

## Appel à projets bâtiments économes en énergie

Cette fiche a été réalisée dans le cadre de l'appel à projets « bâtiments économes en énergie » lancé en mars 2007 par l'ADEME et la Région Alsace. Il s'agit des principaux indicateurs techniques et économiques retenus par le maître d'ouvrage à la suite de la simulation confiée à un bureau d'études spécialisé. Ce bâtiment fait partie des lauréats choisis par le jury de l'appel à projets pour ses qualités en terme d'efficacité énergétique.

### Projet 1

## Logement collectif Ecologis rue de Lunéville à Strasbourg (quartier Neudorf)

Maître d'ouvrage : **Indivision Eco-Logis**  
c/o Irma Vogel  
21 rue de Dorlisheim - 67200 Strasbourg  
Contact : bruno.parasote@wanadoo.fr

Architecte : **Gies Architekten BDA**  
Erwinstr. 10 - 79102 Freiburg  
Bureau d'études : **Solares Bauen**  
bouchon@solares-bauen.fr

#### ■ Composition du bâtiment

- 1 espace commun pour les habitants du bâtiment
- 1 parking sous-terrain
- 11 logements sur 3 niveaux plus 1 niveau attique
- Des accès aux logements situés coté nord
- Des balcons situés au sud

#### ■ Structure du bâtiment

Sous-sol : béton  
Etages : structure en bois massif



ÉLEVATION SUD  
1\_200  
GIES ARCHITEKTEN BDA

Pour l'ensemble du bâtiment, sont présentées une variante réglementaire RT 2005, réglementation thermique applicable sur les bâtiments neufs depuis le 1/11/06 et une variante BBC, Bâtiment Basse Consommation  $\geq 65 \text{ kWh/m}^2\text{.an}$  (chauffage, eau chaude solaire, eau chaude, ventilation, rafraîchissement).



## Enveloppe thermique

Les solutions « basse énergie » n'influent pas sur la conception architecturale du bâtiment. Par contre, l'enveloppe thermique a été réétudiée, en particulier les épaisseurs d'isolation.

Tout le bâtiment est isolé par l'extérieur, y compris le sous-sol. L'enveloppe thermique est composée de la manière suivante, pour toutes les variantes « basse énergie » étudiées :

N°. Élément de construction	Composition	Coef U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Garde fous U [W/(m <sup>2</sup> K)]
1 Dalle sur terre plein	Polystyrène : 12 cm ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ ) Béton : 200 mm	0,31	R Isolant > 1,7 W/(m <sup>2</sup> .K)
2 Toit	Plancher bois massif KLH 95 mm Polystyrène : 24 cm ( $\lambda = 0.035 \text{ W/(K.m)}$ )	0,13	0,28
3 Toiture sous loggia	Plancher bois massif KLH 95 mm Polyuréthane : 10 cm ( $\lambda = 0.025 \text{ W/(K.m)}$ )	0,21	0,28
4 Plancher bas contre air	20 cm Béton + 20 cm Polystyrène ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,19	0,4
5 Plancher bas sur garage	20 cm Béton + 20 cm Polystyrène ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,18	0,36
6 Mur extérieur étage	Panneau bois massif KLH 95 mm Ouate de cellulose : 24cm ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,15	0.45
7 Mur extérieur sous-sol contre air extérieur	20 cm Béton + 20 cm Polystyrène ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,19	0.45
8 Mur donnant sur le garage	20 cm Béton + 20 cm Polystyrène ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,19	0.45
9 Mur ext sous-sol contre terre	20 cm Béton + 12 cm Polystyrène ( $\lambda = 0.04 \text{ W/(K.m)}$ )	0,31	0.45

Pour le vitrage, nous avons uniquement fait varier la qualité du vitrage (double vitrage basse émissivité ou triple vitrage). Dans tous les cas, nous avons utilisé des menuiseries en bois. Les surfaces et les orientations des vitrages n'ont pas été modifiées. Voici les caractéristiques du vitrage dans le cas des variantes avec triple vitrage :

N°. Élément de construction	Composition	Coef U [W/(m <sup>2</sup> K)]	Garde fous U [W/(m <sup>2</sup> K)]
10 Vitrage	Triple vitrage	1,18	2,60



## Ponts thermiques

La structure bois isolée par l'extérieur permet de diminuer fortement les ponts thermiques des étages.

De cette manière, c'est le sous-sol qui comporte les plus grands ponts thermiques. Les ponts thermiques sont identiques dans la variante RT 2005 et dans les variantes « basse énergie ».

Description	Longueur [m]	$\psi$ [W/(m.K)]
<b>Sous-sol</b>		
Liaison Plancher bas sur air / mur extérieur	35,70	0,23 1,0
Angle sortant entre 2 murs donnants sur l'extérieur	15,00	0,11 1,0
Angle rentrant entre 2 murs donnants sur l'extérieur	5,00	0,03 1,0
Liaison plancher bas sur garage / mur intérieur contre garage	33,00	0,03 1,0
Liaison plancher bas sur terre plein / mur extérieur	29,30	0,11 1,0
Liaison plancher bas sur terre plein / mur intérieur contre garage	27,20	0,73 1,0
Liaison plancher bas sur garage / mur extérieur	36,60	0,36 1,0
Refend en T dans local chauffé	17,50	0,07 1,0
<b>Etages</b>		
Liaison plancher intermédiaire / mur extérieur	201,80	0,12 1,0
Liaison balcon / mur extérieur	15,40	0,03 1,0
Angle sortant entre 2 murs donnants sur l'extérieur	60,00	0,07 1,0
Angle rentrant entre 2 murs donnants sur l'extérieur	20,00	0,09 1,0
Liaison mur extérieur / plancher haut	135,20	0,03 1,0
Liaison mur extérieur / plancher intermédiaire niveau attique	40,20	0,07 1,0



## Étanchéité à l'air

- Le taux de renouvellement d'air utilisé est de 1 volume par heure pour une différence de pression de 50 Pa.

Le bâtiment Ecologis est conçu afin d'être le plus imperméable au passage de l'air. Un test d'étanchéité à l'air est fortement recommandé en phase chantier avant que l'habillage intérieur ne soit réalisé.



## Description des lots techniques

**Les lots techniques permettent d'influer sur le confort ainsi que sur les consommations en énergie primaire et les émissions de gaz à effet de serre.**

Ces équipements permettent de réduire les consommations pour le chauffage ou pour l'eau chaude sanitaire, qui sont les postes principaux dans la valeur du coefficient C. (Performances globales du bâtiment)

Voici les différents éléments qui ont été modélisés selon les variantes :

### Chaudière gaz à condensation

L'utilisation d'une chaudière gaz à condensation, grâce à un rendement meilleur qu'une chaudière gaz standard, permet de limiter les consommations en énergie primaire ainsi que les émissions de CO<sub>2</sub>.

### Pompe à chaleur

La pompe à chaleur eau/eau sur nappe phréatique, grâce à un coefficient de performance de 4 et une compression électrique, permet de diminuer fortement les besoins en énergie primaire et les rejets en équivalent CO<sub>2</sub>. L'utilisation d'une PAC sur nappe phréatique nécessite un forage de petite profondeur (environ 10m).

### Solaire thermique

Le solaire thermique permet d'utiliser le rayonnement solaire pour réchauffer l'eau chaude sanitaire, ce qui est un moyen de limiter les consommations d'énergie primaire et les émissions de CO<sub>2</sub>.

### VMC Hygroréglable

La ventilation simple flux hygroréglable de type B permet de réguler le renouvellement d'air selon l'humidité de l'air. Ce type de VMC offre de meilleurs résultats qu'une VMC simple flux traditionnelle. Les valeurs des débits d'air utilisés pour le calcul des consommations dans le cas d'une VMC simple flux hygroréglable de type B ont été calculés selon le type d'appartement dans l'étude thermique.



## Chauffage

**La puissance de chauffage à installer est 36 kW.**

### Émetteur de chaleur

Le chauffage est assuré par radiateurs. Tous les locaux sont chauffés par ce système. Les radiateurs sont alimentés par une température maximale de 50°C. La régulation sera individuelle pour chaque radiateur, par l'intermédiaire de robinets thermostatiques.

### Distribution d'eau chaude sanitaire

La distribution d'ECS bénéficiera d'une isolation renforcée afin de limiter les déperditions calorifiques. L'épaisseur d'isolation est égale au diamètre de la conduite.

De plus, toute la distribution du chauffage et de l'ECS ainsi que le stockage de l'ECS se situe en zone chauffée.



## Ventilation

**Les ventilateurs seront alimentés en courant continu et à entraînement direct.**

## Auxiliaires électriques pour la pompe à chaleur

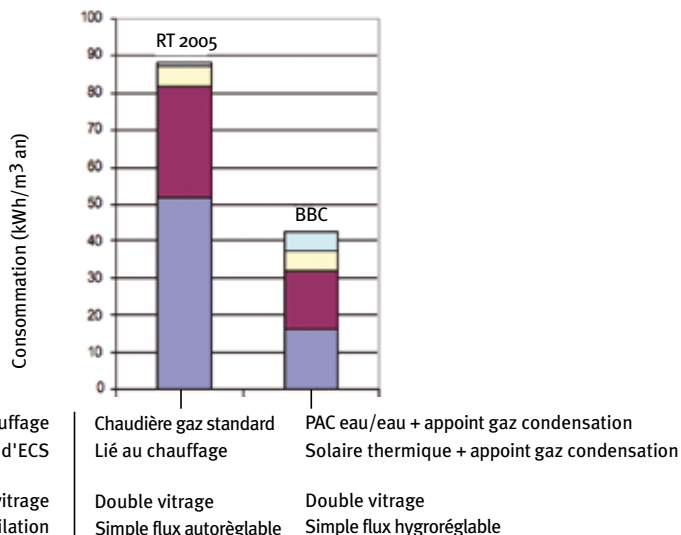
Une pompe à chaleur eau/eau nécessite l'utilisation d'une pompe de captage. Cette pompe puisera l'eau de la nappe phréatique pour alimenter l'évaporateur de la pompe à chaleur.

Nous avons considéré que cette pompe nécessite une puissance de 500W. La durée de fonctionnement a été estimée en divisant les besoins annuels pour le chauffage par la puissance de la pompe à chaleur.

## Méthode RT 2005

### Consommation d'énergie primaire selon RT 2005

- Auxiliaires électriques
- Ventilation
- ECS
- Chauffage



## Fiche Variante Basse énergie BBC

### Surfaces

Surface Hors œuvre nette (SHON) : 1287,59 m<sup>2</sup>  
 Surface Habitable (SHAB) : 1051,3 m<sup>2</sup>

Le coefficient **U** est le coefficient moyen caractérisant les déperditions thermiques réelles d'un bâtiment par transmission à travers les parois et les baies. Il est exprimé en W/m<sup>2</sup>.K

Enveloppe	
Composition parois	U [W/m <sup>2</sup> .K]
Dalle sur terre plein	0,31
Toit	0,23
Toiture sous loggia	0,21
Plancher bas contre air	0,36
Plancher bas sur garage	0,34
Mur extérieur étage	0,43
Mur extérieur sous-sol contre air extérieur	0,36
Mur donnant sur le garage	0,35
Mur extérieur sous-sol contre terre	0,37
Vitrage	Double (1,48)

Équipements	
Chauffage	PAC eau/eau sur nappe phréatique 20 W + Chaudière gaz à condensation 20kW
Froid	-
Ventilation	Ventilation simple flux hygroréglable de type B
ECS	23 m <sup>2</sup> solaire thermique (capteurs plans) + appoint chaudière à condensation

## ❖ Résultats avec la méthode de calcul RT 2005 (Th-C2005)

	Consommation d'énergie primaire calculée					
	solution RT 2005		solution Basse Consommation		économies	
	[kWh/m².an]	[kWh/an]	[kWh/m².an]	[kWh/an]	[kWh/m².an]	
Chauffage	78,08	79299	61,59	21 237	16,49	73%
ECS	43,24	35 462	27,54	20 219	15,70	43%
Ventilation	11,01	7 387	5,74	6 780	5,27	8%
Coef. C hors Auxiliaires électriques et hors éclairage	0,1	95	0,07	37	0,03	61%
Différence	132,43	122 243	94,94	48 273	37,49	61%

## ❖ Etude du confort d'été par simulation dynamique

**Le tableau suivant définit les paramètres qui ont été analysés lors des simulations dynamiques.**

	Taxe de renouvellement d'air jour	Taxe de renouvellement d'air nuit	Protection solaire	Structure	Habillage mur intérieur	Rafrâichissement
V1	0,5	0	non	Bois	Habillage plâtre 13 mm	0
V2	0,5	0	oui	Bois	Habillage plâtre 13 mm	0
V3	0,5	2	non	Bois	Habillage plâtre 13 mm	0
V4	0,5	2	oui	Bois	Habillage plâtre 13 mm	0
V5	0,5	2	oui	Bois	Habillage Fermacell 30 mm	0
V6	0,5	2	oui	Bois	Habillage Fermacell 30 mm	oui : 30 W/m
V7	0,5	6	oui	Bois	Plâtre	0
V8	0,5	0	oui	Bois	Plâtre	0
V9	0,5	2	oui	Béton	Plâtre	0



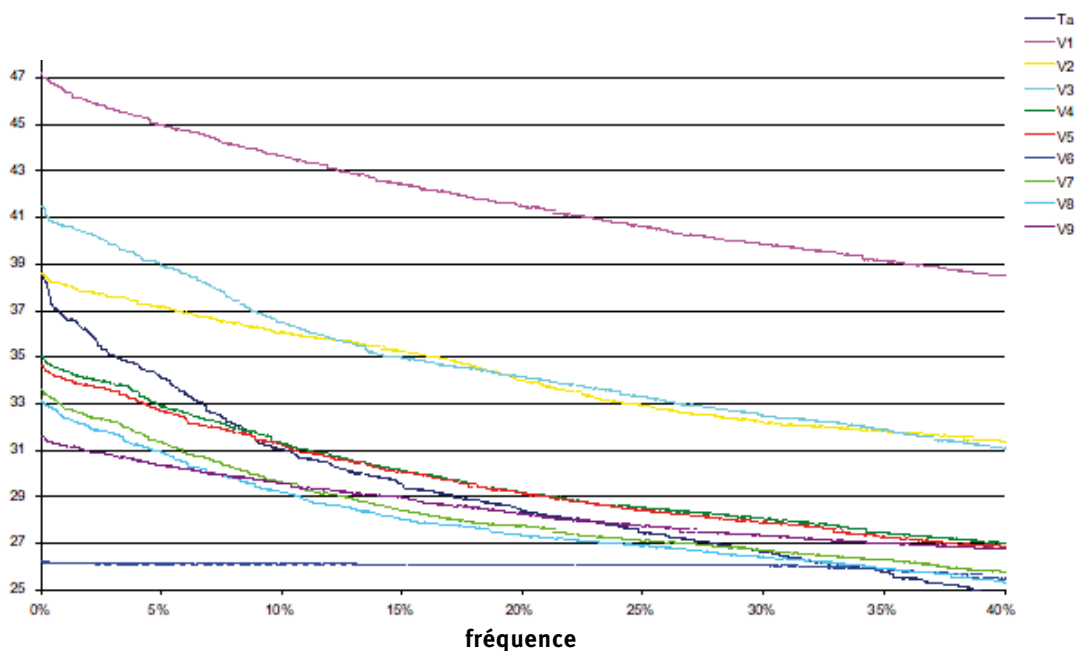


## Résultats sur une zone

### Zone 1

Cette zone est située au sud. Elle est donc particulièrement sensible au rayonnement solaire. Le graphique suivant représente les fréquences cumulées des températures intérieures de la zone 1 pour la période Juillet - Août. (hypothèse : données météorologiques de Fribourg en 2003)

### Confort d'été Zone 1 - 3<sup>ème</sup> étage Sud



- Variante 1 : Sans protection solaire et sans ventilation nocturne appropriée, la température maximale atteint 47 °C pour 38,5°C extérieur.
- Variante 2 : Avec une protection solaire mais sans ventilation nocturne, la température maximale est de 38°C.
- Variante 3 : Sans protection solaire mais avec une ventilation nocturne (2 Volumes / heure), la température maximale atteint 41 °C

Il est primordial que toutes les fenêtres soient occultées de l'extérieur et que les logements soient correctement ventilés la nuit ou tôt le matin sous peine d'avoir une température dans les logements supérieure à la température extérieure.

- Variante 4 et 5 : Lorsque le bâtiment est correctement protégé du soleil et correctement ventilé, la température maximale dans les logements est de 35°C. La température de confort 27°C est dépassée pendant 40 % du temps. Le remplacement de la couche de plâtre par deux couches de Fermacell n'a pas une grande influence sur le confort thermique.
- Variante 6 : L'utilisation d'un plancher rafraîchissant alimenté par l'eau de la nappe phréatique sans utilisation de la pompe à chaleur permettrait de refroidir correctement le bâtiment quelque soit la température extérieure. Une puissance de rafraîchissement de 30 W, c'est à dire celle d'un plancher rafraîchissant suffirait à limiter la température à 26°C pour 38°C extérieur.

Le remplacement de la structure en bois par une structure en béton a une influence certaine sur le confort estival.

- Variante 7 : L'augmentation du taux de renouvellement d'air à 6 volumes / heure, ce qui correspond à l'ouverture de la moitié des fenêtres, permet d'abaisser la température maximale à 33 °C, soit 5°C de moins que la température extérieure. La température de confort 27°C est dépassée pendant 25 % du temps, ce qui est très important.
- Variante 8 : L'ouverture de toutes les fenêtres pendant la nuit (10 vol/h) ne permet pas d'abaisser la température significativement par rapport à l'ouverture de la moitié des fenêtres.

Sans rafraîchissement, la température maximale en période caniculaire peut atteindre 33°C dans les logements. Le seuil de confort est dépassé pendant plus de 25% du temps en été. Cela rend les logements particulièrement inconfortables lors des canicules sans rafraîchissement supplémentaire.

- Variante 9 : Sans rafraîchissement, avec une structure en béton la température maximale est de 31°C pour une ventilation nocturne de 2 volume / heure, soit 7°C de moins que la température extérieure. Ce qui est bien meilleur qu'une structure bois même avec des taux de renouvellement d'air nocturne cinq fois plus élevés. Le comportement thermique pourrait être encore bien meilleur avec un renouvellement d'air nocturne plus important. Une structure massive permet de diminuer de plus de 3°C la température maximale par rapport à un structure bois (V9 par rapport à V5)



# Comparaison des coûts RT 2005 et Bâtiments Basse Consommation

Le tableau suivant détaille le coût des lots chauffage, production d'ECS et ventilation pour les variantes RT 2005 et la variante « basse énergie ».

Chauffage + production d'ECS + ventilation	Option Basse énergie avec chaudière gaz à condensation + PAC + solaire	Option RT 2005 avec chaudière gaz standard
Chaudière gaz standard (62 kW)		7.100 €
Chaudière gaz à condensation (20 kW)	5.000 €	
Pompe à chaleur (20 kW)	9.500 €	
Cheminée	1.500 €	1.500 €
Emission	50.500 €	40.500 €
Production d'ECS + stockage	20.880 €	2.000 €
Ballon tampon	3.000 €	
Divers	4.000 €	1.000 €
<b>TOTAL CHALEUR</b>	<b>94.380 €</b>	<b>52.100 €</b>
Ventilation simple Flux traditionnelle		10.000 €
Ventilation simple Flux hygroréglable	15.000 €	
Total ventilation	15.000 €	10.000 €
Total H.T Chauffage + production d'ECS + ventilation	109.380 €	62.100 €
Total T.T.C. Chauffage + production d'ECS + ventilation	130.818 €	74.272 €
Surcoût	56.547 €	

Le surcoût lié aux équipements techniques de la variante V5 par rapport à la variante RT 2005 est de 56.547 €

## Surcoût Isolation

Paroi	surface [m <sup>2</sup> ] €	surcoût du [€ /m <sup>2</sup> ]	surcoût
Toiture	361,9	14	5.211
Plancher bas sur l'air	71,9	12	865
Plancher bas donnant sur le garage	179,4	12	2.158
Mur extérieur cave contre air extérieur	52,6	12	631
Mur extérieur cave contre sol	36,7	6	220
Mur extérieur bois massif	786,7	54	42.341
Mur extérieur donnant sur le garage	99,9	12	1.199
<b>Le surcoût de l'isolation pour la variante V5 est estimé à</b>			<b>52.626 €</b>
<b>Au total le surcoût est estimé à</b>			<b>109.173 €</b>

RT 2005 Surcoût d'investissement	RT 2005	BBC
Surcoût équipement technique T.T.C	0 €	56.547 €
Surcoût isolation T.T.C		52.626 €
Total surcoût T.T.C	0 €	109.173 €
<b>Total</b>	<b>0 €</b>	<b>109.173 €</b>

Coût d'exploitation		
Coût chauffage et ECS	7.208 €	2.654 €
Coût auxiliaire	408 €	380 €
Coût entretien	350 €	650 €
<b>Coût Total</b>	<b>7.966 €</b>	<b>3.684 €</b>

Financement		
Apport personnel	0 €	0 €
Prêt	0 €	109.173 €
Taux d'intérêt	4,00 %	4,00 %
Durée de l'emprunt	15	15
Anuité	0 €	9.819 €
<b>Dépense annuelle</b>	<b>7.966 €</b>	<b>13.503 €</b>

Temps de retour brut		
		25 ans

Les subventions ADEME et Région Alsace de 64.400 € permettent d'atteindre un temps de retour sur investissement de 10 ans au lieu de 25 ans.

Coût global		
Taux d'actualisation	3 %	
Coûts sur 20 ans actualisé		
Cas 1	159.322 €	190.900 €
Coûts sur 20 ans actualisé		
Cas 2	218.339 €	218.193 €
Coûts sur 20 ans actualisé		
Cas 3	304.345 €	257.967 €

	Temps de retour actualisé	Temps de retour actualisé sé
Cas 1	29 ans	28 ans
Cas 2	21 ans	20 ans
Cas 3	17 ans	17 ans

	Temps de retour actualisé	Temps de retour actualisé
Cas 1	-19 %	-20 %
Cas 2	-2 %	0 %
Cas 3	12	15 %

- Cas1 : Coût sur 20 ans actualisé avec taux d'actualisation de 3% et hausse du coût de l'énergie de 3% par an
- Cas2 : Coût sur 20 ans actualisé avec taux d'actualisation de 3% et hausse du coût de l'énergie de 6% par an
- Cas3 : Coût sur 20 ans actualisé avec taux d'actualisation de 3% et hausse du coût de l'énergie de 9% par an

**énergivie** est un programme d'actions innovatrices initié par la Région Alsace pour développer l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables en Alsace, avec l'ADEME et l'Union européenne.

