

JEUDI 27 JUIN 2013 6^e JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

la pierre massive nouvelles exigences nouveaux outils

MAISON DE LA MÉCANIQUE - COURBEVOIE - LA DÉFENSE

Terre et Pierre
Expertise et Innovation



6^E JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC

JEUDI 27 JUIN 2013

MAISON DE LA MÉCANIQUE

39-41, RUE LOUIS BLANC - 92400 COURBEVOIE

LA DÉFENSE

la pierre massive
nouvelles exigences
nouveaux outils

programme

Animation de la journée : **Claude Gargi**, Rédacteur en Chef de la revue PIERRE ACTUAL

9 h 30 **ACCUEIL**

10 h 00 **INTRODUCTION**

10 h 15 **COMPRENDRE LES NOUVELLES RÈGLES DE DIMENSIONNEMENT**
Olivier Chèze, CTMNC

11 h 00 **RT 2012 : PRÉPARER LE FUTUR AVEC LES PIERRES NATURELLES**
■ Informations RT 2012 : concevoir autrement !
■ Exemples d'application : maison individuelle et petit collectif en pierre
André Pouget, Gérant bureau études thermiques *POUGET Consultants*

12 h 00 **DÉBAT**

12 h 30 **DÉJEUNER**

14 h 00 **CONSTRUIRE EN ZONE SISMIQUE : LES BONNES PRATIQUES**
Olivier Chèze, CTMNC

14 h 30 **CALEPINS DE CHANTIER**
Laurent Lehmann, Architecte Ingénieur, Cabinet ELIET & LEHMANN

16 h 00 **TABLE RONDE**
« LA PLACE DE LA PIERRE MASSIVE DANS LA CONSTRUCTION AU XXIÈME SIÈCLE »

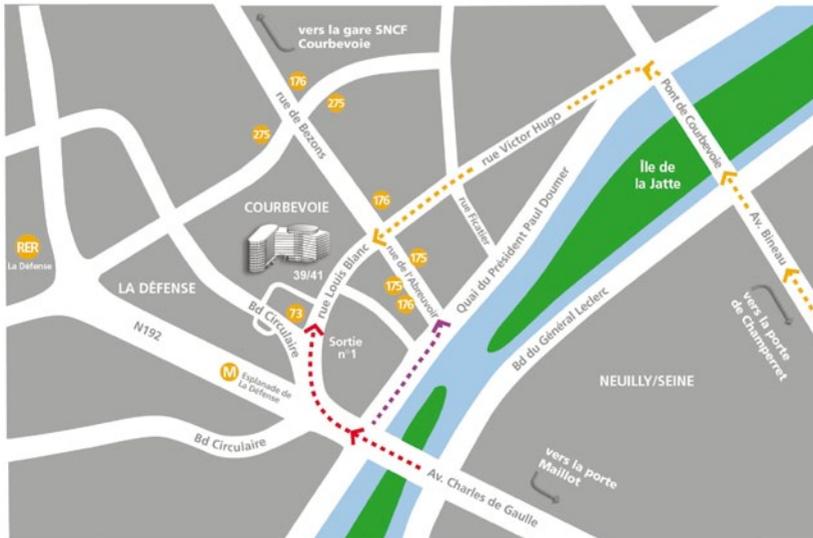
Participants :

Immobilière 3 F - Maître d'ouvrage
Laurent Lehmann, Architecte Ingénieur, Cabinet ELIET & LEHMANN
Olivier Leroy, Carrières du Bassin Parisien
Jean Jacques Montangon, Pierre-Bois-Habitat
André Pouget, Gérant bureau études thermiques *POUGET Consultants*

16 h 45 **SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS**

Chaque intervention sera suivie d'un temps de questions/réponses.

accès



PARKING GRATUIT ACCESSIBLE AUX VISITEURS

En voiture :

- > De Paris - Pont de Neuilly, direction la Défense : boulevard circulaire et sortie n° 1 rue Louis Blanc
- > De Paris - Pont de Neuilly, direction la Défense : après le pont 1ère à droite, quai du Président Paul Doumer ; puis 2ème à gauche rue de l'Abreuvoir ; prochain feu à gauche rue Louis Blanc
- > De Paris porte de Champerret - Avenue Bineau ; pont de Courbevoie ; puis après le pont, tourner à gauche rue Victor Hugo et tout droit jusqu'à la rue Louis Blanc

En métro : Ligne n° 1 - Station Esplanade de la Défense - Sortie Esplanade Charles de Gaulle

En RER : Grande Arche de la Défense (ligne A) puis correspondance métro (ligne n°1 - Esplanade de la Défense)

SNCF : Saint-Lazare - Gares de Courbevoie ou La Défense

BUS : 73 (Musée d'Orsay - La Défense) arrêt Alsace

175 (Asnières-Gennevilliers Gabriel Péri - Porte de Saint-Cloud, via pont de Levallois) arrêt Victor Hugo

176 (Pont de Neuilly - Colombes-Petit Gennevilliers) arrêt Victor Hugo

275 (Pont de Levallois - Grande Arche de la Défense) arrêt Place Charras

la pierre massive nouvelles exigences nouveaux outils

6^E JOURNÉE TECHNIQUE DU CTMNC - JEUDI 27 JUN 2013

MAISON DE LA MÉCANIQUE - 39-41, RUE LOUIS BLANC - 92400 COURBEVOIE - LA DÉFENSE

CONTACT : Nadège VERRIER

ctmnc-roc@ctmnc.fr - tél : 01 44 37 50 00

Terre et Pierre
Expertise et Innovation



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

Olivier Chèze, CTMNC

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

Plan de la présentation

I. Le contexte normatif

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles de maçonnerie ?
- ✧ Résumé de l'Eurocode 6
- ✧ Et le DTU 20.1 ?

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

- ✧ Caractérisation des maçonneries
- ✧ Les différents chargements d'un mur en pierre
- ✧ Et le DTU 20.1 ?

III. Les actions du CTMNC

- ✧ La campagne des essais murets
- ✧ Le hourdage au mortier de plâtre
- ✧ L'outil de dimensionnement « Dimapierre_6 »
- ✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Pourquoi de nouvelles règles de maçonnerie?

- **En France, depuis les années 60, le DTU 20.1**
Norme française des maçonneries de petits éléments
Ouvrages courants (logements, bureaux, bâtiments scolaires)
Construction « traditionnelle »



- **Le « corpus normatif » européen**
Des normes produits : NF EN 771
Des normes d'essai, sur produits ou maçonneries
Des normes de conception : les Eurocodes



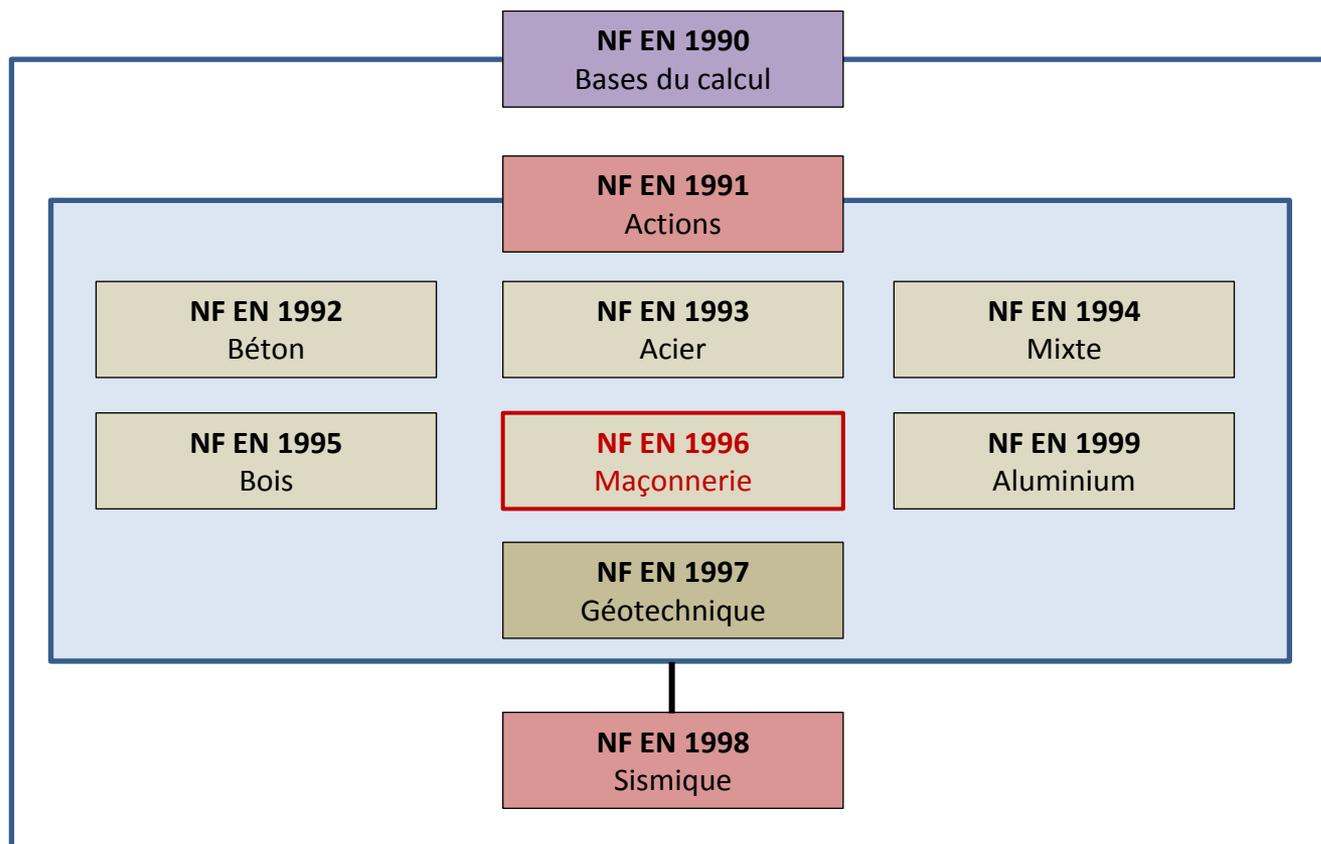
⇒ Etablir un « langage commun » entre tous les pays

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Pourquoi de nouvelles règles ?

- Les cahiers des Eurocodes



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Résumé de l'Eurocode 6

- **Zoom sur l'Eurocode 6**

NF EN 1996-1-1 : règles générales pour ouvrages en maçonnerie armée et non armée

~~NF EN 1996-1-2~~ : Règles générales – comportement au feu
Non réglementaire. En France : PV d'essai feu systématique

NF EN 1996-2 : Conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries

NF EN 1996-3 : Méthodes de calcul simplifiées pour ouvrages en maçonnerie non armée

+ les Annexes Nationales

Les textes européens étant le fruit d'un consensus entre les différents pays, certains choix sont laissés à l'initiative des membres



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Résumé de l'Eurocode 6



- **Les domaines traités de l'Eurocode 6:**

Un grand nombre de familles de produits

Les mortiers courants, à joints minces, allégés

Les maçonneries non armées, confinées, précontraintes, armées

⇒ Prescriptions de résistance, d'aptitude à l'emploi (service), et de durabilité des ouvrages

- **Les domaines non traités :**

L'isolation thermique et acoustique

Les ouvrages spéciaux (coupôles, barrages, voûtes, etc.)

Les mortiers de plâtre, avec ou sans ciment...

L'EC6 permet de dimensionner des ouvrages complexes en maçonnerie

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Et le DTU 20.1 ?



- **Zoom sur le DTU 20.1**

 - DTU 20.1 - P1-1 : Cahier des clauses techniques types

 - DTU 20.1 - P1-2 : Critères généraux de choix des matériaux

 - DTU 20.1 - P2 : Cahier des clauses administratives types

 - DTU 20.1 - P3 : Guide pour le choix des types de murs de façade

 - DTU 20.1 - P4 : Règles de calcul et dispositions constructives minimales

- **Une norme de mise en œuvre et d'exécution plutôt que de conception**

- ⇒ **Le DTU 20.1 et l'EC6 se recoupent sans se recouvrir complètement**

 - Prise en compte des pratiques locales dans l'EC6-2 (mise en œuvre)

 - Renvoi de l'avant-propos national de l'EC6 vers le DTU 20.1 pour les dispositions constructives

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

I. Le contexte normatif

✧ Et le DTU 20.1 ?



- Révision nécessaire de la partie calcul du DTU 20.1 Conformément à l'EC6
- Mais aussi : suppression des doublons + 1 seule partie conception (P3)

DTU 20.1 de 2007	Prochain DTU 20.1 ?
<u>5 parties :</u> <ul style="list-style-type: none">- P1-1 : CCT- P1-2 : CGM- P2 : CCS- P3 : Guide pour le choix des types des murs de façades- P4 : Règles de calcul	<u>4 parties :</u> <ul style="list-style-type: none">- P1-1 : CCT- P1-2 : CGM- P2 : CCS- P3 : Guide pour le choix des types des murs de façades, et règles de dimensionnement

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

I. Le contexte réglementaire

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles de dimensionnement ?
- ✧ Résumé de l'Eurocode 6
- ✧ Et le DTU 20.1 ?

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

- ✧ Caractérisation des maçonneries
- ✧ Les différents chargements d'un mur en pierre
- ✧ Des méthodes simplifiées dans le DTU 20.1

III. Les actions du CTMNC

- ✧ La campagne des essais murets
- ✧ Le hourdage au mortier de plâtre
- ✧ L'outil de dimensionnement « Dimapierre_6 »
- ✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Caractérisation des maçonneries

- Une conception selon les Eurocodes tient compte de la durée d'utilisation (50 ans), de sa durabilité, de la gestion de la qualité, etc.
- ⇒ **Exigences sur les produits**
Notion de catégorie déclarée
Notion de résistance normalisée } **Marquage CE !**
- ⇒ **Exigence sur la résistance de la maçonnerie**
Utilisation des valeurs caractéristiques (charges, résistance...)
- ⇒ **Exigences sur l'exécution**
Notion de niveau de contrôle qualité
Modulation par un coefficient de sécurité

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigences sur les produits

- Le classement en groupe d'éléments

Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	Groupe 4
Eléments pleins	Eléments constitués d'alvéoles verticales		Eléments constitués d'alvéoles horizontales

Les groupes d'éléments de l'Eurocode 6

- **La notion de catégorie déclarée**

Pour un élément de maçonnerie, 2 catégories possibles :

- Catégorie I : ceux pour lesquels la probabilité de ne pas atteindre la valeur déclarée est seulement de 5% !
- Catégorie II : les autres

⇒ **Les éléments en pierre font partie du groupe 1 et sont de catégorie II**

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigences sur les produits

- La résistance moyenne « normalisée »

Question : comment comparer une résistance à la compression d'un bloc de béton creux 20 x 20 x 10 cm avec celle d'un élément en pierre de 60 x 30 x 25 cm par exemple ?

- ⇒ En testant des éprouvettes de même dimensions (10 x 10 x 10 cm)
- ⇒ Et avec le même conditionnement (séchage à l'air ambiant)

⇒ Une résistance à la compression mesurée avec ces deux conditions est une résistance « normalisée »

Il existe des coefficients de passage pour passer d'une résistance à la compression mesurée selon d'autres conditions vers la résistance normalisée

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigence sur la résistance de la maçonnerie

- La résistance « caractéristique » d'une maçonnerie

Les Eurocodes (dont l'EC6) utilise des valeurs caractéristiques pour la détermination des charges et des résistances

Résistance caractéristique de la maçonnerie : valeur de la résistance de la maçonnerie dont la probabilité de ne pas être atteinte est de 5 % dans une série d'essais supposés (par hypothèse) illimitée

- Plusieurs façons de déterminer cette valeur :

- Par des essais
- En utilisant une formule dans l'EC6
- Ou en utilisant les valeurs forfaitaires si elles existent

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigences sur l'exécution

- Niveau de contrôle

IL1(*)	IL2(*)	IL3(*)
Seul un contrôle interne est prévu (pas de contrôle externe par une tierce partie)	Définition d'un plan d'assurance qualité (PAQ) pour le chantier ⁽¹⁾ Contrôle non continu du PAQ par le maître d'ouvrage ou son représentant ⁽²⁾	Définition d'un plan d'assurance qualité (PAQ) pour le chantier ⁽¹⁾ Contrôle continu du PAQ par le maître d'ouvrage ou son représentant ⁽²⁾

⇒ Impact sur le coefficient de sécurité à considérer :

Maçonnerie	γ_m		
	Niveau de contrôle de l'exécution		
	IL3	IL2	IL1
Éléments de catégorie 1, mortier performantiel ⁽¹⁾	1,5	2,0	2,5
Éléments de catégorie 1, mortier de recette ⁽²⁾	1,7	2,2	2,7
Éléments de catégorie 2, tout mortier ⁽¹⁾⁽²⁾	2,5	3,0	3,5

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigences sur l'exécution

- Exemple : comparaison DTU 20.1 (2007) / EC6

Cherchons la résistance à la compression d'un mur de maçonnerie
Hypothèses :

- Niveau de contrôle : IL1
- Eléments en pierre de catégorie II
- Pierre de résistance (normalisée) 15 MPa
- Joints épais, mortier de résistance 5 MPa

DTU 20.1 de 2007	EC6
<u>Chargement centré :</u> R = 15,0 MPa N = 8	<u>Utilisation de la formule :</u> $f_b = 15,0 \text{ MPa}$ $f_m = 5,0 \text{ MPa}$ $f_k = 4,8 \text{ MPa}$
$C = R/N = 15 / 8 = 1,9 \text{ MPa}$	$f_k / \gamma_m = 4,8 / 3,5 = 1,4 \text{ MPa}$

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Exigences sur l'exécution

- **Exemple : comparaison DTU 20.1(2007) / EC6**
L'EC6 est plus sécuritaire (écart de 30% sur l'exemple)
 - ⇒ Influence du niveau de contrôle (écart divisé par 2 si IL2)
 - ⇒ Influence de la catégorie : les résistances seraient les mêmes si l'élément en pierre était déclaré de catégorie I
- **En pratique, impact relativement limité**
Les charges d'un bâtiment sont en général assez faibles en regard de la résistance des éléments : l'écart avec le DTU 20.1 se fait sentir à partir des R+4

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Les différents chargements d'un mur en pierre

- **Des méthodes complètes...**

Les méthodes de calculs complètes pour des chargements combinés permettent désormais de réaliser des ouvrages complexes en maçonnerie (Bureaux d'Etudes).

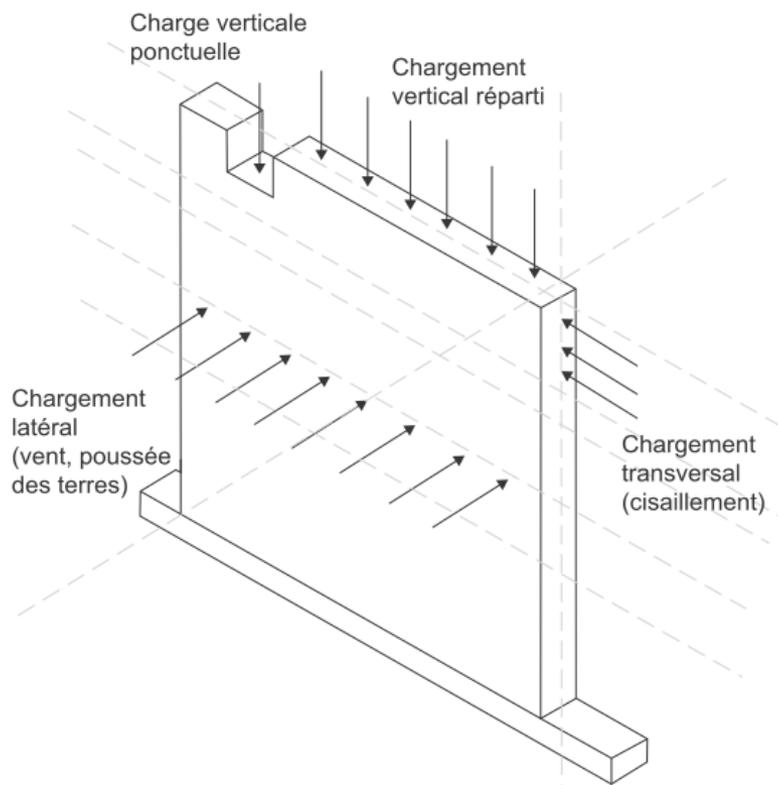
Partie 1-1 : méthodes de calculs pour :

- Chargement vertical
- Chargement concentré
- Cisaillement
- Chargement latéral : charges dues au vent, pression des terres et de l'eau
- Chargement combiné : charges verticales et latérales

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

- ✧ Les différents chargements d'un mur en pierre
 - Des méthodes complètes...



Source : « Dimensionner les ouvrages en maçonnerie », Ed. Eyrolles/AFNOR

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Les différents chargements d'un mur en pierre

- ...mais aussi des méthodes simplifiées !

Eurocode 6 - Partie 3 : Méthodes de calculs simplifiées pour :

- Les maçonneries non armées
 - Chargement vertical
 - Chargement concentré
- ⇒ Adapté aux bâtiments courants (Ml, petits collectifs)

Chargement vertical - EC6 simplifié - Annexe du futur DTU 20.1 :

Ce qu'il faut connaître pour faire le calcul :

- Chargement centré ou excentré ?
- Elancement du mur (rapport entre hauteur et épaisseur)
- Portée des planchers
- Résistance déclarée de l'élément de maçonnerie
- Mode de montage : joints maçonnés ou collés ?

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Et le DTU 20.1 ?



- Les ouvrages justifiés par le DTU 20.1 actuel pourront continuer à être justifiés par une méthode de calcul simple
- La méthode de calcul simplifiée à introduire dans l'annexe du DTU 20.1 pour le calcul au chargement vertical devrait être aussi simple que la méthode du DTU 20.1 actuel.

Les méthodes de calcul de l'EC6 de la maçonnerie non armée s'appliquent pour la maçonnerie française du DTU 20.1

La maçonnerie chaînée du DTU 20.1 est considérée comme non armée au sens de l'EC6 avec des dispositions constructives spécifiques

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

✧ Et le DTU 20.1 ?



- **Résumé :**

- L'Eurocode 6 :

- Des nouvelles notions (catégorie, résistance normalisée...)
 - Des méthodes complètes, pour des ouvrages complexes
 - Mais aussi des méthodes simplifiées !

- Le prochain DTU 20.1 :

- Domaine d'application inchangé
 - Simplification (doublon, partie conception, etc.)
 - Intégration des méthodes simplifiées de l'EC6

⇒ **L'Eurocode 6 ne bouleversera pas nos habitudes**

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

I. Le contexte réglementaire

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles de dimensionnement ?
- ✧ Résumé de l'Eurocode 6
- ✧ Et le DTU 20.1 ?

II. Les nouvelles notions de l'Eurocode 6

- ✧ Caractérisation des maçonneries
- ✧ Choses à vérifier pour un mur en pierre
- ✧ Et le DTU 20.1 ?

III. Les actions du CTMNC

- ✧ La campagne des essais murets
- ✧ Le hourdage au mortier de plâtre
- ✧ L'outil de dimensionnement Dimapierre_6
- ✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ La campagne des essais murets

- **Des essais pour...**
 - Tester la « robustesse » de la formule de l'EC6
 - Réviser si nécessaire les coefficients de calcul de la résistance à la compression des maçonneries en pierre naturelle
 - **Constitution d'une base de données « pierre »**
 - Mesures de la vitesse du son
 - Coefficients de conditionnement
 - Module d'élasticité...
- ⇒ Objectif : mieux connaître les propriétés des pierres

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ La campagne des essais murets

- **Quels moyens ?**

4 classes de mortiers, 6 natures de pierre

⇒ 64 murets testés en 2012, selon la norme NF EN 1052-1

Programme d'essais

	P. tendre 1 (Tuffeau)	P. tendre 2 (Noyant)	P. ferme 1 (Caen)	P. ferme 2 (Saint Pierre)	P. dure 1 (Comblanchien)	P. dure 2 (Lanhelin)
Mortier M2.5	x	x				
Mortier M5	x	x	x	x		
Mortier M10	x		x		x	x
Mortier M20	x	x	x	x	x	x

Source : Protocole opératoire rédigé par le CSTB

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013

- ✧ La campagne des essais murets
 - Quelques photos des essais



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

- ✧ La campagne des essais murets
 - Quelques photos des essais



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

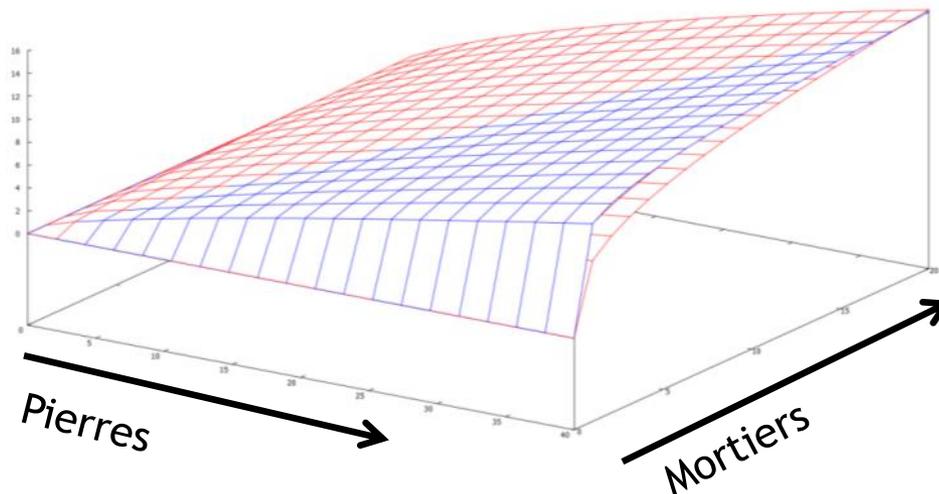
III. Les actions du CTMNC

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013

✧ La campagne des essais murets

- Résultats des essais sous presse

EUROCODE 6 :	CAMPAGNE D'ESSAIS :
\forall la pierre, $f_k = 0,45 \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,3}$	Si $f_b \leq 40$ MPa, $f_k = 0,4 \cdot f_b^{0,85} \cdot f_m^{0,15}$ Sinon, $f_k = 0,7 \cdot f_b^{0,7} \cdot f_m^{0,15}$



⇒ Ecart d'environ 10 % pour les pierres tendres

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

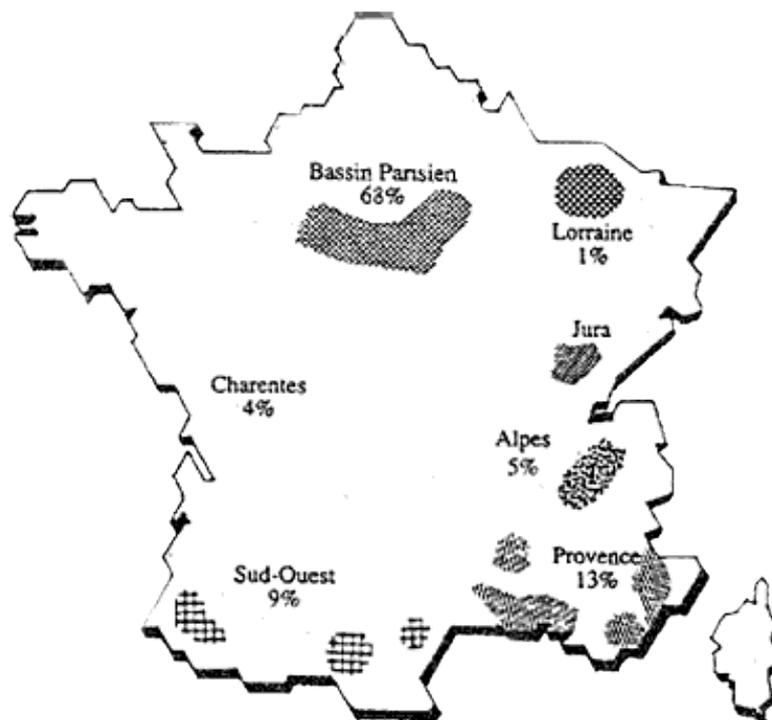
III. Les actions du CTMNC

✧ Le hourdage au mortier de plâtre

- **Une pratique ancienne, encore utilisée...**

Un liant facile à fabriquer, bon marché

Aux propriétés intéressantes : rapidité de prise, finesse de mouture, résistance mécanique



⇒ Gypse en abondance en région parisienne, et le Sud de la France

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ Le hourdage au mortier de plâtre

- **... mais une pratique oubliée de l'Eurocode 6**

Les mortiers de plâtre avec ou sans ciment ne font pas partie du domaine visé par l'EC6

Des mortiers de plâtre aux propriétés connues, sauf pour la résistance au cisaillement (contreventement)

Quelle résistance au cisaillement pour le DTU 20.1 ?

- ⇒ **Des essais de résistance au cisaillement de mortiers de plâtre sont actuellement réalisés au CTMNC**

Selon la norme NF EN 1052-3

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013



- ✧ Le hourdage au mortier de plâtre
 - Quelques photos des essais



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

- ✧ Le hourdage au mortier de plâtre
 - Quelques photos des essais



Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ L'outil de dimensionnement *DIMAPIERRE_6*

- **Un outil pour :**
 - Contribuer à la diffusion des nouvelles règles de construction de la maçonnerie
 - Apporter aux bureaux d'études et aux professionnels un outil d'aide à la conception des murs en maçonnerie en pierre naturelle selon l'Eurocode 6
- **Implémentation des méthodes complètes (dont les méthodes simplifiées) de l'Eurocode 6**
Bientôt, ajout des dispositions de l'Eurocode 8
- **Téléchargement libre, avec son manuel d'utilisation, sur le site du CTMNC (www.ctmnc.fr)**

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013

✧ L'outil de dimensionnement DIMAPIERRE_6

MUR SOUMIS À UN CHARGEMENT VERTICAL
Méthode simplifiée du § 4.2 de l'EN 1996-3

IL & PROPRIÉTÉS DE LA MAÇONNERIE

Niveau d'inspection (IL) : 0.1
 Catégorie de l'élément : II

Mortier : performant

ϕ_{ef} : 0.6
 f_t (MPa) : 3.67
 γ_m : 3.3
 ϕf_d (MPa) : 1.11

DIMENSIONS

h (m) : 2.70
 L (m) : 1.00
 t (m) : 0.20
 L_y (m) : 6.00
 b (m) : 0.15

Paramètres

<< Accueil

HYPOTHÈSES DE CALCUL

Mur : en rive de plancher	N_{ed} (kN/m)	48.7
Plancher : appui simple, en BA	$g_{x,y}$ (kN/m)	0.0
Bords maintenus du mur : 2	$q_{x,y}$ (kN/m)	0.0
h_{ed} (m) : 15.0	N_{ed} (kN/m)	48.7
c_1 : 0.14	w (N/m ²)	1000
c_2 : 0.023	q_{ed} (N/m ²)	900
$\alpha = N_{ed}/(c_1 f_d)$: 0.22		

Note : Valeur en grise = valeur non paramétrable !

LA MÉTHODE DE CALCUL SIMPLIFIÉE S'APPLIQUE-T-ELLE ? (cochez/décochez les cases libres ci-dessous)

- La hauteur du bâtiment h_{ed} est inférieure à 16,0 m.
- La hauteur libre d'un étage est inférieure à 3,2 m (ou 4,0 m pour le RDC avec $h_{ed} > 7,0$ m)
- Les valeurs caractéristiques des actions variables des planchers et de la toiture du bâtiment n'excèdent pas 5,0 kN/m².
- Les murs du bâtiment sont alignés verticalement en hauteur.
- Les planchers et la toiture ont un appui sur les murs du bâtiment d'au moins 0,4 m, sans être inférieur à 75 mm.
- Les murs sont maintenus latéralement et perpendiculairement par les planchers (toiture) ou des chaînages rigides.
- Si le mur sert d'appui de rive de planchers, la portée du plancher (cf vérif) :

$f_d > 2,5$ MPa : $L_y \leq 7,0$ m et $L_y \leq 4,5 + 10 t$	6,5 m	S/O
$f_d \leq 2,5$ MPa : $L_y \leq 6,0$ m et $L_y \leq 4,5 + 10 t$	6,5 m	OUI
- Si le mur sert d'appui de rive de toiture, la portée du toit est inférieure à 7,0 m (14,0 m si fermes en bois ou acier)
- L'épaisseur du mur servant d'appui de rive et soumis à des charges dues au vent vérifie :

$t \geq \frac{c_1 w_{ref} h_{ed}}{N_{ed}}$	0,08 m	OUI
--	--------	-----

DÉTERMINATION DE LA RÉSISTANCE DE CALCUL AUX CHARGES VERTICALES DU MUR

On doit vérifier : $N_{ed} \leq N_{Rd} = \phi_{ef} A$ et $\frac{h_{ed}}{t_{ef}} \leq 27$

Où :

- Pour les murs intermédiaires, $\phi_{ef} = 0,85 - 0,0011 \left(\frac{h_{ed}}{t_{ef}}\right)^2$: S/O
- Pour les murs servant d'appui de rive de planchers, $\phi_{ef} = 0,85 - \left(\frac{h_{ed}}{t_{ef}}\right) \leq 0,85$: 0,55
- Pour les murs servant d'appui de rive, au niveau le plus élevé, $\phi_{ef} = \min(\phi_{ef}, \Phi_{2d1} 0,4)$: S/O

Avec :

t_{ef} (m)	0,20 (mur simple)	
L_{ref} (m)	6,0 (plancher à appui simple)	
$h_{ed} = \rho_{ef} h$ (m)	2,01	
ϕ_n	2	
ρ_{ef}	0,75	

Enfin :

N_{ed} (kN/m)	48,7	h_{ed}/t_{ef} : 10,1
N_{Rd} (kN/m)	122,5	>> Méthode Générale

La résistance à la compression du mur est vérifiée.

Lancer la vérification
Imprimer
Aide

DIMAPIERRE-6
Outil d'aide au dimensionnement des maçonneries en pierre naturelle selon l'Eurocode 6

DOMAINE D'APPLICATION

L'outil DIMAPIERRE-6 est destiné à simplifier le dimensionnement des maçonneries en pierre naturelle aux états limites ultimes selon l'Eurocode 6. Utilisé conjointement au pré-dimensionnement de l'ouvrage, il permet en quelques opérations simples d'établir une note de calcul de vérification de la résistance d'un mur de maçonnerie en pierre vis-à-vis d'une sollicitation verticale. Il ne dispose pas d'algorithmes de vérification de la stabilité globale du bâtiment qui ont fait l'objet d'une étude en phase de charge.

Les maçonneries en pierre naturelle non armées et les maçonneries en pierre naturelle chaînées sont couvertes par l'ensemble des méthodes de vérification de DIMAPIERRE-6, à l'exception de la vérification d'un mur soumis à un glissement où toutes les maçonneries non armées sont prises en charge.

Le site des méthodes de vérification des cas de chargement représentatifs est détaillé ci-après (version 02.06.13) :

- Mur soumis à un chargement vertical,
- Mur soumis à un chargement latéral,
- Mur soumis à un cisaillement,
- Mur soumis à des charges concentriques,
- États d'un étage.

Ces méthodes de vérification sont reprises de l'Eurocode 6 de mai 2006. D'a nouvelles méthodes de vérification pourront être ajoutées dans les versions ultérieures (dimensionnement des cordons d'anchorage d'un mur double, calcul des murs enterrés...).

Le dimensionnement complet est conforme l'EN 1996 et son annexe nationale française (E60), ainsi que les normes européennes NF EN 772-1 et NF EN 771-6.

CONDITIONS D'UTILISATION

1. L'outil de calcul DIMAPIERRE-6 est fourni sous aucune responsabilité de CTMNC. L'utilisateur s'est par ailleurs engagé à développer un logiciel qui soit de qualité. Il n'a pas non plus le droit de le commercialiser.
2. Le CTMNC ne donne aucune garantie, explicite ou implicite, à l'utilisateur des résultats obtenus par cet outil, et n'assume aucune responsabilité relative à l'utilisation de ce-ci. Le CTMNC n'est pas responsable ni des erreurs, ni des omissions, ni des omissions contenues dans l'outil.
3. L'utilisateur assume l'entière responsabilité dans la détermination de l'utilisation appropriée dans chaque cas de vérification et pour toutes conséquences liées des résultats de son exploitation. Tous les résultats de travail doivent être vérifiés par un vérificateur compétent.

INSTALLATION

L'outil de calcul DIMAPIERRE-6 est présenté sous la forme d'un fichier Excel utilisant des macros programmées en langage VBA.

Vous devez donc autoriser l'exécution des macros dans votre logiciel Excel pour utiliser DIMAPIERRE-6. Si aucun message ne s'est affiché à l'ouverture de l'outil, ou que vous n'êtes pas sûr que l'exécution des macros ait été autorisée ou votre ordinateur, veuillez taper les mots-clés suivants « activer les macros » dans l'outil d'aide disponible sur votre logiciel et suivre les instructions. Deux versions du fichier sont téléchargeables : une version optimisée pour Excel 2010 ou supérieure et une autre pour les versions d'Excel antérieures (version 07 ou 2003). La liste l'outil de choix est en accord avec le version d'Excel installée sur votre ordinateur.

Une fois téléchargé, appuyez sur F5 dans l'onglet qui s'ouvre de votre ordinateur et sur F5 et sur F5.

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

- **Le programme « RAGE »**

RAGE = Règles de l'Art du Grenelle de l'Environnement

⇒ Mise à jour des règles de l'art et rédaction de nouvelles règles relatives aux constructions en matière d'efficacité énergétique (« Grenellisation » des règles de construction)

- **Moyens**

- Mise en place d'un groupe de travail (CAPEB, FFB, AQC, CSTB...)
- 20 M€ financés par EDF et GDF-Suez
- commandes passées auprès des Centres Techniques pour la rédaction des documents (CSTB, CTICM, CTMNC...)

- **Le CTMNC est chargé des recommandations professionnelles sur les murs doubles**

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

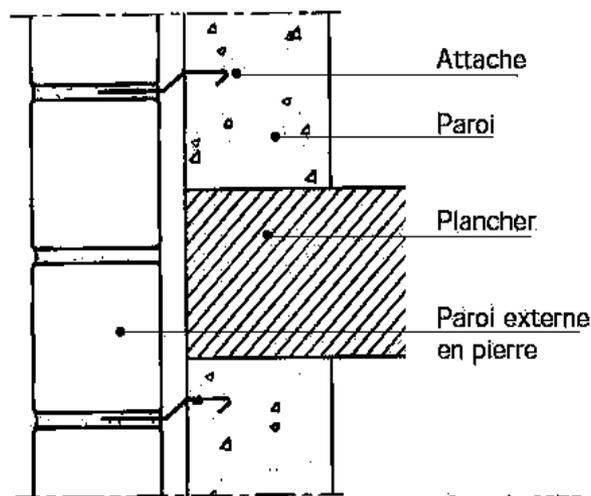
III. Les actions du CTMNC

✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

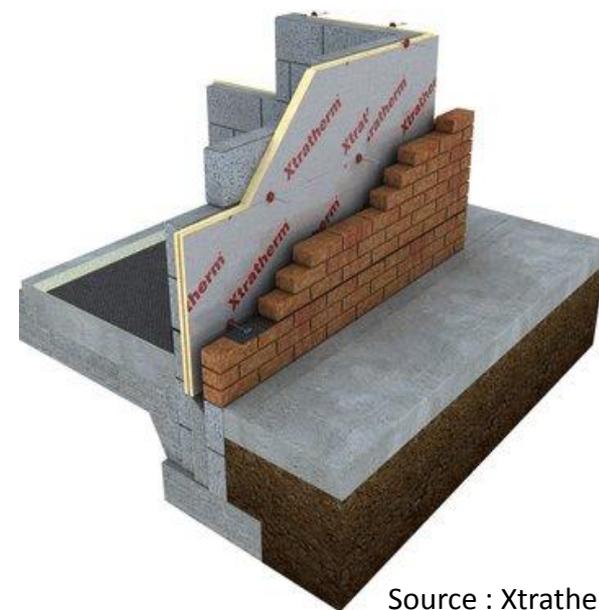
- **Définition d'un mur double**

Mur support (int.) + isolant + lame d'air + mur de parement (ext.)
⇒ Solution pour une isolation par l'extérieur et un parement en pierre (intérieur et/ou extérieur)

Mur double autoporteur



Croquis CSTB



Source : Xtratherm®

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

III. Les actions du CTMNC

✧ Le programme « RAGE » (Murs doubles)

- Textes publiés ou en cours de rédaction :

- Guide des rupteurs thermiques sous Atec (publié, téléchargeable)
- RP des murs doubles ITE
- RP des maçonneries isolantes (ITR, ITI)
- RP ITE avec enduits sur isolant
- RP ITE avec bardage
- Guide de conception et mise en œuvre des coffres de volets roulants
- ...

- **A télécharger librement sur :**

<http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr/>

Comprendre les nouvelles règles de dimensionnement

Pour finir...

✧ Des informations utiles !

- **Ouvrages**
« Dimensionner les ouvrages en maçonnerie », Ed. Eyrolles/AFNOR
- **Documentation**
« Dimensionnement des murs en maçonnerie », 2012, CSTB Editions
« Mieux comprendre le contexte normatif relatif à la maçonnerie en pierre naturelle », tiré à part des articles du CTMNC parus dans la revue *Pierre Actual*)
- **Outils de calcul**
Classeur de calcul du vent Excel, sur e-cahiers.cstb.fr
Dimapierre_6 + manuel d'utilisation, sur www.ctmnc.fr

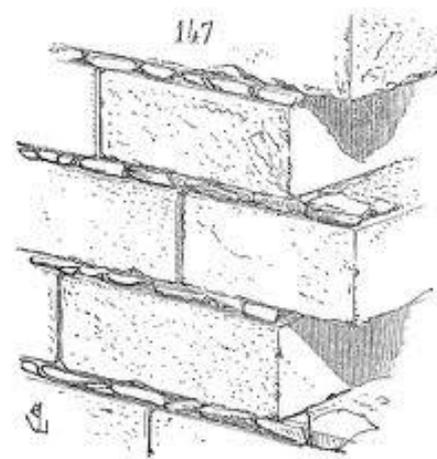
Construire en zone sismique

Fin

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013



Merci de votre attention !



RT2012 ...

...concevoir autrement !

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013



Nantes/ Paris 01 42 59 53 64 – www.pouget-consultants.fr



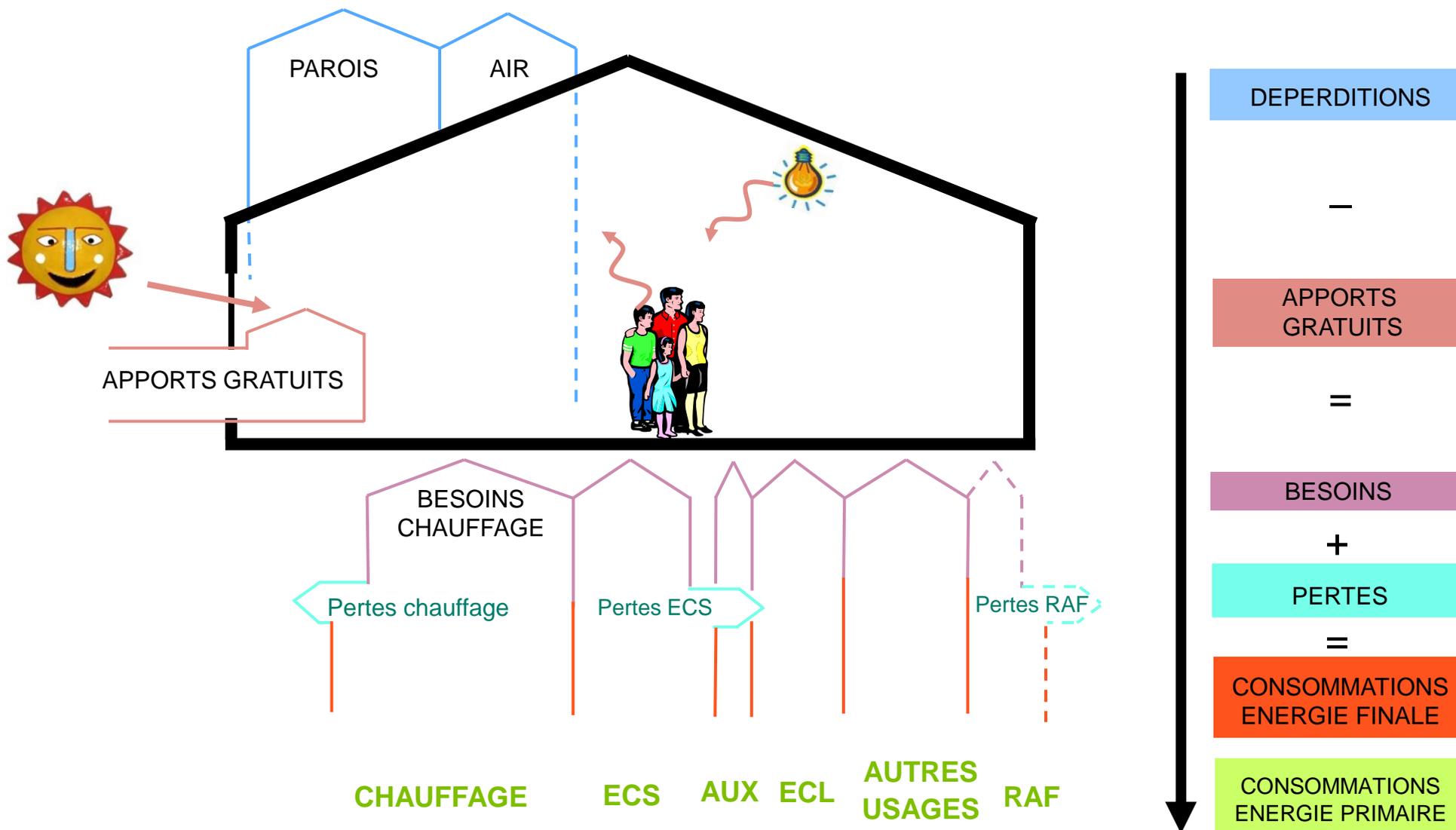
✧ RT2012, informations essentielles

- « *On vient d'où ?* » Visualisation bilan énergétique, rappels RT
- RT 2012 « *C'est quand qu'on va où ?* »

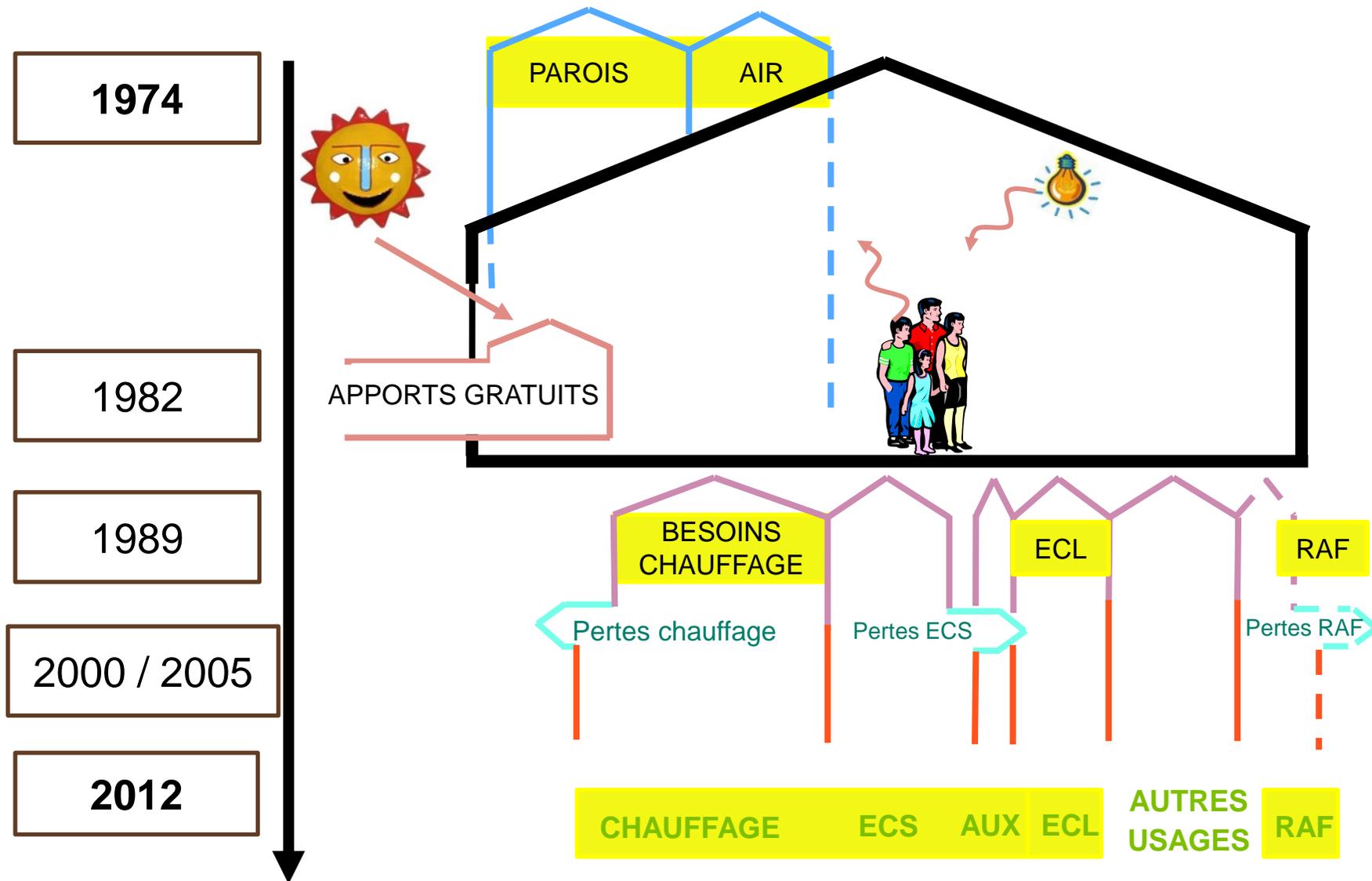
✧ RT2012, bâti pierre, « *la preuve par l'exemple !* »

- Maison / Immeuble en pierre

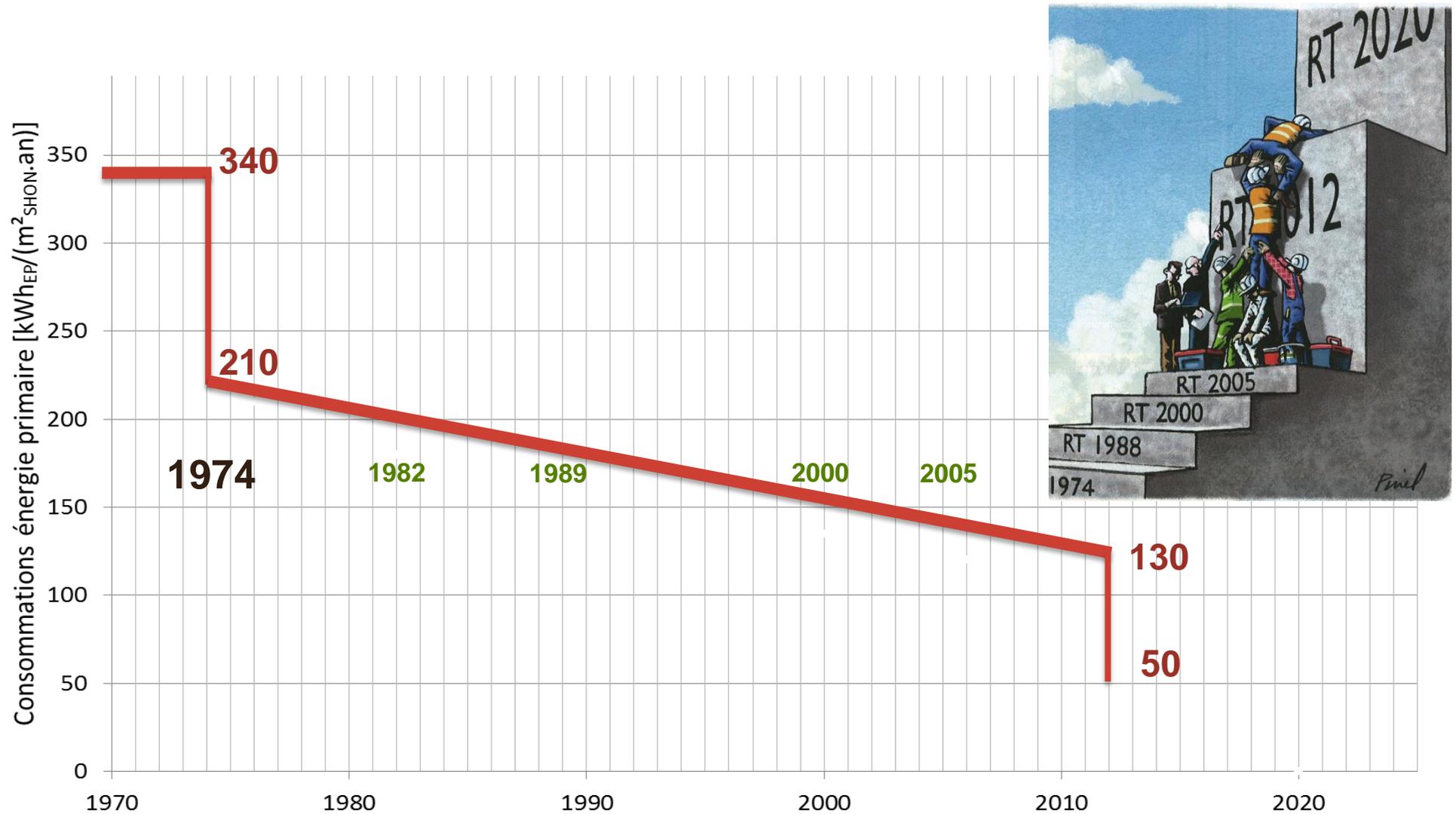
Bilan énergétique d'un bâtiment



La petite histoire des réglementations thermiques...



Exigences RT2012 / RT précédentes



Évolution des consommations réglementaires 5 usages en kWhEP/(m².an) pour bâtiments résidentiels avec combustibles en zone H2

Attestations

✧ Pour le dépôt du Permis de Construire :

- Calcul de Bbio
- Etude de faisabilité en approvisionnement des énergies (>1000m²)

✧ A l'achèvement des travaux, document après vérification in-situ :

- Synthèse d'étude thermique
- Isolants mis en œuvre et systèmes
- Tests de perméabilité



3 exigences de performances globales de la RT 2012

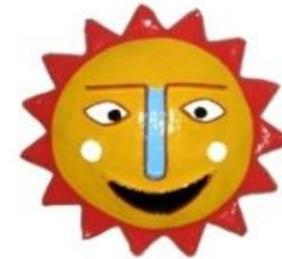
- **Cep max :** Consommations conventionnelles d'énergie primaire
5 usages « chauffage / refroidissement / éclairage / ecs / auxiliaires »
déduction faite de l'électricité produite à demeure
- **B bio max :** Besoin bioclimatique conventionnel en énergie
3 usages « chauffage / refroidissement / éclairage »
- **Tic \leq Ticréf :** Température intérieure conventionnelle d'un local
comme critère pour le confort d'été

nouveau



Coefficient B bio max : définition, modulations

Calculs pour 3 usages « *chauffage / refroidissement / éclairage* »
Exprimé sans dimension en nombre de points



Exigence: $B \text{ bio} \leq B \text{ bio max}$

$$B \text{ bio max} = B \text{ bio max moyen} \times (M_b \text{ géo} + M_b \text{ alt} + M_b \text{ surf})$$

Avec:

- B bio max moyen: valeur moyenne du B bio max définie par type d'occupation du bâtiment et par catégorie CE1/ CE2;
- Mb géo: coefficient de modulation selon la localisation géographique;
- Mb alt: coefficient de modulation selon l'altitude;
- Mb surf: coefficient de modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment (que maisons individuelles)

**« *L'énergie la plus respectueuse de l'environnement,
c'est celle qui n'est pas consommée !* »**

Coefficient Cep max : définition, modulations

Calculs pour **5 usages**:

« *chauffage / refroidissement / éclairage / ECS / auxiliaires* »

Exprimé en kWhep / (m².an) d'énergie primaire

50 kWh

Cep max = 50* x Mc type x (Mc géo + Mc alt + Mc surf + Mc GES)

Avec:

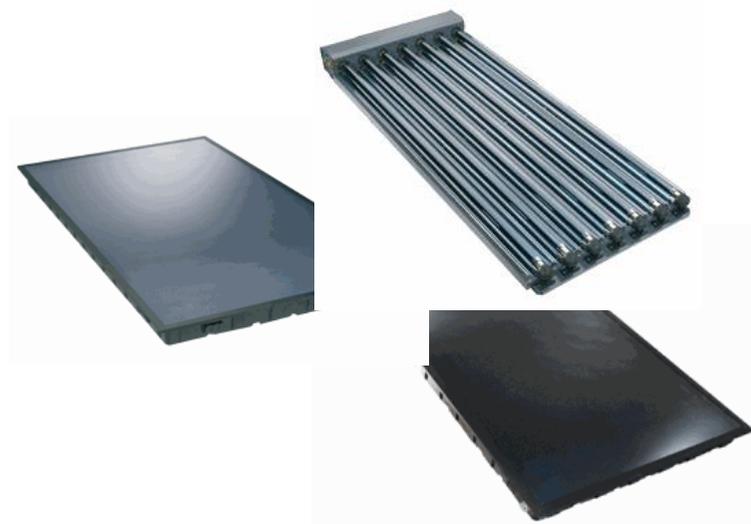
- **Mc type**: coef. modulation selon type d'occupation du bâtiment et par catégorie CE1/CE2;
- **Mc géo**: coef. modulation selon la localisation géographique;
- **Mc alt**: coef. modulation selon l'altitude
- **Mc surf**: coef. modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment
- **Mc GES**: coef. modulation selon les émissions de gaz à effet de serre des énergies utilisées.

*57,5 (+15%) pour immeubles avec PC < 31/12/2014 !

Exigence de moyens: recours aux « EnR » en maison

Toute maison individuelle recours à une source d'énergie renouvelable !

- Solutions suivantes possibles au choix :
 - ⇒ Eau chaude sanitaire avec solaire thermique
 - ⇒ Raccordé réseau de chaleur (+50% EnR ou récupération)
 - ⇒ Cep a minima 5 kWh ep/m² via EnR (bois)
- Alternatives ;
 - ⇒ Chauffe-eau thermodynamique
 - ⇒ Chauffage et/ou ECS avec chaudière à micro-cogénération
 - ⇒ Poêle à bois



Exigences de moyens ; étanchéité

- ✧ Mesures exigées uniquement en résidentiel
 - 0,60 m³/(h.m²) maison individuelle
 - 1,00 m³/(h.m²) bâtiment collectif

- ✧ Concertations des acteurs de la construction

- ✧ Formations nécessaires des entreprises
 - Bâti (passage des réseaux)
 - Réseaux aérauliques

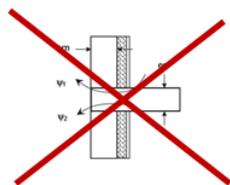


Exigences de moyen; isolation bâti

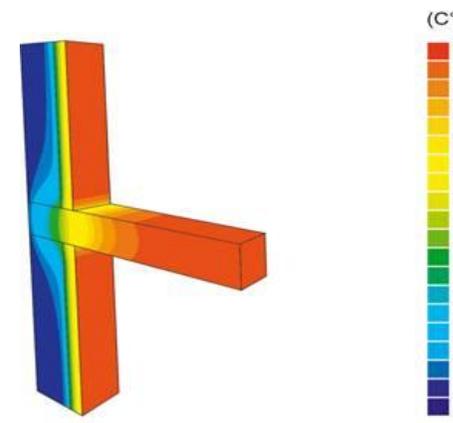
- Ratio transmission thermique linéique moyen global ponts thermiques $R\Psi$ du bâtiment;

$$R_{\Psi} \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}) \text{ nouveau}$$

- Liaison « plancher intermédiaire/ façade » traitée !



$$\Psi_9 \leq 0.60 \text{ W}/(\text{ml.K}) \text{ nouveau}$$



soit obligatoirement les solutions suivantes :

- ITI avec rupteurs ou planelles & maçonneries performantes
- ITR mono murs terre cuite ou béton cellulaire
- ITE isolation par l'extérieur, (balcons traités !)
- Façades à ossatures (bois ou métal), passage au nez de dalle

RT2012, l'essentiel à retenir en 3 temps...

1/ Conception bioclimatique dès l'esquisse :

fenêtre = capteur solaire passif durable !

2/ Qualité du bâti irréprochable

mode constructif, isolation, étanchéité,...

3/ Equipements performants

Chauffage, ECS, VMC, ENR,...



confort d'été, maintenance/ gestion,...



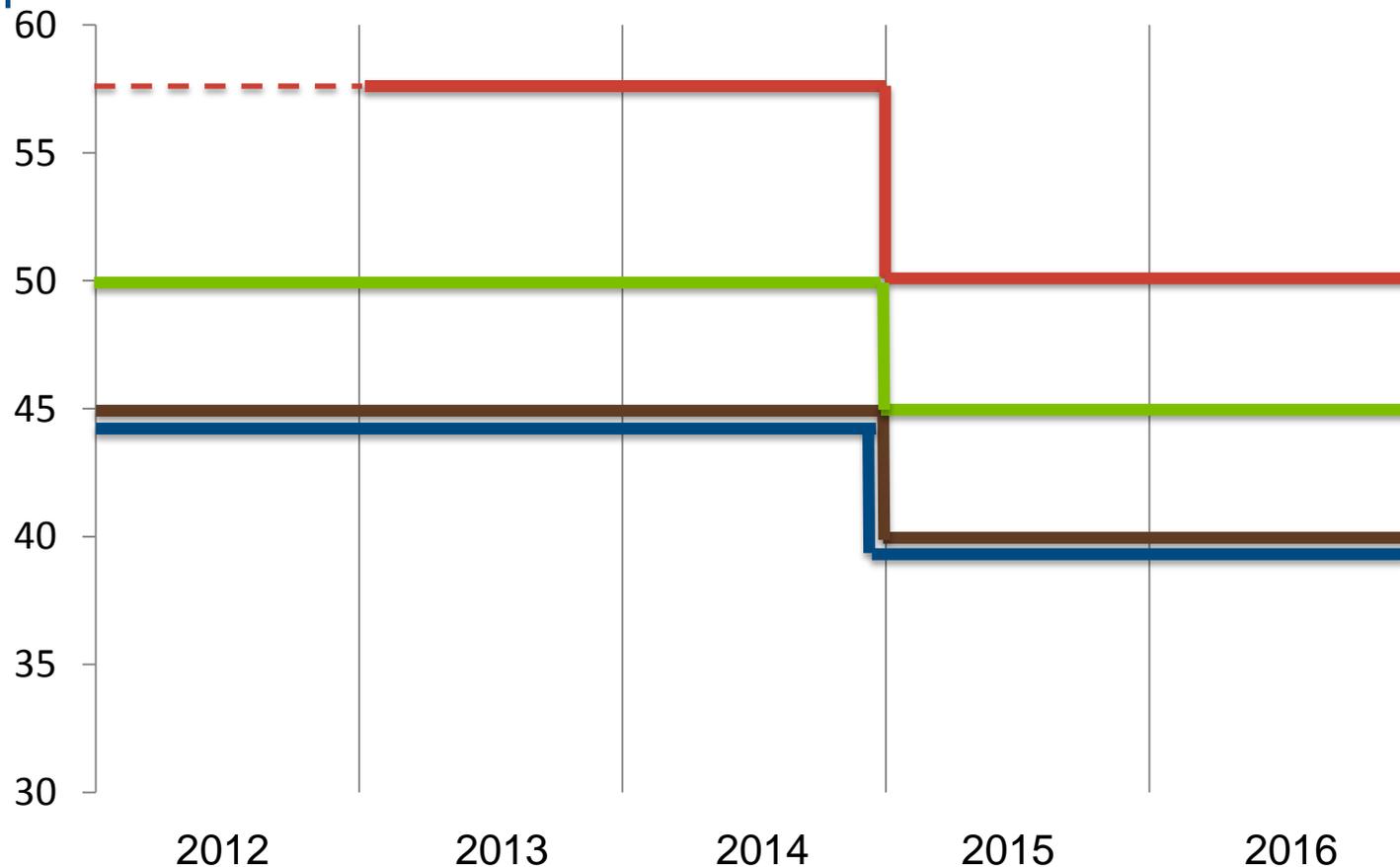
RT2012 = « BBC » = « Bâtiments Bien Conçus... »

Aller plus loin

Exigence **B Bio** en MI et IC : HPE – 10% / THPE – 20%

Effinergie – 20%

Cep max en immeuble



RT 2012

HPE

THPE

effinergie+

- Exigence **Cep** en maison : HPE – 10% / THPE – 20% / Effinergie – 20%

RT2012, bâti pierre, « la preuve par l'exemple ! »

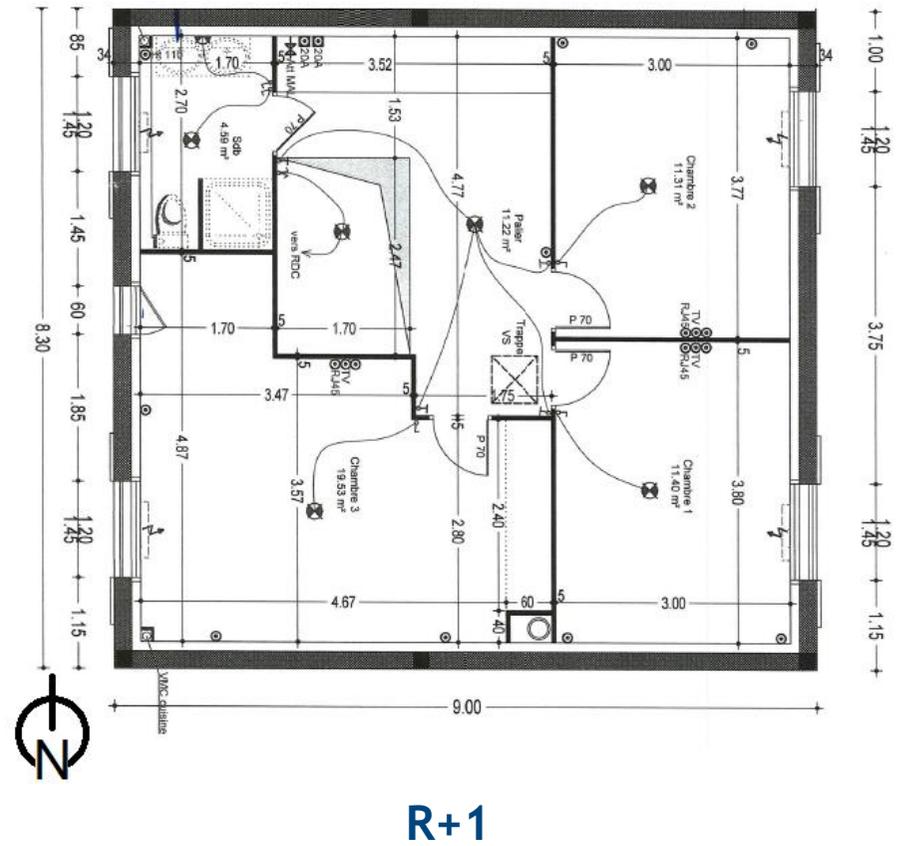
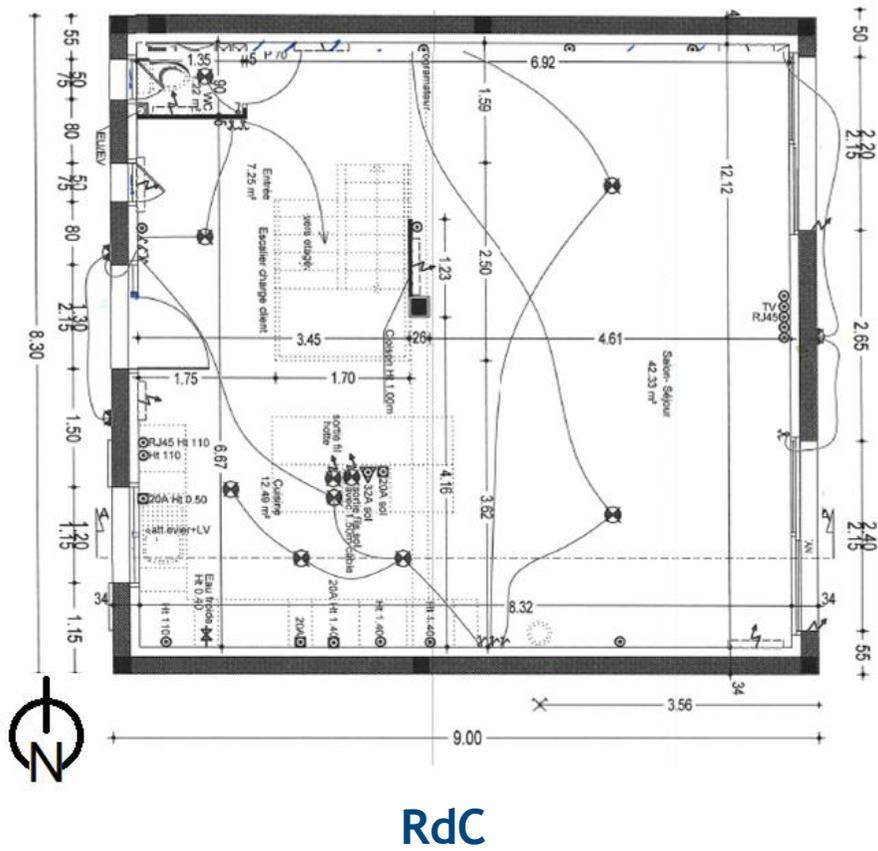
✧ **Maison en pierre RT 2012**

- **Plan de la maison étudiée**
- **Prestations bâti pierre**
- **Autres prestations**
- **Résultats**

✧ **Immeuble en pierre RT2012**

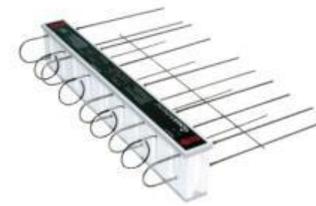
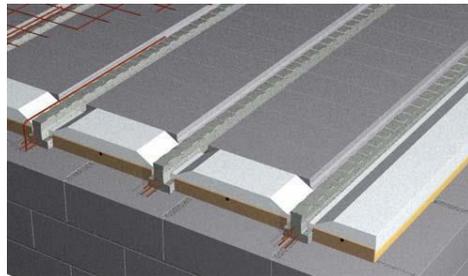
- **Plan de l'immeuble étudié**
- **Prestations bâti pierre**
- **Autres prestations**
- **Résultats**

Plan de la maison étudiée



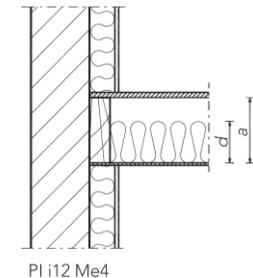
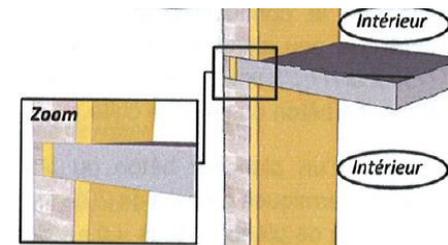
Prestations bâti pierre

- Façades en pierres tendres 24 cm, isolation intérieure 12 cm ($U = 0.23 \text{ W/m}^2.K$)
- Plancher / vide sanitaire : type « duo », hourdis polystyrène + sous chape 8 cm PUR
- Plancher intermédiaire : hourdis béton, avec traitement du pont thermique du plancher intermédiaire et entrevous isolants en périphérie



- autres solutions :

- ⇒ Rupteur thermique : attention zones sismiques
- ⇒ Planchers bois
- ⇒ Planelle : solution à développer

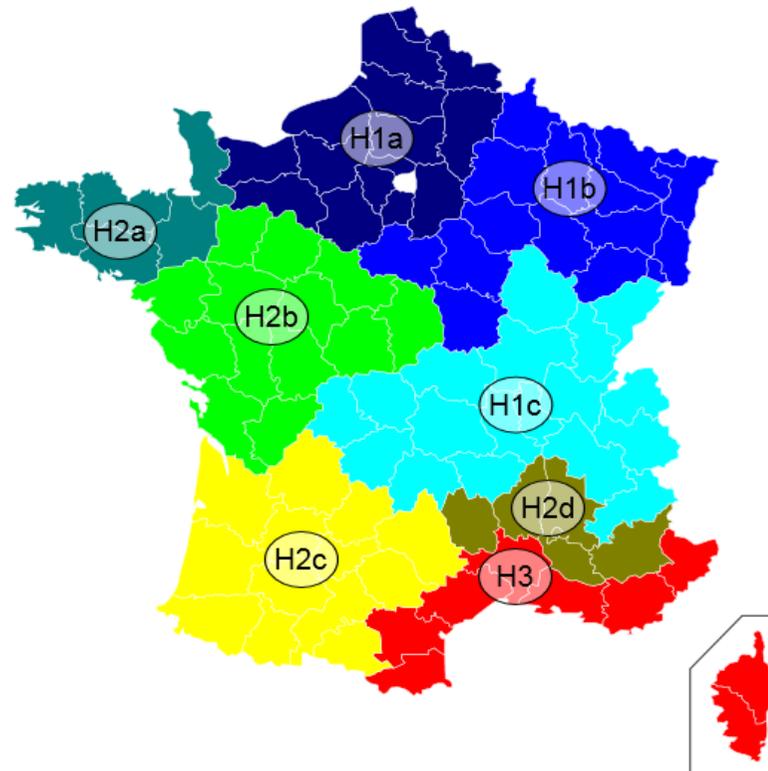


Autres prestations

- **Toiture : 30 cm laine minérale ($U = 0.14 \text{ W/m}^2.\text{K}$)**
- **Baies vitrées : menuiseries bois, 4/16/4 argon, « bords chauds » ($U=1.40 \text{ W/m}^2\text{K}$)**
- **Chauffage/ ECS : chaudière gaz à condensation mixte, ESC préchauffage solaire, avec radiateurs basse température**
- **Façade principale orientée Sud**

Résultats

Respect RT2012 toute France !



Et si PAC, orientation, perméa, labels,...

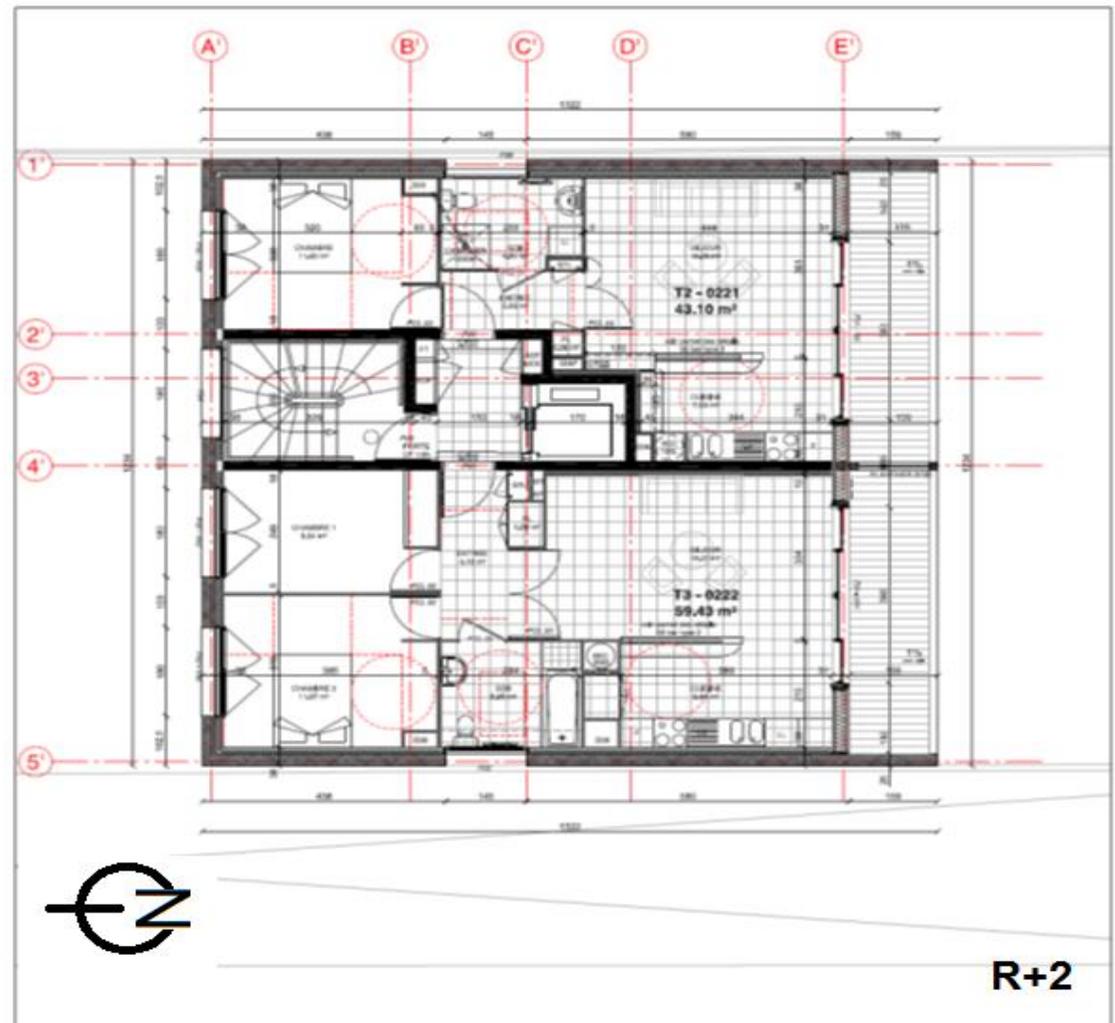
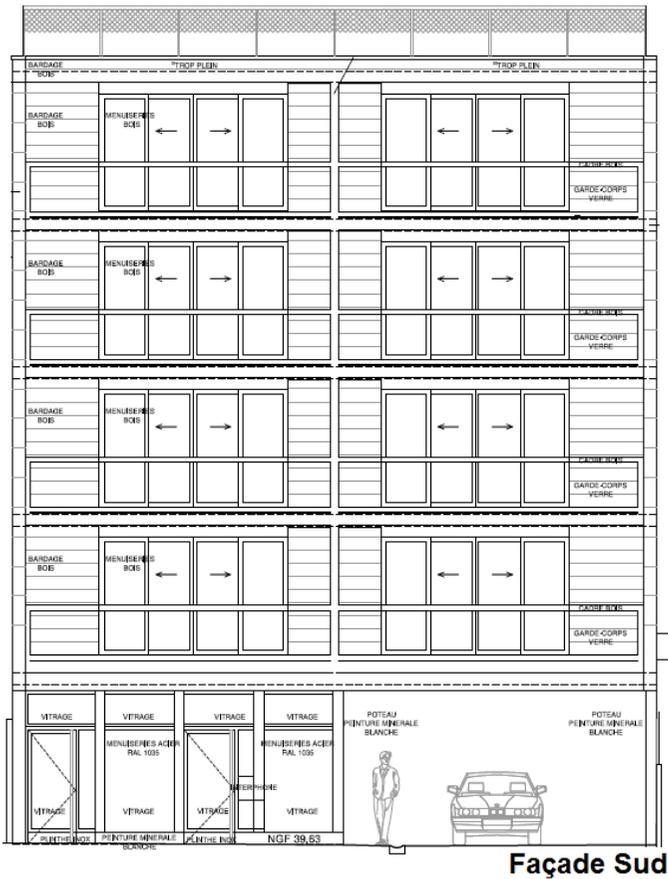
RT2012, bâti pierre, « *la preuve par l'exemple !* »

✧ Maison en pierre RT 2012

✧ Immeuble en pierre RT2012

- Plan de l'immeuble étudié
- Prestations bâti pierre
- Autres prestations
- Résultats

Plan de l'immeuble étudié



Architecte Laurent LEHMANN

Prestations bâti pierre

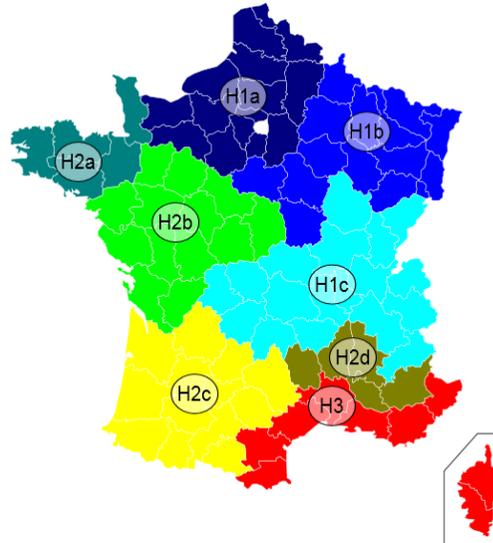
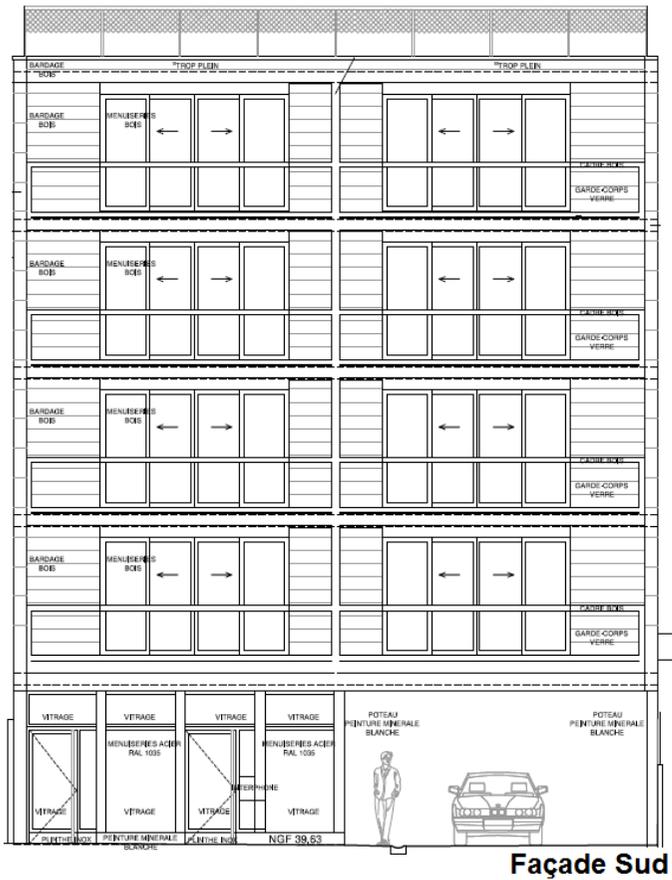
- Façades en pierres tendres 24 cm, isolation intérieure 12 cm ($U = 0.23 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)
- Plancher / parking : dalle béton, 15 cm en sous-face + isolant sous chape 8 cm PUR
- Plancher intermédiaire : hourdis béton, avec traitement du pont thermique du plancher intermédiaire (dito maison)

Autres prestations...

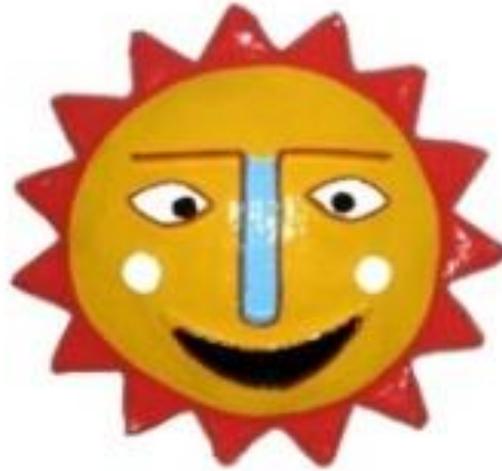
- Toiture terrasse : 12 cm PUR ($U = 0.19 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$)
- Baies vitrées : menuiseries bois, 4/16/4 argon, « bords chauds » ($U=1.20 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Chauffage/ ECS : chaudière gaz à condensation mixte, ESC préchauffage solaire, avec radiateurs basse température
- Façade principale orientée Sud

Résultats

Respect RT2012 toute France !



Merci de votre attention !



Merci à Laurent LEHMANN Architecte pour les photos de la réalisation présentée

Construire en zone sismique

Olivier Chèze, CTMNC

Construire en zone sismique

Plan de la présentation

I. Le contexte réglementaire

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles parasismiques ?
- ✧ Un point sur le référentiel réglementaire
- ✧ Les exigences parasismiques

II. Construire parasismique

- ✧ Les principes constructifs
- ✧ Mise en œuvre des maçonneries
- ✧ Le cas de la pierre massive

III. Les pierres attachées

- ✧ Règles pour les Ensembles Non Structuraux
- ✧ Les essais de comportement au CSTB
- ✧ Les futures exigences

Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Pourquoi de nouvelles règles parasismiques ?

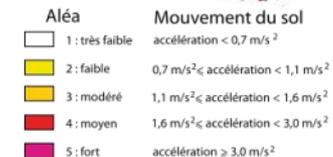
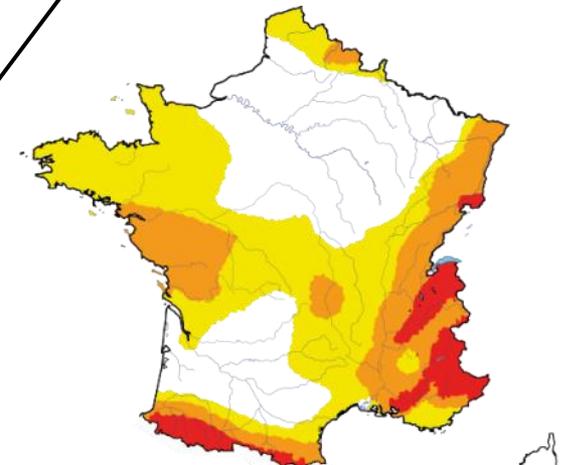
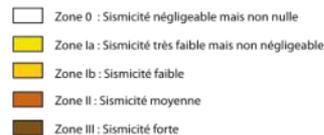
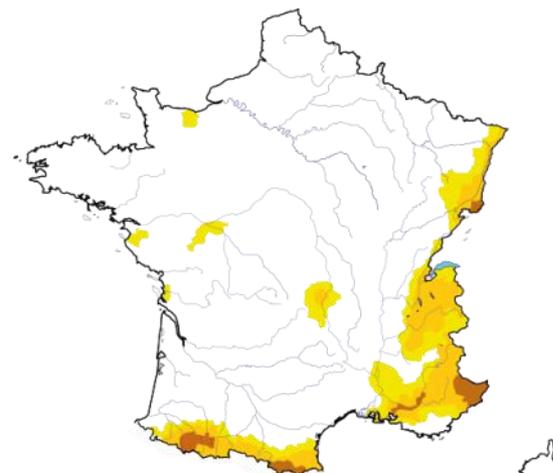
- **Lancement en 2005 d'un programme national de prévention du risque sismique**
« *Le Plan séisme* »
- **Arrivée de l'Eurocode 8**
Amélioration des connaissances scientifiques
Intégration des textes européens dans le corpus normatif français
- ⇒ **Révision du zonage sismique**
Ancien zonage de 1991, basé sur une évaluation statistique
Nouveau zonage de 2011, basé sur une approche probabiliste

Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Pourquoi de nouvelles règles parasismiques ?

- Comparaison ancien/nouveau zonage

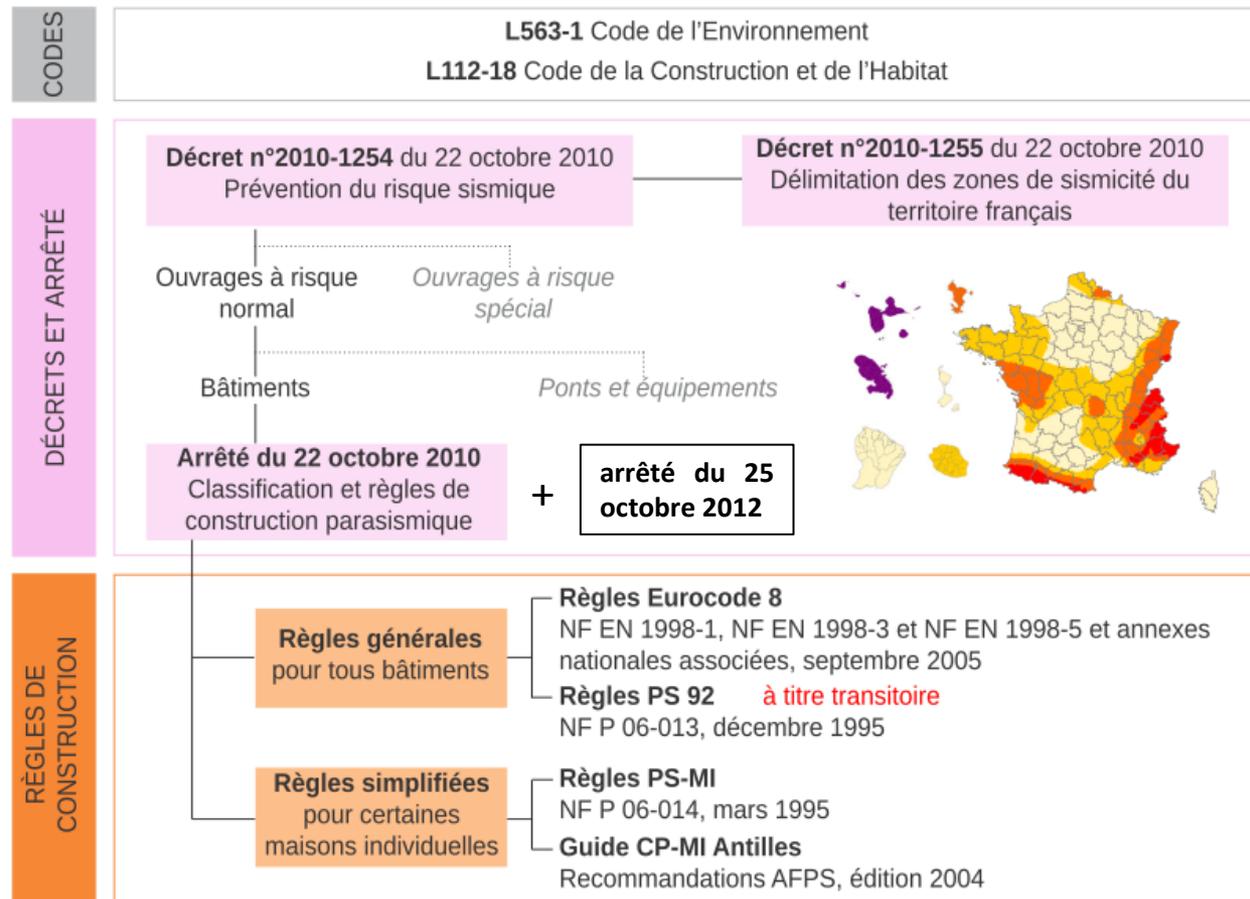


Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Un point sur le référentiel réglementaire

- La réglementation parasismique (depuis 2011)



Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Un point sur le référentiel réglementaire

- **Les Règles générales :**
Règles PS92 (jusqu'au 1^{er} janvier 2014)
Eurocode 8
 - **Les Règles simplifiées :**
Règles PSMI 92 (bientôt remplacées par le guide CPMI-Métropole)
Guide CPMI-Antilles
- ⇒ L'utilisation des **règles générales** rend obligatoire la justification de l'ouvrage par une note de calcul.
- ⇒ L'utilisation des **règles simplifiées** dispense de l'utilisation des règles générales, mais l'ouvrage doit respecter certaines dispositions (compacité, régularité en plan et en élévation, hauteur limitée...)

Construire en zone sismique

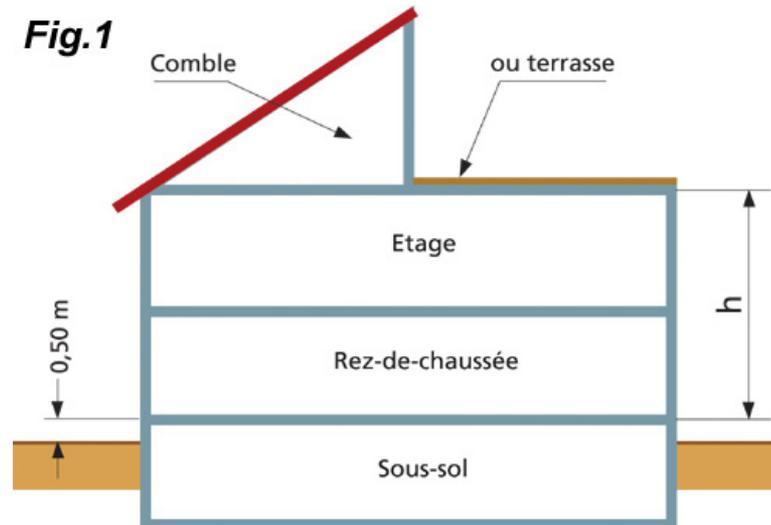
I. Le contexte réglementaire

✧ Un point sur le référentiel réglementaire

- **Domaine d'application des règles simplifiées**

⇒ **Maisons individuelles avec :**

- au maximum 3 niveaux (inclus sous-sol)
- des charges d'exploitation limitées (150 kg/m^2)
- Des conditions sur la géométrie



Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Les exigences parasismiques

• Les catégories d'importance des bâtiments :

Catégories d'importance	Description	Exemples
I 	<ul style="list-style-type: none">▪ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée	Hangars, bâtiments agricoles
II 	<ul style="list-style-type: none">▪ Habitations individuelles▪ Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5▪ Habitations collectives de hauteur inférieure à 28m▪ Bureaux ou bâtiments à usage commercial non ERP, h ≤ 28m, max. 300 personnes▪ Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 pers.▪ Parcs de stationnement ouverts au public	Maisons individuelles, petits bâtiments
III 	<ul style="list-style-type: none">▪ ERP de catégories 1, 2 et 3▪ Habitations collectives et bureaux, h > 28m▪ Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes▪ Établissements sanitaires et sociaux▪ Établissements scolaires	Grands établissements, centres commerciaux, écoles
IV 	<ul style="list-style-type: none">▪ Bâtiments indispensables à la sécurité civile▪ Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise▪ ...	Protection primordiale : hôpitaux, casernes...

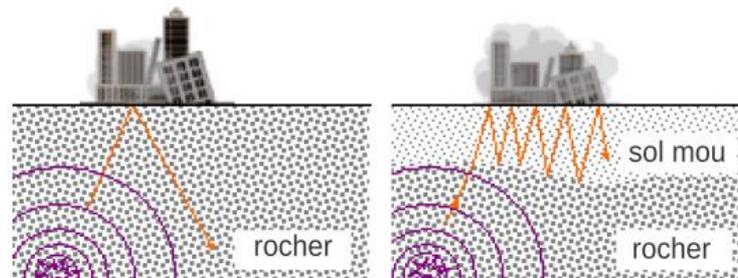
Source : DGALN

Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Les exigences parasismiques

- La classe de sol (coefficient d'amplification « S ») :



Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

Plus le sol est mou, plus le coefficient « S » est grand.

Si le sol de classe inconnue, la classe E est adoptée par défaut.

Classes de sol	S (zones 1 à 4)	S (zone 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4

Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Les exigences parasismiques

- Exigences applicables au cas d'un bâtiment neuf :

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			Eurocode 8 ³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 2	aucune exigence			Eurocode 8 ³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 3		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4		PS-MI ¹	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5		CP-MI ²	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8

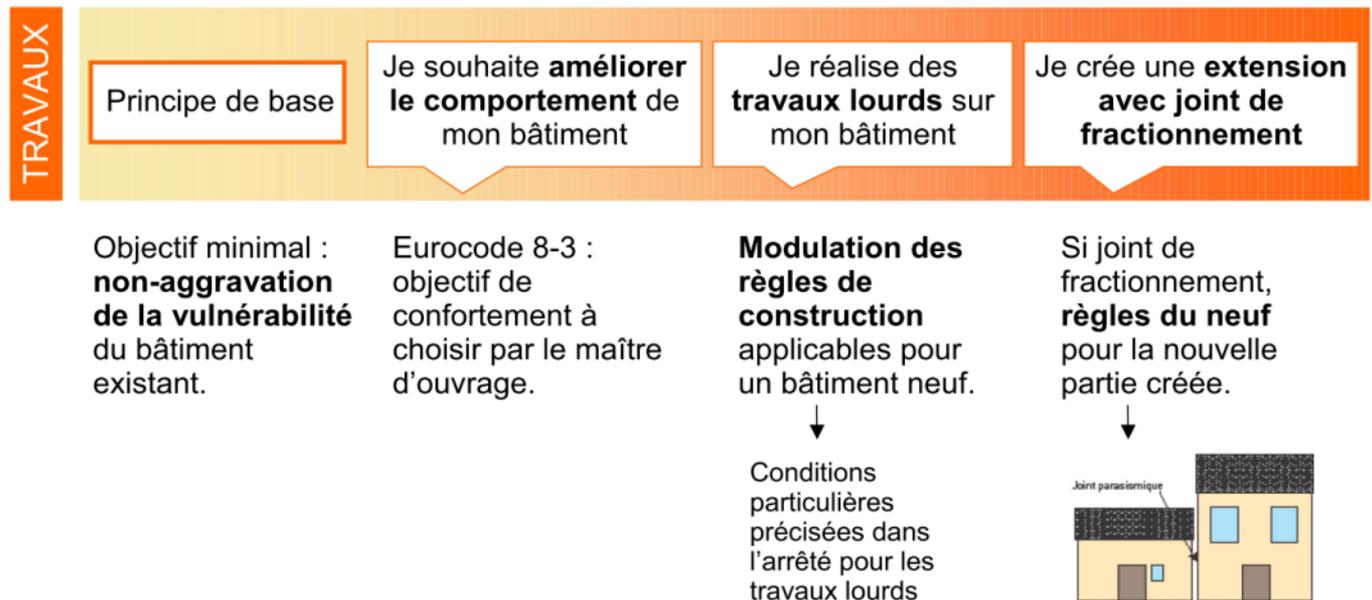
Source : DGALN

Construire en zone sismique

I. Le contexte réglementaire

✧ Les exigences parasismiques

- Exigences applicables au cas d'un bâtiment existant :



Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

I. Le contexte réglementaire

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles parasismiques ?
- ✧ Un point sur le référentiel réglementaire
- ✧ Les exigences parasismiques

II. Construire parasismique

- ✧ Les principes constructifs
- ✧ Mise en œuvre des maçonneries
- ✧ Le cas de la pierre massive

III. Les pierres attachées

- ✧ Règles pour les Ensembles Non Structuraux
- ✧ Les essais de comportement au CSTB
- ✧ Les futures exigences

Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

✧ Les principes constructifs

- **Objectif à atteindre :**

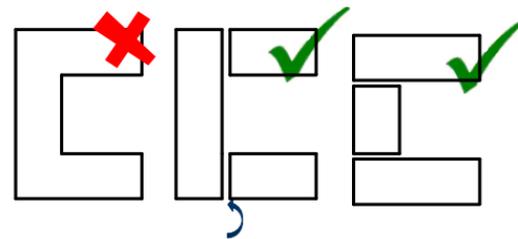
« D'une façon générale, il convient de faire en sorte que les diverses parties d'une structure constituent **un tout fortement organisé**, capable de résister de façon **homogène** à l'action sismique **dans toutes les directions**. » (J. Despeyroux)

⇒ **Préférer les formes simples**

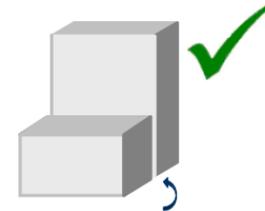
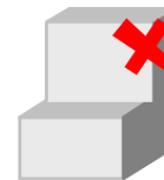
Privilégier la compacité du bâtiment (~rectangle)

Limiter les décrochements en plan et en élévation

Fractionnement du bâtiment en blocs homogènes



joint parasismique



joint parasismique

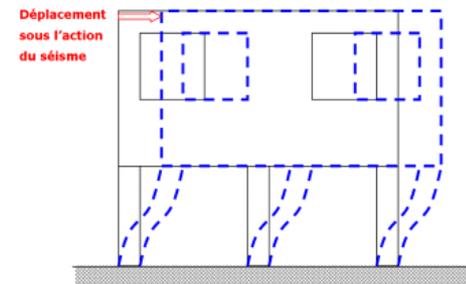
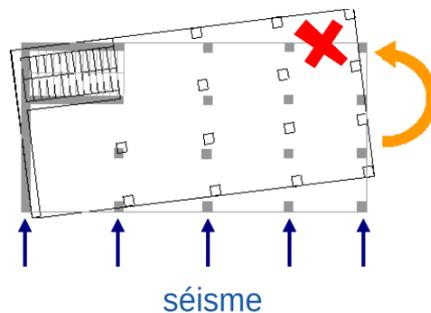
Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

✧ Les principes constructifs

⇒ **S'assurer du bon comportement du bâtiment**

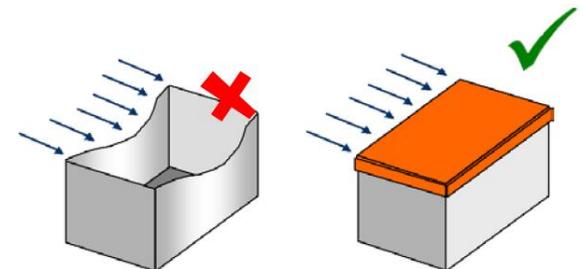
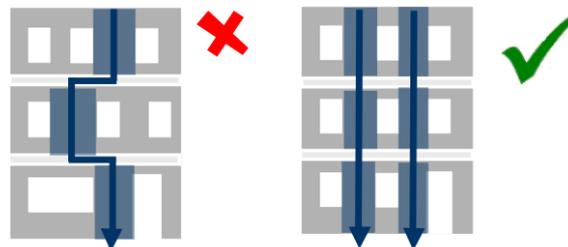
Effets des rotations (torsion), effets des transparences



⇒ **Assurer la reprise des efforts sismiques**

Contreventer la structure dans les deux directions

Créer des diaphragmes rigides



Images : « La Nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments », DGALN

Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

✧ Mise en œuvre des maçonneries

- **Résistance minimale des matériaux**

Mortiers : $f_m > 5 \text{ MPa}$

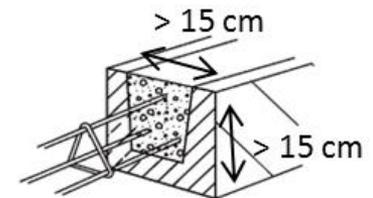
Éléments de maçonnerie : $f_b > 4 \text{ MPa}$

- **Les chaînages**

Section minimale : $15 \times 15 \text{ cm}$ ou $\Phi 15 \text{ cm}$

Armatures FeE500, 4 HA10 ou 4 HA12

Recouvrement des armatures : $60 \times \Phi$



- **Dispositions générales**

Chainages horizontaux et verticaux liés entre eux

Chainages horizontaux à tous les étages (ou $< 4 \text{ m}$)

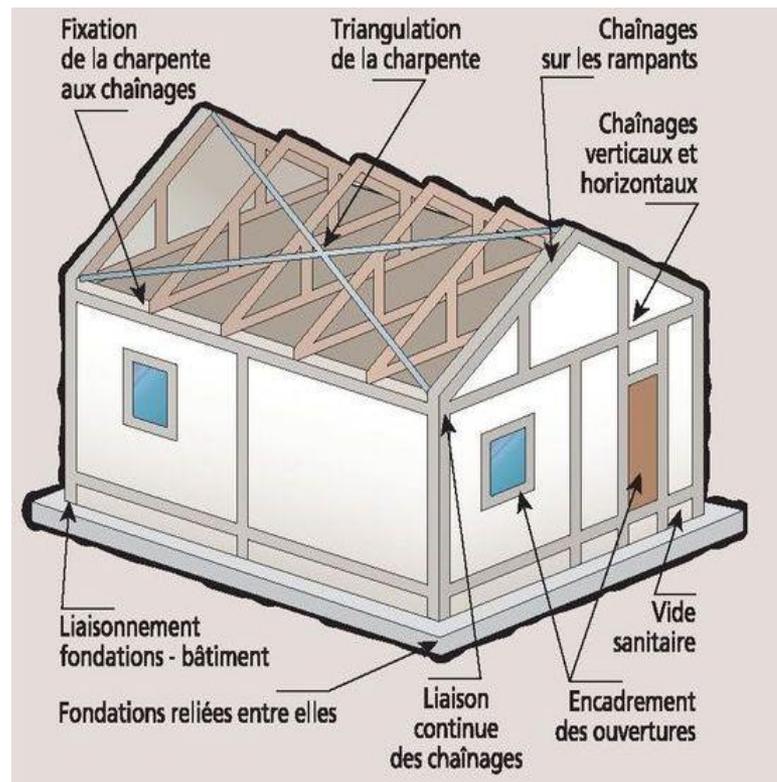
Distance max. entre chaînages verticaux : 5 m

Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

✧ Mise en œuvre des maçonneries

- Exemple des maisons individuelles



Construire en zone sismique

II. Construire parasismique

✧ Le cas de la pierre massive

- L'Eurocode 8 autorise pour des murs en pierre d'au moins 35 cm :
 - ⇒ jusqu'en **zone 2**, des bâtiments en pierre conformes à l'EC6 uniquement. La hauteur du bâtiment ne doit pas dépasser 6 m à la sablière.
 - ⇒ Si $a_g \cdot S \leq 2.0 \text{ m/s}^2$, les bâtiments en pierre sans chainages verticaux. Les hauteurs d'étage sont limitées (3 m) ainsi que les dimensions des ouvertures dans les murs.
- **Mais les impacts sont limités :**
 - ⇒ Puisqu'en zone 2, les bâtiments de catégorie I et II ne sont déjà pas soumis à la réglementation parasismique.
 - ⇒ Et en zone 3, une vérification de sécurité (note de calcul) est nécessaire.

Construire en zone sismique

III. Les pierres attachées



I. Le contexte réglementaire

- ✧ Pourquoi de nouvelles règles parasismiques ?
- ✧ Un point sur le référentiel réglementaire
- ✧ Les exigences parasismiques

II. Construire parasismique

- ✧ Les principes constructifs
- ✧ Mise en œuvre des maçonneries
- ✧ Le cas de la pierre massive

III. Les pierres attachées

- ✧ Règles pour les Ensembles Non Structuraux
- ✧ Les essais de comportement au CSTB
- ✧ Les futures exigences

Construire en zone sismique

III. Les pierres attachées

✧ Règles pour les Ensembles Non Structuraux

- **Les Ensembles Non Structuraux ?**

Eléments du cadre bâti dont la ruine éventuelle ne compromet pas la sécurité de l'ouvrage

- ⇒ Cheminées maçonnées, plafonds suspendus
- ⇒ Cloisons, éléments de façade (pierres attachées)...

- **Ces éléments peuvent gêner l'évacuation ou provoquer des blessures**



Construire en zone sismique

III. Les pierres attachées



✧ Règles pour les Ensembles Non Structuraux

- Quelles sont les règles à appliquer pour les ENS ?

⇒ Les prescriptions de l'Eurocode 8 s'appliquent (mais elles sont peu précises)

⇒ A paraître : Nouvel arrêté sismique + guide ENS réglementaire

⇒ Pour les pierres attachées, en plus du DTU 55.2, il faudra utiliser ce guide réglementaire pour les projets en zone sismique



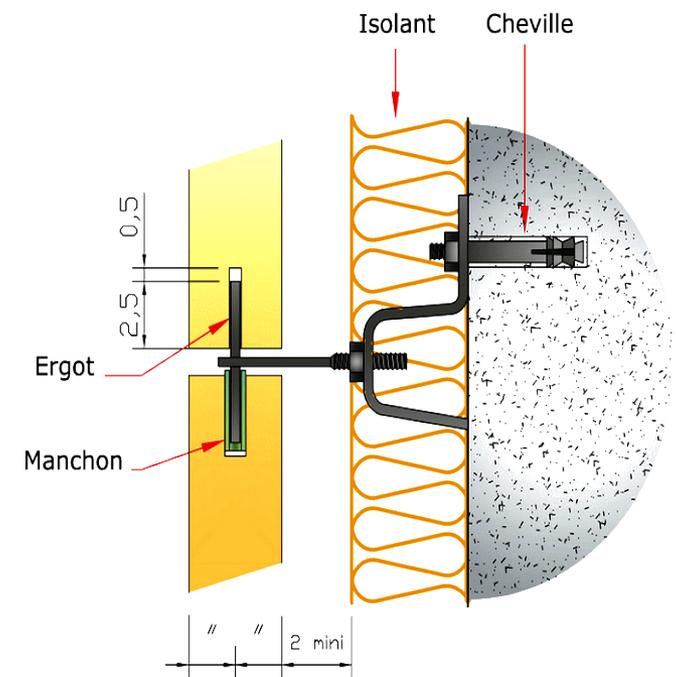
Construire en zone sismique

III. Les pierres attachées

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013



✧ Les essais de comportement au CSTB



⇒ Le système de fixation traditionnel (DTU 55.2) ne permet pas de reprendre des efforts sismiques.

Construire en zone sismique

III. Les pierres attachées

✧ Les futures exigences

- **Des attaches plus « raides »**
Limiter les déplacements des plaques de pierre, **perpendiculairement et parallèlement** au plan du support
- **Des attaches disposées dans les chants horizontaux**
Assurer la tenue de l'ergot à la liaison pierre/attache (le mortier de scellement n'est pas sollicité en efforts)
- **La pierre devra avoir une résistance suffisante**
Vérification de la résistance à la flexion
Vérification de la résistance aux attaches

Construire en zone sismique

Pour finir...

✧ Des informations utiles !

- **Dans quelle zone sismique se situe un bâtiment ?**
Ma commune face aux risques majeurs : www.prim.net
- **Sites internet**
Le site du Plan séisme : www.planseisme.fr
Ministère : www.developpement-durable-gouv.fr
Base de données de sismicité historique : www.sisfrance.net
- **Documentation**
« La nouvelle réglementation parasismique applicable aux bâtiments », brochure de la DGALN
- **Outil d'aide pour la pierre**
Dimapierre_8 (à venir)



Construire en zone sismique

Fin

La pierre massive : nouvelles exigences, nouveaux outils - 27 juin 2013



Merci de votre attention !



ANALYSE DE CYCLE DE VIE

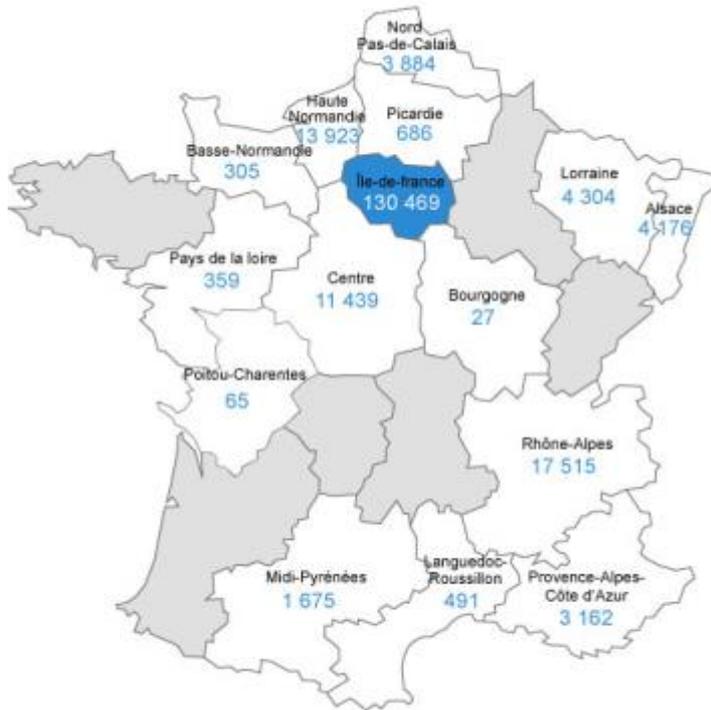
DE DEUX BÂTIMENTS EN

PIERRE DE TAILLE

Vincent Cafiero
Maxime Génin
Jérémy Petitot
Amine Benaoda Tlemcani
Auriane Clostre
Jean-Charles Levenne



Jeudi 27 juin 2013



Immobilière 3F

Premier bailleur social français







QUEL EST L'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU BÂTIMENT ?

LE CHOIX DE LA PIERRE DE TAILLE EST-IL PERTINENT ?

ACV

ANALYSE DE CYCLE DE VIE

PIERRE DE TAILLE













FDES



DECLARATION

ENVIRONNEMENTALE et SANITAIRE

CONFORME A LA NORME *NF P 01-010*

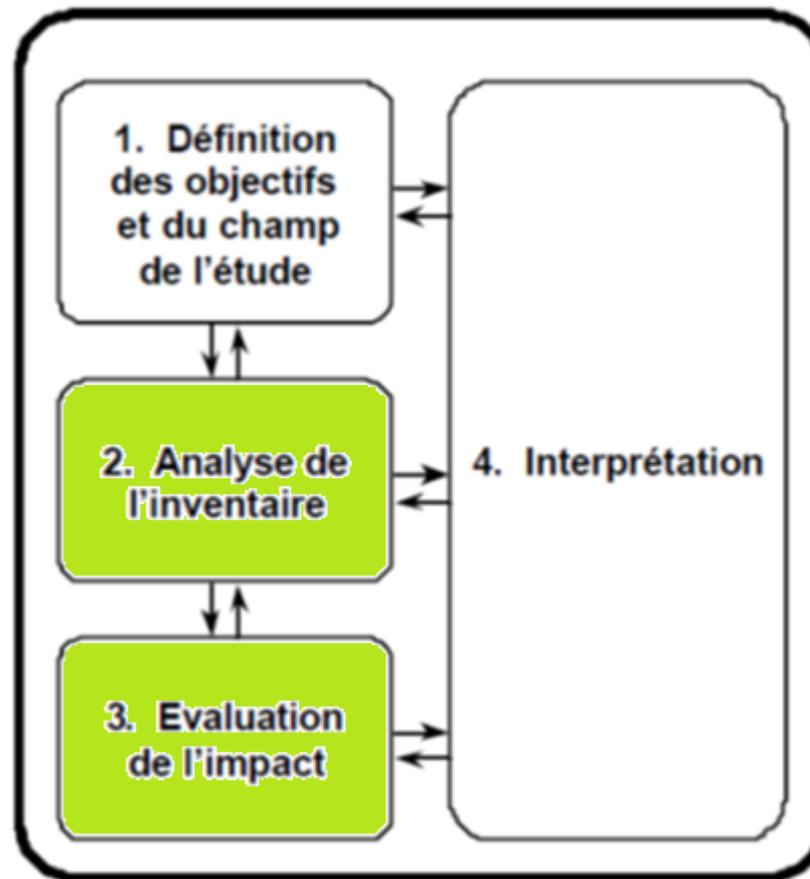
Mur massif maçonné en Pierre de Noyant

Juin 2010

Cette déclaration est présentée selon le modèle de Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire validé par l'AIMCC (FDE&S Version 2005)

	Unités	Production	Transport	Mise en œuvre	Vie en œuvre	Fin de vie	Total cycle de vie	
Flux							Par annuité	Pour toute la DVT
Consommation de ressources naturelles énergétiques								
Bois	kg	2.86E-02	2.19E-08	3.03E-05	6.29E-08	9.80E-09	2.86E-02	5.72E+00
Charbon	kg	1.76E-03	3.85E-06	5.77E-03	6.30E-04	1.72E-06	8.17E-03	1.63E+00
Lignite	kg	1.46E-04	1.89E-07	1.07E-06	5.13E-04	8.44E-08	6.60E-04	1.32E-01
Gaz naturel	kg	5.77E-04	9.05E-05	2.45E-04	6.65E-04	4.05E-05	1.62E-03	3.24E-01
Pétrole	kg	2.42E-03	3.89E-03	8.02E-04	6.84E-03	1.74E-03	1.57E-02	3.14E+00
Uranium (U)	kg	7.85E-07	2.78E-09	1.73E-07	4.44E-08	1.24E-09	1.01E-06	2.01E-04
Etc.								
Indicateurs énergétiques								
Energie Primaire Totale	MJ	8.24E-01	1.70E-01	2.19E-01	3.53E-01	7.60E-02	1.64E+00	3.28E+02
Energie Renouvelable	MJ	3.43E-01	5.74E-05	3.53E-03	2.00E-03	2.57E-05	3.49E-01	6.98E+01
Energie Non Renouvelable	MJ	4.80E-01	1.70E-01	2.16E-01	3.51E-01	7.60E-02	1.29E+00	2.58E+02
Energie procédé	MJ	4.75E-01	1.70E-01	2.21E-01	3.53E-01	7.60E-02	1.30E+00	2.59E+02
Energie matière	MJ	3.48E-01	2.14E-06	-1.81E-03	1.22E-05	9.59E-07	3.47E-01	6.93E+01
Electricité	kWh	3.52E-02	1.22E-04	1.48E-02	3.73E-03	5.46E-05	5.40E-02	1.08E+01

Iso 14040

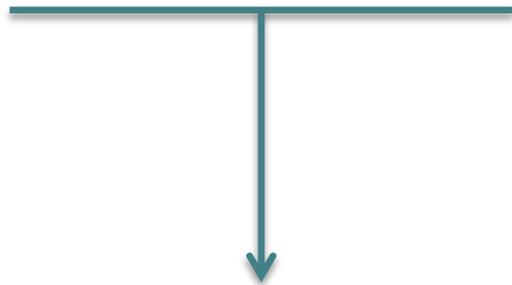




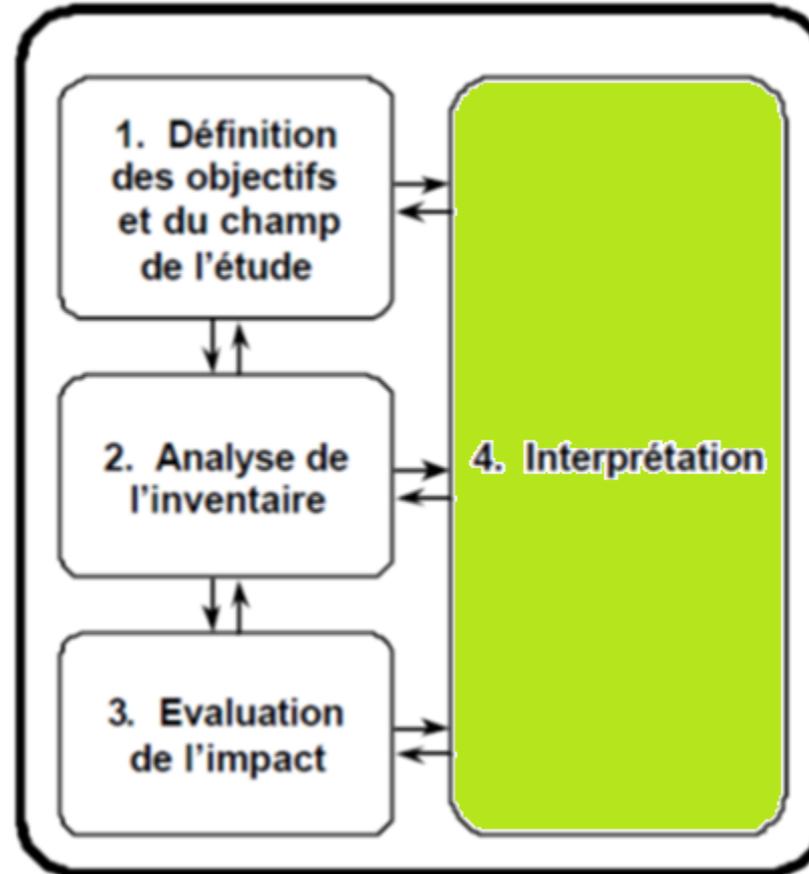
A	B	C	D	E
1 DONNEES MAQUETTE MURS				
2				
3	Famille de produit	Murs	Claison	Claison
4	Type	Béton	Carreaux de plâtre	Plâtre sur carton
5	Nom	Murs en béton	Standard 7cm	Prégypseite
6	7			
7	8			
8	9			
9	10			
11	Surface	m2	875.4	35
12	Volume	m3	168.17	1
13	Masse volumique	kg m-3	2500	1
14	Poids	kg	420425	1
15	16			



22 Tableau des Fds. Fds et le sd(NF FDES)											
23 Tableau des Fds FDES											
Ce point de lecture de référence est représentatif											
Code	Intitulé	Produit	Unité	Quantité	Unité						
1	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
3	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
4	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
5	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
6	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
7	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
8	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
9	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
10	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
11	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
12	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
13	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
14	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
15	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
16	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
17	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
18	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
19	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
20	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
21	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
22	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
23	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
24	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
25	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
26	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
27	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
28	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
29	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
30	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
31	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
32	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
33	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
34	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
35	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
36	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
37	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
38	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
39	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
40	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
41	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
42	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
43	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
44	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
45	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
46	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
47	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
48	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
49	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
50	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000



A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1 DONNEES MATERIAUX												
2 Dvt (sans)												
3												
4	Classe	Famille de produit	Feuilles	Murs	Murs	Murs	Murs	Murs	Murs	Murs	Murs	Murs
5			Murs de façade	Murs	Claison	Claison	Plâtre sur carton					
6	Nom		Pierre de façade	Murs en béton	Standard 7cm	Prégypseite	Rupteur	Rupteur	Rupteur	Rupteur	Rupteur	Rupteur
7	Couleur		77.130	824.27	35.50	625.2	55	50.40	137.85	158.70	24	
8	Repartir l'équivalence		1.041666667	1.125		1	1	1	1	1	1	1
9 Consommations de ressources énergétiques												
10												
11	Energie primaire totale	kWh	541.8347404	1433.529531	41.50611667	478.8708967	6.430780056	31.31804	18.80419044	79.16224322	422.7096	
12	Utilisation		197.8815048	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Destruction		33.94842560	96.34653275	0	3.482068867	0.0620125	0	0	0	0.048524	
14	Annulé		720.4548759	1529.087125	41.50611667	483.0748733	6.433382556	31.31804	18.80419044	79.16434433	423.5523	
15	DVT		730.4648759	1529.687125	41.50611667	483.0748733	6.433382556	31.31804	18.80419044	79.16434433	423.5523	
16	Energie renouvelable	kWh	154.8175615	117.3515075	1.709116667	57.33118733	8.820187958	2.747256657	1.44			
17	Utilisation		0.68337963	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Destruction		8.011478828	0	0	0.081078733	1.30588696	0	0	0	0	0
19	Annulé		155.7318211	117.3515075	1.709116667	57.33225607	8.820188070	2.747256657	1.44			
20	DVT		155.7318211	117.3515075	1.709116667	57.33225607	8.820188089	2.747256657	1.44			
21	Energie non-renouvelable	kWh	386.8337398	1313.817189	39.71223333	420.82414	6.4692125	20.57157333	18.5			
22	Utilisation		156.708125	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	Destruction		25.94342860	96.34668376	0	3.3988	0.0620125	0	0	0	0	0
24	Annulé		177.5698308	1410.163781	39.71223333	424.07564	6.482825	20.57157333	18.5			
25	DVT		177.5698308	1410.163781	39.71223333	424.07564	6.482825	20.57157333	18.5			



B I M

BUILDING INFORMATION MODEL



BRY SUR MARNE 3 [EL02-ABVENT-a.benaoda] - Graphisoft ArchiCAD 16 - [BRY SUR MARNE 3 [EL02-ABVENT-a.benaoda] / 0. Rdc]

Fichier Edition Vue Dessin Documentation Options Partage Fenêtres Aide

Tous sélectionnés :1

Plan et Coupe...

Partage

Amine Benaoda Tlemcani

En ligne

Espace de travail

Envoyer et recevoir

Réserver

Céder tout

Espaces de travail coloriés :

Tous avec couleur originale

Mon espace de travail

Utilisateurs

Nom
Maxime Genin
Vincent Cafiero
Amine Benaoda Tlemcani
Jeremy Petitot
Auriane Dostre
Jean-Charles Levenne

Messages

Navigateur - Plan du Projet

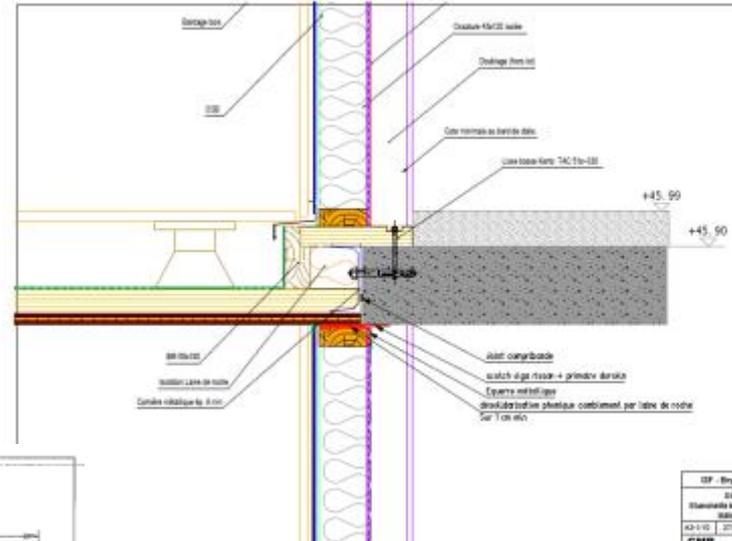
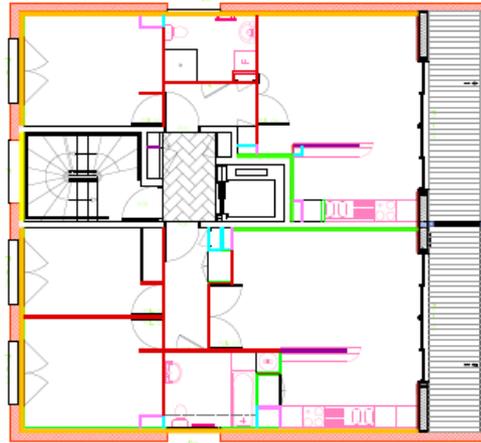
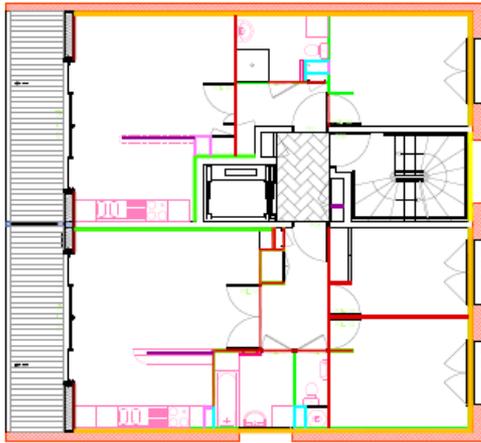
- BRY SUR MARNE 3 [EL02-ABVENT-a.benaoda]
- Etages
 - 5. TOITURE
 - 4. R+4
 - 3. R+3
 - 2. R+2
 - 1. R+1
 - 0. Rdc
- Coupes
 - 04 Coupe (Indépendant)
 - 05 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 06 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 08 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 09 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 10 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 11 Coupe (Indépendant)
 - 12 Coupe (Modèle à reconstruction a
 - 13 Coupe (Modèle à reconstruction a
- Façades
 - 01 Façade NORD (Modèle à reconstr
 - 01 Façade partielleMur sud (Modèle à
 - 01 Façade SUD (Modèle à reconstruc
 - 02 Façade EST (Modèle à reconstruc
 - 03 Façade OUEST (Modèle à reconst
 - 04 Façade Est (Modèle à reconstruc

Options rapides

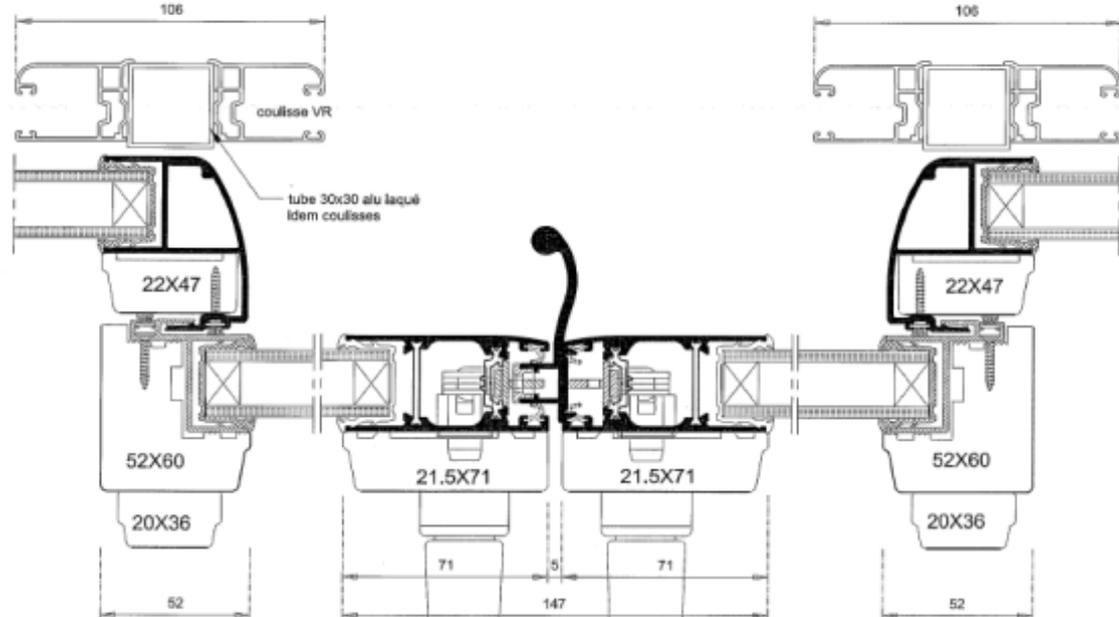
- Personnalisé
- 1:100
- Modèle entier
- 00-default AC
- 00-Réglages basiques
- 01 Existant
- Cotations cm

En ligne (1 Message non lu) C: 89.7 Go 705.3 Mo





OP - Broyeur Marmas
DETAIL
Standard MCI Caisse Isolation
Bâtiment 1
A3/1/10 | 27/03/11 | 1/10 | 1/10 | 1/10

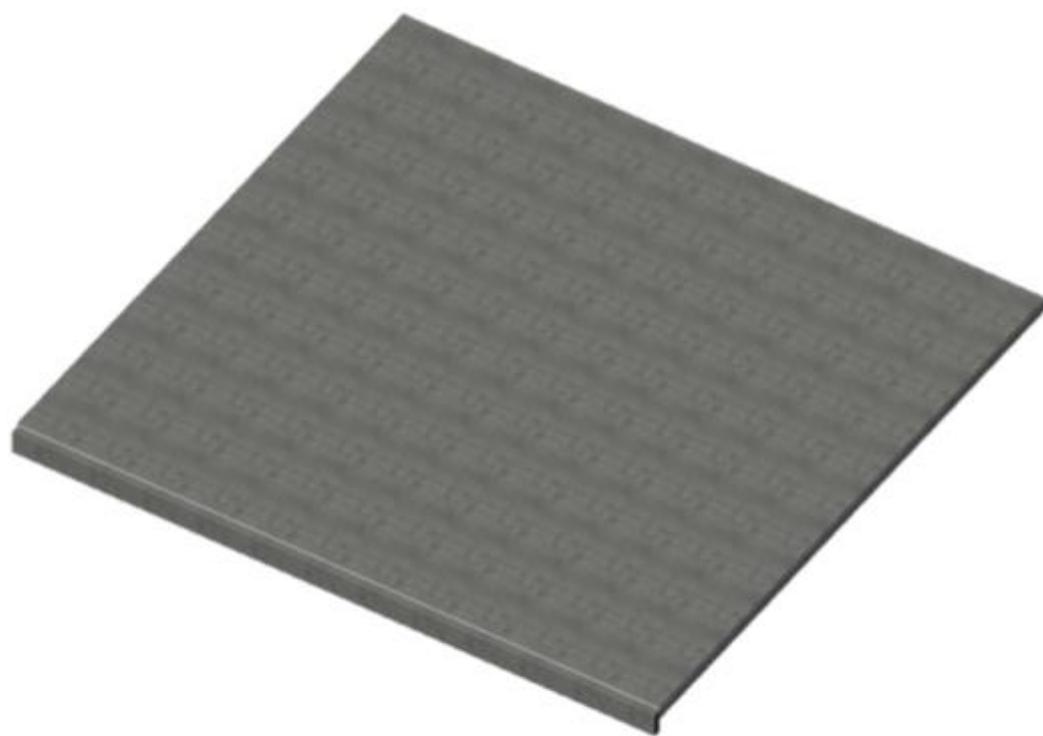


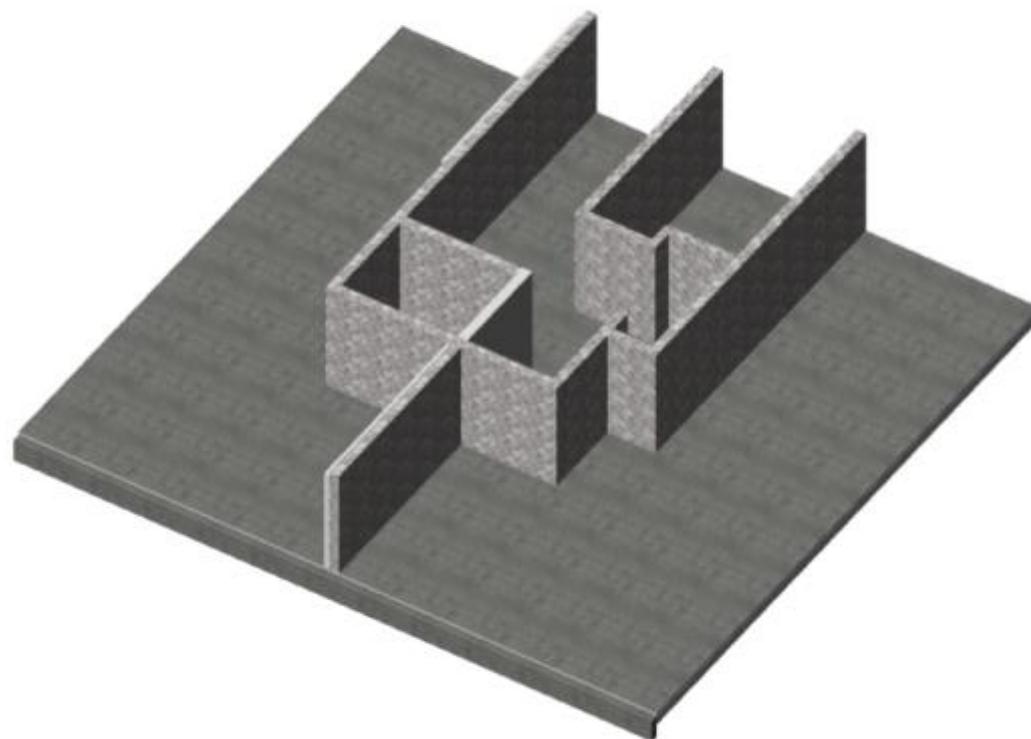
COUPE HORIZONTALE

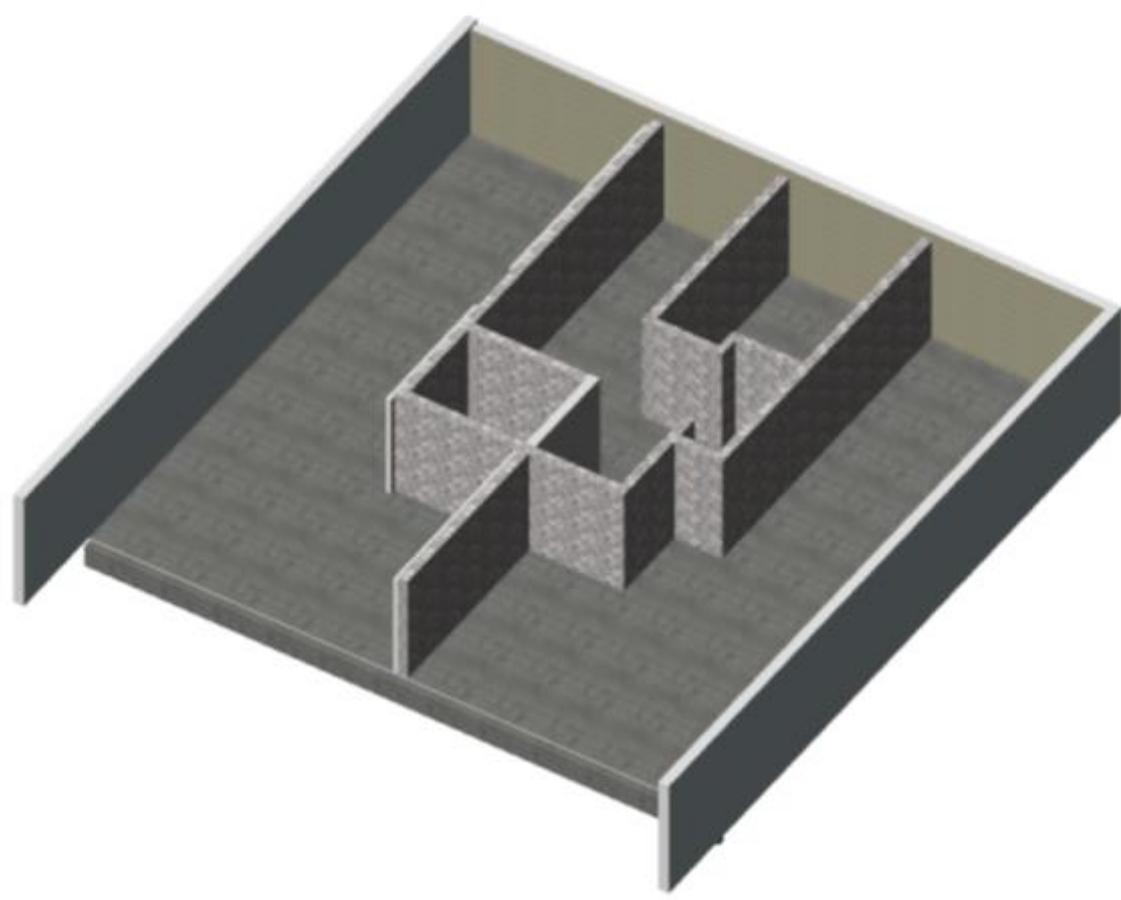
MINCO CHANTIERS
RESTAURATION - RENOVATION - ENTRETIEN - REPARATION
PNEUMATIQUES - MOTEURS - MOTEURS
SERRURES - SERRURES - SERRURES
DE TARIF, MODIFIÉ ECH 1/1
L.C. 01/10/10

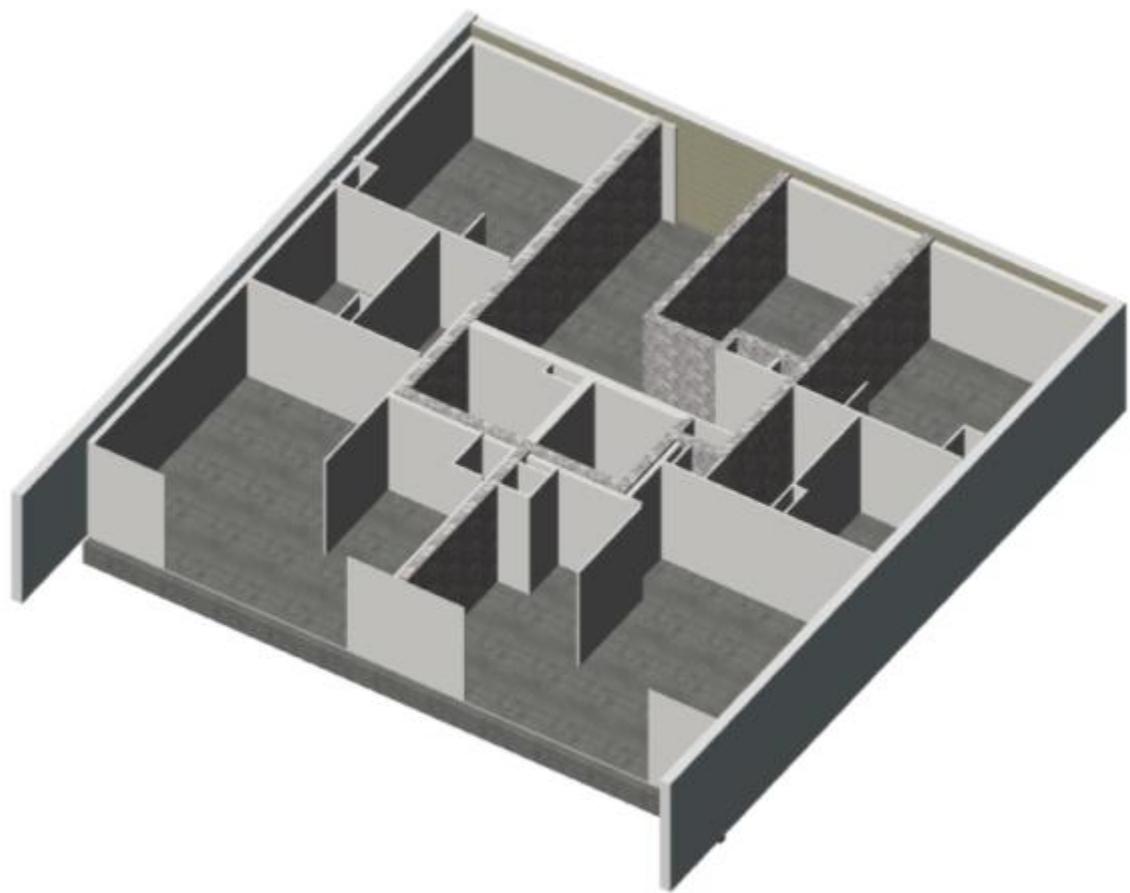
DETAIL
280/281

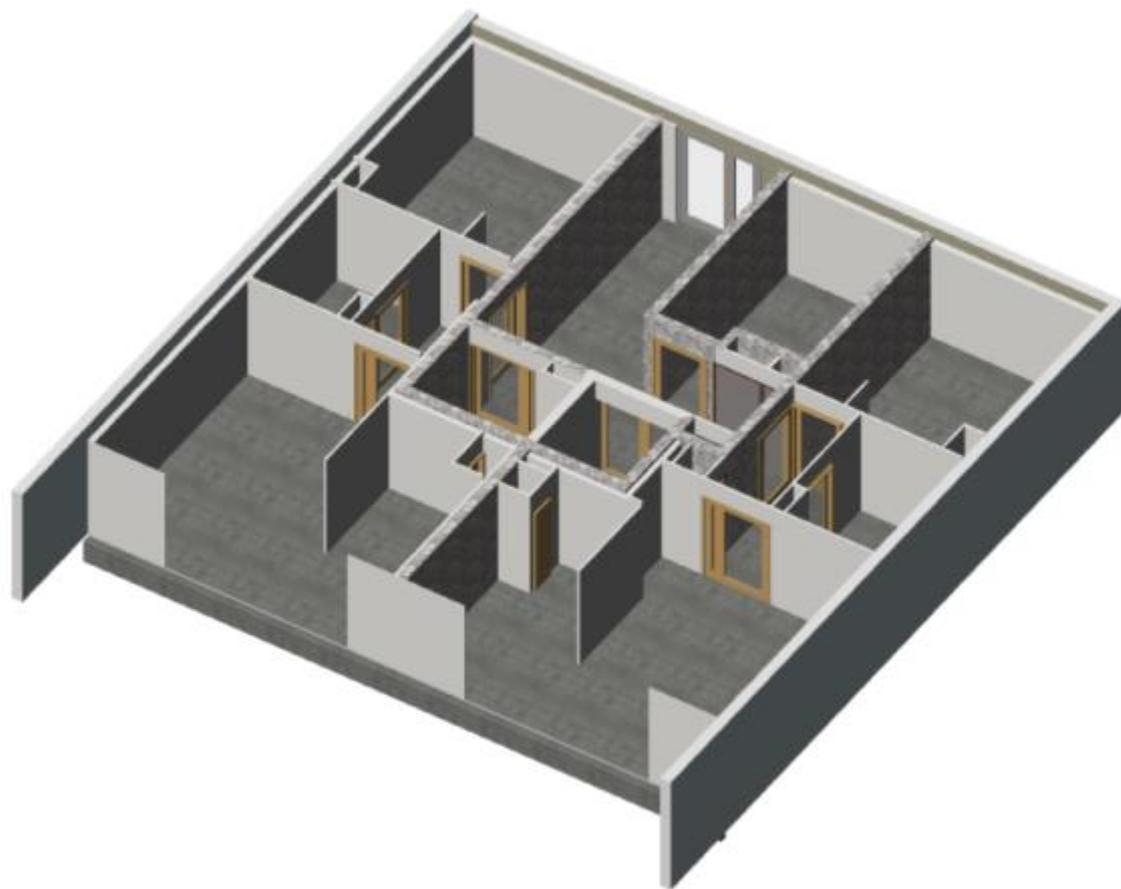


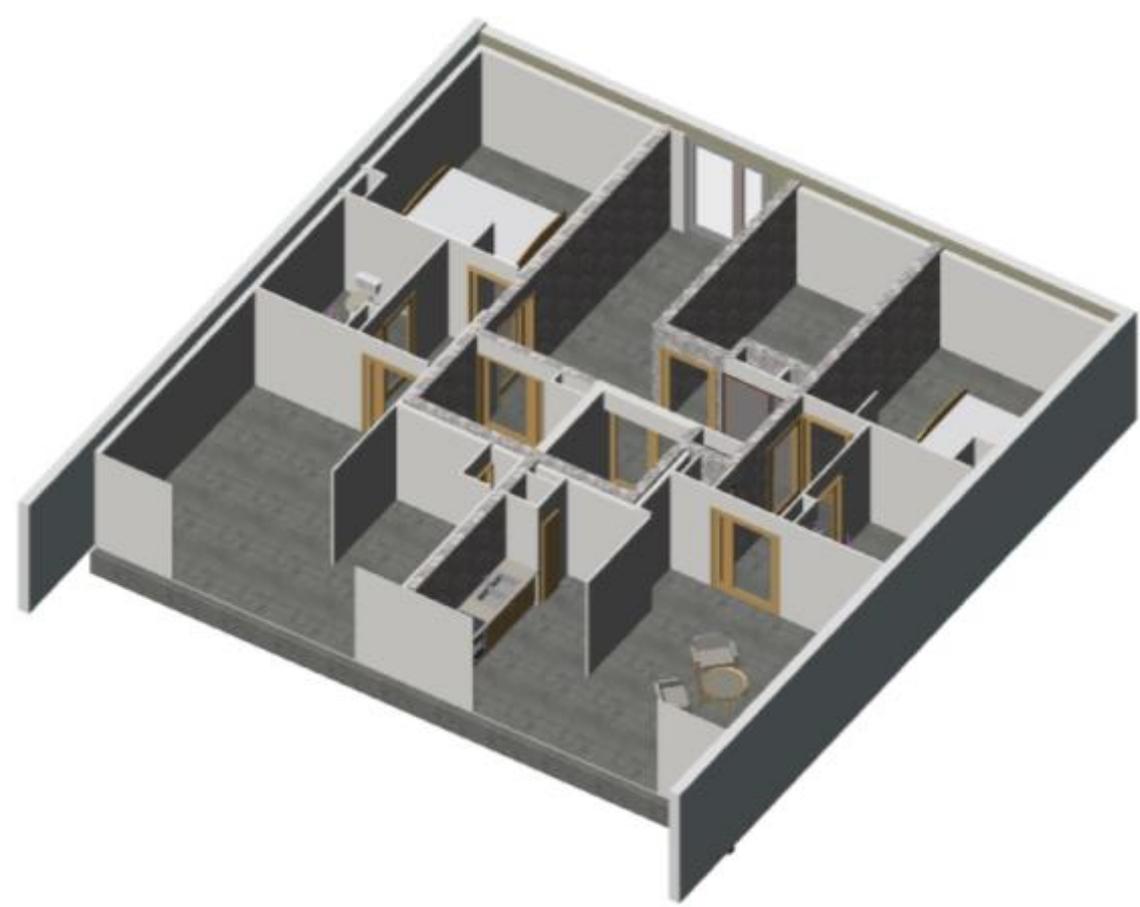


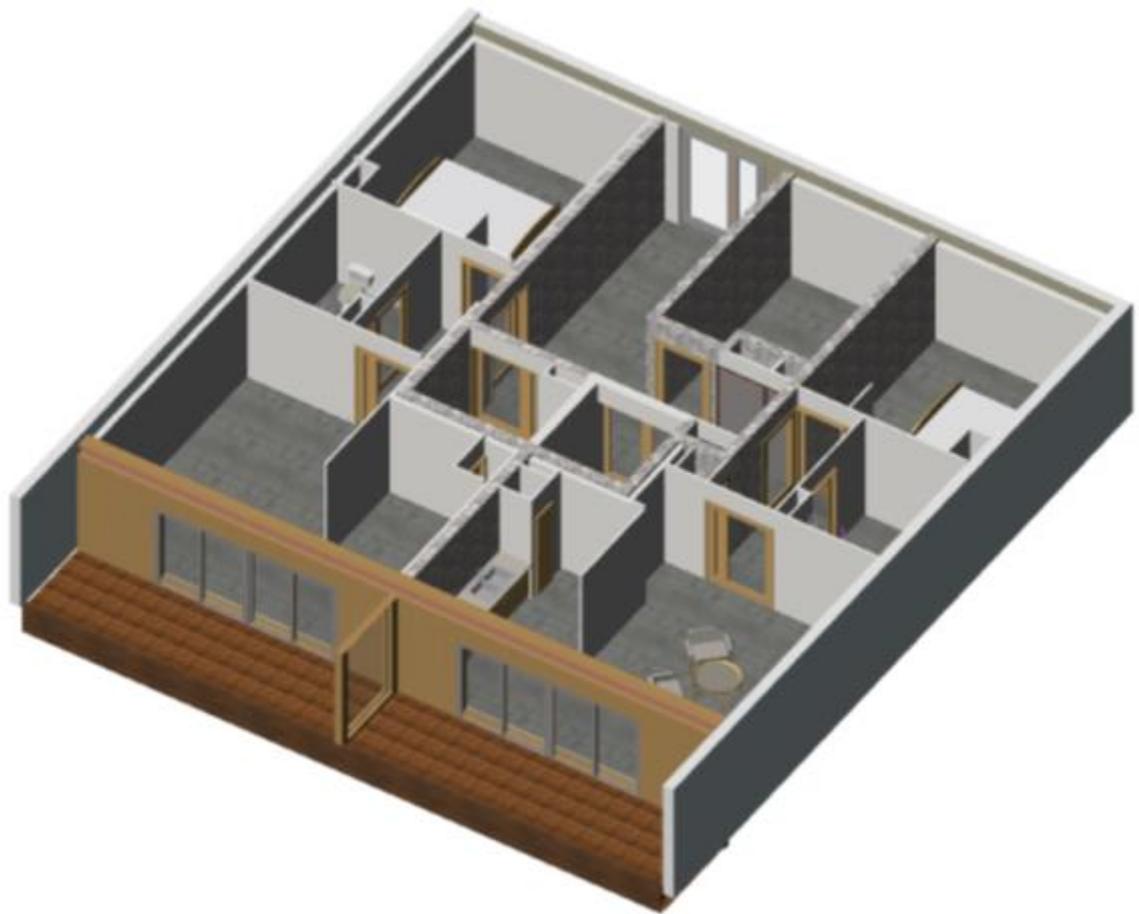
















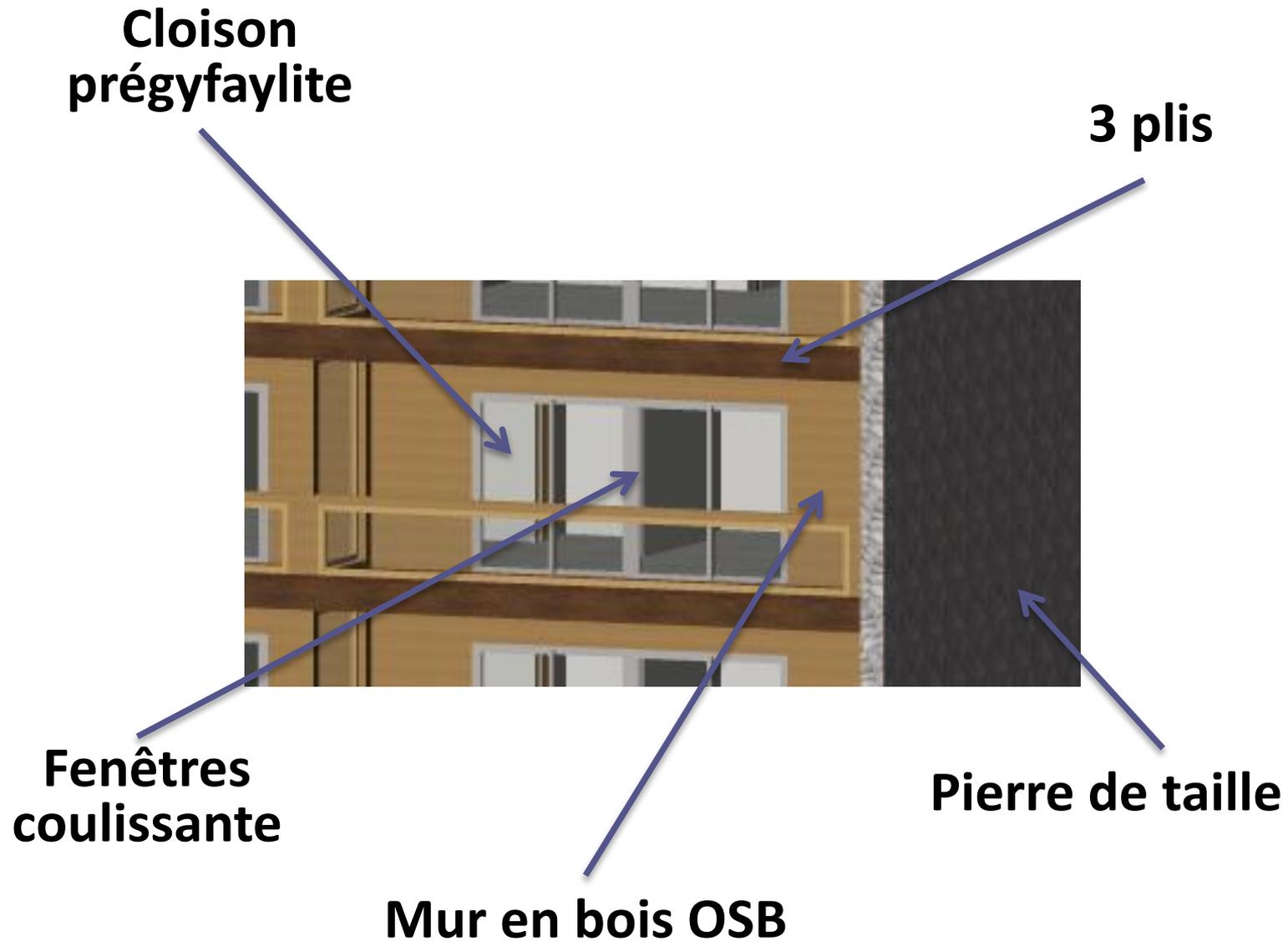






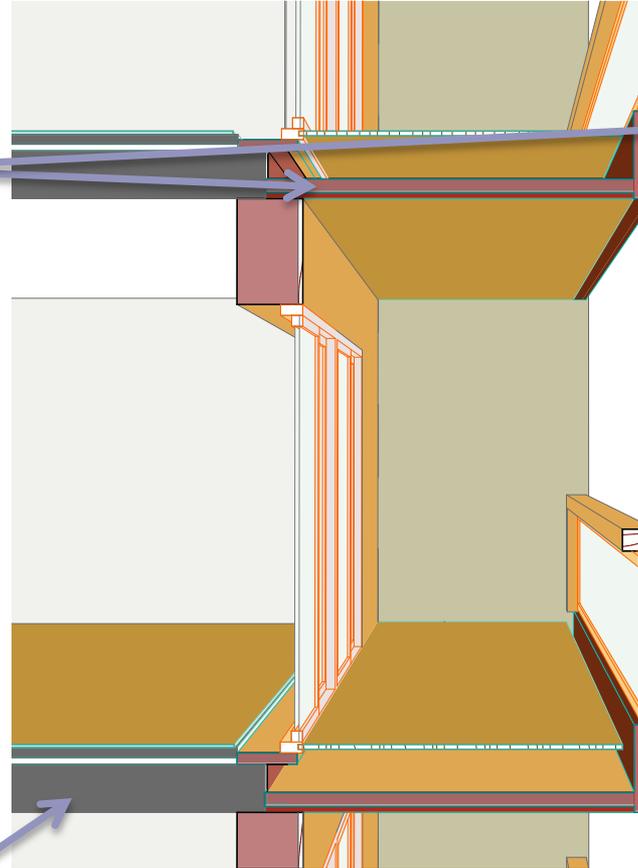






**3 plis
(bardage en bois)**

- *Conductivité thermique*
0,16 W/m.K
- *Densité*
500 kg/m³
- *Capacité calorifique*
1200 J/kg.K
- *Résistance à l'écrasement*
458 kg/cm²
- *Volume*
5,3 m³
- ...



Dalle en béton

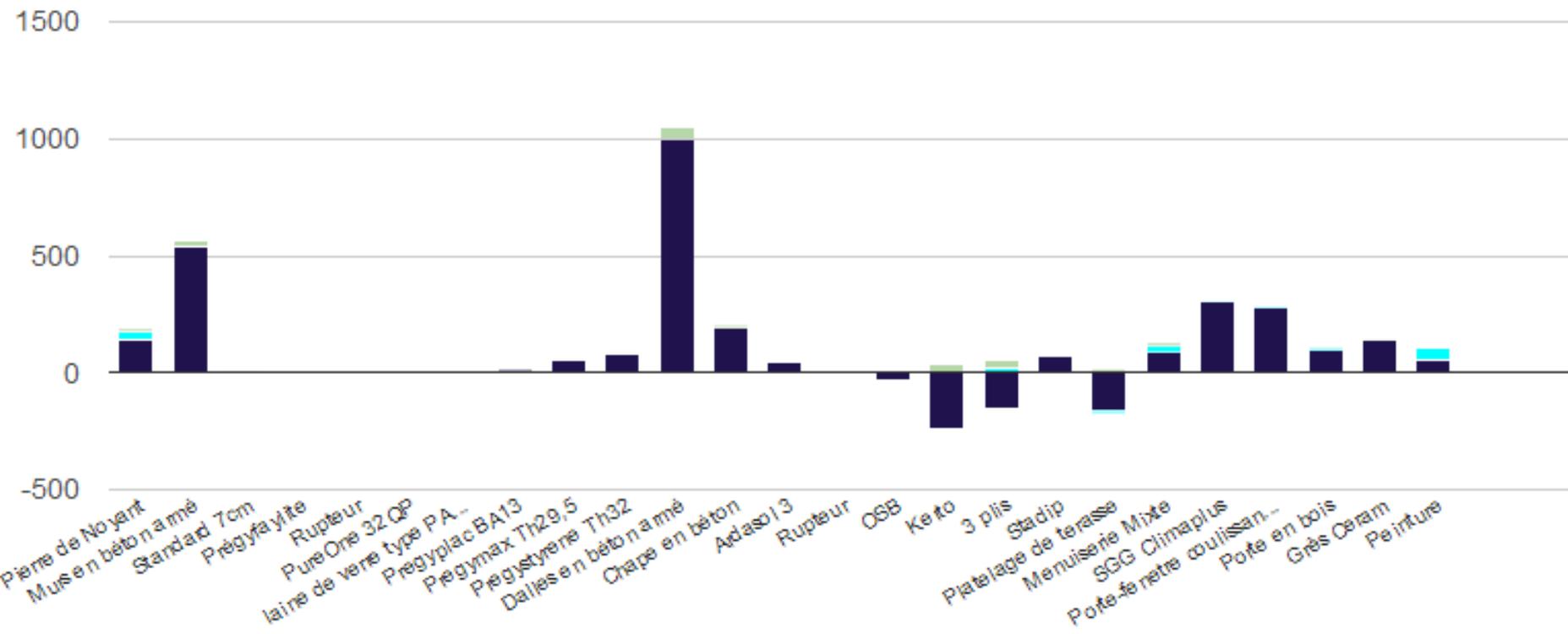
- | | | |
|--|--|---|
| • <i>Conductivité thermique</i>
0,92 W/m.K | • <i>Capacité calorifique</i>
880 J/kg.K | • <i>Volume</i>
324 m³ |
| • <i>Densité</i>
2700 kg/m³ | • <i>Résistance à l'écrasement</i>
800 kg/cm² | • ... |

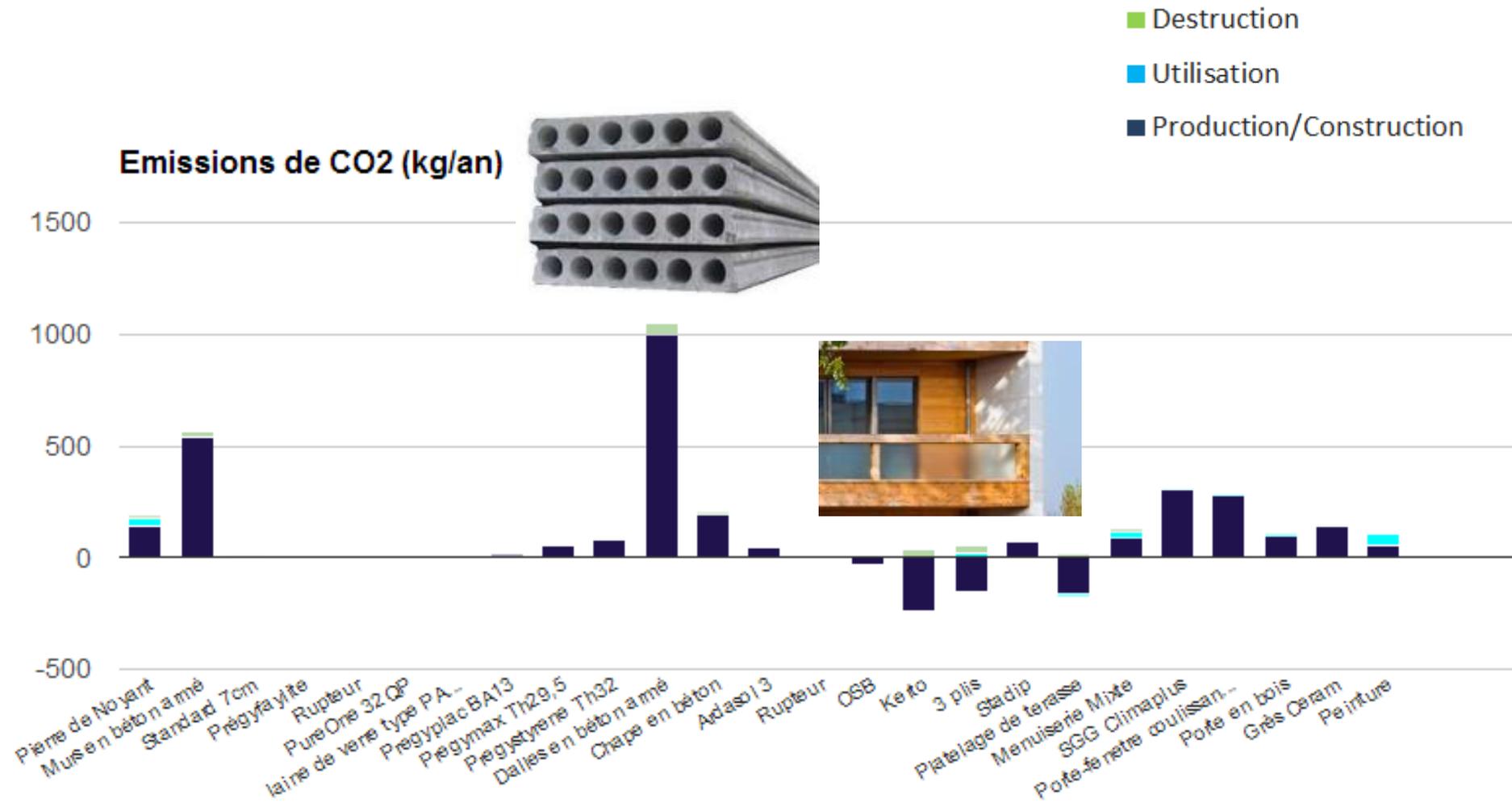
RÉSULTATS

ANALYSE SUR L'ENSEMBLE DES BÂTIMENTS
ÉTUDE COMPARATIVE AVEC D'AUTRES MATÉRIAUX

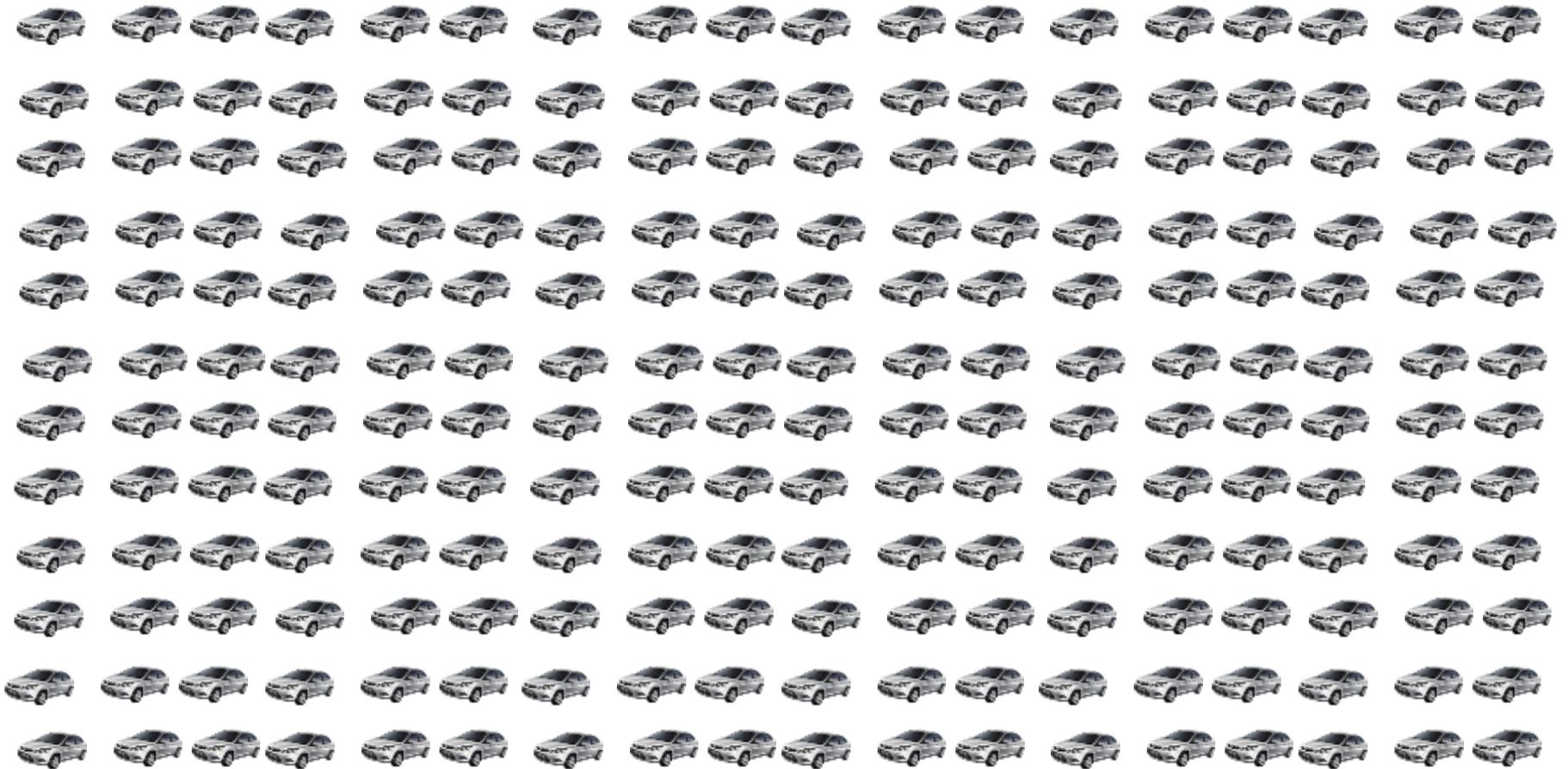
- Destruction
- Utilisation
- Production/Construction

Emissions de CO2 (kg/an)

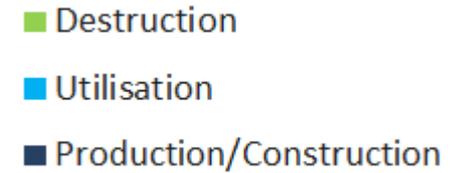




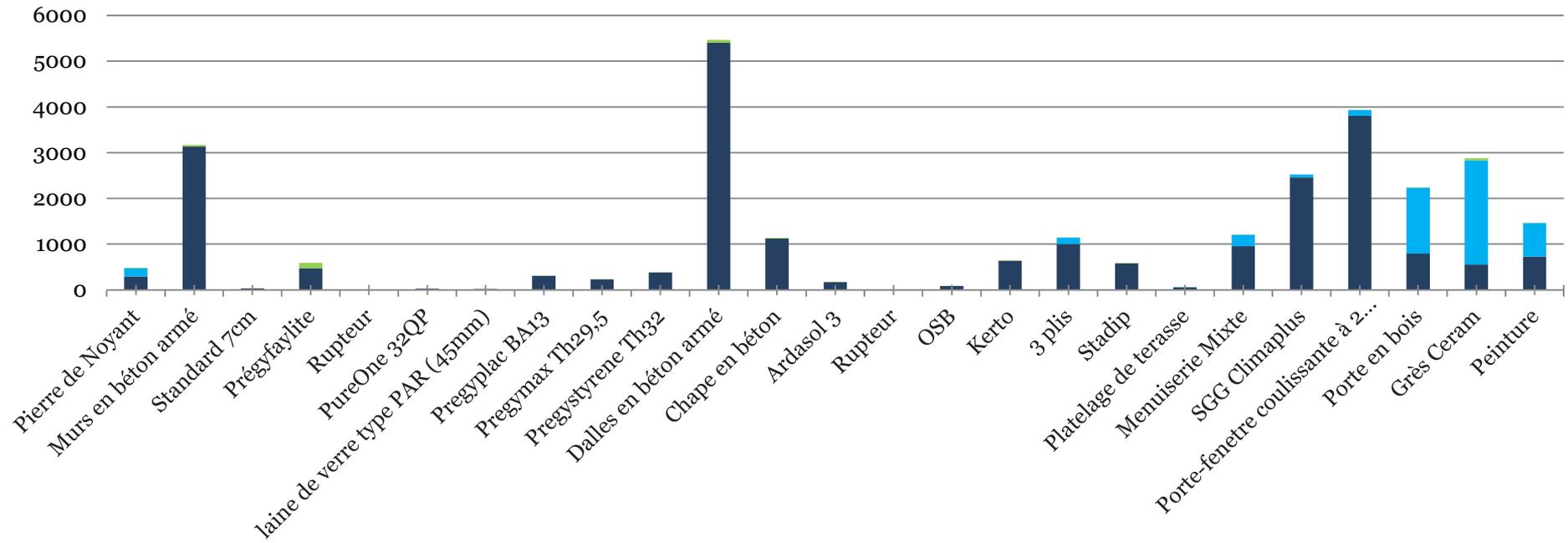
344 716 kg de CO₂



176 voitures

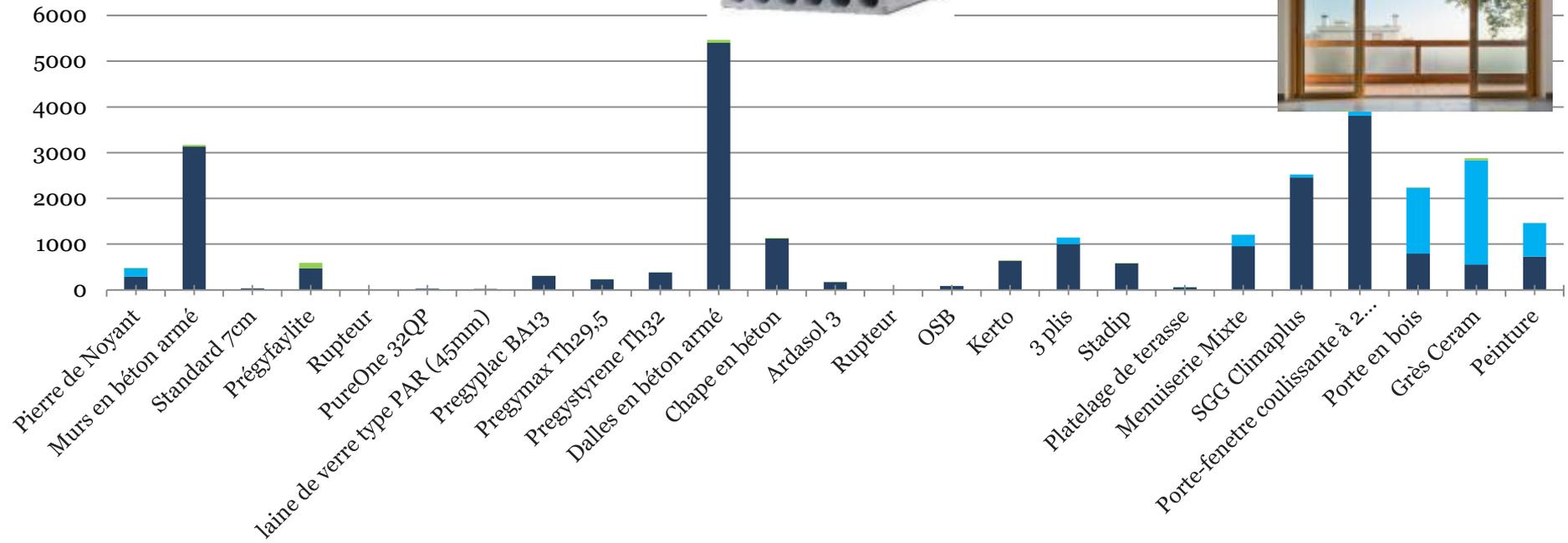


Consommation d'eau (L/an)



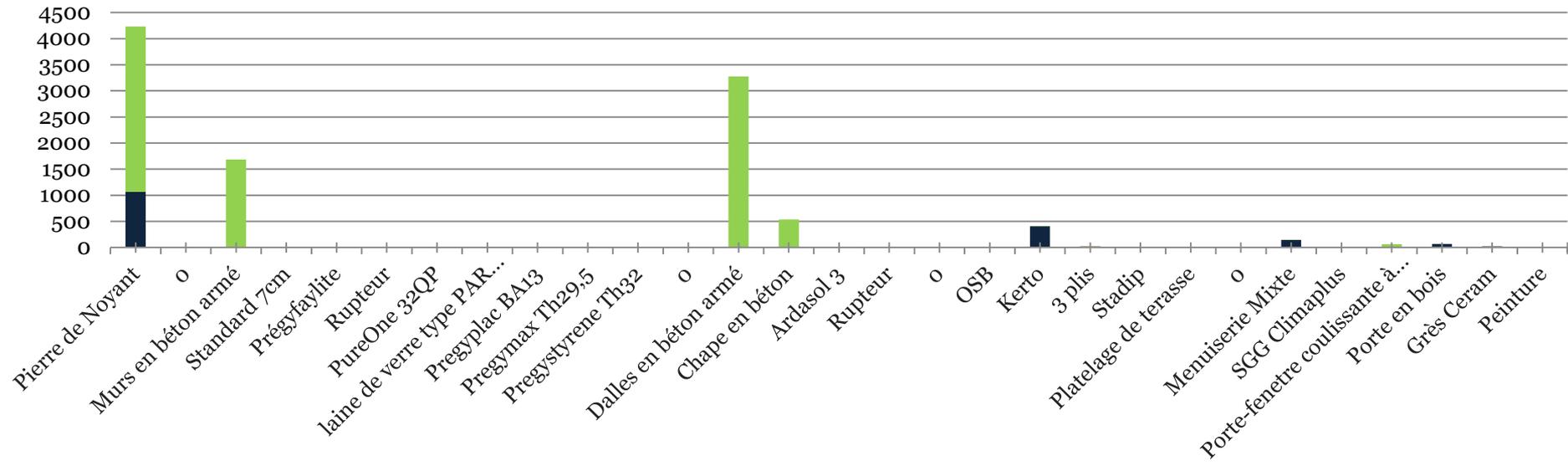
- Destruction
- Utilisation
- Production/Construction

Consommation d'eau (L/an)



- Destruction
- Utilisation
- Production/Construction

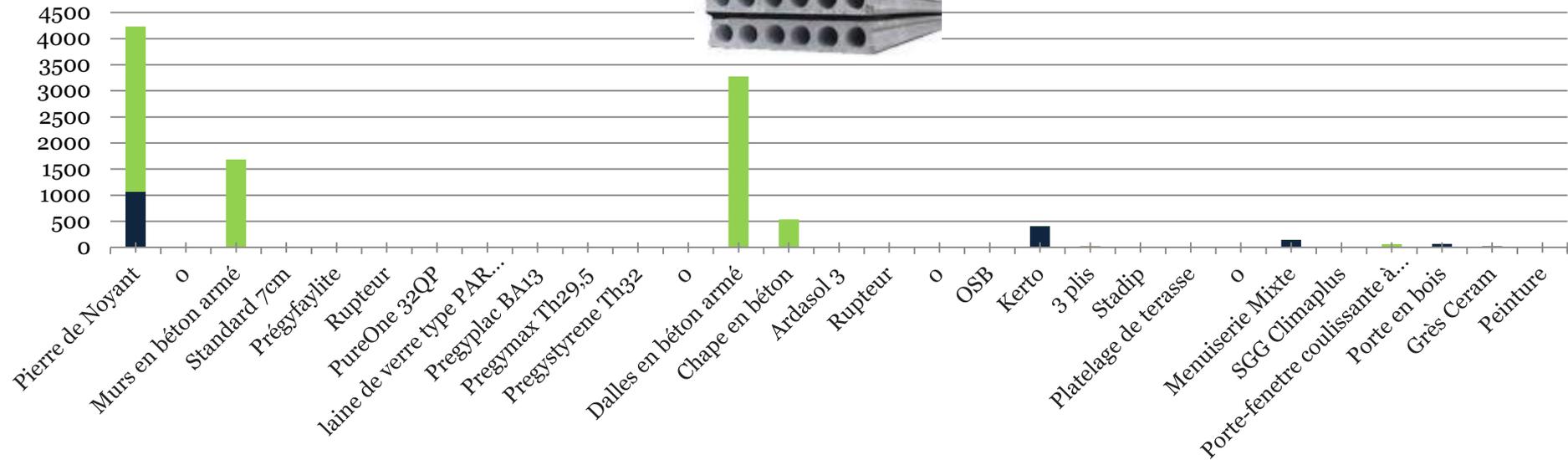
Déchets valorisés (kg/an)

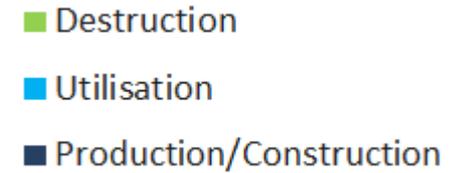


- Destruction
- Utilisation
- Production/Construction

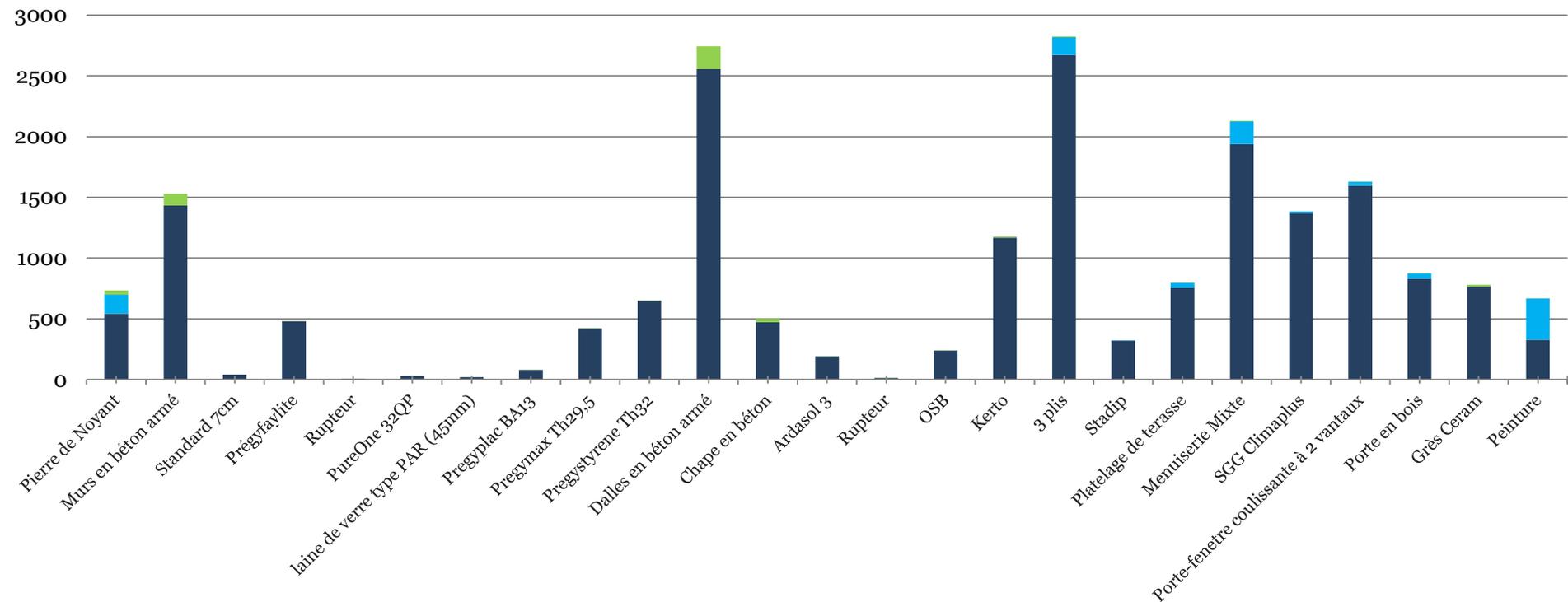


Déchets valorisés (kg/an)



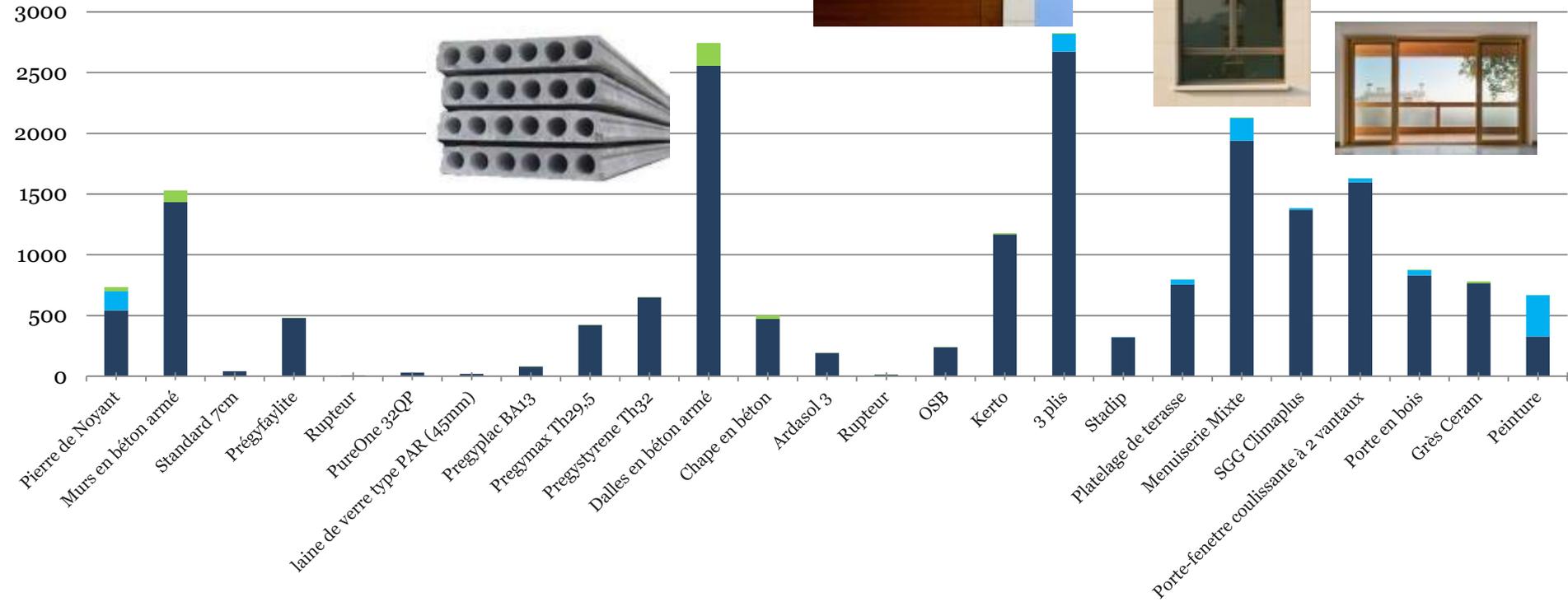


Energie primaire (kWh/an)



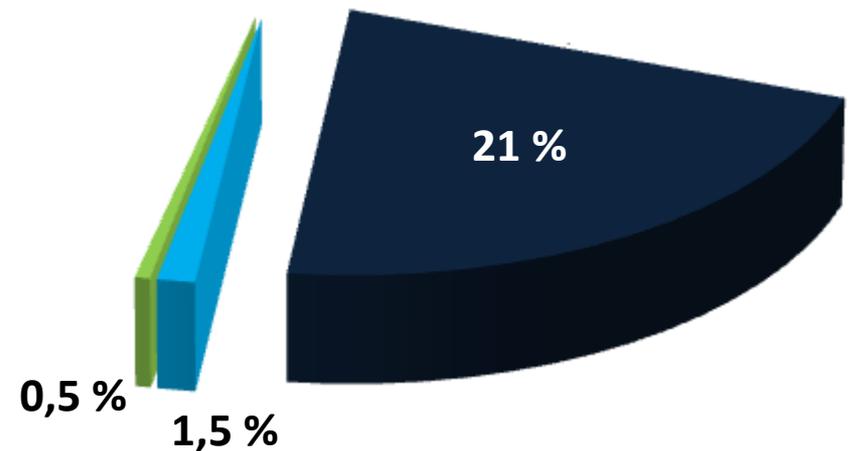
- Destruction
- Utilisation
- Production/Construction

Energie primaire (kWh/an)



Energie grise : 22 227 kWh/an

■	Production 18 928 kWh/an
■	Utilisation 966 kWh/an
■	Destruction 399 kWh/an



Energie grise : 22 227 kWh/an

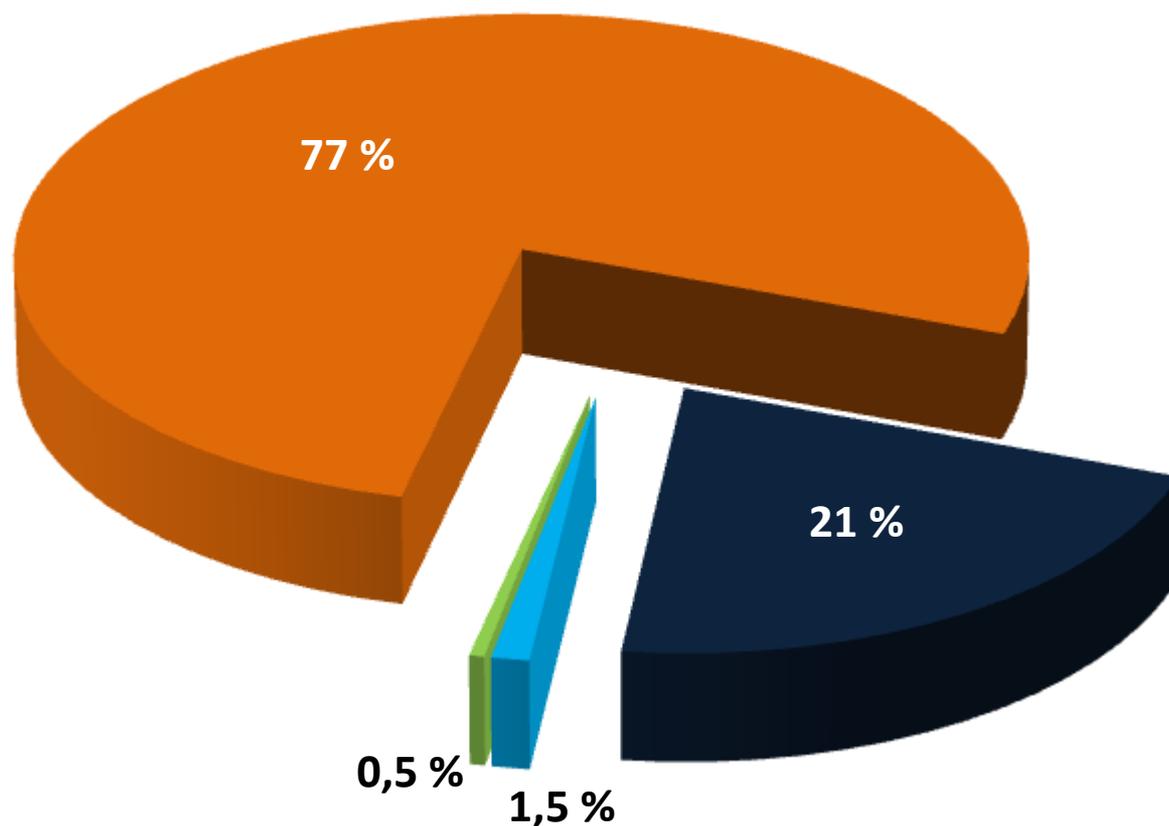
Energie d'usage : 75 205 kWh/an

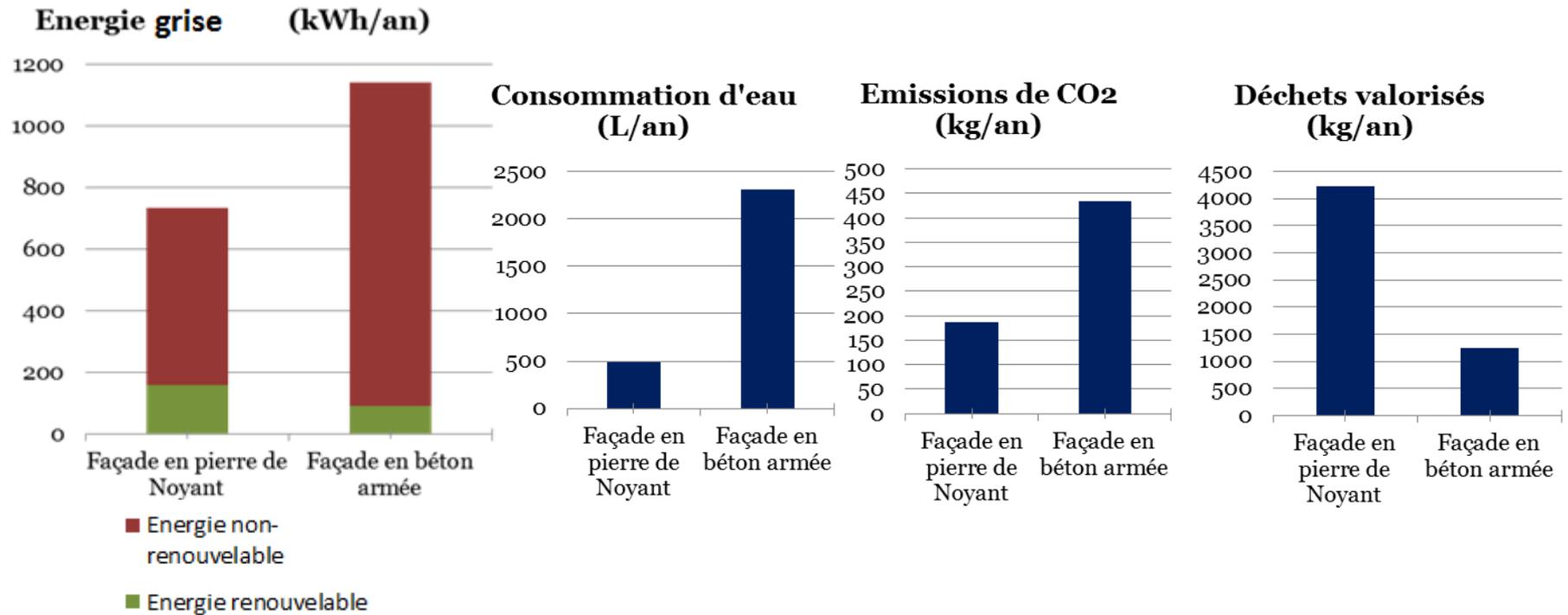
Production
18 928 kWh/an

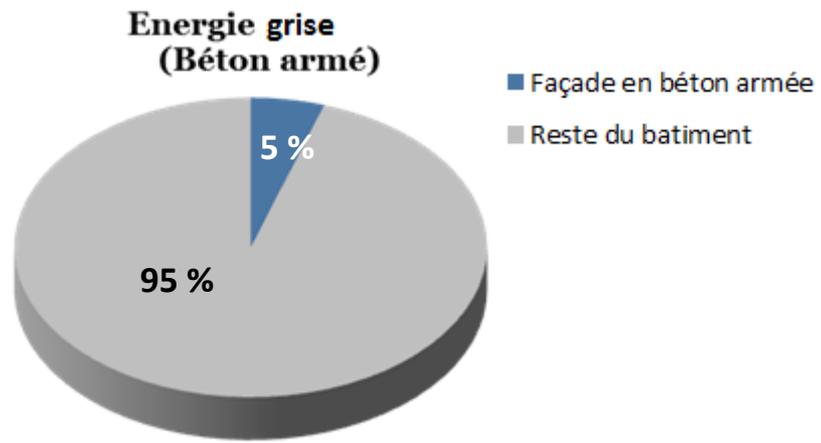
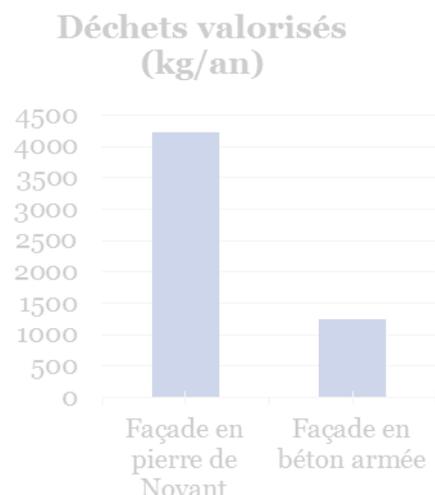
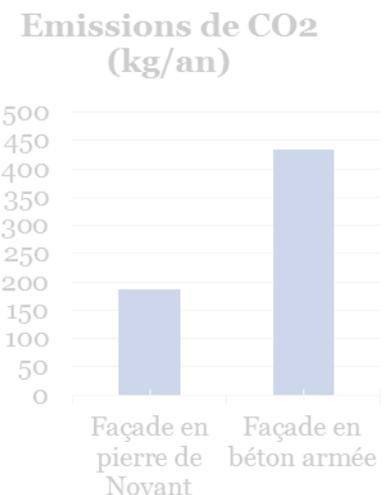
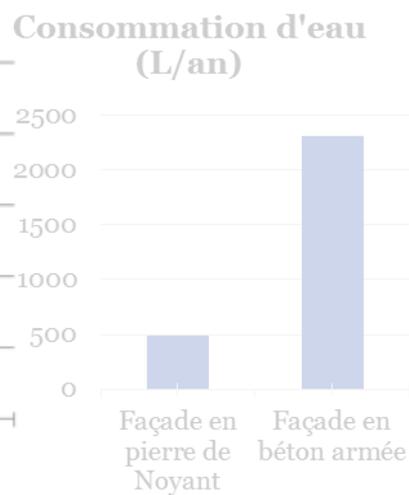
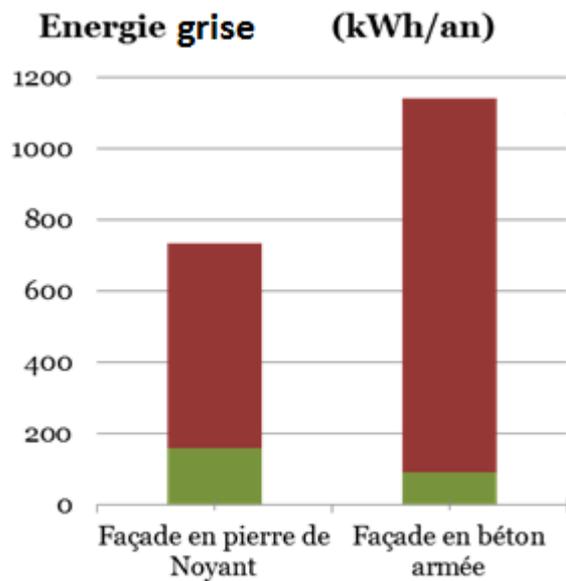
Utilisation
966 kWh/an

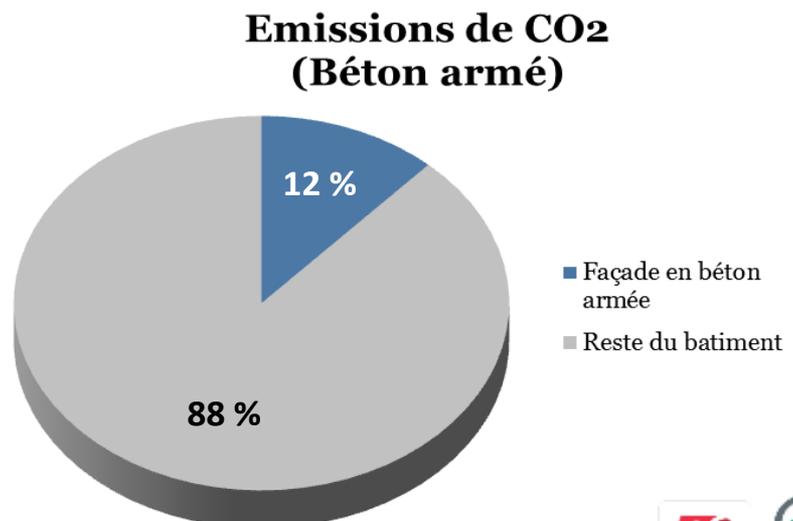
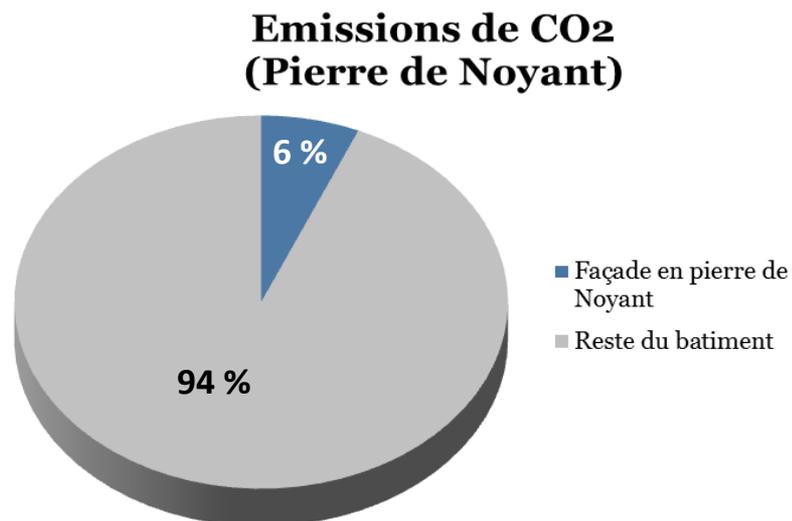
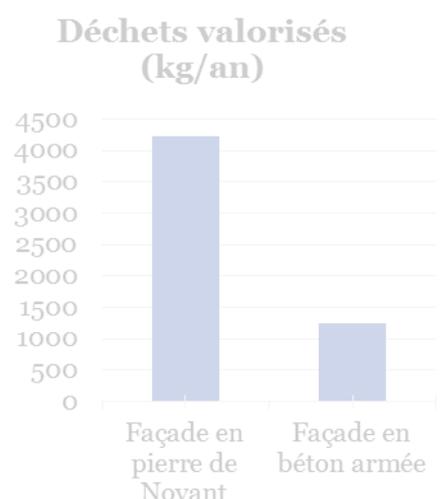
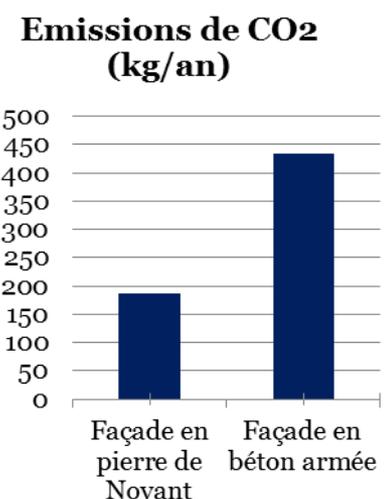
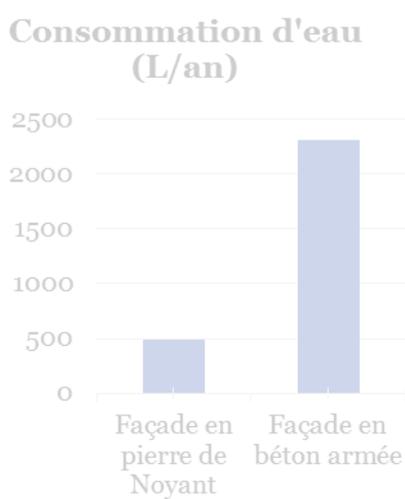
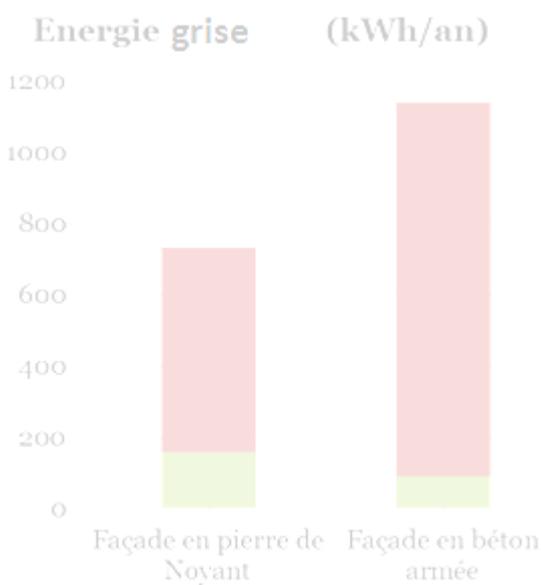
Destruction
399 kWh/an

Energie d'usage
75 205 kWh/an









CE QUE NOUS APPORTONS À NOTRE CLIENT

- Une **étude novatrice** qui servira dans les **futurs débats** du BTP.
- Des **résultats** qui vont orienter la **politique de l'entreprise**.
- **Importance** de la prise en compte de l'énergie grise.
- Un **livrable personnalisable** afin de tester d'autres matériaux, d'autres hypothèses.



Pierre Bois Habitat

“Vivons vers l’avenir”

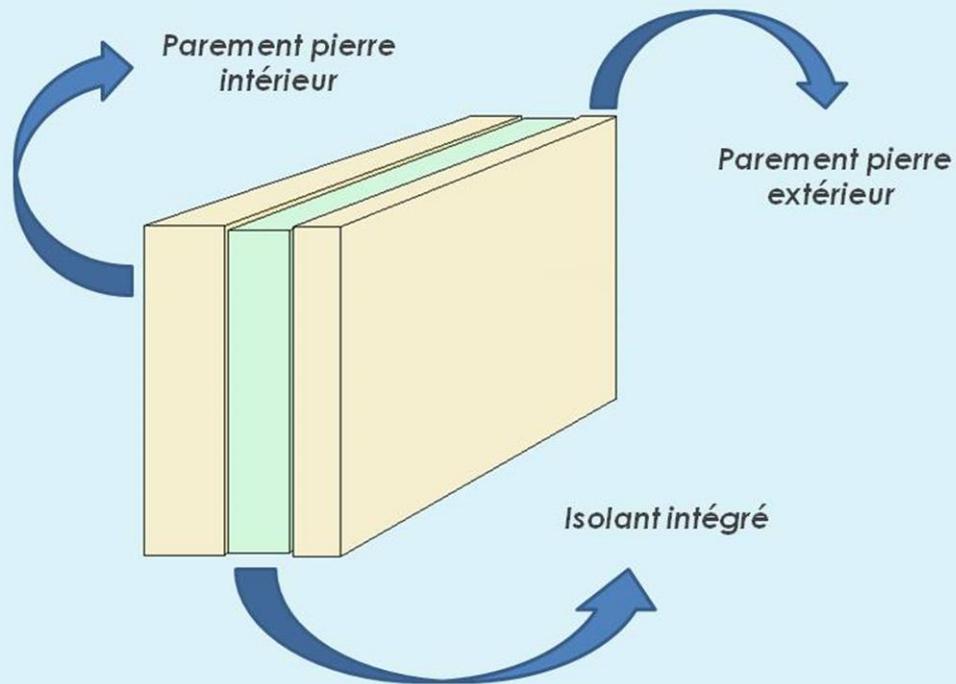
Pierre - Bois 
habitat®

*S*oucieuse de remettre la pierre naturelle au cœur de la construction, notre société **Pierre Bois Habitat**, travaille depuis quelques années sur la mise au point d'un modèle constructif basé sur ce matériau ancestral lié à la problématique d'isolation thermique. Ces recherches ont aboutis à un module de type " monomur ", présentant la particularité d'intégrer un isolant entre deux blocs de pierre massive.

*N*ous avons nommé ce module " **Pierre Bio'Mur** ".

*E*n voici une rapide présentation...

Bloc monomur Pierre Bio'Mur®



Module de construction auto-isolé à double parois en pierre naturelle

Objet du brevet déposé :

Intégration directe d'un isolant thermique ventilé par rainurage, solidaire d'un double parement en pierre naturelle massive.

Descriptif :

Il s'agit de 3 éléments :

- Bloc 15 cm d'épaisseur (intérieur)*
- Isolant \pm 15 cm selon zone*
- Bloc \pm 10 cm d'épaisseur (extérieur)*

Assemblage assuré par injection d'une mousse expansive végétale de type polyuréthane.

Epaisseur totale du monomur : 40 cm dans sa version Pierre Naturelle.

L'épaisseur de l'isolant varie selon plusieurs critères : caractéristiques des matériaux porteurs, zone géographique et efficacité thermique souhaitée.

Dimensions « longueur x hauteur » de 1,00 ml à 2ml et de 0,50 ml à 1,00 ml

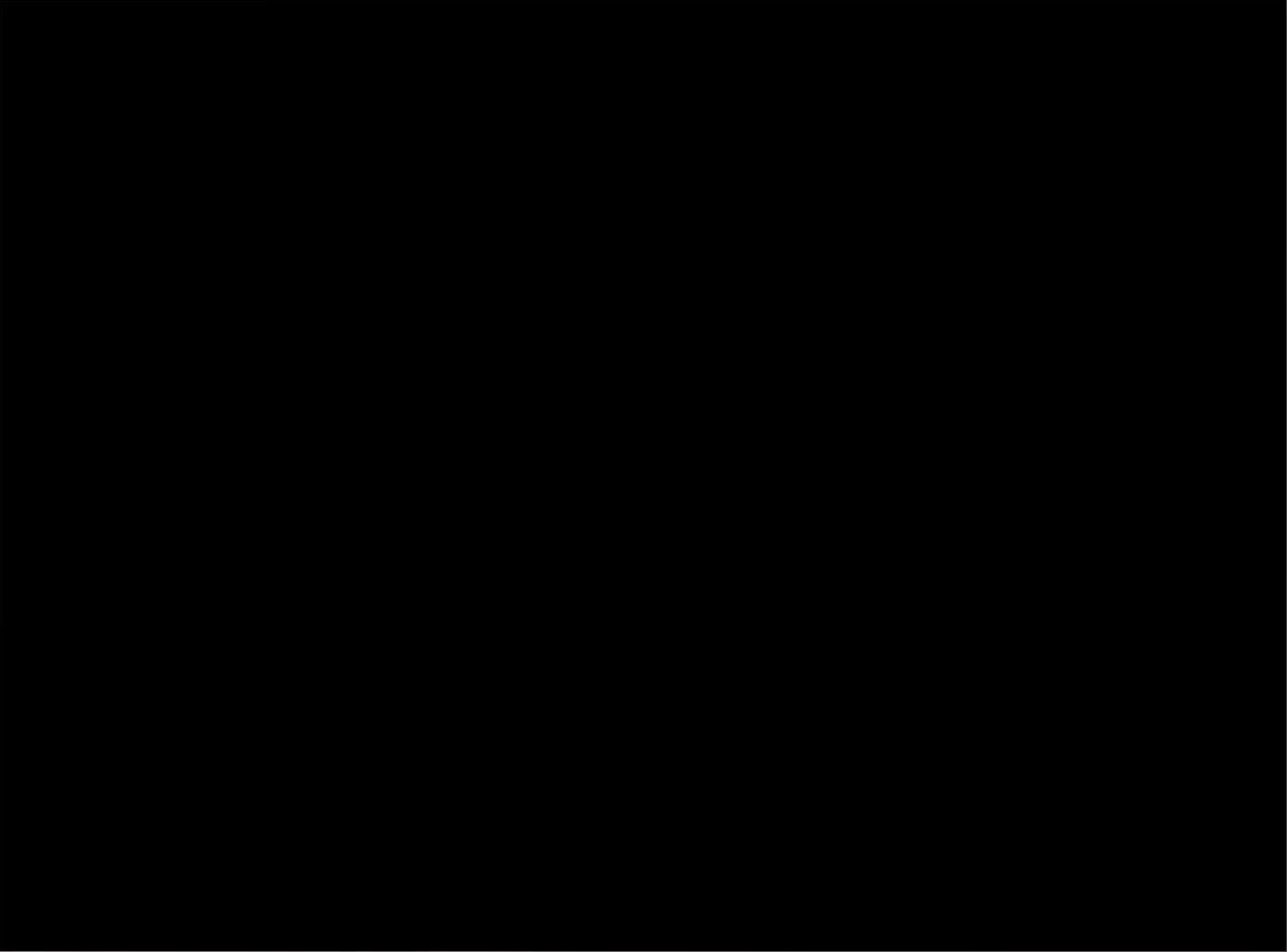
Résultats :

Un module au R = 6.90, répondant aux réglementations thermiques “ BBC ” et “ Maison Passive ”.

Les modules sont fabriqués en atelier suivant un calepinage préétabli, et sont posés sur mortier colle par manutention en levage mécanique. Le gain de temps ainsi obtenu pendant les transferts et la mise en œuvre permet une réalisation courte (estimation pour une maison individuelle de 139 m² = 4 mois à partir des fondations).

Ce principe constructif s'inscrit dans une démarche de développement durable : chantier propre, consommation d'eau réduite, utilisation des carrières et de l'artisanat local, variation du type de pierre selon la région, maximisation de l'emploi de bois PEFC...

Pierre - Bois
habitat.



Notre construction expérimentale

Pierre-Bois
habitat.





Pierre-Bois
habitat.





Pierre-Bois
habitat.



Pierre-Bois
habitat.



Pierre - Bois
habitat.



Pierre - Bois
habitat.



Pierre - Bois
habitat.

