

RAPPE

***Rénovation Architecturale Patrimoniale et  
Performance Énergétique***

Luc Floissac  
GRECAU

Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse.

# Partenaires

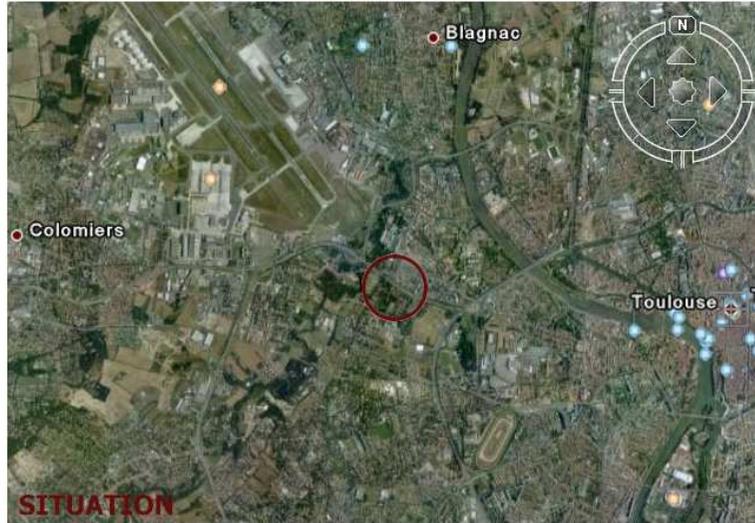


- ADEME: Mr Guyot
- GRECAU Groupe de Recherche Environnement et Conception Architecture et Urbanisme – Ecole d'architecture de Toulouse
  - Luc Floissac
  - Nathalie Tornay
  - Laure Fernandez.
- Cabinet d'architecture JFC – 31590 Verfeil
  - Jean-François Collart.
  - Agnès Pouget.
- SA HLM des Chalets – 31027 Toulouse Cedex

# Objectifs

- Rénover un bâtiment sans modifier sa morphologie.
- Aménagement de 3 appartements (dont 1 pour handicapés).
- Accroître les performances énergétiques d'un bâtiment ancien.
- Utiliser certaines technologies contemporaines indiscutables.
  - Fermetures et vitrages performants.
  - Dispositifs de chauffage à haut rendement.
  
- Revisiter de manière critique certaines pratiques
  - Ventilation.
  - Négligence de l'inertie thermique
  - Mauvais traitement des problèmes de vapeur d'eau,
  - Fragilité des isolants
  
- Diminuer la consommation énergétique
  - Constatée à:                   223 Kwh / m<sup>2</sup> / an
  - Espérée à:                        40 Kwh ep / m<sup>2</sup> / an
  
- Restreindre les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la rénovation du bâtiment.
  
- Réaliser l'opération à un coût raisonnable (1100 € HT / m<sup>2</sup> habitable).

# Plan de masse





# Bâtiment



# Humidité



# Matériaux



- Galets + « briques foraines » + enduit de ciment
- Dalle de béton coulée sur une ancienne dalle de terres-cuites
- 
- Cloisons: briques foraines de 5 cm d'épaisseur.
- Plancher de bois de 2,7 cm d'épaisseur surmonté d'un comble perdu ventilé.
- Menuiseries très endommagées.
- Système de chauffage ancien.

# Préconisations

- **Gestion des soubassements**
  - Drainage terrain.
  - Piquage enduits ciment
- **Isolation périphérique**
  - 20 cm de pouzzolane en vrac
- **Isolation des murs**
  - Par l'extérieur (panneaux de feutre de bois)
  - Bas de murs isolés sur 50 premiers centimètres avec des plaques de liège.
- **Isolation des combles**
  - Fibres végétales ou ouate de cellulose en vrac sur 30 cm.
- **Menuiseries extérieures et vitrages**
  - Doubles vitrages en 4-16-4 argon ( $U = 1,5$ ).
  - Menuiseries au nu extérieur des murs
  - Volets de bois.
- **Chauffage**
  - Chaudières individuelles à condensation au gaz.
  - Conduit de fumée pour poêle à bois en complément.
  - ECS et chauffage par 30 m<sup>2</sup> de panneaux solaires.

## Gestion humidité : piquage

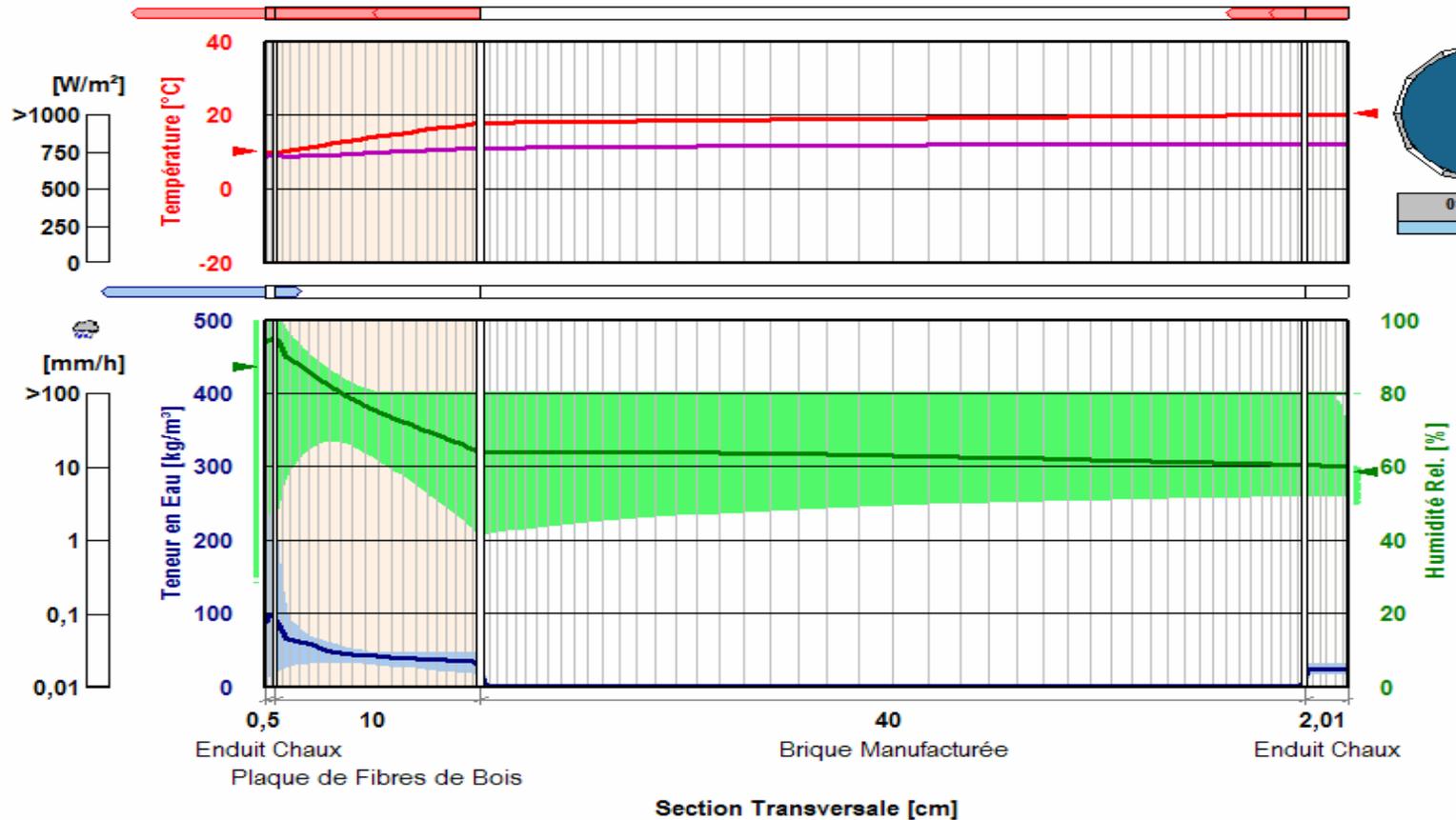


- Murs périphériques: galets et briques cuites
- Murs de refend: pierre et de briques cuites surmonté d'adobes



# Gestion humidité et isolation

## Isolation extérieure perméable à vapeur d'eau

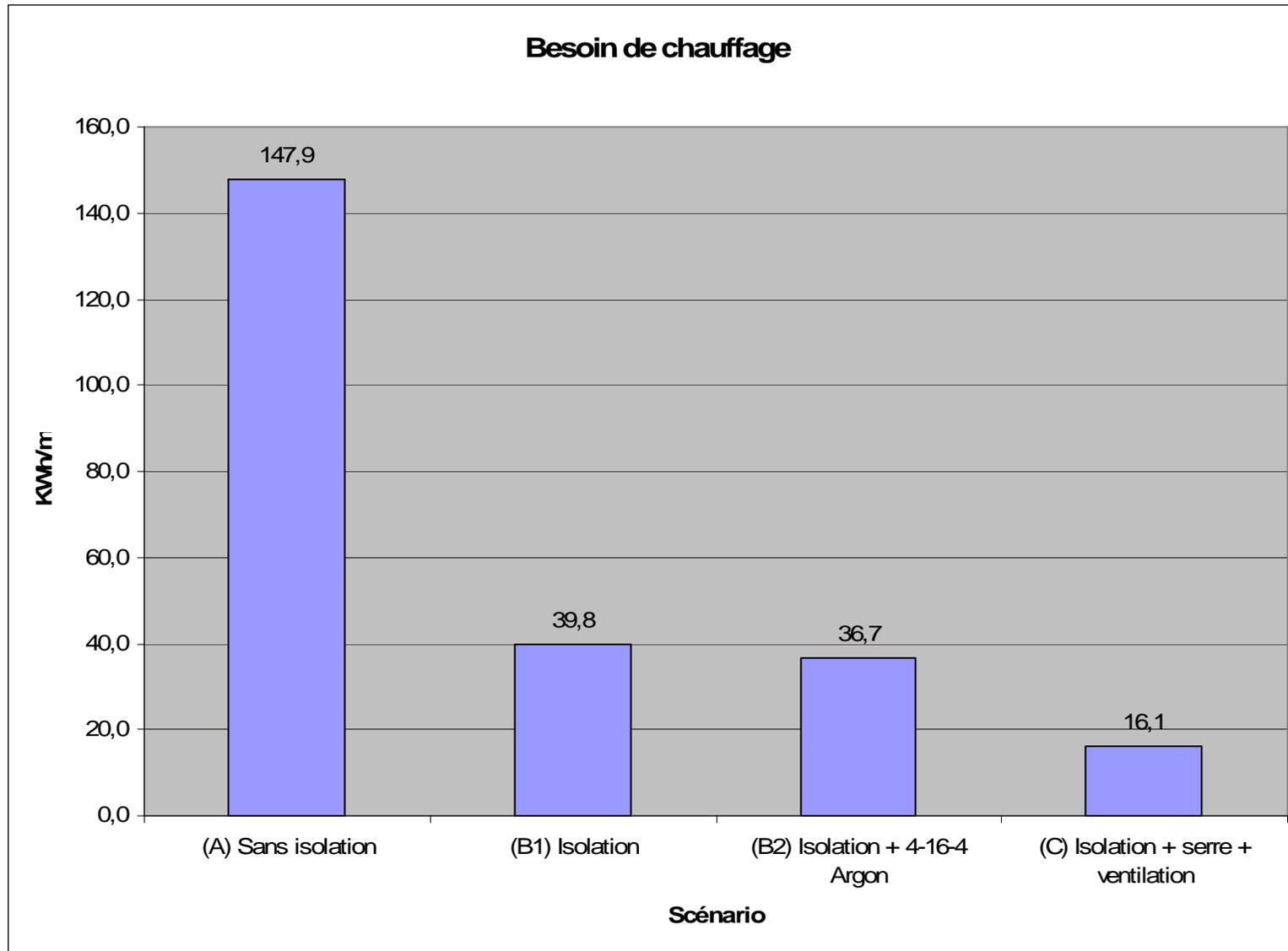


- Murs périphériques (10 cm feutre de bois)  $R = 2,8$
- Plafonds (30 cm ouate de cellulose)  $R = 7,2$
- Soubassements (trottoir périphérique de 1 m) polyuréthane  $R = 5$

# Besoins de chauffage

Zones	Besoins			Puiss. Chauff	T° Min °C	T° Moy °C	T° Max °C	Economie relative	
	Chauffage kWh	Surface habitable	kWh /m²					/A	/B
<b>Scénario</b>									
<b>(A) Sans isolation</b>	<b>42 142</b>	<b>285</b>	<b>148</b>	<b>11 475</b>					
Appartement 1	11 732	78	150	3 375	11,9	18,5	28,5		
Appartement 2	14 972	106	142	4 725	13,5	18,6	27,7		
Appartement 3	15 439	101	152	3 375	8,2	17,4	28,5		
<b>(B1) Isolation</b>	<b>11 351</b>	<b>285</b>	<b>40</b>	<b>10 328</b>				<b>73%</b>	
Appartement 1	3 095	78	40	3 375	15,0	20,0	27,9		
Appartement 2	3 435	106	33	3 578	15,0	20,0	27,4		
Appartement 3	4 821	101	48	3 375	15,0	19,9	27,5		
<b>(B2) Isolation + 4-16-4 Argon</b>	<b>10 457</b>	<b>285</b>	<b>37</b>	<b>10 254</b>				<b>75%</b>	<b>3%</b>
Appartement 1	2 729	78	35	3 375	15,0	20,1	27,8		
Appartement 2	3 176	106	30	3 504	15,0	20,1	27,4		
Appartement 3	4 552	101	45	3 375	15,0	19,9	27,5		
<b>(C) Isolation + serre + ventilation</b>	<b>4 594</b>	<b>285</b>	<b>16</b>	<b>11 107</b>				<b>89%</b>	<b>18%</b>
Appartement 1	1 345	78	17	3 375	15,0	23,2	32,0		
Appartement 2	1 353	106	13	4 357	15,0	23,4	30,6		
Appartement 3	1 895	101	19	3 375	15,0	23,2	29,1		
Serre 1					5,8	26,2	61,7		
Serre 2					7,4	27,4	52,7		
Serre 3					5,9	29,4	58,4		

# Besoins de chauffage



# Coût du chauffage

Sans isolation			
Augmentation annuelle coût de l'énergie			
Année	1,5%	3%	6%
1	2 029 €	2 029 €	2 029 €
10	2 320 €	2 648 €	3 428 €
20	2 693 €	3 558 €	6 140 €
30	3 125 €	4 782 €	10 995 €
<b>Total</b>	<b>76 177 €</b>	<b>96 544 €</b>	<b>160 431 €</b>

Isolation + double vitrage 4/16/4			
Augmentation annuelle coût de l'énergie			
Année	1,5%	3%	6%
1	821 €	821 €	821 €
10	939 €	1 071 €	1 387 €
20	1 089 €	1 440 €	2 484 €
30	1 264 €	1 935 €	4 449 €
<b>Total</b>	<b>30 821 €</b>	<b>39 061 €</b>	<b>64 910 €</b>

Idem + Argon			
Augmentation annuelle coût de l'énergie			
Année	1,5%	3%	6%
1	786 €	786 €	786 €
10	899 €	1 026 €	1 328 €
20	1 043 €	1 378 €	2 378 €
30	1 210 €	1 852 €	4 259 €
<b>Total</b>	<b>29 504 €</b>	<b>37 393 €</b>	<b>62 137 €</b>

Idem + serre			
Augmentation annuelle coût de l'énergie			
Année	1,5%	3%	6%
1	556 €	556 €	556 €
10	636 €	725 €	939 €
20	738 €	975 €	1 682 €
30	856 €	1 310 €	3 012 €
<b>Total</b>	<b>20 868 €</b>	<b>26 447 €</b>	<b>43 948 €</b>

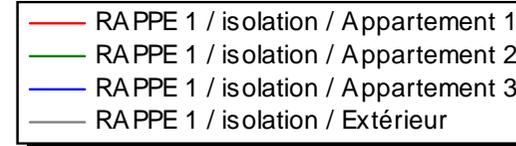
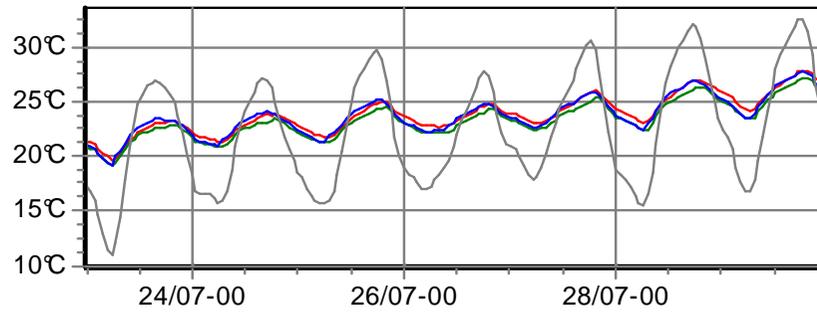
Regrets: Pas de mutualisation de chaudière et panneaux solaires pour 3 appartements

- Volonté du MO de ne pas gérer les impayés.
- Étude en cours gérer 3 chaudières avec les panneaux mutualisés.

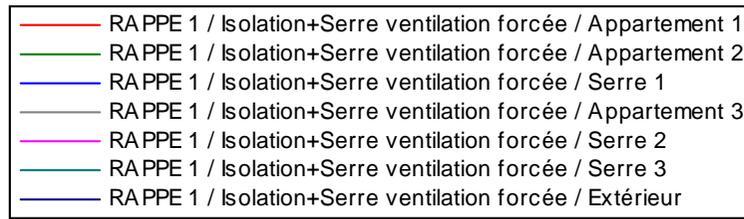
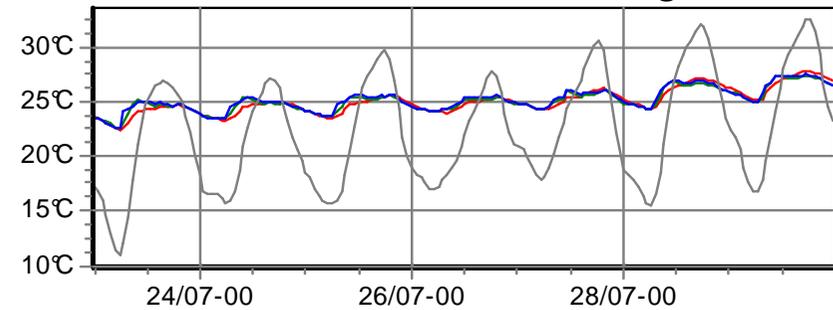
# Canicules



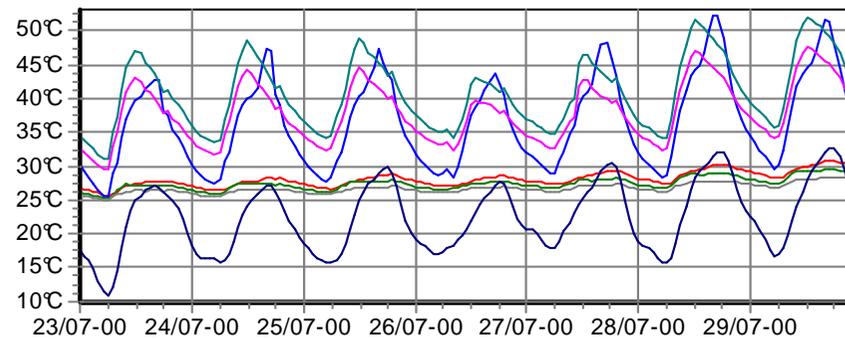
Initial



Isolation +  
double  
vitrage

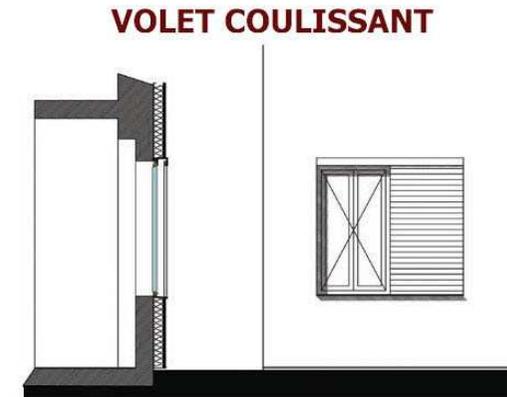
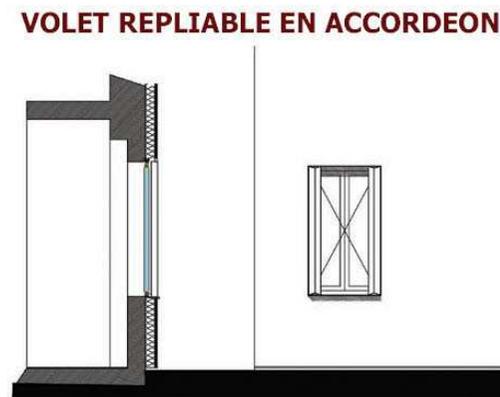
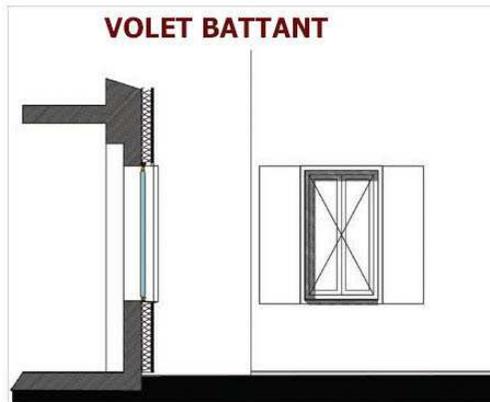
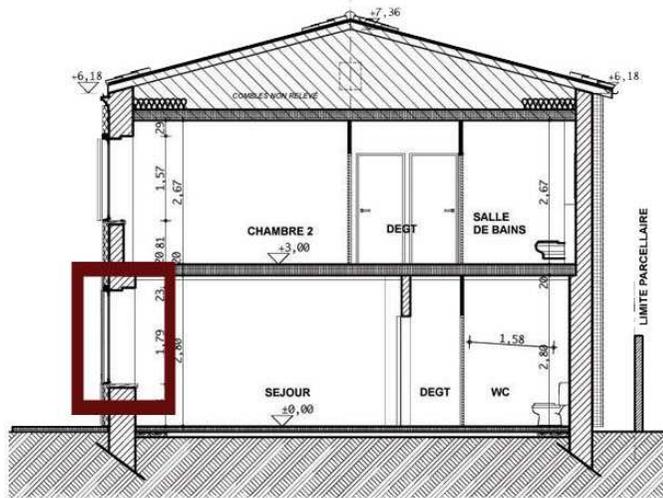


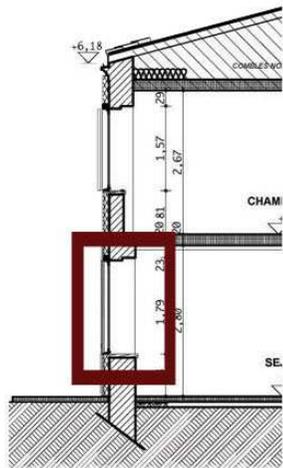
+ serres



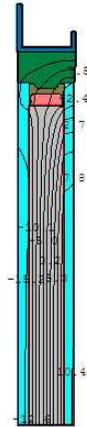


# Ponts thermiques

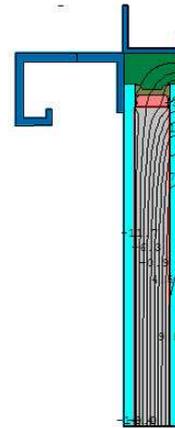




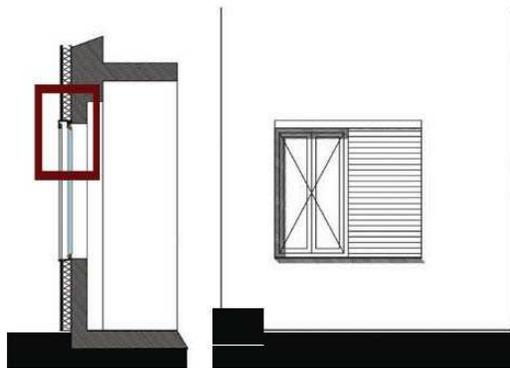
**U = 2.70 W/M²K**



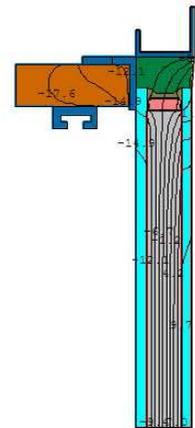
**PONT THERMIQUE : MENUISERIES**



**U = 2.81 W/M²K**



**VOLET COULISSANT**



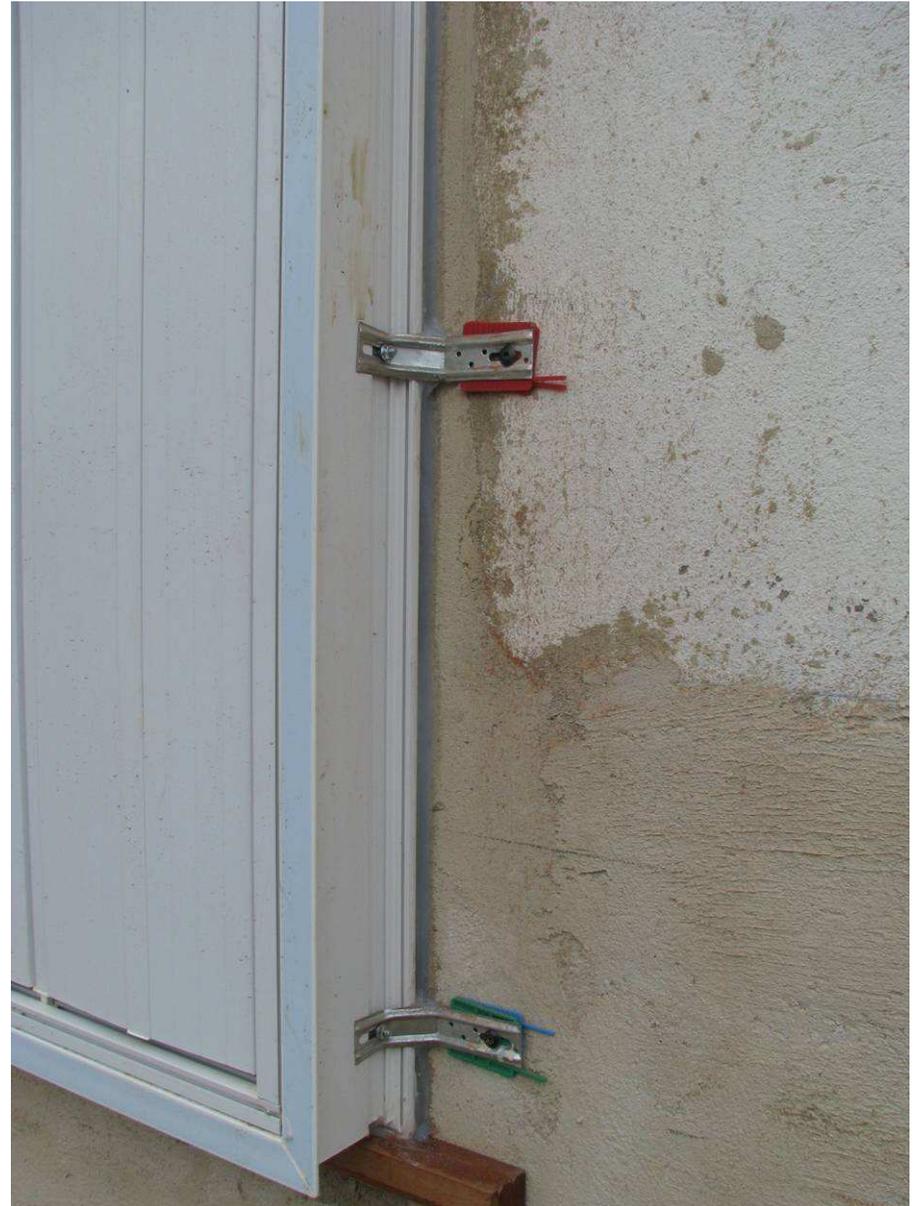
**= 2.57 W/M²K**



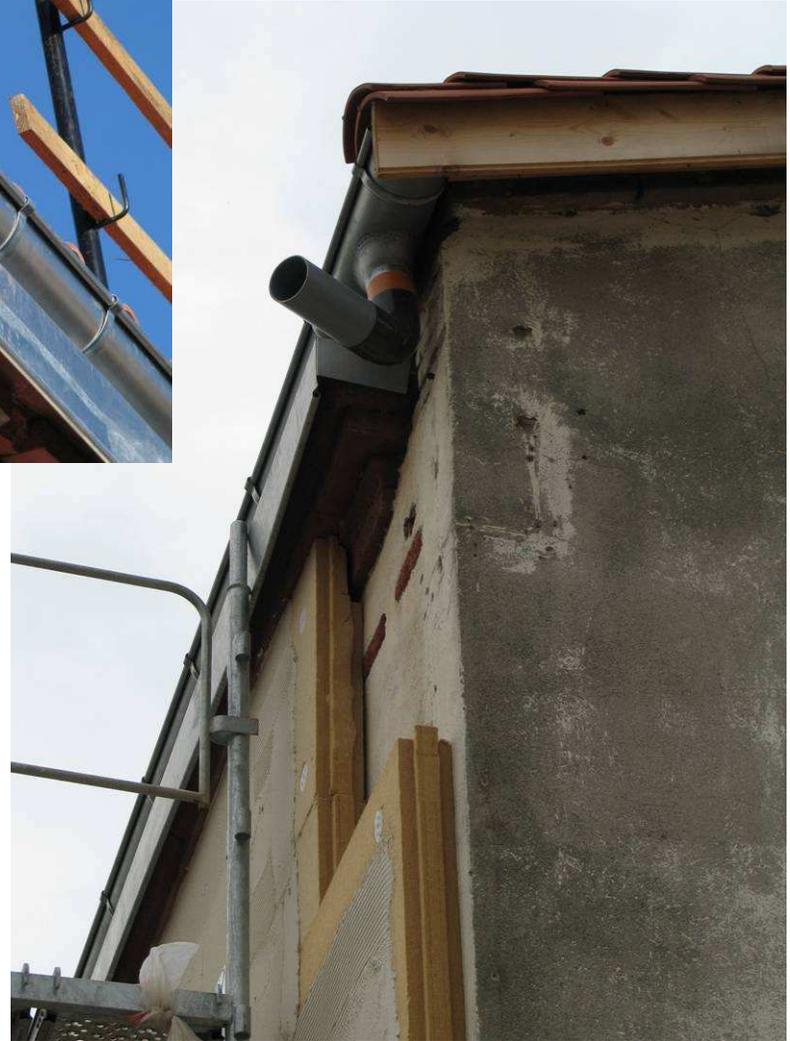
**isothermes**

**couleur infrarouge**

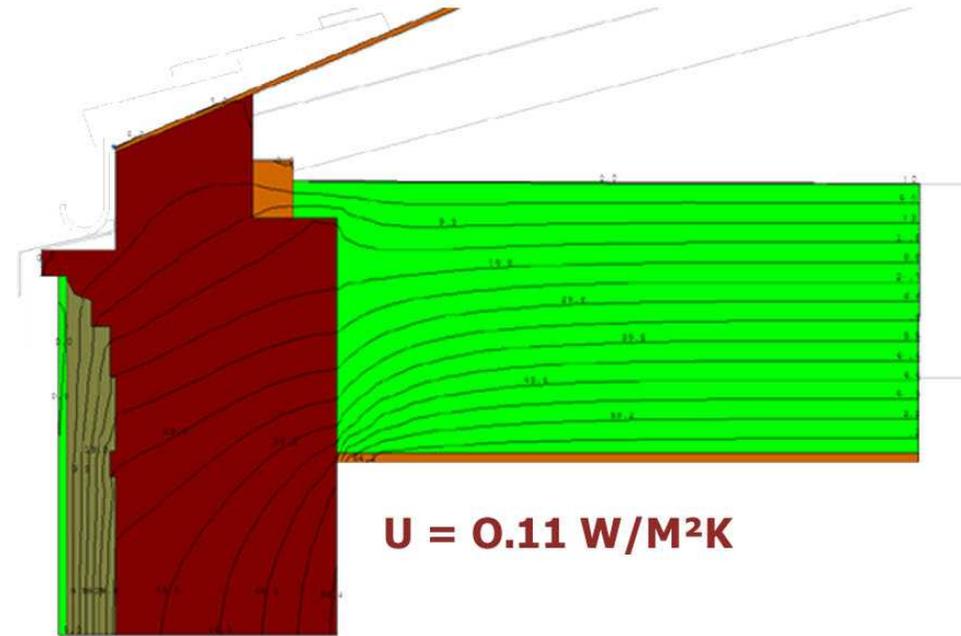
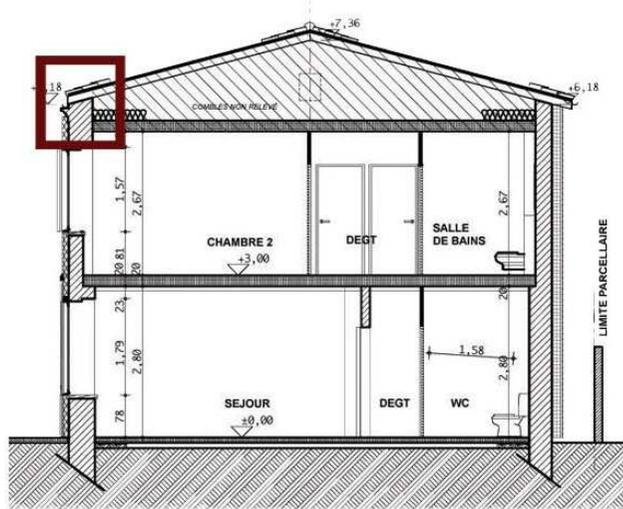
## Pose des menuiseries



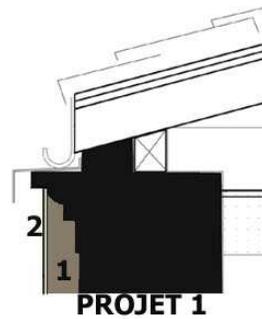
# Corniche



## PONT THERMIQUE : CORNICHE



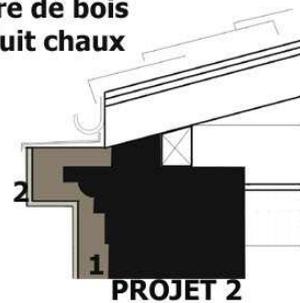
$$U = 0.11 \text{ W/M}^2\text{K}$$



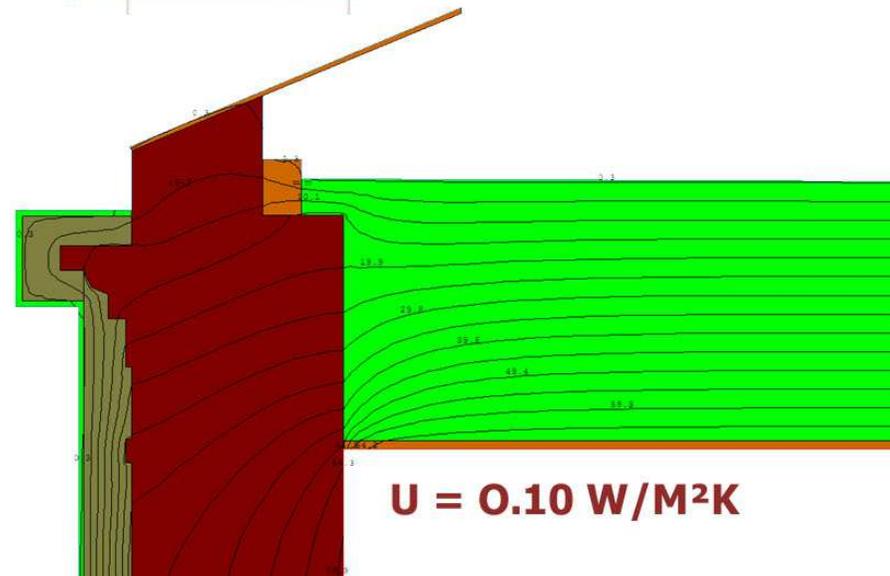
PROJET 1



1. feutre de bois
2. enduit chaux

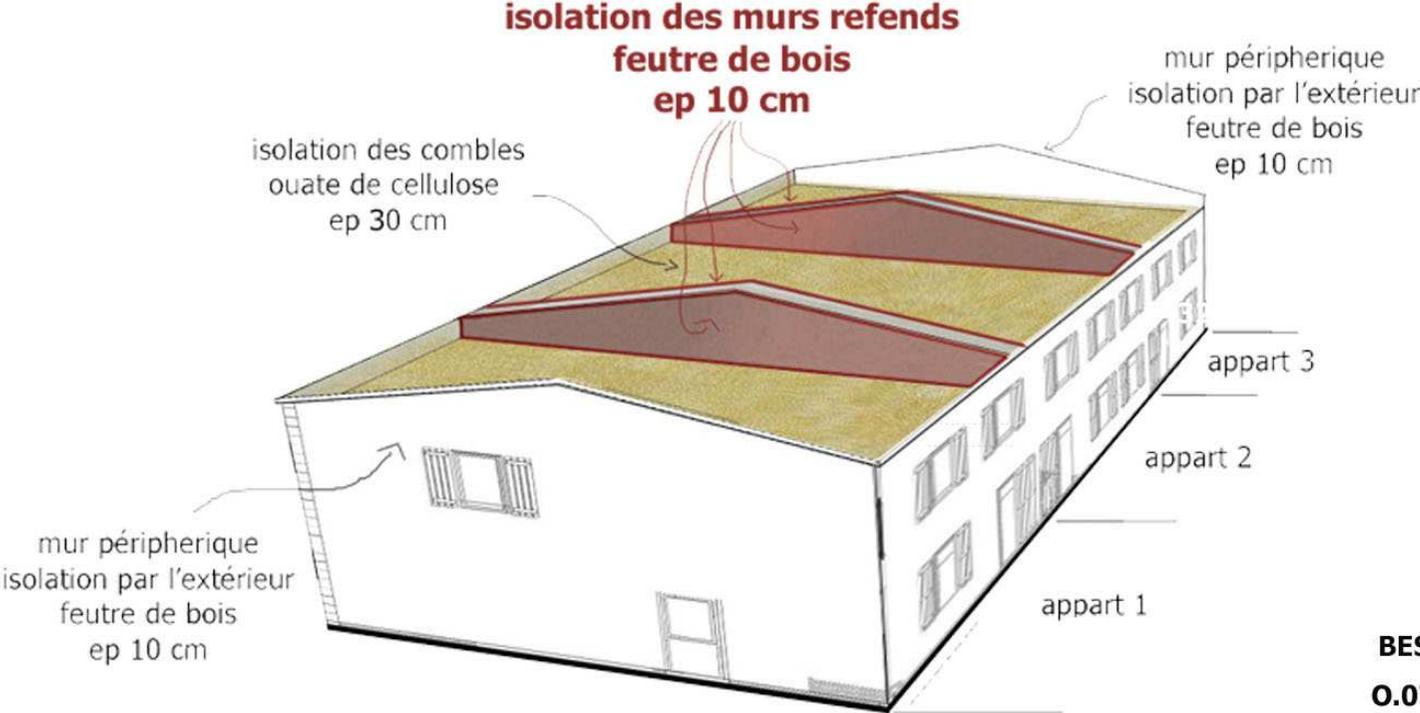


PROJET 2



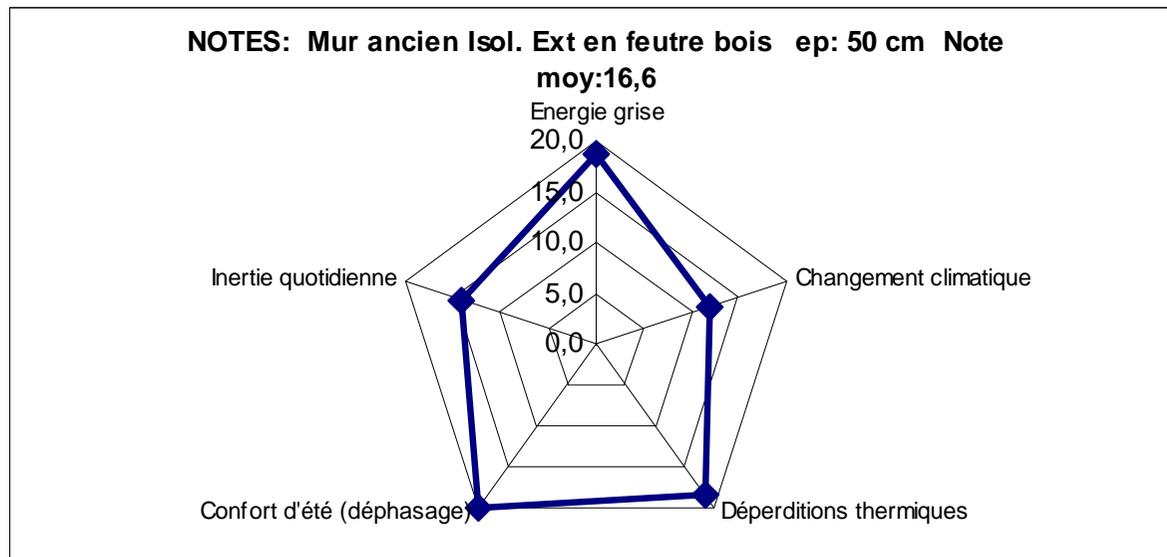
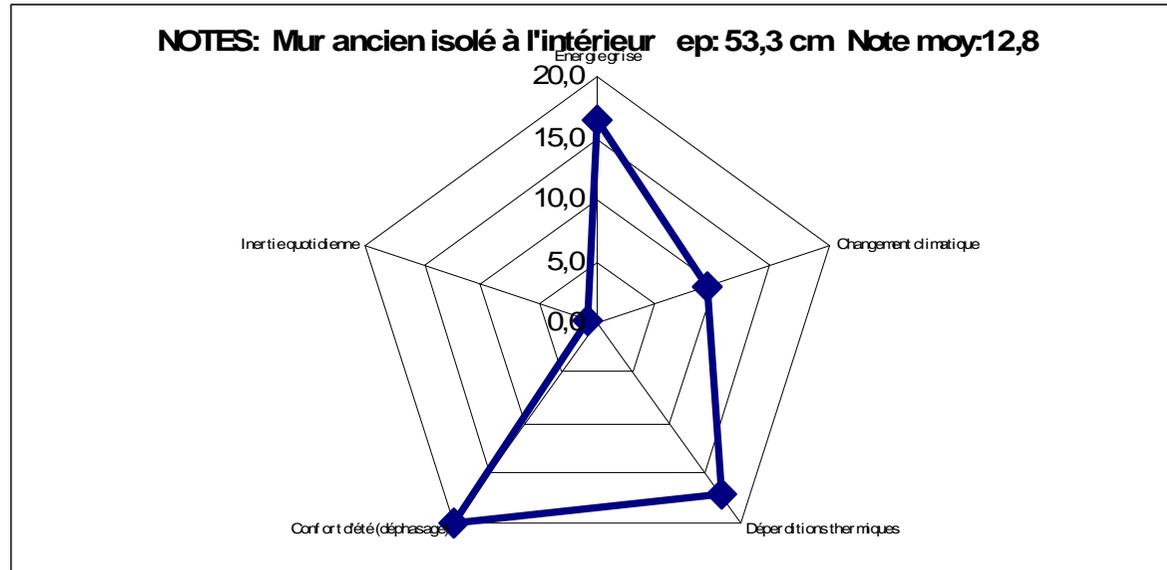
$$U = 0.10 \text{ W/M}^2\text{K}$$

# PONT THERMIQUE : MUR REFEND



**BESOIN DE CHAUFFAGE  
0.07 % DE DIFFERENCE**

# Comparaison de 2 stratégies d'isolation dans l'ancien



# Isolation par l'extérieur





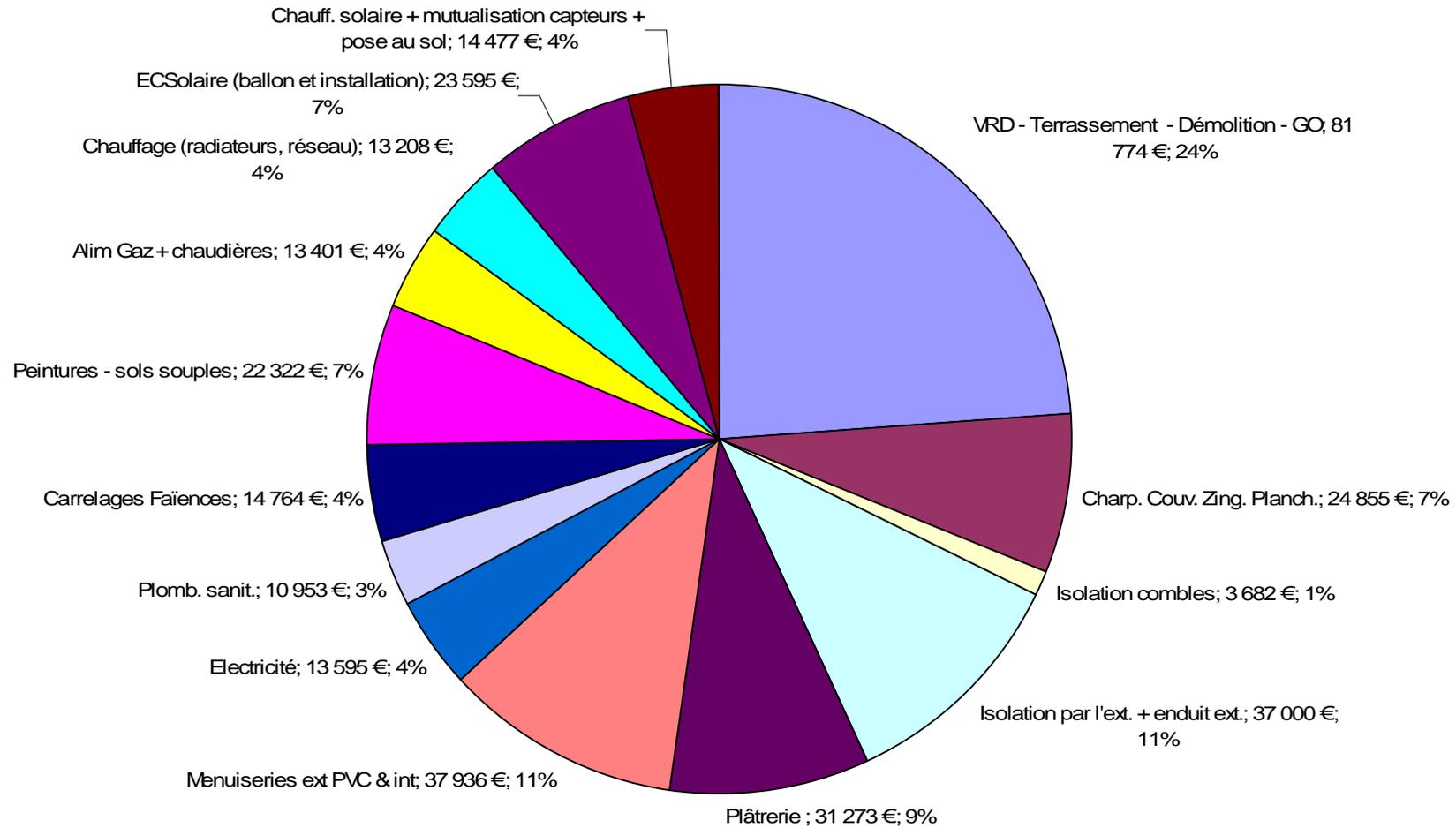
# Coût des travaux

	Surf habitable (m <sup>2</sup> )	SHON (m <sup>2</sup> )
<b>MONTANT DES TRAVAUX PAR LOTS</b>	<b>285</b>	<b>359</b>
	€ HT / m <sup>2</sup> habitable	€ HT / m <sup>2</sup> SHON
<b>Hors solaire</b>	<b>1 069 €</b>	<b>896 €</b>
<b>Avec ECS et chauffage solaire</b>	<b>1 203 €</b>	<b>1 007 €</b>
Lot	Montant € HT	MONTANTS TTC
VRD - Terrassement - Démolition - GO	<b>81 774 €</b>	86 272 €
Charp. Couv. Zing. Planch.	<b>24 855 €</b>	26 222 €
Isolation combles	<b>3 682 €</b>	3 884 €
Isolation par l'ext. + enduit ext.	<b>37 000 €</b>	39 035 €
Plâtrerie	<b>31 273 €</b>	32 993 €
Menuiseries ext PVC & int	<b>37 936 €</b>	40 022 €
Electricité	<b>13 595 €</b>	14 343 €
Plomb. sanit.	<b>10 953 €</b>	11 555 €
Carrelages Faiences	<b>14 764 €</b>	15 576 €
Peintures - sols souples	<b>22 322 €</b>	23 549 €
Alim Gaz + chaudières	<b>13 401 €</b>	14 138 €
Chauffage (radiateurs, réseau)	<b>13 208 €</b>	13 934 €
ECSolaire (ballon et installation)	<b>23 595 €</b>	24 892 €
Chauff. solaire + mutualisation capteurs + pose au sol	<b>14 477 €</b>	15 274 €

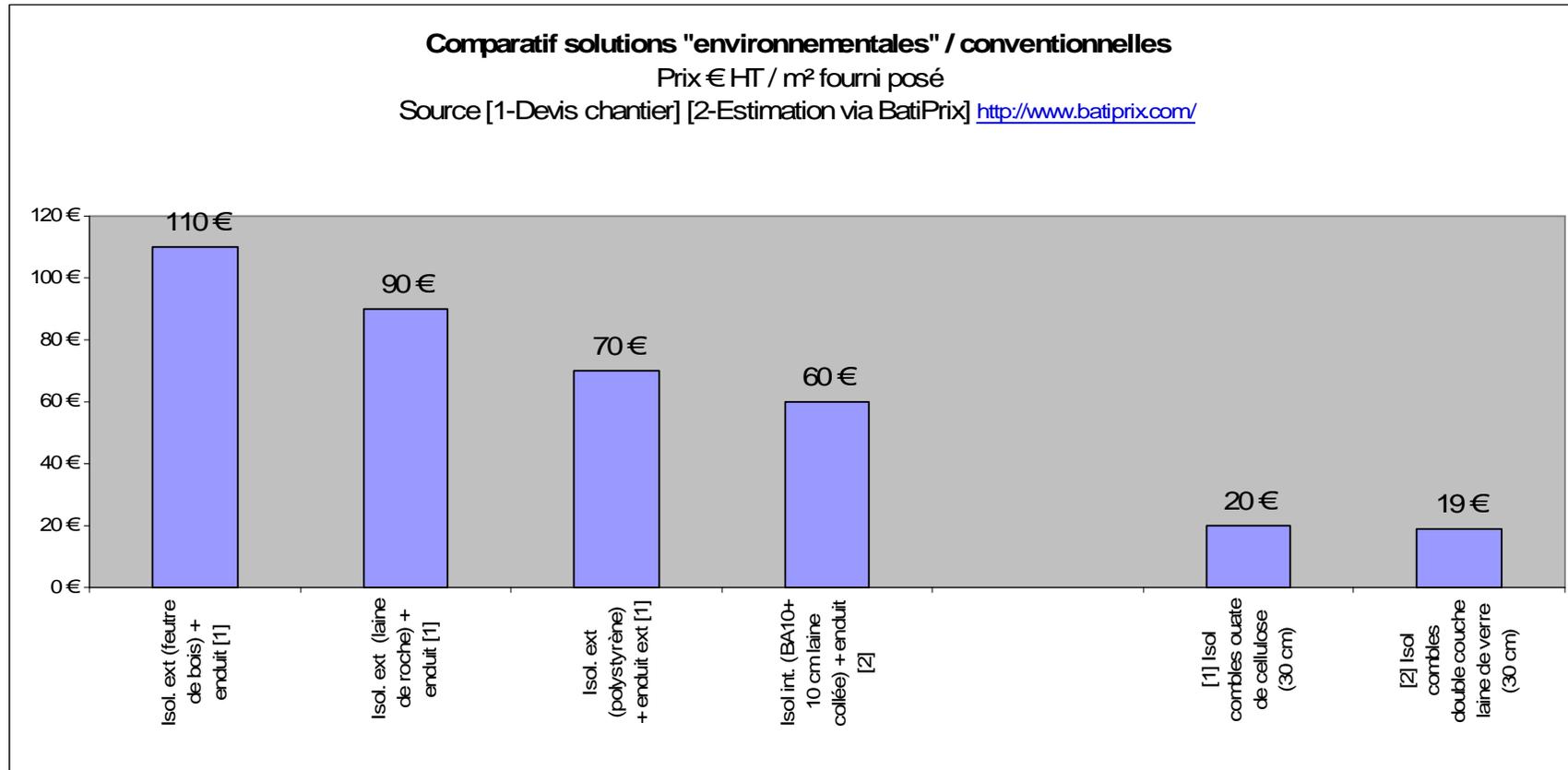
<b>Total hors solaire</b>	<b>304 761 €</b>	<b>321 523 €</b>
<b>Total</b>	<b>342 833 €</b>	<b>361 689 €</b>

# Ventilation du coût des travaux

Montant € HT



# Plus values « performantielles »



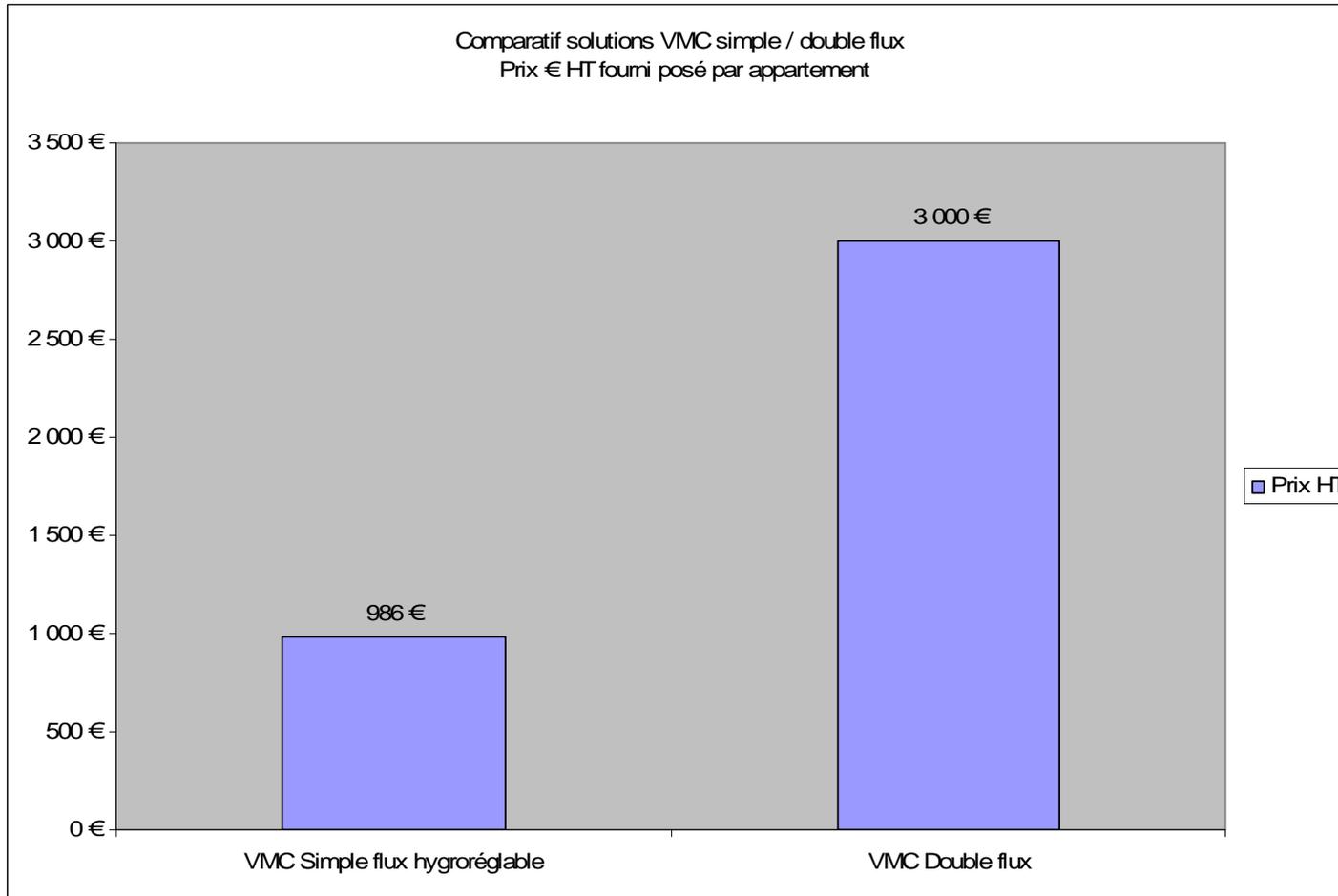
- Prix isolation extérieure plus élevé.
- Meilleur traitement des ponts thermiques.
- Inertie préservée.
- Meilleure gestion de l'humidité des murs.
- Augmentation de la surface à isoler (périmètre ext > int).

## Comparatif polystyrène / feutre de bois

	Polystyrène *	Feutre de bois *
Surface posée / jour / 2 personnes	70 m <sup>2</sup>	50 m <sup>2</sup>
Type enduit	Base organique (résines) Copolymères acrylique Charge = marbre	Base minérale (chaux) Silicate de potassium Charge = marbre
Temps pose enduit	1 h / m <sup>2</sup>	1h40 / m <sup>2</sup>
Prix isolant 10 cm (HT entreprise)	9,8 € / m <sup>2</sup>	30 € / m <sup>2</sup>
Prix fournitures (HT entreprise)	32 € / m <sup>2</sup>	48 € / m <sup>2</sup>
Prix fourni posé enduit	70 € / m <sup>2</sup>	110 € / m <sup>2</sup>
Changement climatique	+ 4,3 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>	-30,8 kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup>
Énergie Grise	31 kWh / m <sup>2</sup>	1 kWh / m <sup>2</sup>

\* La pose des menuiseries à l'extérieur fait diminuer le coût de l'isolation par l'extérieur.

# Plus values « performantielles »



Gain potentiel de 25 kWh ep / m<sup>2</sup> habitable / an selon O.Sidler

# Contrôles qualité

- Contrôle de l'étanchéité à l'air par infiltrométrie

765 € HT / appartement

LIBELLE	Qté	P.U. HT		TOTAL HT	
		TVA 19,60 %			
PRESTATIONS à réaliser par logement :					
Test de perméabilité à l'air	3	420,00		1260,00	
Localisation des infiltrations	3	180,00		540,00	
<b>Soit un Sous Total de</b>			600,00	1800,00	
NB - Nous sommes en mesure de réaliser un maximum de 3 logements sur 1 journée					
Frais de déplacement	1	325,00		325,00	
Un forfait étape (85 euros/pers) pour 2 personnes	2	85,00		170,00	
				Total € HT	2295,00
				TVA 19.60 %	449,82
				<b>Total € TTC</b>	<b>2744,82</b>

Membre d'une Association agréée par l'Administration Fiscale, acceptant à ce titre le règlement des honoraires par chèque libellé à son nom.

- Contrôle des ponts thermiques par thermographie

immeuble R+1 – 3 logements

2295 € HT

LIBELLE	Qté	P.U. HT		TOTAL HT	
		TVA 19,60 %			
PRESTATIONS à réaliser par logement :					
Bilan thermique de l'enveloppe (intérieur et extérieur)	3	300,00		900,00	
Analyse des thermogrammes et élaboration du rapport	3	150,00		450,00	
<b>Soit un Sous Total de</b>			450,00	1350,00	
NB - Nous sommes en mesure de réaliser les trois logements sur la journée					
Frais de déplacement	1	325,00		325,00	
Un forfait étape (85 euros/pers) pour 1 personnes	1	85,00		85,00	
				Total € HT	1760,00
				TVA 19.60 %	344,96
				<b>Total € TTC</b>	<b>2104,96</b>
				Total en Francs	13807,63

Membre d'une Association agréée par l'Administration Fiscale, acceptant à ce titre le règlement des honoraires par chèque libellé à son nom.

## Infiltrométrie: préparation de l'immeuble



# Infiltrométrie: préparation de l'immeuble



Photo 03



Photo 04



Photo 05



Photo 06



Photo 07



Photo 08



Photo 09



Photo 10



Photo 11

# Infiltrométrie – localisation des fuites



Photo 12



Photo 13



Photo 14



Photo 12



Photo 13



Photo 14



Photo 15



Photo 16



Photo 17



Photo 15



Photo 16



Photo 17



Photo 18



Photo 19



Photo 20

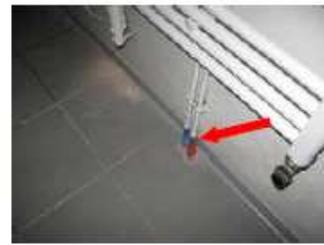


Photo 18



Photo 19



Photo 20



Photo 21



Photo 22



Photo 23



Photo 21



Photo 22



Photo 23

# Résultats

Volume (m <sup>3</sup> ) : 210.00 <i>Volume chauffé</i>	AF (m <sup>2</sup> ) : 80.00 <i>Surface de Plancher</i>		A <sub>PF-RT</sub> (m <sup>2</sup> ) : 134 <i>Surface de l'enveloppe hors plancher bas</i>		SHON (m <sup>2</sup> ) : NC <i>Surface hors d'œuvre nette</i>			
	Dépression	Intervalle de confiance		Surpression	Intervalle de confiance			
		Max	Mini		Max	Mini		
C <sub>env</sub>	43	45	41	-	-	-		
Exposant n	0.69	0.70	0.67	-	-	-		
Coeff de corrélation r	1.000	-	-	-	-	-		
Q 4 m <sup>3</sup> /(h. m <sup>2</sup> )	0.82	0.91	0.74	-	-	-		
N 50 1/h	3.0	3.28	2.65	-	-	-		
Différence naturelle de pression	ΔP <sub>01+</sub>	ΔP01 -	ΔP02 +	ΔP02 -	ΔP <sub>01+</sub>	ΔP01 -	ΔP02 +	ΔP02 -
	0.2 Pa	-1.1 Pa	0.9 Pa	-1.7 Pa	-	-	-	-
La surface équivalente de fuite (*) sous 4 Pascal est de 120.3 cm <sup>2</sup>		Soit un carré dont le côté mesure 10.97cm			Soit un cercle dont le diamètre mesure 12.38 cm			

(\*) sur la mesure en dépression, l'ensemble des fuites de cet immeuble équivaut à.

Cet immeuble présente donc une perméabilité inférieure à celle définie par défaut dans la RT 2005 :  
(coefficient de référence : 0,8 et coefficient par défaut : 1,3)

## Attestation de mesures

### Résultat de la perméabilité à l'air du bâtiment

Q<sub>4</sub> en m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>)

Selon la RT 2005

Valeur basse Valeur Haute

en fonction de l'incertitude

Valeur en dépression	0,82 m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )	0,74	0,91
Valeur en surpression	0,00 m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )	0,00	0,00
Valeur moyenne	0,00 m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )	0,00	0,00

### Taux de renouvellement à 50 Pascal

selon la norme NF EN 13829, Methode A

Valeur basse Valeur Haute

n <sub>50</sub> =	3,0 1/h	2,65	3,28
-------------------	---------	------	------

### Surface équivalente de fuite A<sub>L</sub> à 4Pa en cm<sup>2</sup>

A<sub>L</sub> = 120,3 cm<sup>2</sup>

Ø en cm d'un trou équivalent : 12,38

Carré d'un côté de dimension en cm : 10,97

## Perméabilité: Q 4 m<sup>3</sup>/(h. m<sup>2</sup>)

- Appartement n°1: 0,82
- Appartement n°2: 0,98
- Appartement n°3: 0,71

## Surface équivalente de fuite AL à 4Pa en cm<sup>2</sup>

- 120,3 cm<sup>2</sup>
- 134,5 cm<sup>2</sup>
- 127,5 cm<sup>2</sup>

# Infiltrométrie – Les points de fuite

Points de fuite	Dépression (sans intervention)	Surpression (sans intervention)	Observations
Liaisons bâti/Menuiserie –	oui	-	Très légères au niveau des quelques fissures entre le cadre des menuiserie et la maçonnerie.
Liaison des tablettes d'appui des embrasures <i>Photos 12 à 15</i>	oui		L'ensemble présentent des infiltrations
Liaisons ouvrant/dormant	oui	-	Essentiellement sur les oscillo-battantes.
Les seuils de portes	oui	-	Un point très récurrent
Lisses basses	non	-	
Lisses hautes	non	-	
Passage des réseaux <i>Photos 16 à 18</i>	oui	-	Au niveau des liaisons avec les doublages pour certaines canalisations d'eau, des évacuations des eaux ménagères et des WC.
Liaisons verticales	non	-	
Raccordement de la chaudière <i>Photo 19</i>	oui	-	Au niveau du fourreau de traversée de la paroi
Gaines et tableau électrique <i>Photos 20 à 23</i>	oui	-	Les infiltrations sont faibles sur les prises et interrupteurs, mais plus importantes sur les plafonniers de l'étage.

# Mesures in situ

- Suivi planifié:
  - Coût: 4 710 € HT
  - Durée 2 ans
  - Extérieur: T° et humidité de l'air
  - Hygroboutons (T° et humidité de l'air et des murs)
- Suivi des consommations de gaz et apports solaires:
  - Coût: 6 673 € HT
  - Non réalisé (hors budget prévisionnel)

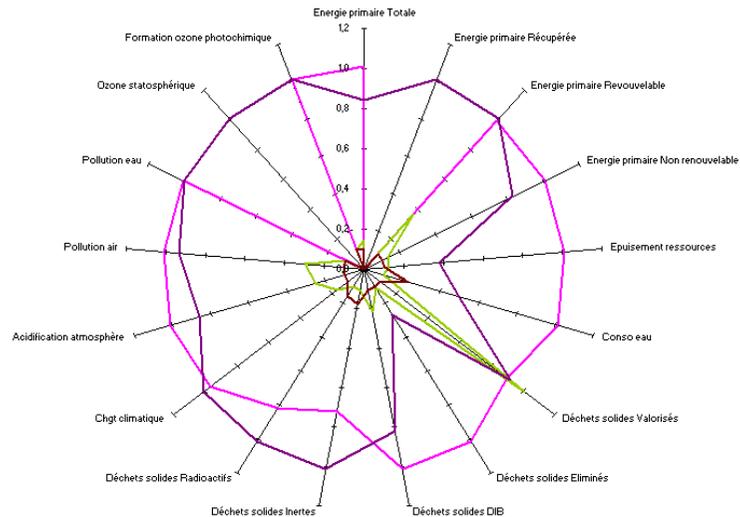
Désignation	HygroBouton
Plage de mesure de température	-20 / +85°C
Précision température	± 0.5°C
Plage de mesure de l'humidité	0 / 100%
Précision humidité	± 5%
Résolution	0.1 ou 0.5°C
Nombre de points de mesure	4096 ou 8192
Fréquence de mesure	1 sec à 273 h
Démarrage si alarme possible	Oui

Quantité	Equipement	Localisation
<b>Extérieur</b>		
1	Sonde de mesure Température air	Extérieur - sous abri
1	Sonde de mesure humidité air	Extérieur - sous abri
<b>Appartement n° 1</b>		
1	Sonde de mesure Température air ambiant	RDC - angle SE Chambre handicapé
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	RDC - angle SE Chambre handicapé
1	Sonde de mesure température mur	RDC - angle SE Chambre handicapé
1	Sonde de mesure humidité mur	RDC - angle SE Chambre handicapé
1	Sonde de mesure Température air ambiant	Etage - Chambre n° 1
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	Etage - Chambre n° 1
<b>Appartement n° 2</b>		
1	Sonde de mesure Température air ambiant	RDC - séjour mur de façade SE
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	RDC - séjour mur de façade SE
1	Sonde de mesure température mur	RDC - séjour mur de façade SE
1	Sonde de mesure humidité mur	RDC - séjour mur de façade SE
1	Sonde de mesure Température air ambiant	Etage - Chambre n° 2
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	Etage - Chambre n° 2
<b>Appartement n° 3</b>		
1	Sonde de mesure Température air ambiant	RDC - séjour mur de façade SW
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	RDC - séjour mur de façade SW
1	Sonde de mesure température mur	RDC - séjour mur de façade SW
1	Sonde de mesure humidité mur	RDC - séjour mur de façade SW
1	Sonde de mesure Température air ambiant	Etage - Chambre n° 2 mur SW
1	Sonde de mesure humidité air ambiant	Etage - Chambre n° 2 mur SW

# Impact environnemental

<b>Cocon</b>			
<b>Comparaison de solutions Constructives, de Confort et d'émissions de CO2</b>			
<b>DEV</b>			
<b>Version: 2.1.1.0</b>			
<b>Paramètres généraux</b>			
<i>Remplir les zones sur fond jaune</i>			
Nom du projet	<b>Logements sociaux</b>		
Type d'intervention	<b>Réhabilitation</b>		
Durée de Vie Prescrite au bâtiment (DVP) en années	<b>50</b>		
Département du site	<b>31 - Haute-Garonne</b>	0,9	selon département
Altitude du site (mètres)	<b>100</b>	<b>0,9</b>	corrigé par altitude
<b>Thermique</b>			
<i>Coeff rigueur climatique</i>			
Label appliqué	<b>BBC</b>		0,9
	RT2005		0,9
Autres labels examinés	PASSIV HAUS		Sans objet
	MINERGIE-P		Sans objet
<b>Taxe / crédit carbone</b>			
<i>Prix de la tonne de CO2</i>			
Montant de la taxe carbone en cas de séquestration de CO2	<b>17,0 €</b>		
	<b>Négative</b>		

Impacts environnementaux (selon norme P 01-010) de parois (Valeurs normalisées)



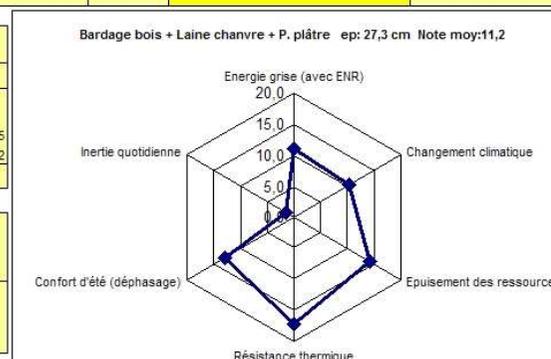
# COCON, logiciel de COMparaison de solutions CONstructives, de CONFort et d'émissions de CO2

MENU	MUR	Quantités		Epaisseur		Etat du matériau	Durée de vie (*)	Durée de Vie totale (DVT)				Nb remplacements	Prix (*)			Prix standard			Volume / m <sup>2</sup> de paroi	
		(pour 1m <sup>2</sup> de paroi)		Equivalente	Standard			Estimée	Estimée	GRECAU	Fabricant		Méthode	Matériau & matériel	Main d'œuvre	Fourni posé	Matériau & matériel	Main d'œuvre		Fourni posé
		Unité	Quantité	cm	cm															
Parois	<b>Bardage bois + Laine chanvre + P. plâtre</b>																			
Bâtiments	Couches de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi (sur 1 m <sup>2</sup> )			27,3																
Sources																				
[1]	Bardage en contreplaqué d'okumé - 500 kg/m <sup>3</sup> Λ:0,200	cm	1,2	1,2	1,2			50	50		20	1,0					0,0 €	0,0 €	0,0 €	0,012
[55]	Lame d'air 25 mm - 1 kg/m <sup>3</sup> Λ:0,165	cm	2,6	2,6	2,5			1000	1 000		0	1,0					0,0 €	0,0 €	0,0 €	0,026
[98][51]	Plaque de fibre de bois - 300 kg/m <sup>3</sup> Λ:0,050	cm	2,2	2,2	2,0			60	60		0	1,0					0,0 €	0,0 €	0,0 €	0,022
[1] [13][21]	Laine de chanvre + coton + polyester (Florapan) - 30 kg/m <sup>3</sup>	cm	20	20,0	10,0			50	0	50	1,0	1,0					0,0 €	0,0 €	30,0 €	0,200
	Frein-Vapeur (5d-10m) - 130 kg/m <sup>3</sup> Λ:2,300	U	1	0,0	0,0			50	50		0	1,0					0,0 €	0,0 €	7,0 €	0,000
[24]	Fermacell - 1 125 kg/m <sup>3</sup> Λ:0,320	cm	1,3	1,3	1,3			50	0		0	1,0					0,0 €	0,0 €	48,9 €	0,013
	*** PIERRES																			
	*** PLAFONDS SUSPENDUS																			
	*** PLAQUES À BASE DE CIMENT																			
	*** PLAQUES DE PLÂTRE ET GYPSE																			
	*** PLAQUES SILICO-CALCAIRE																			
	*** SOLS DURS																			
	*** SOLS SOUPLES																			
	*** TERRES																			
[98][51]		mi	3	2,7	2,7			100	100		0	1,0					0,0 €	0,0 €	0,0 €	0,010

THERMIQUE		Situation vis-à-vis des performances thermiques recommandées (par la réglementation ou les labels)								
Murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol	R (m <sup>2</sup> °K/w)	5,71	U (W/m <sup>2</sup> °C) 0,2		Site: 31 - Haute-Garonne Altitude:500					
Bardage bois + Laine chanvre + P. plâtre	BBC	RT2005		PASSIV HAUS		MINERGIE-P				
Seuils recommandés	min	max	min	max	min	max	min	max		
Résistance thermique R (m <sup>2</sup> °K/w)	3,8	5,1	2,2	3,2	6,3	10,0	6,7	12,5		
Coeff. transmission calorifique U (W/m <sup>2</sup> °C)	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	0,2	0,1	0,2		
Notes	17,3		20,0		9,3		9,2			

RÉSUMÉ & NOTES (0 à 20)		Energie grise (avec ENR)	Changement climatique	Épauement des ressources	
Note moyenne	11,2	kWh / m <sup>2</sup>	kg eq	Note	keA
		135,7	-4,1	10,3	0,0073
Taxe carbone	€/ m <sup>2</sup>		Résistance thermique	Confort d'été (déphasage)	Inertie quotidienne
	-0,13 €		(m <sup>2</sup> °K/w)	h	(kJ/m <sup>2</sup> °K)
			5,71	17,3	7,8
					12,9
					24
					1,6

Poids	kg/m <sup>2</sup>	33,3
Volume	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	0,283



Indicateurs	Caractéristiques environnementales et sanitaires (selon norme XP P01-010) du m <sup>2</sup> de paroi																
	Energie primaire				Epauement ressources	Conso eau	Déchets solides Eliminés				Chgt climatique	Acidificatio n atmosphèr e	Pollution		ozone statosphèri que	Formation ozone photochimi que	
	Totale	Récupérée	Renouvelable	Non renouvelable			Valorisés	Dangereux	DIB	Inertes			radioactifs	air			eau
Bardage bois + Laine chanvre + P. plâtre	136	0	20	92	0,01	3	11,3	0,4	13,5	0,7	0,0014	-4	0,09	1 421	53	0,00	0,53

BD avec + de 900 items de matériaux (FDES + autres sources).

- Détermination impact environnemental (énergie grise / CO2 / eau / air....).
- Caractérisation thermique / labels (RT 2005, HPE, THPE, BBC, MINERGIE, PASSIV-HAUS...).
- Estimation de participation au confort.
- Taxe carbone

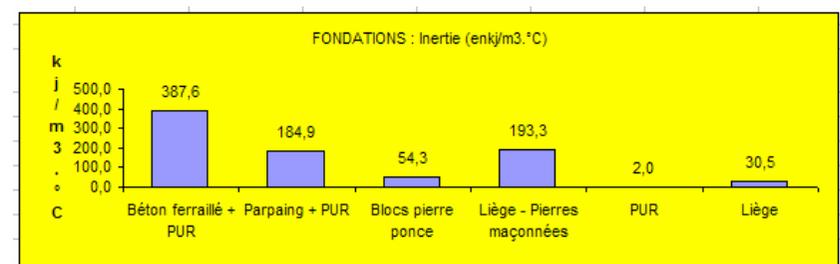
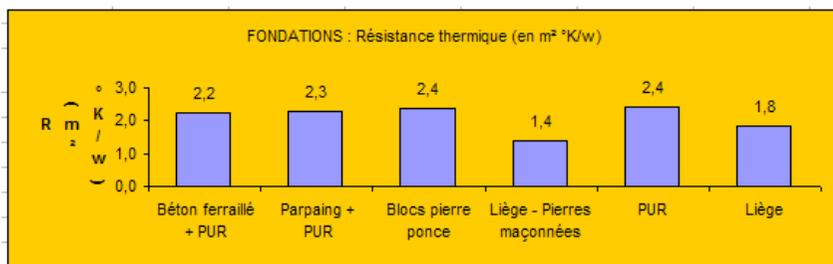
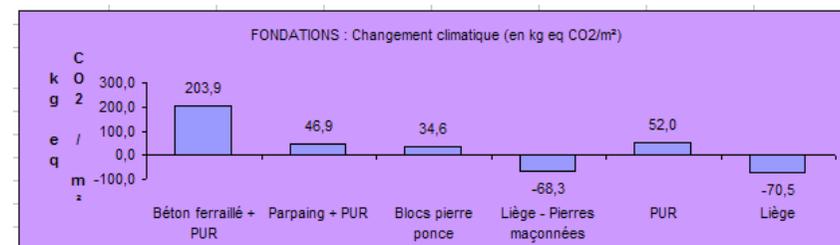
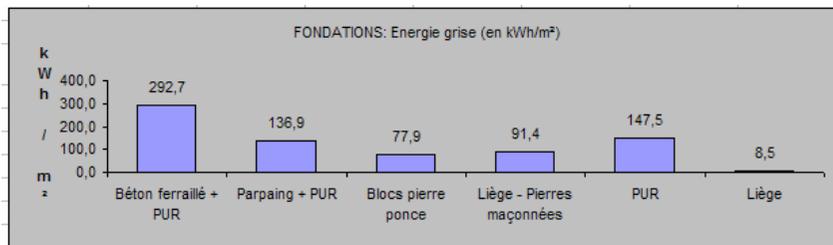
<http://www.eosphere.fr/>

# COCON

Scénario		FONDACTIONS Comparaisons												
Projets	Ep cm	Note moy	Résistance thermique $m^2 \cdot K/w$	Energie grise		Chgt climatique		Déperditions thermiques		Confort d'été		Inertie		
				$kWh/m^2$	Note	$kg CO_2 / m^2$	Note	$kWh/m^2$	Note	h	Note	$kJ/m^3 \cdot ^\circ C$	Note	
F1	Béton ferrailé + PUR	36,0	10,2	2,2	292,7	0,5	203,9	3,2	1,0	12,2	9,6	16,0	387,6	19,4
F2	Parpaing + PUR	26,0	10,5	2,3	136,9	10,9	46,9	8,4	1,0	12,4	7,1	11,8	184,9	9,2
F3	Blocs pierre ponce	35,0	11,8	2,4	77,9	14,8	34,6	8,8	0,9	12,7	17,6	20,0	54,3	2,7
F4	Liège - Pierres maçonnerées	50,0	12,7	1,4	91,4	13,9	-68,3	12,3	1,6	7,5	18,7	20,0	193,3	9,7
F5	PUR	10,0	7,8	3,4	147,5	10,2	52,0	8,3	0,6	15,0	3,2	5,4	2,9	0,1
F6	Liège	10,0	11,4	1,8	8,5	19,4	-70,5	12,4	1,2	10,4	8,1	13,4	30,5	1,5

Exemple de comparaison de solutions constructives (isolation par l'ext.):

- 4 fondations + soubassements neufs
- 2 soubassements réhabilités



# COCON

## Projets - Prise en compte des variantes morphologiques et de composition

SURFACES (en m²)						
Projet	Neuf Conventioneel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
SHON (en m²)	359	359	359	359	359	359
Surface habitable (en m²)	285	285	285	285	285	285
Surface chauffée (en m²)						332
Besoins chauffage (en kWh)						11 351

FONDACTIONS - Composition des projets						
Surface par projet (en m²)						
Projet	Neuf Conventioneel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
F1 Béton ferrailé + PUR	101,70	101,70	13,56	13,56		
F2 Parpaing + PUR			88,14			
F3 Blocs pierre ponce				88,14		
F4 Liège - Pierres maçonnées						
F5 PUR					25,90	
F6 Liège						25,90
<b>Volume total (m3)</b>	<b>101,70</b>	<b>101,70</b>	<b>101,70</b>	<b>101,70</b>	<b>25,90</b>	<b>25,90</b>

PLANCHERS et SOLS - Composition des projets						
Surface par projet (en m²)						
Projet	Neuf Conventioneel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
P1 Dalle coulée + PUR + terre cuite	156,0	156,0			156,0	
P2 Dalle coulée + terre cuite						156,0
P3 Béton de terre + terre cuite				156,0		
P4 Plancher béton + Laine V + BA13	136,0	136,0	136,0		136,0	
P5 Plancher Ouate BA13				136,0		136,0
P6 Dalle chaux-chanvre + terre cuite			156,0			
<b>Surface totale (m²)</b>	<b>292,0</b>	<b>292,0</b>	<b>292,0</b>	<b>292,0</b>	<b>292,0</b>	<b>292,0</b>

TOITS & PLAFONDS- Composition des projets						
Surface par projet (en m²)						
Projet	Neuf Conventioneel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
T1 Tuiles terre cuite	185,00				185,00	185,00
T2 Toit végétalisé		185,00				
T3 Bac acier			185,00			
T4 Bardeaux				185,00		
T5 Combles: laine V. + BA13	185,00				185,00	
T6 Combles: Ouate + BA13		185,00	185,00	185,00		185,00
<b>Surface totale (m²)</b>	<b>370,00</b>	<b>370,00</b>	<b>370,00</b>	<b>370,00</b>	<b>370,00</b>	<b>370,00</b>

AMENAGEMENTS- Composition des projets						
Volume par projet (en m3)						
Projet	Neuf Conventioneel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
A1 BA13 + ossature métal						

Comparaison de scenarii de construction / rénovation:

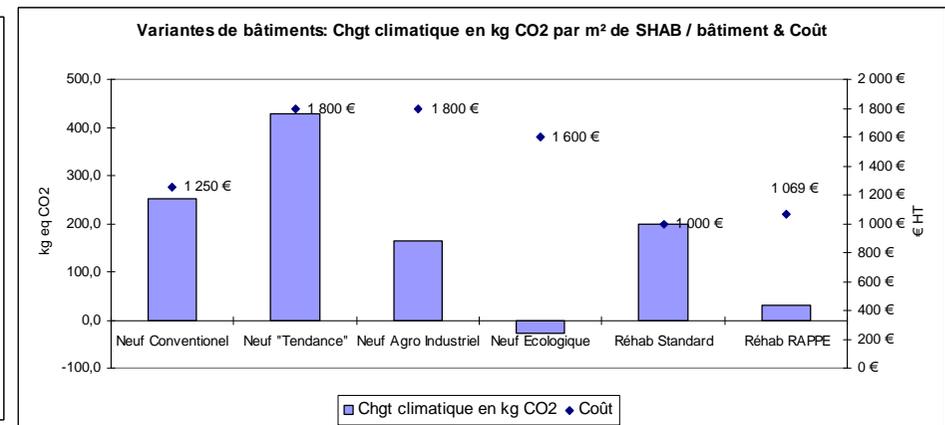
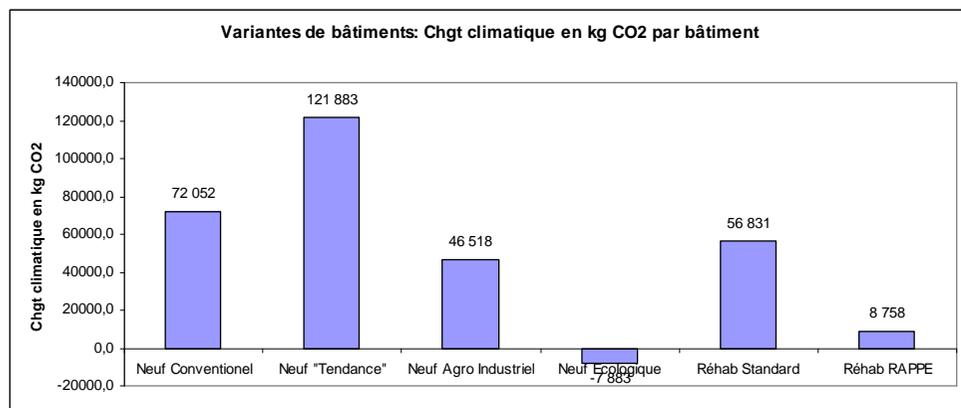
- Options morphologiques.
- Options matériaux.
- Options économiques...

# Réhabiliter ou reconstruire ... et comment ?

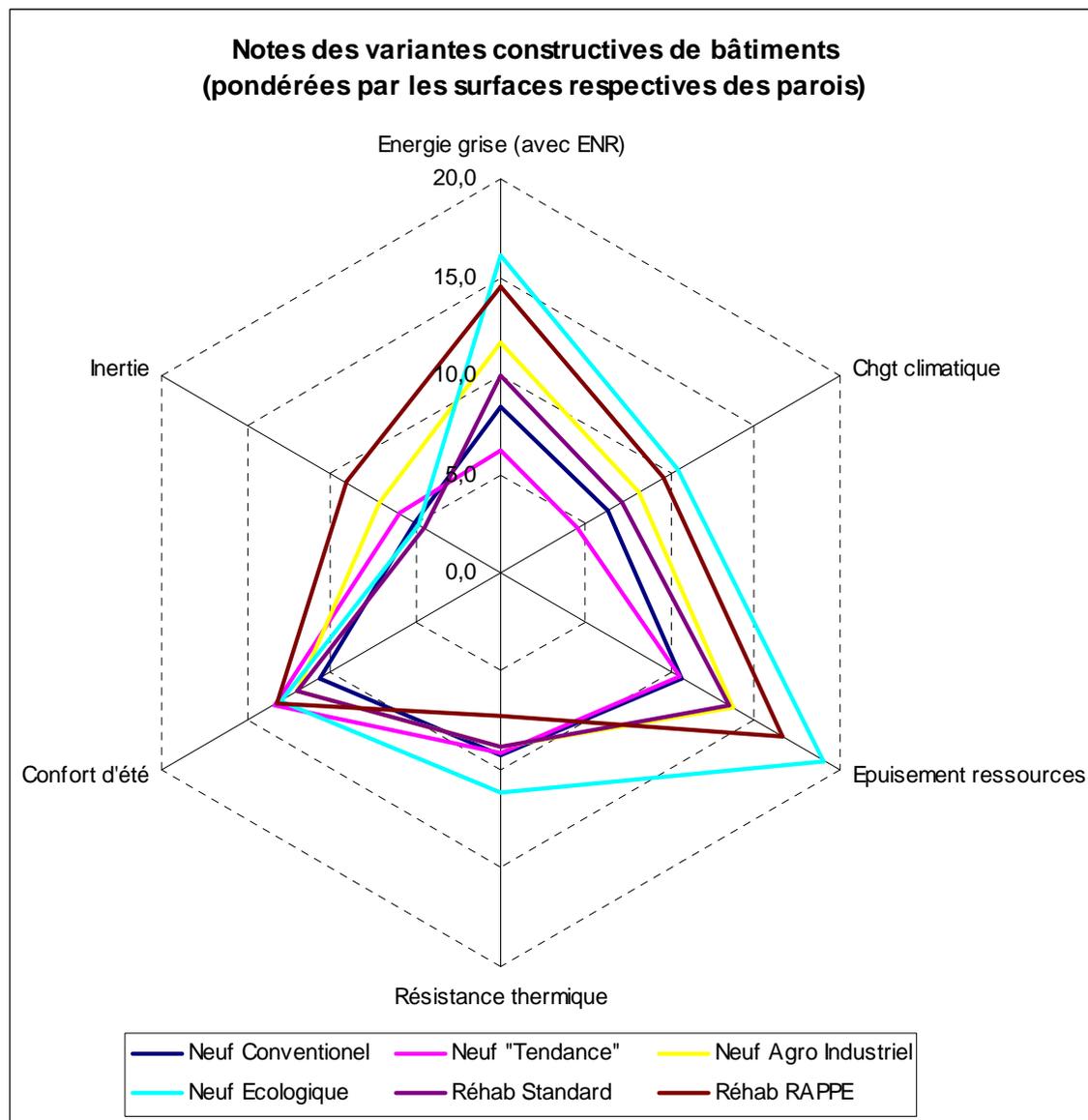
Comparatif de stratégies à immeuble identique (logiciel COCON)  
R+1 / 3 logements / 285 m<sup>2</sup> habitables

Estimations émissions CO2 en fonction de stratégies de construction / réhabilitation  
(hors réseaux et équipements)

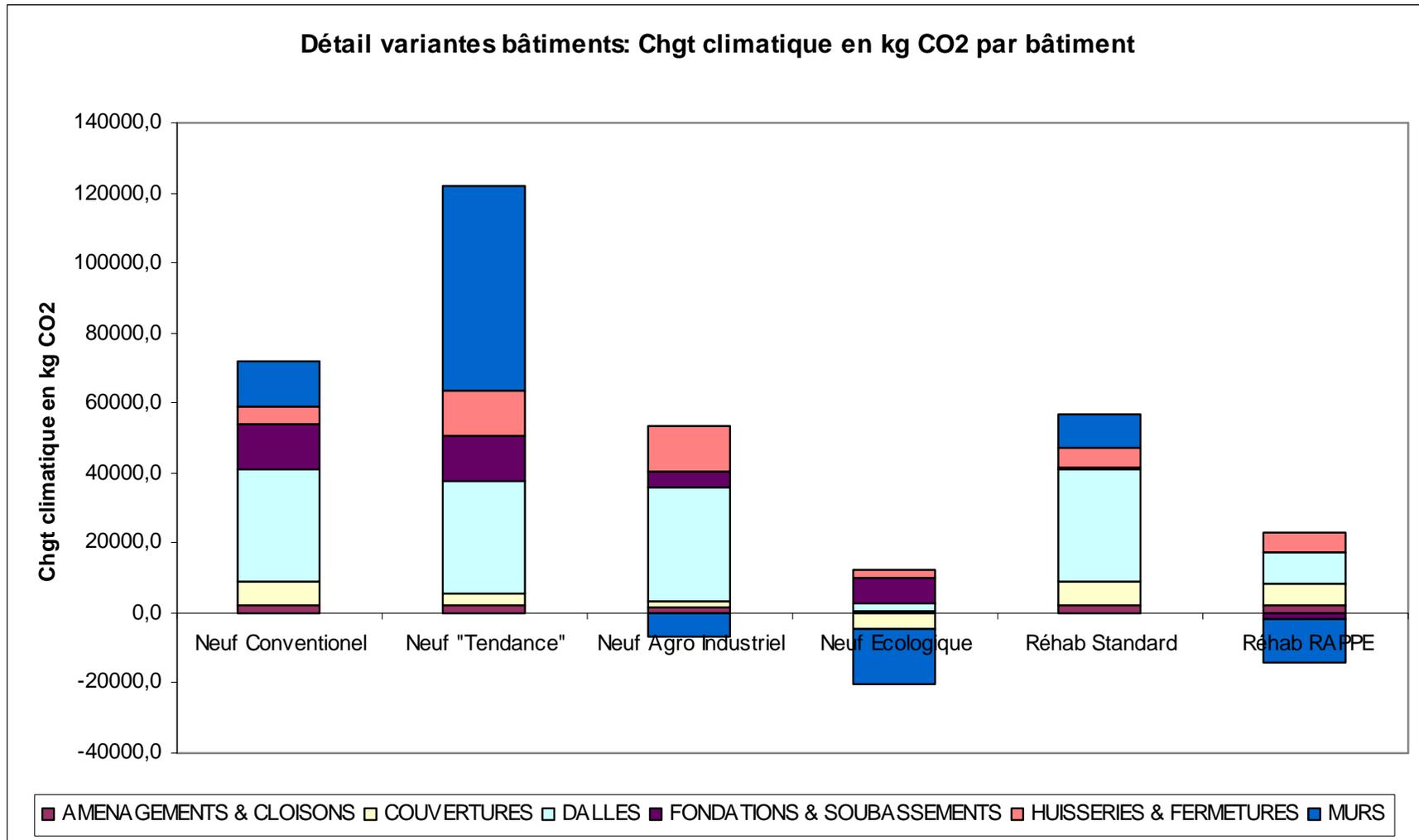
- **Neuf Conventionnel** (f. béton, parpaing, laine V, plaq. plâtre, planchers béton, tuiles, menuis. pvc).
- **Neuf « Tendance »** (f. béton, monomur, planchers béton, toiture végétalisée, menuis alu).
- **Neuf Agro Industriel** (f. béton, parpaing, feutre bois, dalle chanvre, plancher béton, bac acier, menuis. bois).
- **Neuf Ecologique** (f. béton+p. ponce, paille, dalle terre, plancher bois, bardeaux, menuis. bois).
- **Réhab Standard** (soubassement PUR, laine V, plaq. plâtre, planchers béton, tuiles, menuis. pvc).
- **Réhab RAPPE** (soubassement liège, feutre bois ext. plaq. plâtre, plancher bois, tuiles, menuis. pvc).



# COCON: Comparaison globale des variantes constructives à surface et morphologie identiques

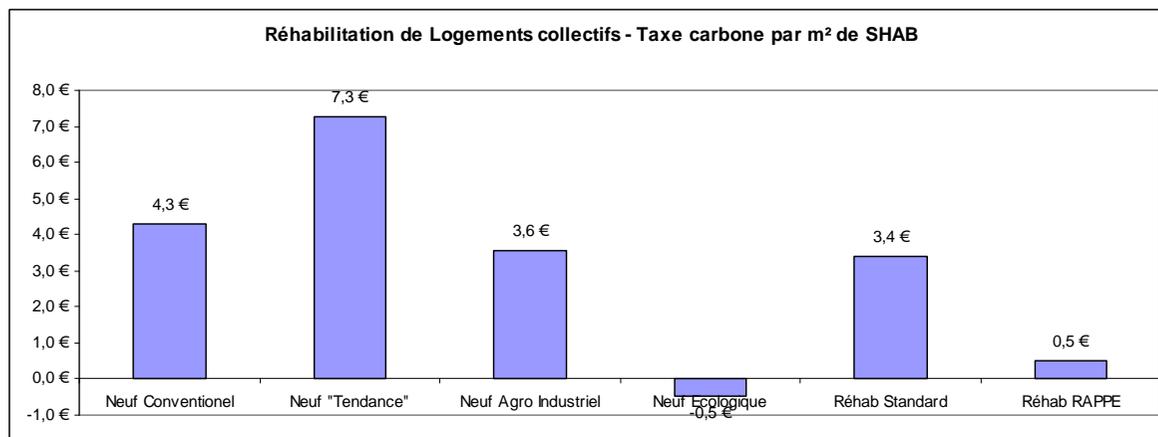
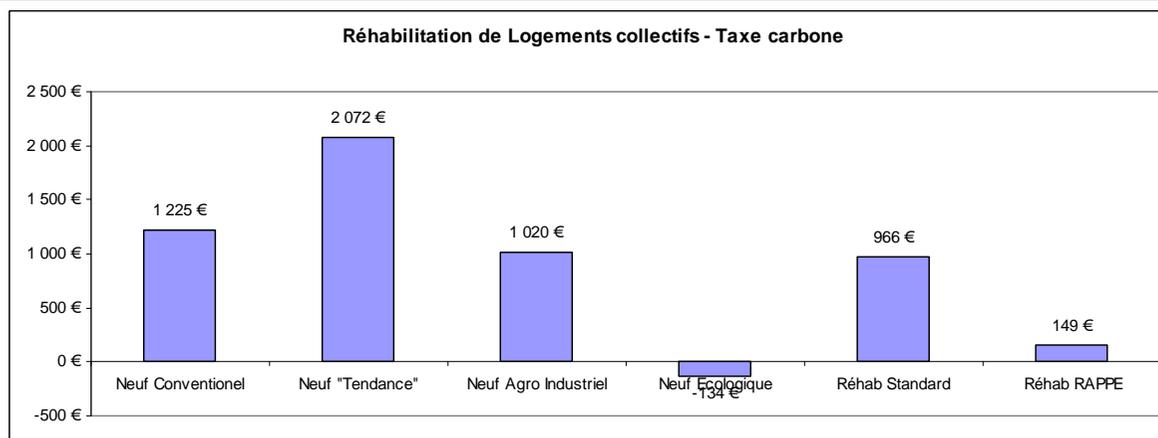


## Estimations émissions CO2 en fonction de stratégies de construction / réhabilitation (hors réseaux et équipements)

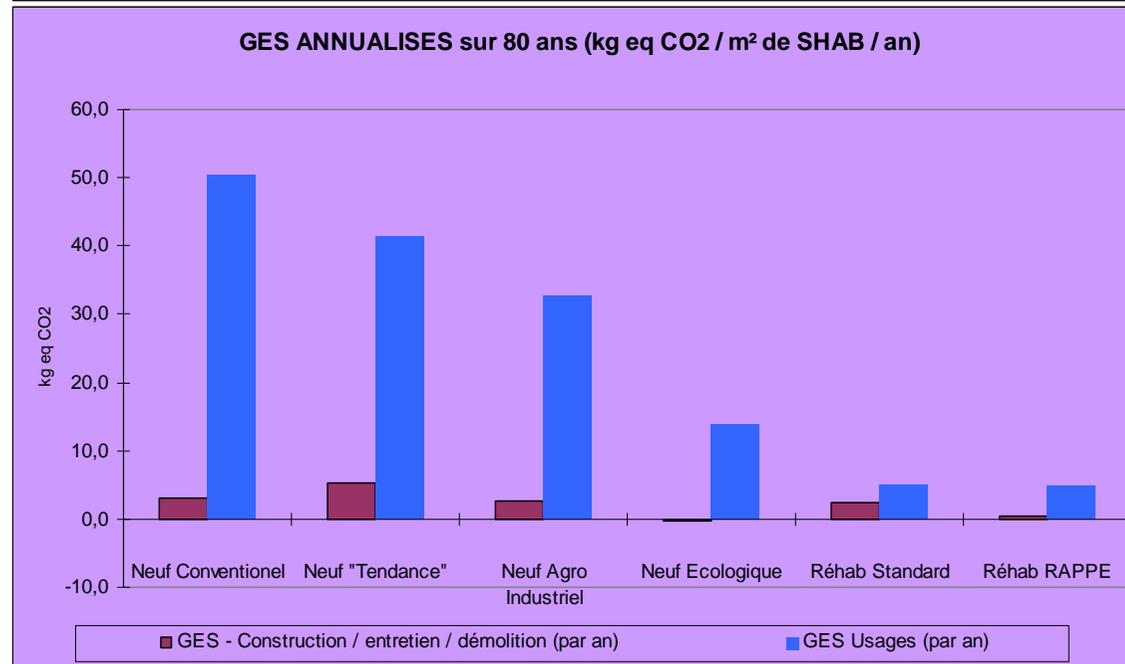
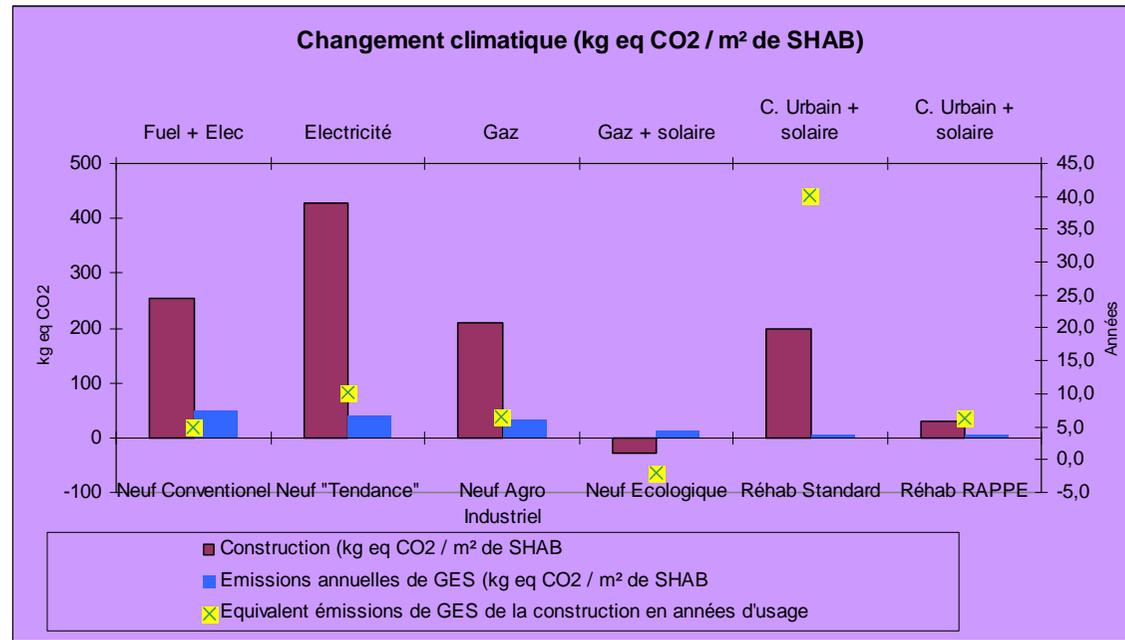


# COCON: Taxe carbone

TAXE CARBONE							Taxe carbone Rappel: 17 € / Tonne CO2
Réhabilitation de Logements collectifs							
Variantes de bâtiments	Neuf Conventonel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE	
Nb occupants / an	12	12	12	12	12	12	
SHAB	285 m <sup>2</sup>	285 m <sup>2</sup>	285 m <sup>2</sup>	285 m <sup>2</sup>	285 m <sup>2</sup>	285 m <sup>2</sup>	
Coût projet (€ HT)	356 250 €	513 000 €	513 000 €	456 000 €	285 000 €	304 76 €	
Coût projet avec taxe CO2	357 475 €	515 072 €	514 020 €	455 866 €	285 966 €	304 910 €	
<b>Taxe carbone construction ou réhabilitation du bâtiment</b>	<b>1 225 €</b>	<b>2 072 €</b>	<b>1 020 €</b>	<b>-134 €</b>	<b>966 €</b>	<b>149 €</b>	
soit une taxe au m <sup>2</sup> de SHAB	4,3 €	7,3 €	3,6 €	-0,5 €	3,4€	0,5 €	
soit en % du montant des travaux	0,34%	0,40%	0,20%	-0,03%	0,34%	0,05%	



# Emissions / séquestration de GES sur 80 ans



# COCON – Proposition d'étiquettes construction

## CONSTRUCTION - IMPACTS ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

[Nom du projet](#)

Logements sociaux

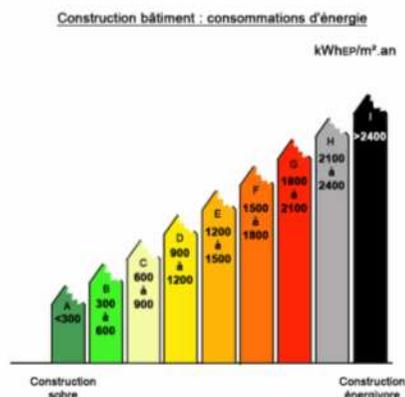
NB: Les échelles ci-dessous ne sont pas réglementaires

Rappel: durée de vie prescrite au bâtiment: 80 ans

NB: Les échelles ci-dessous ne sont pas réglementaires

[MENU](#) [Aide](#)

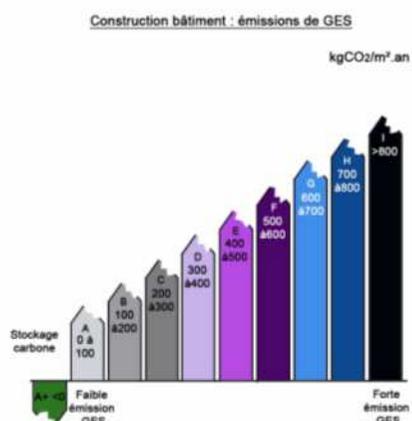
### Cycle de vie (construction, entretien, fin de vie)



Energie Grise  
(kWh ep / m²)  
[Variantes constructives](#)

Neuf Conventonel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
850 kWh ep / m²	1087 kWh ep / m²	499 kWh ep / m²	325 kWh ep / m²	661 kWh ep / m²	432 kWh ep / m²
C	D	B	B	C	B

min	max	Classe
0	150	A+
151	300	A
301	600	B
601	900	C
901	1200	D
1201	1500	E
1501	1800	F
1801	2100	G
2101	2400	H
2401	>2400	I



Emissions de GES  
(kg CO2 / m²)  
[Variantes constructives](#)

Neuf Conventonel	Neuf "Tendance"	Neuf Agro Industriel	Neuf Ecologique	Réhab Standard	Réhab RAPPE
189 kg CO2 / m²	374 kg CO2 / m²	76 kg CO2 / m²	-45 kg CO2 / m²	123 kg CO2 / m²	18 kg CO2 / m²
B	D	A	A+	B	A

min	max	Classe
0	100	A+
101	200	A
201	300	B
301	400	C
401	500	D
501	600	E
601	700	F
701	800	G
801	>800	H
>800	>800	I

# Conclusions

- Regrets RAPPE...
  - Menuiseries pvc (mauvais bilan CO2 + pollution...).
  - Absence VMC double flux
  - Des volets bois coulissants extérieurs + esthétiques
  - Isolation plus épaisse souhaitée...
- Objectifs réglementaires:
  - Valables si contrôlés.
  - Favorisent une véritable émulation (sinon le moins disant l'emporte à coup sûr).
  - Permettent de vérifier le soin apporté aux détails.
- Les CDC doivent inclure des objectifs de performance d'un point de vue:
  - Thermiques,
  - Hygroscopiques,
  - Environnementaux,
  - Confort,
  - Santé,
  - Économique...
  - Contrôle sur chantier = pédagogie => à mettre dans CDC.

# Conclusions

- Comprendre et respecter la conception initiale du bâtiment.
  - Différencier bâtiments < 1975:
    - Vraiment anciens (traditionnels).
    - Conventionnels (1950 -> 1980).
  - Éviter de toucher aux structures du bâtiment.
- Éviter la confusion des techniques
  - Pas de plaquage systématique des solutions du neuf à l'ancien.
  - Préférer des performances moyennes plutôt que risquer des désordres (humidité, transfert de vapeur d'eau)...
- Rechercher un comportement « passif » du bâtiment  
(ex: gestion de la vapeur d'eau dans les parois).



# Conclusions

- Veiller au bilan environnemental des interventions
  - Rénover plutôt que démolir.
  - Utiliser des matériaux à faible contenu énergétique et stockeur de carbone (fibres végétales aussi peu transformés que possible....).
- Ajuster les moyens de manière pragmatique
  - « low tech » soigné
  - « high tech » si justifié
- Développer des outils de simulation adaptés à la rénovation:
  - Couplage humidité / ventilation / vapeur d'eau / thermique
  - Bilans environnementaux sincères
- Développer la formation / sensibilisation
  - Des maîtres d'ouvrages.
  - Des concepteurs (architectes, BE....)
  - Des entreprises
  - Des usagers.

# Énergie métabolique / mécanique

## € humains / € machines

- 1 kWh nécessite:
  - 2,5 h de travail humain
  - 0,1 litre de gasoil

- 1 kWh coûte
  - 22 € de travail humain
  - 0,1 € de gasoil

- **A dépenses identiques la réhabilitation contient (par rapport au neuf):**
  - Moins de matériaux => moins de CO2
  - Plus de temps de travail => moins de chômage...
- Avec une isolation extérieure d'un bâtiment ancien on obtient (par rapport au neuf):
  - Un coût comparable au neuf « bas de gamme »
  - Des prestations de qualité
  - Une bonne gestion de l'inertie, des ponts thermiques, de l'étanchéité à l'air...

