



CAN
INGÉNIEURS
ARCHITECTES

LB
ÉCO HABITAT

Triballat
NOYAL

construire
en
CHANVRE

Bâtiment sur 3 niveaux comprenant deux niveaux de bureaux et un espace de stockage ainsi que des vestiaires au niveau inférieur.

Année de livraison 2018 – Montant de l'opération : 1 620 000 €

Système constructif : panneaux préfabriqués en béton de chanvre

Enveloppe en béton de chanvre : 450 m² de façade (soit 31 panneaux)

Toiture isolée en béton de chanvre allégé : 400 m².

Ossature primaire béton armé.

CTA double flux.

Architecte mandataire

Koutev Architecture

Architecte co-traitant

CAN Ingénieurs

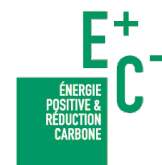
935 m² Surface RT

787 m² de zone bureaux

344 m² de zone stockage

Label **E+C**

classement **E2-C2**



Exigences label **Bâtiment Bas Carbone**

BBCA Excellence



Respect de cibles de la certification **HQE**

(FLJ, QAI et STD)



Exigences **Haute Performance Énergétique**

HPE (Effinergie+)

Exigences label **Bâtiments Biosourcés**



Le chaux-chanvre ou Béton de chanvre

La chènevotte labélisée « chanvre bâtiment » (Granulat)

La chènevotte est 100% naturelle, elle est issue du défibrage mécanique de la paille de chanvre. C'est le "bois" contenu à l'intérieur de la tige.

Nous utilisons du chanvre local, transformé à BARENTON (50) – Cultivé dans un rayon de 150 km.



La chaux aérienne (liant)

Elle est issue d'un calcaire très pur. À partir d'une hydratation de la chaux vive (CaO), on obtient de la chaux aérienne éteinte. Sa prise se fait en présence d'eau par carbonatation avec le CO2 de l'air.

Dans tous les cas, nous n'utilisons pour la confection des bétons et mortiers de chanvre que des **couples liant/granulat** ayant satisfait aux **performances seuils énoncées dans les règles professionnelles** et disponibles auprès de Construire en Chanvre.



La ressource chanvre en France

→ 1^{er} producteur Européen

→ Atouts agronomique

Stockage carbone

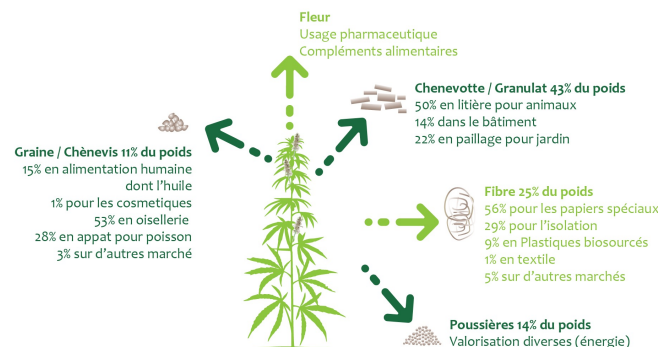
Pompe à Nitrate

Ni pesticide, ni OGM

Pas d'irrigation

Amélioration des sols

Prépare les sols pour l'année suivante



Bâtiment Triballat, un chantier tourné vers le local



Un chantier tourné vers le local

Siège Triballat, Noyal-sur-Vilaine
CAN - Ingénieurs Architectes



Contexte réglementaire et normatif



Agence Qualité Construction

A pour mission de prévenir les désordres dans le bâtiment et améliorer la qualité de la construction

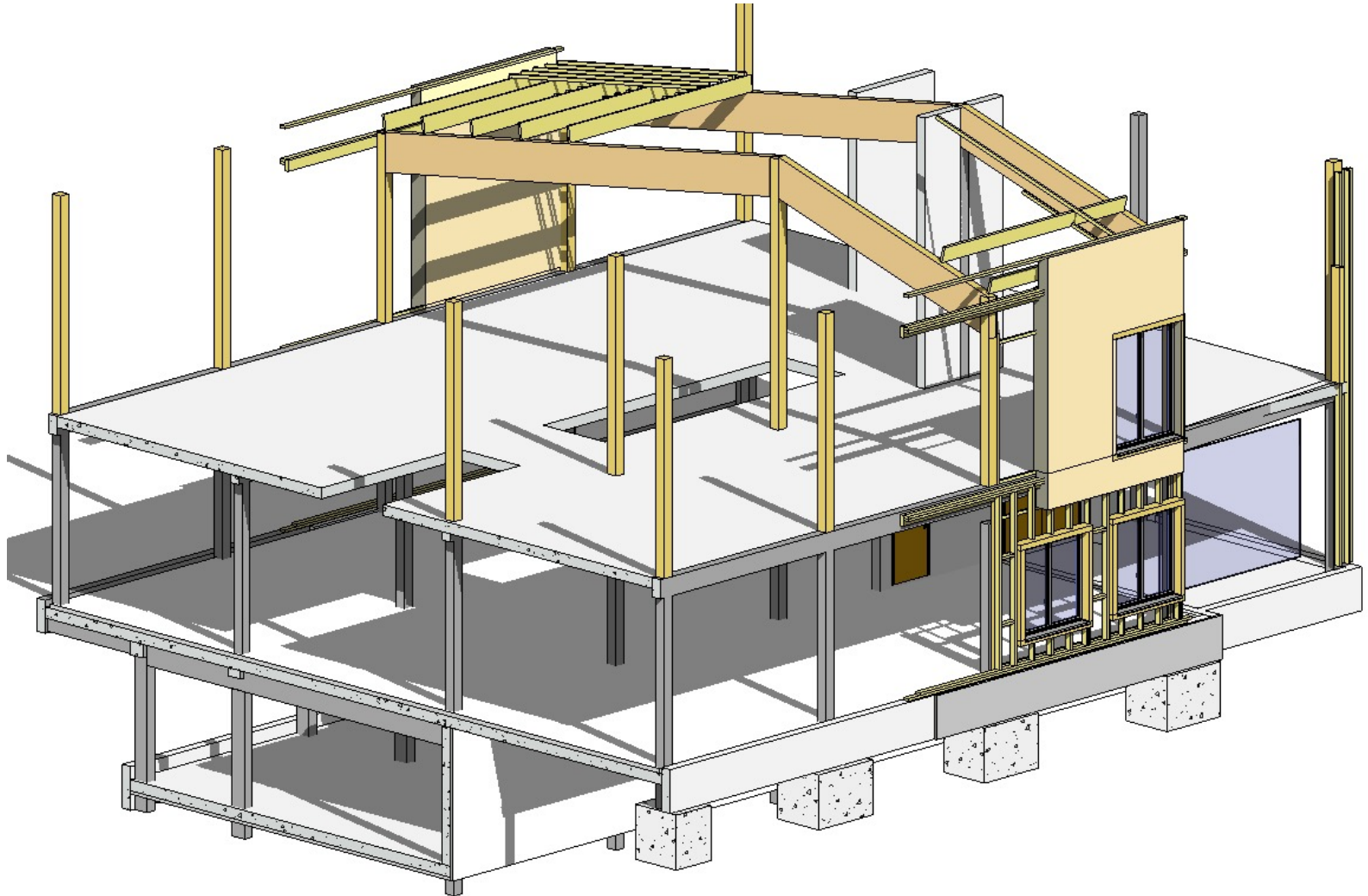
Avec la **C2P** : Sous commission Prévention Produits

La C2P (Commission Prévention Produits mis en œuvre) de l'AQC, un lien entre domaine traditionnel ou non et techniques courantes ou non



Apport mécanique aux structures

Système : mixte bois/béton ciment
Enveloppe MANTEAU **28cm** hors revêtements



Apport mécanique aux structures

Système : mixte bois/béton ciment

DESCENTE DE CHARGES

Enveloppe **légère** en murs rideaux à ossature bois/béton de chanvre.

□ = $\pm 320 \text{ kg/m}^3$ pour le béton de chanvre

□ = $\pm 2300 \text{ kg/m}^3$ pour le béton armé

CONFORT À L'OSSATURE BOIS

Apport mécanique du béton de chanvre à l'ossature bois

en participant au **contreventement** du système.

Matériau élasto-plastique qui tolère les déformations (intéressant en

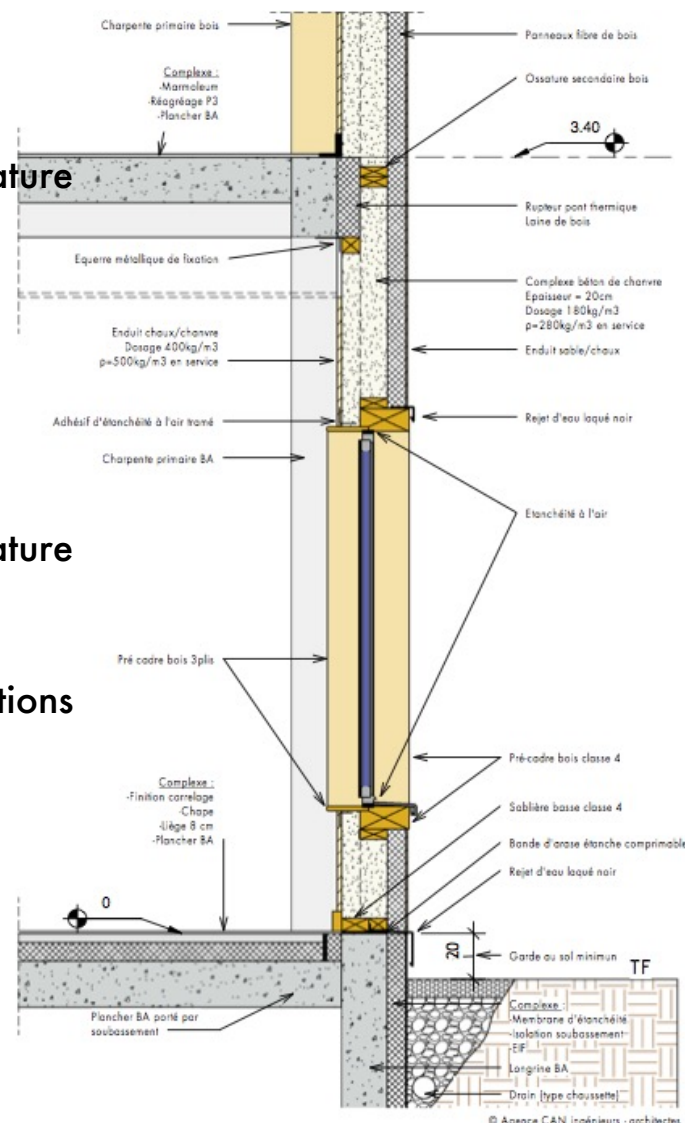
zone sismique avec l'ossature bois).

R_{th} équivalent : 200mm de béton de chanvre

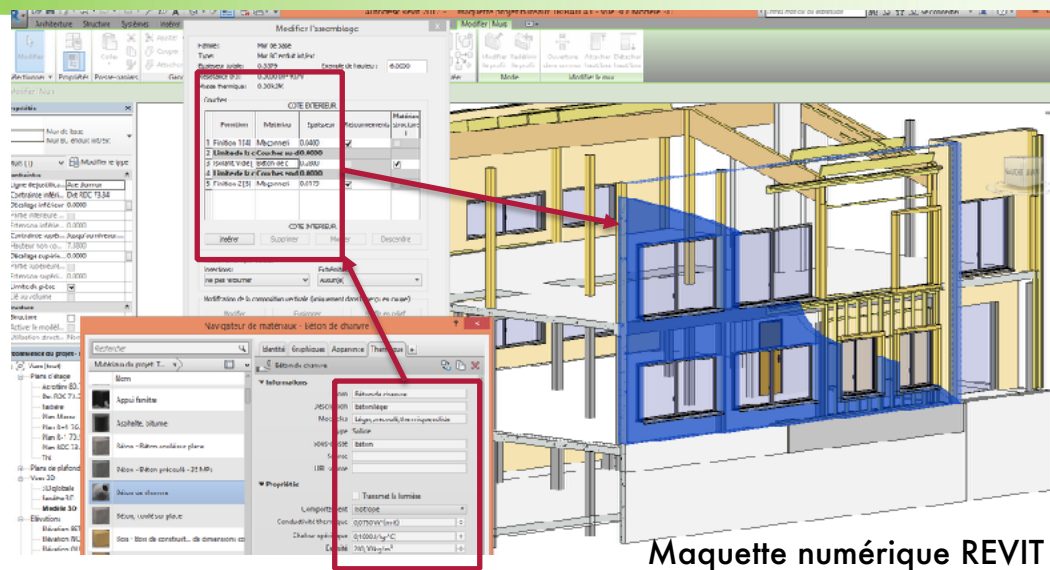
80mm de fibre de bois

dense perspirante

$$\underline{R_{th} = 4,65 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}}$$



Performances visées



Maquette numérique REVIT



Label HPE

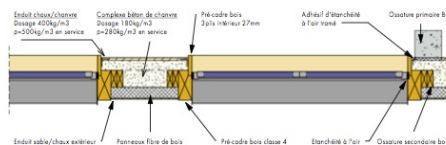
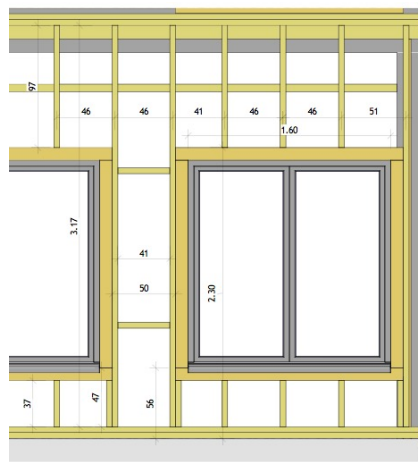
**Bbio : Besoin
Bioclimatique
>20 % sur la RT2012**

Besoins en chauffage, ventilation,
éclairage...

On va jouer sur :

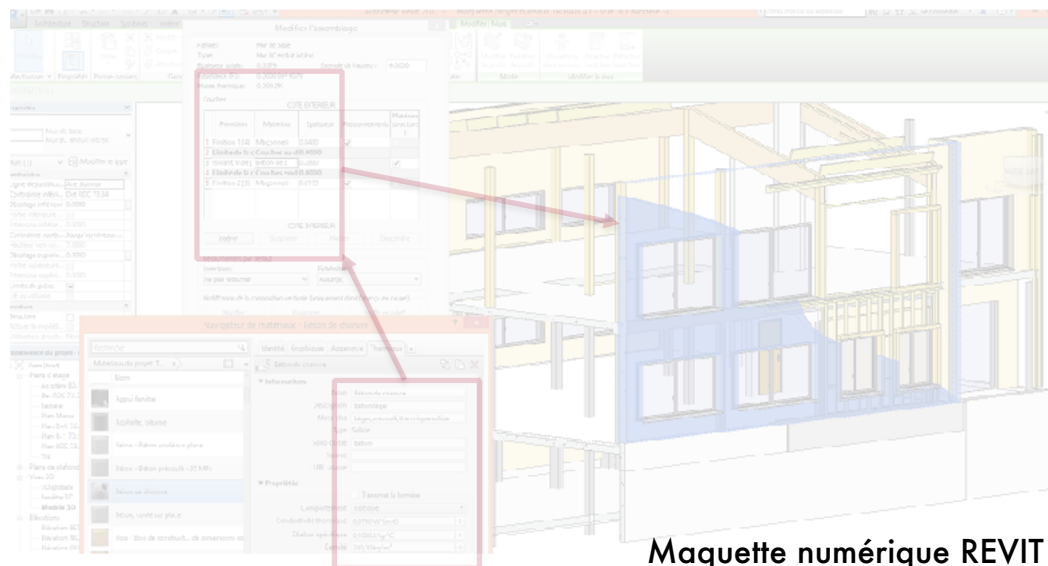
- l'orientation
- l'implantation du bâtiment,
- l'isolation,
- l'inertie,
- l'étanchéité $Q_4 < 0.9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

**Cep : consommation E
primaire
>40% sur la RT2012**



- Ossature Bois = 120*45mm
- Enrobage minimum conforme aux règles professionnelles d'exécution chanvre (+8cm).
- Enduit en mortier de chanvre intérieur (souplesse et respect des échanges hydriques)
- Enduit chaux/sable extérieur adapté au support (fibre de bois sous AT).
- Centrale PV de 13,2kWc

Performances obtenues



Maquette numérique REVIT

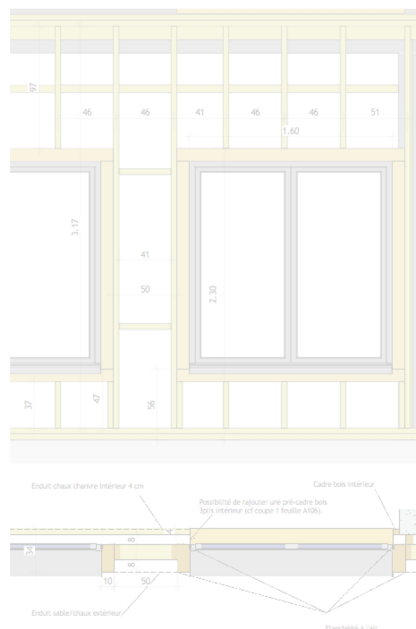


Label HPE

**Bbio : Besoin
Bioclimatique
- 23,9 %** sur la RT2012

- Ossature Bois = 120*45mm
- Enrobage minimum conforme aux règles professionnelles d'exécution chanvre
- Enduit en mortier de chanvre intérieur
- Enduit chaux/sable extérieur adapté au support

- **Ep = 31cm** (complexe total)
- **Traitement des linéaires ponts thermiques bois et béton ciment**



Besoins en chauffage,
ventilation, éclairage...

On va jouer sur :

- l'orientation
 - l'implantation du bâtiment,
 - l'isolation,
 - l'inertie,
 - l'étanchéité
- $Q_4 < 0.9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

**Cep : consommation E
primaire
- 48,9%** sur la RT2012

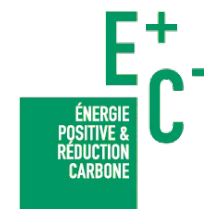
Exigences label **B**âtiments
Biosourcés

Exigences **H**aute **P**erformance **É**nergétique **HPE**
(**E**ffinergie+)

Respect de cibles de la certification **HQE** (FLJ, QAI et
STD)

Exigences label **B**âtiment **B**as **C**arbone
(BBCA)

Exigences label **E+C-**



Performances visées



Ep = 31cm
(complexe total)



Label **HPE**

Bbio : Besoin Bioclimatique
- 23,9 % sur la RT2012

Besoins en chauffage,
ventilation, éclairage...

On va jouer sur :

- l'orientation
- l'implantation du bâtiment,
- l'isolation,
- l'inertie,
- l'étanchéité

$Q_4 < 0.9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Cep : consommation E primaire

- 48,9% sur la RT2012

PARAMÈTRES NON PRIS EN COMPTE RT2012

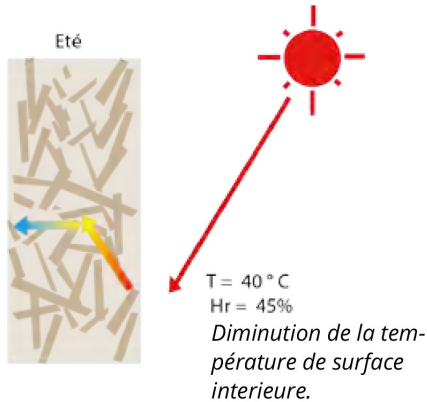
—> **Performances hygro-thermiques :**

- **Inertie** : déphasage thermique, confort d'été et d'hiver
- **Tampon hydrique** (stockage par adsorption/désorption de vapeur d'eau)
- **Climatisation « naturelle »** : chaleur latente de changement d'état de l'eau -> réactions endo/exo thermique en été/hiver.
- Température de confort basse (**régulation de l'humidité relative**)
- Température surfacique équilibrée (**paroi chaude**)

La chaleur latente

Une climatisation naturelle toute l'année

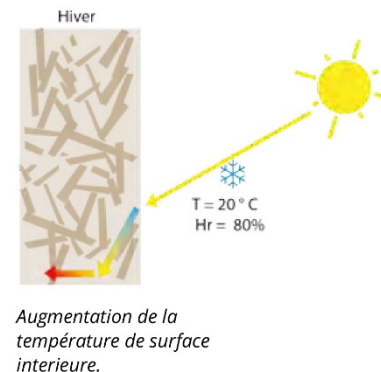
Confort d'été



Il a été observé en laboratoire plus de cinq degrés d'atténuation de la hausse de température sur le palier d'augmentation de la température au sein du mur.

Ce palier participe à la climatisation naturelle opérée toute l'année par des parois en béton de chanvre optimisées, c'est à dire qui présentent des finitions cohérentes avec la perméance et le pouvoir tampon du béton de chanvre.

Confort d'hiver



Thermique des bétons de chanvre



CoDEM Picardie
41 avenue Paul Claudel - 80480 DURY
SIRET : 50137168600012
APE : 7211Z

Tel : 03 22 34 27 05
Fax : 03 22 34 27 08
contact@codempicardie.com
TVA INTRACOMMUNAUTAIRE : FR90501371686

La conductivité thermique moyenne obtenue entre les plaques chaude et froide donne les résultats figurants dans le tableau suivant :

Conductivité thermique obtenue à :

Référence client	Référence CoDEM	Densité de flux thermique $F=N*V$ (W/m ²)	Température moyenne de l'essai (°C)	Différence de T° moy aux bornes de l'éprouvette (en K)	Autre		
					Valeur de conductivité thermique mesurée (W/(m.K))	Incertitude de mesure (W/(m.K))	Incertitude de mesure (%)
Formulation "Mur"	EC0414AC-002A	17,08	9,94	19,99	0,0762	0,0046	6,00%
Formulation "Toit"	EC0414AC-001A	13,75	22,85	20,02	0,0581	0,0035	5,99%

Propriété BCB-TRADICAL

Rthéquivalent pour 28cm —> 3,68 m2.K/W

Simulations WUFI

Murs : enduit chaux-sable de 20 mm, de 30 cm de béton de chanvre et d'un parement intérieur (plaque Fermacell de 15 mm, enduit chaux-sable de 20 mm ou enduit chaux-chanvre de 30 mm).

Extraits

“il est assez surprenant que la **température intérieure ne dépasse jamais les 26°C** : des simulations complémentaires seront donc menées sur ce bâtiment dans d'autres zones climatiques pour vérifier le fonctionnement du modèle. ”

“Les simulations complémentaires ...ont montré que les transferts couplés de chaleur et d'humidité au sein des murs en béton de chanvre **permettent de réduire de 20 kWh/m2/an** le besoin en chauffage du bâtiment lorsque celui-ci est bien isolé par ailleurs (dalle, toiture, etc.) : les 30 cm de béton de chanvre se comportent alors « énergétiquement » comme 22 cm de laine de chanvre (résistance thermique de 5,865 m2.K/W). ”



Label Bâtiment **Biosourcés**

Stockage de matière végétale:
CHANVRE/BOIS/LIÈGE/LIN/OUATE

:

18kg/m² Niveau 1
24 kg/m² Niveau 2

LES DEUX SONT LIÉS



Label **HPE**

Autrement Effinergie+

Bbio : - **20%** sur la
RT2012

Cep : - **40%** sur la
RT2012

+

Cibles HQE :

QAI (Qualité de l'air
intérieur)

FLJ (Facteur Lumière
Jour)

STD (Simulation
Thermique Dynamique)

Objectifs visés par la MOA



Label Bâtiment Biosourcés
On se base sur les DPGF

PROCESSUS CONCEPTION



Label HPE

Bbio : Besoin Bioclimatique

besoins en chauffage,
ventilation, éclairage...

On va jouer sur :

- l'orientation
 - l'implantation du bâtiment,
 - l'isolation,
 - l'inertie,
 - l'étanchéité
- $Q_4 < 0.9 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$

Cep : consommation théoriques

+

Cibles HQE :

QAI / FLJ / STD

Estimatif en PRO :

±202 m³ de béton de chanvre

±31 m³ de liège

+10 tonnes de bois de
charpente

± Cloisonnement et doublage
en isolant mixte
chanvre/lin/ouate

Surface du bâtiment **1000 m²**

Niveau 2 requis :

**Estimatif ± 29kg/m² de
matière biosourcée dans
l'ouvrage (étude BBKA intermédiaire)**

Impact **ENVIRONNEMENTAL** faible -

Puits de carbone : ACV (2006) et **FDES (2015)**

(Données disponibles sur la base INIES au moment de l'étude)

	Unités	Béton plein 20cm + 10cm laine de roche	Thermopierr e 30 cm	BÉTON DE CHANVRE 28CM	Brique terre cuit monomur 37,5cm
Consommation d'Énergie non renouvelable	(MJ / m ²)	352	351	347	712
Changement climatique	(kg eq CO ₂ / m ²)	40	30	17	61

FDES octobre 2021 :

Panneau préfabriqué ossature bois isolé en béton de chanvre Wall'up Préfa :

Réchauffement climatique (kg CO₂ eq.) : 14.8 kg CO₂/m²

Sources : FDES www.inies.fr

Préfabrication



Des Gains sur :

-Phasage chantier :

Travail en atelier en parallèle du lot GO

4 semaines de fabrication et **1 semaine** de mise en œuvre charpente et enveloppe

- Contrôle des conditions **météorologiques** (travail à l'abri des intempéries)
- Mise en œuvre en **filière sèche** (support prêt à recevoir les finitions)
- Conditions** de travail **améliorées** pour les applicateurs (travail en atelier)
- Optimisation des coûts** —> économie sur les postes coulage et coffrage
- Occupation** sur site **réduite** (moins de stockage et d'occupation)



Pose des panneaux en chantier

La préfabrication chaux Chanvre Processus

Fabrication des modules ossatures bois



Intégration des réseaux



Remplissage des modules
dans la chaîne de fabrication



Séchage des modules
contrôle de l'hygrométrie



Pré conditionnement et stockage
en vue du montage chantier



LB
ÉCO HABITAT

La préfabrication chaux Chanvre









Comparaison de systèmes **BIOSOURCÉS** et **CONVENTIONNELS** à Résistance thermique équivalente

Projet **TRIBALLAT** :

- Complexe **fibre de bois + béton de chanvre + enduits à la chaux**
→ 31 cm → $R_{th} = 4,8 \text{ m}^2/\text{W}$

	Mur extérieur en béton de chanvre	Bardage double-peau 18cm laine minérale	Mur agglo / ITE / enduit 18cm laine minérale
Coût façades	138 484,90 €	34 400,00 €	58 050,00 €
Surcoût climatisation	- €	60 000,00 €	60 000,00 €
Surcoût doublage int	- €	2 500,00 €	2 500,00 €
Coût projet	1 603 000,00 €	1 561 415,10 €	1 585 065,10 €
% du prix affecté aux façades	9%	2%	4%
Ecart de prix par rapport à la solution la plus économique	Cout projet Chanvre 2,66%	Cout projet double peau 0,00%	Cout projet Agglo ciment 1,51%

+1,1%

Seulement 1,1% d'écart par rapport à une solution conventionnelle économique

(Moins value liée à la pré-fabrication non prise en compte)

Remerciement/Questions

Merci pour votre attention

Contexte réglementaire et normatif

Cadre donné en 2012

- R+2 + comble
- ERP catégorie 5

Objectif 2022 : validation de la 3^{ième} version des règles professionnelles

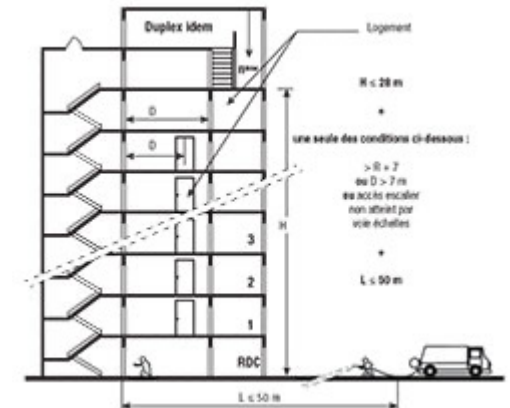
- bâtiment 3^{ième} famille B : ≤ 28 m

Mise à jour des règles professionnelles version 2020 rédigée sur la base du DG100

A noter

2 immeubles d'habitations ont été construits en chaux-chanvre à Paris

- Logement collectifs, rue Myrha – 2014 – R+5
- Logements sociaux, rue Marx Dormoy – 2020 – R+8



Béton de chanvre Projeté mécaniquement

