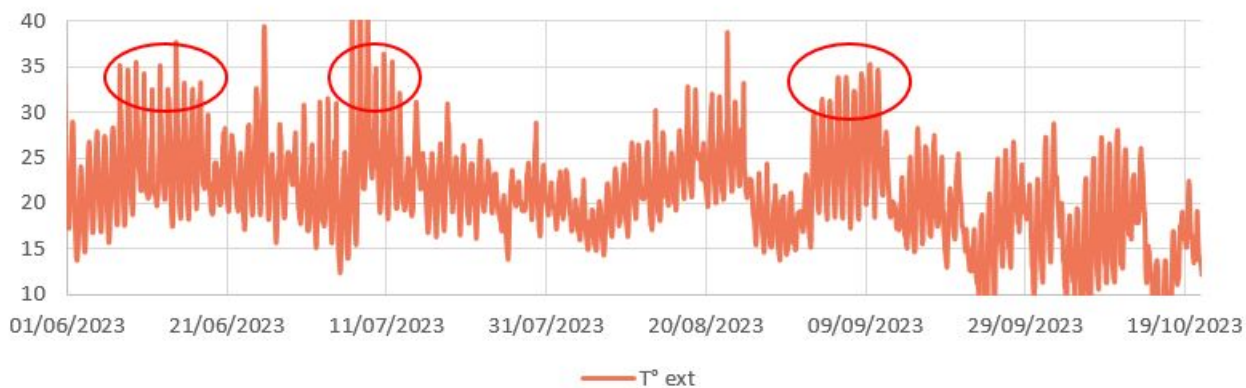
# Températures extérieures

Température extérieure mesurée - été 2022



Été 2022 un des plus chauds que la France ai connu avec 3 épisodes caniculaires

Température extérieure mesurée - été 2023



Été 2023 plus mitigé mais avec de fortes chaleur en juin, juillet et septembre

DJU été (base 18°C)	2022 : 523
	2023 : 512
	2024 : 334

Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

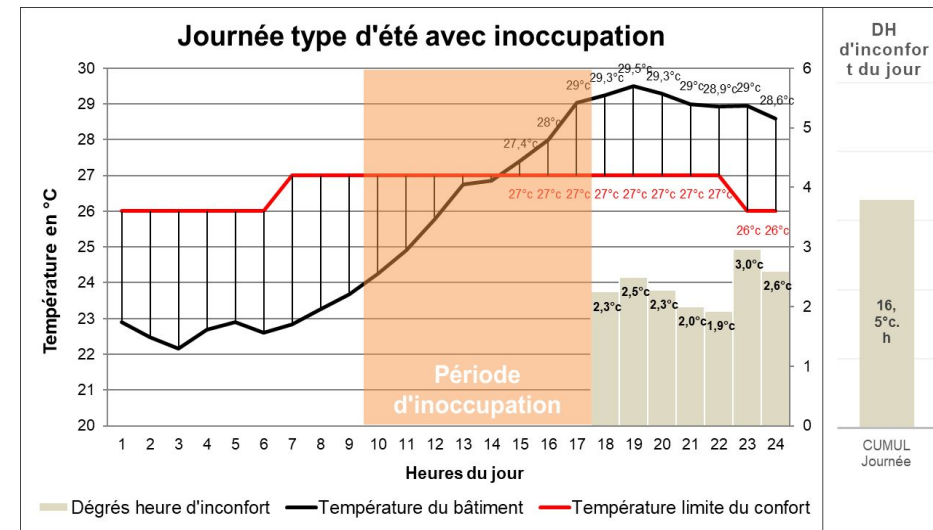
# 4

## L'instrumentation de l'immeuble

# Degré-heures et confort intérieurs en été

N° appt	101	102	103	201	202	203	301	302	Seuil bas RE2020	Seuil haut RE2020
DH 2022 (°C.h)	239,3	589,7	541,9	348,3	282,3	839,4	1291,9	677,1	350	1250
DH 2023 (°C.h)	114,5	305,4	352,9	194,7	89,4	455,2	2956,3	378,7		
Usages jour	Fenêtres ouvertes Volets fermés	Fenêtres fermées Volets fermés	Pas d'info	Fenêtres ouvertes Volets ouverts	Fenêtres fermées Volets fermés	Fenêtres ouvertes Volets fermés	Fenêtres fermées Pas de volet	Fenêtres ouvertes Pas de volet		
Usages nuit	Fenêtres ouvertes Volets fermés	Fenêtres ouvertes Volets fermés	Pas d'info	Fenêtres ouvertes Volets fermés	Fenêtres ouvertes partiellement Volets ouverts partiellement	Fenêtres fermées Volets fermés	Fenêtres fermées Pas de volet	Fenêtres ouvertes Pas de volet		

- Grande majorité des logements très confortables
- Appartements plus chauds côté Est (masques côté Ouest)
- Appartements du 3<sup>e</sup> étage plus chauds (moins de chanvre, sous toiture, sans protection solaires)
- Relevés d'index de chauffage > 10 kWh/m<sup>2</sup> pour 3 logements en été 2023 (53 kWh/m<sup>2</sup> pour le 203) !
- Usages variés de l'ouverture des fenêtres et des volets



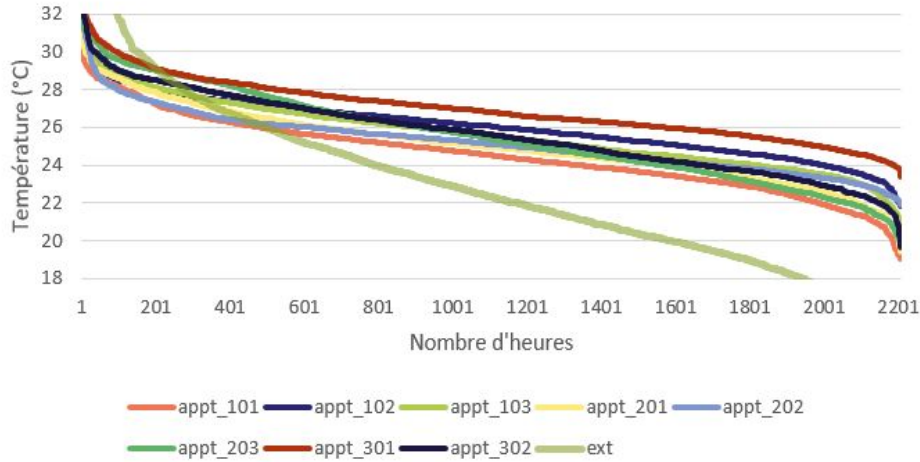
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 4

## L'instrumentation de l'immeuble

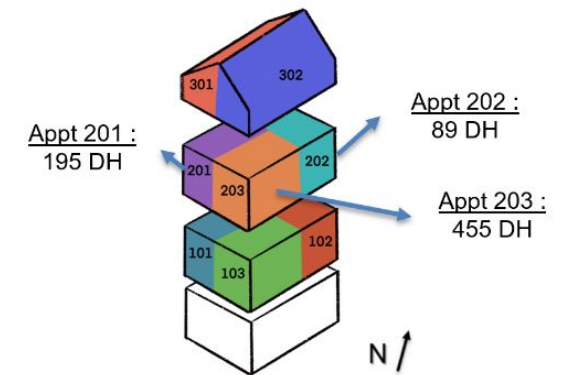
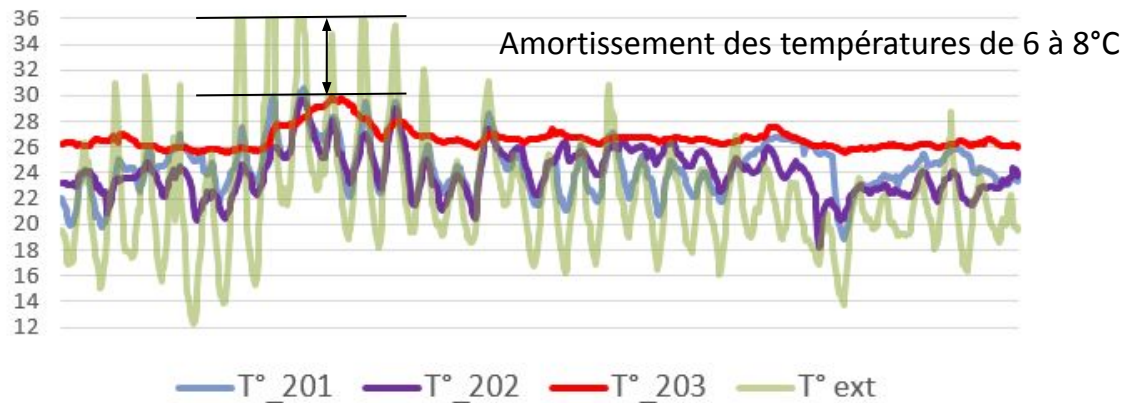
# Degré-heures et confort intérieurs en été

Fréquence cumulée des températures extérieure et appartements - été 2022



- Appartement 101 le plus frais en 2022 : moins de 5 jours au-dessus de 28°C
- Appartement 301 le plus chaud en 2022 : près de 3 semaines au-dessus de 28°C

T° intérieure séjour juillet 2023



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation  
d'un immeuble ancien  
de 8 logements sociaux*

## 5 Les apports du béton de chanvre

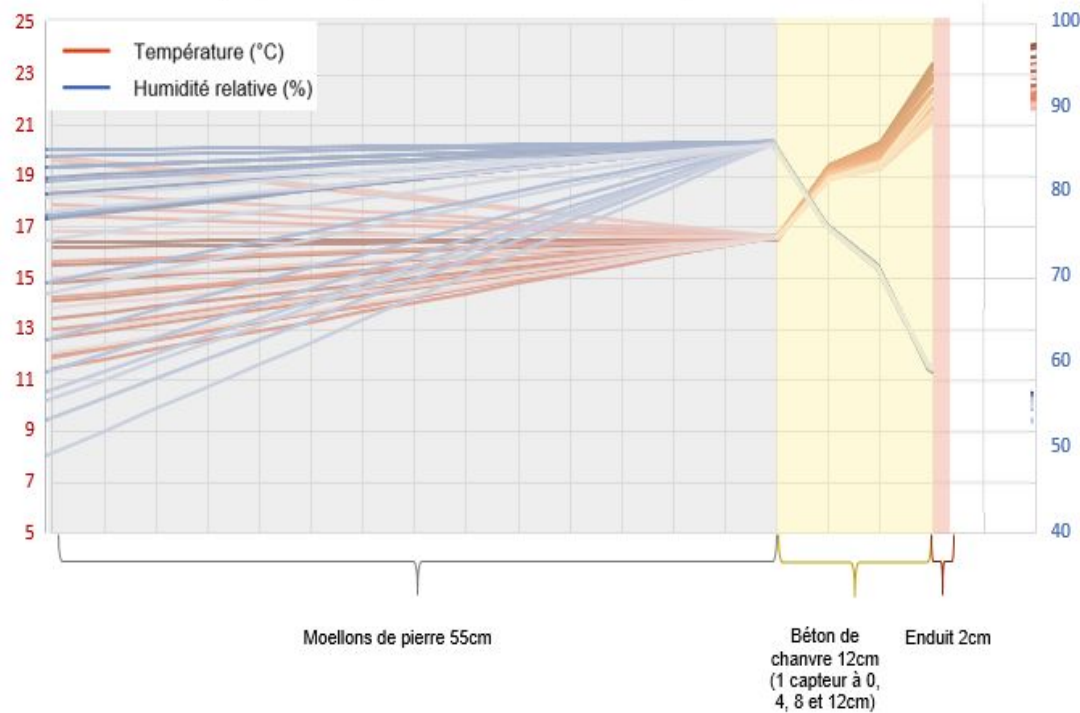
*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*

# 5

## Les apports

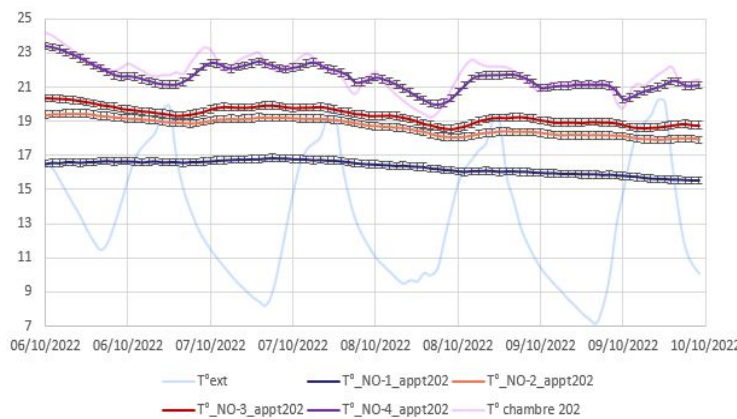
# Apport hygrothermique du béton de chanvre en hiver

T(°C) et HR (%) 6 octobre 2022 - Ouest (chambre 202)

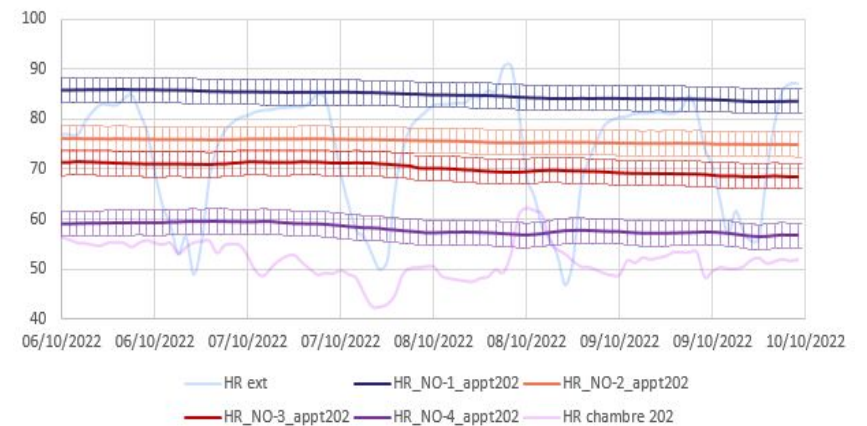


- Humidité relative inférieure à 90% en tout point dans le béton de chanvre en hiver >> Pas de condensation
- Humidité relative et température très stables pour chaque capteur dans le béton de chanvre
- Non linéarité dans le béton de chanvre : absorption d'humidité dans les 8 premiers centimètres

Variation de la température (°C) dans le mur en chanvre - NO (chambre)



Variation de l'humidité relative (%) dans le mur en chanvre - NO (chambre)



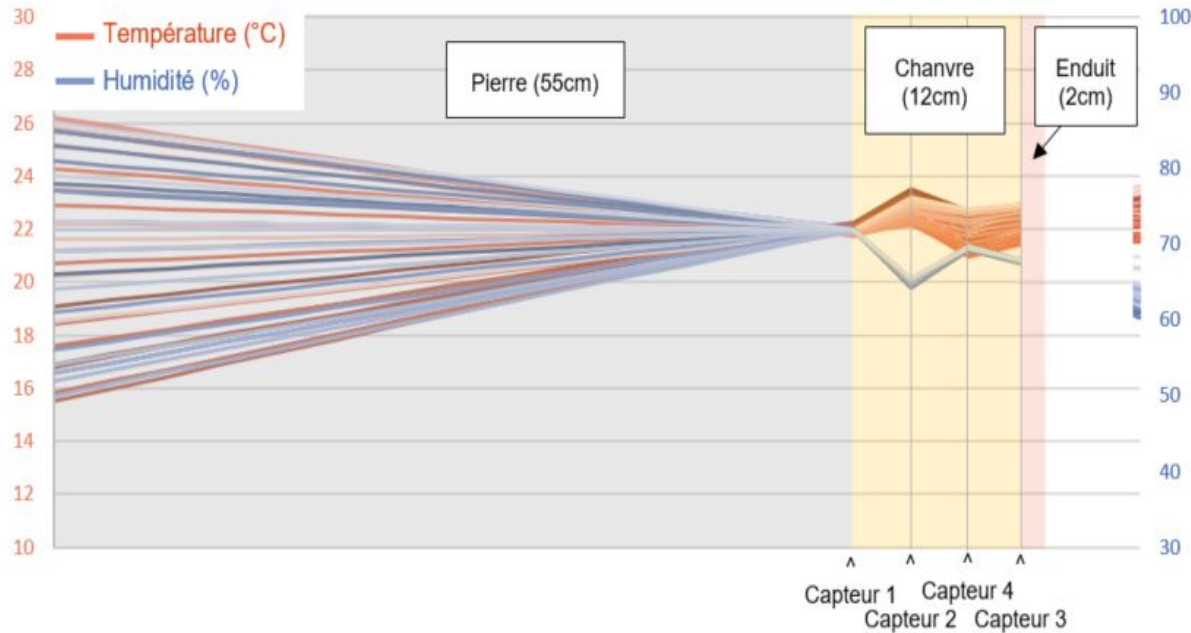
Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

# 5

## Les apports

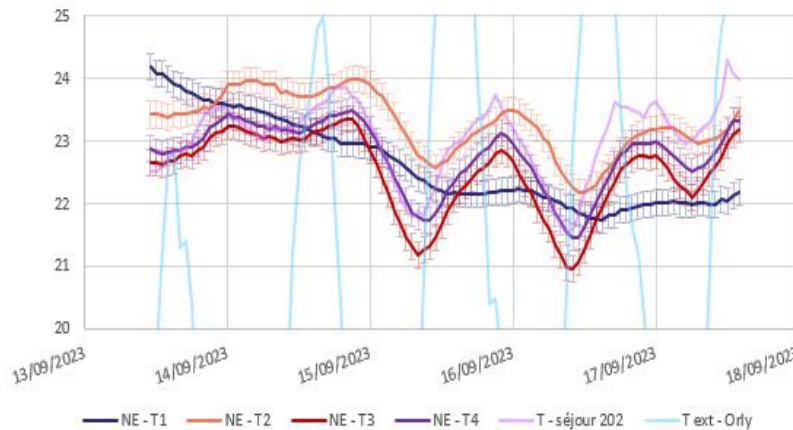
# Apport hygrothermique du béton de chanvre en été

16 septembre 2023 - Façade Est (séjour 202)

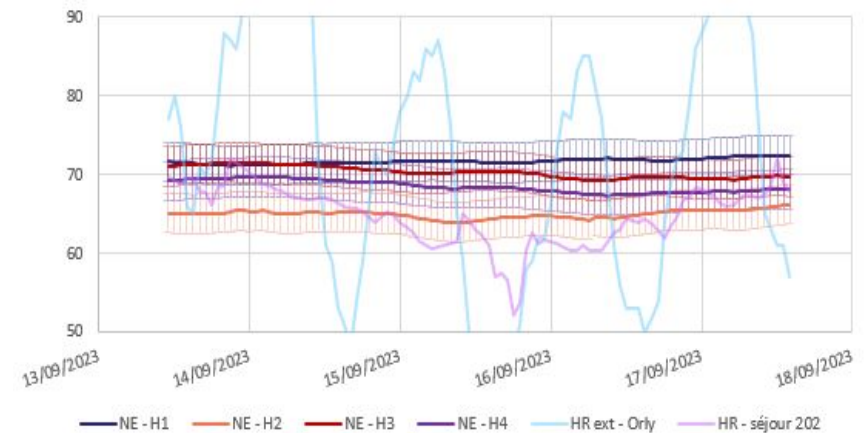


- Humidité relative très stable dans le béton de chanvre,
- HR maximale au niveau de la jonction pierre chanvre, minimale au capteur 2
- Non linéarité marquée dans le béton de chanvre
- Capteur 3 le plus froid !

Températures dans les murs façade Nord-Est (séjour 202) - du 13 au 17 septembre 2023



Humidité relative de l'air dans les murs façade Nord-Est (séjour 202) - du 13 au 17 septembre 2023



Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

VILLE DE  
**BRUNOY**



DUMONT  
LEGRAND  
ARCHITECTES

LM Ingénieur  
Structure enveloppe environnement



91 Essonne  
**c|a.u.e**  
Conseil d'architecture, d'urbanisme  
et de l'environnement

77 Seine-et-Marne  
**c|a.u.e**  
Conseil d'architecture, d'urbanisme  
et de l'environnement

# Le béton de chanvre en rénovation, quels apports ?

*Les résultats de l'instrumentation d'un immeuble ancien de 8 logements sociaux*