The image features a stylized architectural rendering of a modern house with large windows and a grey facade. The house is partially obscured by a large, solid blue rectangular box that contains the title text. The background is split into a white upper half and a green lower half, with a vertical green bar on the right side. The text is centered within the blue box.

Etude de la performance énergétique d'une maison individuelle

SOMMAIRE

Introduction	Page 2
1 Phase 1 : Evaluation de la performance énergétique de la maison dans le cadre de la RT 2005	Page 3 à 6
1.1 Calcul de U_{bat} et U_{ref}	Page 3 à 4
1.2 Calcul des apports solaires Q_s par les baies vitrées	Page 5
1.3 Calcul des besoins mensuels de chauffage Q_h	Page 6
2 Phase 2 : Etude de la mise aux normes de la maison dans le cadre de la RT 2005, suivant la	Page 7 à 12

région considérée

Conclusion

Page 13

INTRODUCTION

1 Phase 1 : Évaluation de la performance énergétique de la maison dans le cadre de la RT 2005

1.1 Calcul de U_{bat} et U_{ref}

Nous calculons U_{bat} et U_{ref} (donné par la RT 2005) à partir des formules suivantes :

$$U_{bat} = \frac{\sum b_i \cdot U_i \cdot A_i}{\sum A_i} \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

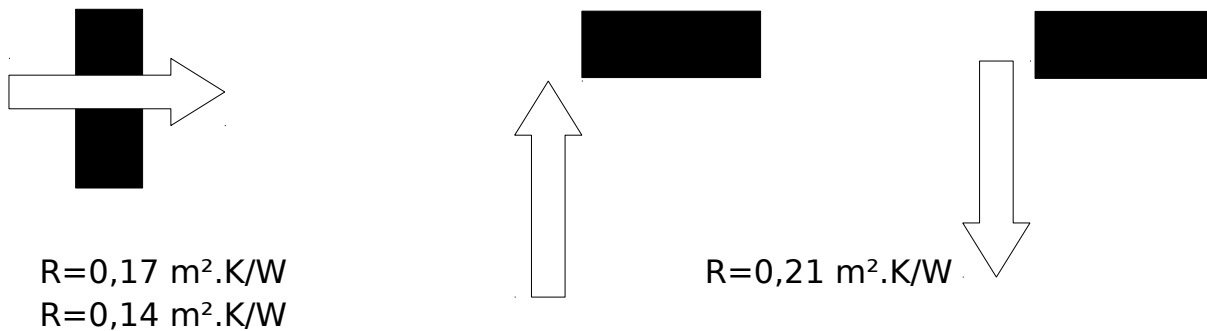
$$U_{ref} = \frac{\sum a_i \cdot A_i + a_i \cdot L_i}{\sum A_i} \text{ [W/m}^2\text{.K]}$$

Où

- b_i : coefficient de réduction de température égal à 0,5 pour un local non chauffé et 1 pour un local chauffé
- U_i : conductance thermique surfacique de la paroi i
- A_i : superficie de la paroi i
- a_i : conductances de référence
- L_i les linéaires (prise en compte des ponts thermiques)

Nous avons relevé sur les plans les valeurs des A_i et L_i . Nous avons ensuite calculé les U_i :

On a $\lambda_{\text{béton}} = 1,75 \text{ W/m.K}$. De plus, au toit, il y a 5cm d'isolant avec $\lambda_{\text{isolant}} = 0,04 \text{ W/m.K}$ et les résistances superficielles suivent ce schéma :



Nous avons donc :

- Murs : $R_{\text{mur}} = 0,30/1,75 + 0,17 = 0,34 \text{ m}^2.\text{K/W}$
 $U_{\text{mur}} = 1/ R_{\text{mur}} = 2,94 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Portes, fenêtres et baies vitrées : la conductivité nous est donnée, elle vaut $3,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Sol : $R_{\text{plancher}} = 0,30/1,75 + 0,21 = 0,55 \text{ m}^2.\text{K/W}$
 $U_{\text{plancher}} = 1/ R_{\text{plancher}} = 1,82 \text{ W/m}^2.\text{K}$
- Toit : $R_{\text{toit}} = 0,05/0,04 + 0,30/1,75 + 0,14 = 1,94 \text{ m}^2.\text{K/W}$
 $U_{\text{toit}} = 0,52 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Nous pouvons maintenant calculer le coefficient moyen de déperditions thermiques de l'enveloppe : U_{bat} .

	surfaces A [m ²]	conductance U [W/m ² .K]	coefficient de réduction de température b	b*U*A
murs extérieurs	115,39	2,94	1	339,2466
murs intérieurs	13,77	2,94	0,5	20,2419

portes intérieures	1,98	3,5	0,5	3,465
portes extérieures	1,98	3,5	1	6,93
fenêtres et baies vitrées	58,46	3,5	1	204,61
plancher	180	1,82	1	327,6
toit	180	0,52	1	93,6
TOTAL	551,58			995,6935
U_{bat}	2,166199			28

Calculons maintenant le coefficient de déperditions de référence réglementaire : U_{ref} donné par la RT 2005.

	SURFACES A_i [m ²]	COEFFICIENT a_i	$A_i \cdot a_i$
A1 (mur)	129,16	0,4	51,664
A2	0	0,25	0
A3 (toit)	180	0,27	48,6
A4 (plancher)	180	0,36	64,8
A5 (portes)	3,96	1,5	5,94
A6	0	2,3	0
A7 (surface vitrée)	58,46	2,1	122,766
L8	78,9	0,4	31,56
L9	0	0,55	0
L10	78,9	0,5	39,45
TOTAL	551,58		364,78
U_{ref}	0,66133652		

Nous avons donc U_{bat} sensiblement supérieur à U_{ref} . Le but de la phase 2 sera donc d'isoler la maison afin d'atteindre un U_{bat} conforme à la réglementation de la RT 2005.

1.2 Calcul des apports solaires Q_s par les baies vitrées

Calcul des caractéristiques thermiques	
Nom du projet	
Surface habitable Abat	180
Volume chauffé V	450
Coefficient de déperditions U_{bat}	
Surface parois ext At	551,58
Pertes par transmission Ht	1196,9
Taux de R.A n	
Perte de R.A Hv	76,5
Total pertes H	1273,4

Ouverture solaire		
Baies vitrées sud	surface A	16,1
	facteur	
solaire S		0,8
	facteur	
d'ombre F		1
Aire équivalente sud		
As=A*S*F		12,88
Baies vitrées est	surface A	7,2
	facteur	
solaire S		0,8
	facteur	
d'ombre F		1
Aire équivalente est		
As=A*S*F		5,76
Baies vitrées ouest	surface A	15,2
	facteur	
solaire S		0,8
	facteur	
d'ombre F		1
Aire équivalente ouest		
As=A*S*F		12,16
Baies vitrées nord	surface A	20
	facteur	
solaire S		0,8
	facteur	
d'ombre F		1
Aire équivalente nord		
As=A*S*F		16
Calcul de la constante de temps		
Classe d'inertie		
Capacité quotidienne		
Cm		8250
Constante de temps		6,47871
tau		839
Paramètre saisonnier		1,40491
a		99

1.3 Calcul des besoins mensuels de chauffage

Q_h

	Pertes Qi [kWh]	Gains internes Qi [kWh]	Gains solaires Qs [kWh]	Total gains Qg [kWh]	Ratio gains/pertes γ	Facteur d'utilisation η	Température sans chauffage Tsc	Ti-Tsc+1	Dates de la saison de chauffe	Njours chauffage Njc	Besoins chauffage Qh [kWh]
Janvier	10895,2104	535,68	1572,39043	2108,07043	0,19348598	0,91819207	10,2250887	10,2749113	chauffe	31	8959,59684
Février	8471,67552	483,84	1447,84282	1931,68282	0,22801662	0,90042751	11,8573645	8,64263546	chauffe	28	6732,33517
Mars	8147,72256	535,68	2976,84221	3512,52221	0,43110479	0,79900168	14,6075012	5,89249882	chauffe	31	5341,21143
Avril	6234,5664	518,4	3412,3824	3930,7824	0,63048208	0,71162823	16,9872782	3,51272185	chauffe	30	3437,31068
Mai	3126,45168	535,68	4132,6343	4668,3143	1,49316695	0,46616498	21,1274509	-0,62745092	Arrêt le 12	12	367,837565
Juin	-275,0544	518,4	3937,94496	4456,34496	-16,2016858	#NOMBRE!	24,6605057	-4,16050573	arrêt	0	#NOMBRE!
Juillet	-3789,6384	535,68	4266,26266	4801,94266	-1,26712423	#NOMBRE!	28,5684969	-8,06849694	arrêt	0	#NOMBRE!
Aout	-2747,48784	535,68	3711,10771	4246,78771	-1,54569846	#NOMBRE!	26,8825255	-6,38252552	arrêt	0	#NOMBRE!
Septembre	-458,424	518,4	3171,51936	3689,91936	-8,04914088	#NOMBRE!	24,0245704	-3,52457044	arrêt	0	#NOMBRE!
Octobre	3410,67456	535,68	2673,8735	3209,5535	0,94103188	0,60187244	19,2877148	1,21228522	Reprise le 8	23	1097,2727
Novembre	7701,5232	518,4	2417,43168	2935,83168	0,38120143	0,82297983	14,302092	6,19790796	Chauffe	30	5285,39295
Décembre	10232,0237	535,68	1868,16912	2403,84912	0,23493389	0,89686194	11,237286	9,26271399	chauffe	31	8076,1029
Saison de chauffage										216	39297,0602

2 Phase 2 : Etude de la mise aux normes de la maison dans le cadre de la RT 2005, suivant la région considérée

Dans le cadre de la RT 2005, on cherche à obtenir un coefficient moyen de déperditions thermiques de l'enveloppe U_{bat} inférieur au coefficient de déperditions de référence réglementaire U_{ref} calculés lors de la phase 1. Pour cela, nous devons isoler la maison.

La majeure partie de la chaleur est perdue par le toit (environ 30%), 25% par les murs, 15% par les vitres et les fenêtres et 10% par le sol. Aussi nous avons procédé en plusieurs étapes.

Notre première idée a été de calculer l'économie réalisée pour un U_{bat} fixé inférieur à U_{ref} donné par la RT 2005.

Pour $U_{bat} = 0,65 \text{ W/m}^2.K$, notre besoin de chauffage diminue de 39297,0602 kWh à 9390,53 kWh. Le coût de l'électricité étant de 0,1261€/kWh et en négligeant la hausse des prix, nous réalisons une économie sur 10 ans de $(39297,0602 * 0,1261) * 10 - (9390,53 * 0,1261) * 10 = 49553,6 - 11841,458 = \mathbf{37712,14\text{€}}$ par rapport au coût du chauffage sans isolation.

Nous avons donc cherché à atteindre U_{bat} égal à 0,65 W/m².K avec un budget d'environ 35000€.

- Dans un premier temps nous avons cherché à isoler les murs. Afin de ne pas trop empiéter sur la surface au sol nous avons d'abord opté pour un isolant mince de résistance thermique 0,50 m².K/W pour un coût de 5 à 10€ le m² selon le fournisseur.

On a donc $R'_{mur} = R_{mur} + R_{isolant} = 0,34 + 0,50 = 0,84 \text{ m}^2.K/W$

D'où $U'_{mur} = 1/R'_{mur} = 1/0,84 = 1,19$

Nous avons choisi d'isoler ensuite la toiture par de la laine de verre de conductance thermique 0,035 W/m.K, d'épaisseur $e=120\text{mm}$, pour un coût de 3 à 8€ le m². Sa conductance thermique surfacique est donc égale à 0,292 W/m².K.

On a alors $R'_{toit} = 1,94 + 1/0,292 = 5,365$, d'où $U'_{toit} = 1/R'_{toit} = 0,186 \text{ W/m}^2.K$.

Avec ces valeurs nous recalculons alors U_{bat} :

U'bat	1,5784885 24
--------------	-------------------------

Sachant que $U_{ref} = 0,66133652$, cette isolation n'est pas suffisante.

- Notre deuxième idée a été d'abandonner le choix de l'isolant mince sur les murs et de le remplacer par de la laine de verre. Ceci tout en conservant la laine de verre sur la toiture.

Nous avons alors toujours par les mêmes calculs :

$$U''_{\text{mur}} = 0,035 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U'_{\text{toit}} = 0,186 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

D'où :

U''_{bat}	1,2626229 2
--------------------------	------------------------------

Nous avons $U''_{\text{bat}} > U_{\text{ref}}$, ce n'est donc toujours pas suffisant.

- Dans un troisième temps nous avons remplacé le simple vitrage par du double vitrage avec gaz isolant Argon de conductivité thermique $1,1 \text{ W/m}^2.\text{K}$ pour un coût de 250€ le m^2
On a alors :

U'''_{bat}	0,9573819 75
---------------------------	-------------------------------

- Enfin nous avons opté pour un isolant mince sur les murs, de la laine de verre sur la toiture, du double vitrage avec gaz isolant Argon et du polyuréthane au sol.
Le polyuréthane est un isolant à 20€ le m^2 de résistance thermique surfacique $3,45 \text{ m.K/W}$ pour une épaisseur de 80mm, ce qui nous donne :

$$R'_{\text{plancher}} = R_{\text{plancher}} + R_{\text{polyuréthane}} = 0,55 + 3,45 = 4,00 \text{ m}^2.\text{K/W}$$

$$\text{Donc } U'_{\text{plancher}} = 0,250 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Nous avons alors obtenu :

U''''_{bat}	0,64981670 8
----------------------------	-------------------------------

Ce résultat est satisfaisant. L'objectif suivant sera de remplacer les isolants choisis par des isolants qui respectent davantage l'environnement tout en prenant en considération le coût total de l'isolation.

Etude du coût de l'isolation :

	superficie [m ²]	Isolant	Coût de l'isolant [€/m ²]	Conductivité thermique [W/m ² .K]	Coût de l'isolation [€]	Crédit d'impôts [€]
Murs	129,16	isolant mince	7,5	1,19	968,7	
Surfaces vitrées	58,46	double vitrage argon	250	0,033	14615	25% -3653,75
Toit	180	laine de verre	5,62	0,186	1011,6	25% -252,9
Sol	180	polyuréthane	20	0,25	3600	25% -900
Main d'œuvre			30		16428	
TOTAL					36623,9	-4806,65



31817.25€

La rentabilité sur dix ans est donc assurée, on gagne : **37712,14 -**

36623.9+4806.65 = 5894.89

Sachant qu'on économise 3771,21 par an en réalité, on a amorti le coût d'isolation en $31817.25/3771.214=8.43$ ans c'est-à-dire en a

peu près **8 ans et 5 mois.**

Amélioration de l'impact écologique de l'opération d'isolation :

Calculons le nouveau Ht :

$$H_t = U''''_{bat} \times A_{tot} = 0,65 \times 551,38 = 358,397 \text{ W/K}$$

$$\text{On a } H_v = 0,34 \times 0,5 \times 450 = 76,5 \text{ W/K}$$

On aurait aussi pu travailler sur la ventilation mais ici si l'on compare le Ht et le Hv cela ne semble pas pertinent. Il vaut mieux améliorer encore l'isolation du bâtiment.

Essayons d'utiliser pour ce faire des matériaux complètement écologiques.

Choisissons tout d'abord le liège noir écologique 120mm pour la toiture à 33€ le m² qui a une résistance thermique de 2,8 m².K/W. Pour murs on choisit de la laine de coton recyclé de résistance thermique 1,28 m².K/W à 5,98€ le mètre carré. Pour le sol on choisit de la laine de mouton de résistance thermique 2,5 m².K/W à 10,99€ le mètre carré. Nous reprenons les mêmes doubles vitrages que pour la simulation précédente.

Pour le double vitrage, nous avons demandé un devis. Le matériau la dépose et la pose coûterait environ 15000€.

Nous bénéficions d'un crédit d'impôt de 25 %. Et nous comptons le double du prix des matériaux pour la main d'œuvre.

Recalculons des conductances thermiques des murs, du sol et du toit :

$$R_{toit} = 1,94 + 2,8 = 4,74 \text{ m}^2.\text{K/W} \quad \text{d'où } U_{toit} = 0,21 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$R_{mur} = 0,34 + 1,28 = 1,62 \text{ m}^2.\text{K/W} \quad \text{d'où } U_{mur} = 0,62 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$R_{sol} = 0,55 + 2,5 = 3,05 \text{ m}^2.\text{K/W} \quad \text{d'où } U_{sol} = 0,33 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Ce qui nous donne :

U6bat	0,6279419 12
--------------	-------------------------

Etude du coût de l'isolation :

Pour Ubat = 0,628 W/m².K, notre besoin de chauffage diminue de 39297,0602 kWh à 8941,87 kWh. Le coût de l'électricité étant de 0,1261€/kWh et en négligeant la hausse des prix, nous réalisons une économie sur 10 ans de $(39297,0602 \times 0,1261) \times 10 - (8941,87 \times 0,1261) \times 10 = 49553,6 - 11275,698 = \mathbf{38295,902\text{€}}$ par rapport au coût du chauffage sans isolation.

	superficie [m ²]	Isolant	Coût de l'isolant [€/m ²]	Conductivité thermique [W/m ² .K]	Coût de l'isolation [€]	Crédit d'impôt [€]
Murs	129,16	Laine de coton recyclé	5,98	1,19	772,3768	-193
Surfaces vitrées	58,46	double vitrage air PVC		0,033	15000	-3750
Toit	180	Liège noir	33	1,1	5940	-1485
Sol	180	Laine de mouton	10,99	0,025	1978,2	-510.38
Main d'œuvre					14000	0
TOTAL					37690,5768	-5938,47



31752,107

Nous avons donc gagné sur 10 ans: $\mathbf{38295,902 - 31752,107 = \mathbf{6543,793\text{€}}}$

Pour cette solution, on amortit en $31752.107/3829.5=8.29$ ans soit en **8 ans et 4 mois**

CONCLUSION

-