



CSFVP, SNFA, SNFPSA, UFME



1/6 A MINIMA DANS LE RESIDENTIEL

Etude de l'influence des paramètres d'une baie (surface de baies, facteurs Sw et TLw, coefficient de déperditions Uw) sur le BBio et les coûts d'exploitation

Dossier 10/036

SP – 02/03/2010

Rév. 1

SOMMAIRE

1. Preambule	2
2. Objectifs de l'étude	3
3. Présentation de l'étude	3
4. Méthode des plans d'expérience.....	3
5. Etude Economique	3
6. Résultats obtenus	4
7. Conclusion.....	12
ANNEXE 1 Méthode des plans d'expérience.....	13

1. Préambule

Dans la phase préparatoire de la rédaction de la RT 2012 il a paru important aux 4 syndicats professionnels CSFVP, SNFA, UFME, SNFP⁽¹⁾ d'étudier l'impact de la surface des parois vitrées sur le besoin en énergie des bâtiments résidentiels (évaluation du BBio).

L'énergie solaire captée par les vitrages des fenêtres participe à la réduction des besoins en énergie des bâtiments pour le chauffage et l'éclairage. Grâce à l'amélioration de l'isolation thermique des fenêtres (vitrages et encadrements) tout en conservant des taux de transmission de chaleur et de lumière élevés celles-ci deviennent la première source en énergie renouvelable d'un bâtiment. Ceci tout en assurant le confort en été par l'utilisation de protections mobiles adaptées (fermetures, stores).

En proposant d'introduire dans la RT 2012 une surface minimale de parois vitrées (1/6 de la surface habitable ⁽²⁾) à respecter dans les logements, le législateur se donne le moyen de rappeler aux concepteurs et maîtres d'ouvrages l'importance de concevoir des bâtiments capables de profiter pleinement de l'énergie solaire, tant au niveau énergétique que lumineux.

Les 4 syndicats professionnels ont confié au bureau d'études thermiques CARDONNEL Ingénierie l'étude de sensibilité pour 3 zones climatiques (H1b, H2b et H2d). Ces trois zones regroupent les régions économiques où se construisent le plus grand nombre de logements. Elles couvrent également un large éventail de climats.

Note⁽¹⁾ :

CSFVP = Chambre Syndicale des Fabricants de Verre Plat, 114 rue de la Boétie 75008 PARIS
UFME = Union des Fabricants de Menuiseries Extérieures, 39-41 rue Louis Blanc 92038 Paris La Défense cedex

SNFA = Syndicat National de la construction des fenêtres, Façades et Activités associées 10 rue du Débarcadère 75852 Paris Cedex 17

SNFP⁽¹⁾ = Syndicat National de la Fermeture, de la Protection Solaire et des professions Associées, 10 rue du Débarcadère 75852 Paris Cedex 17

Note ⁽²⁾:

1/6 = 17 % de la surface habitable en parois vitrées = 12,5 % de surfaces transparentes

2. Objectifs de l'étude

Cette étude a pour objectifs de :

- montrer l'incidence positive des parois vitrées sur le bilan BBio des bâtiments résidentiels
- donner un aperçu économique sur la variabilité du coût d'investissement (au niveau des constructeurs) liée à la taille des surfaces vitrées.

3. Présentation de l'étude

Deux bâtiments sont étudiés :

- une maison individuelle de 90 m² habitables de plain pied
- un immeuble collectif de 840 m² habitables sur 5 niveaux (4 studios + 8 appartements T4)

Quatre paramètres variables sont retenus

- surface des baies vitrées
- coefficient de transmission thermique U_w des baies vitrées
- facteur solaire S_w des baies vitrées
- facteur de la transmission lumineuse TL_w des baies vitrées.

Le comportement de ces bâtiments est étudié pour trois zones climatiques afin d'identifier l'impact du climat (climat froid à climat chaud) : H1b, H2b, H2d

4. Méthode des plans d'expérience.

Pour cette étude, la méthode retenue est celle des « plans d'expérience » introduite par Fisher vers 1920 pour les études agronomiques.

Un plan d'expérience est une suite d'essais organisés de manière à déterminer, en un nombre minimum d'essais et avec un maximum de précision, l'influence de plusieurs paramètres sur une ou plusieurs réponses.

La méthode des plans d'expérience est décrite en annexe 1.

5. Etude Economique

L'étude économique a été réalisée à partir des données transmises par les 2 syndicats de fabricants de fenêtres après consultation de leurs adhérents. Il s'agit de moyenne de prix de produits vendus aux constructeurs par les entreprises qui installent.

6. Résultats obtenus

Voir les 7 fiches ci-après :

- **Influence de la surface d'une fenêtre sur ses caractéristiques énergétiques (fiche 1) :**

- Coefficient de transmission thermique (U_w)
- Facteur solaire (S_w)
- Transmission lumineuse (TL_w)

L'augmentation du clair de vitrage qui accompagne l'augmentation de la taille de la fenêtre permet une amélioration des trois caractéristiques énergétiques de la fenêtre : baisse du coefficient U_w , augmentation du S_w et TL_w .

- **Influence des caractéristiques des baies vitrées d'une maison individuelle de 90 m² en zone H1b, H2b et H2d (fiches 2, 3, 4)**

Comparaison du BBio en fonction du ratio S_{baies}/S_{hab} pour différents types de fenêtres U_w de 1,8 à 1,4 W/(m².K), S_w de 0,40 à 0,45 et pour différentes orientations

- 25 % Nord, Sud, est, ouest
- 40 % Sud, 20 % au Nord, à l'Est, à l'Ouest
- 50 % Nord, Sud
- 65 % Sud, 35 % Nord

L'étude est faite à la base pour un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40 % au Sud, 20 % au Nord, 20 % à l'est, 20 % à l'Ouest.

Les courbes de variations du BBio sont ensuite dessinées jusqu'à 25 % de baies vitrées pour chacun des 4 types d'orientation.

Dans tous les cas l'accroissement des surfaces vitrées réduit le BBio.

- **Influence des caractéristiques des baies vitrées d'un logement collectif de 840 m² en zone H1b, H2b et H2d (fiches 5, 6, 7)**

Comparaison du BBio en fonction du ratio S_{baies}/S_{hab} pour différents types de fenêtres U_w de 1,8 à 1,4 W/(m².K), S_w de 0,40 à 0,45 et pour différentes orientations

- 25 % Nord, Sud, est, ouest
- 40 % Sud, 20 % au Nord, à l'Est, à l'Ouest
- 50 % Nord, Sud
- 65 % Sud, 35 % Nord

Sauf dans le cas de la zone H1b où la caractéristique U_w doit être améliorée, l'augmentation des surfaces vitrées pour les fenêtres étudiées permet de réduire le BBio.

Il est à noter que les valeurs U_w et S_w des fenêtres retenues pour cette étude sont des valeurs couramment disponibles en 2010 pour les différents matériaux de fenêtres.

L'étude n'a pas cherché à différencier la performance des fenêtres en fonction de leur orientation ou de la zone climatique.

Les concepteurs disposent donc encore d'une marge d'amélioration de la performance réelle de leurs bâtiments en adaptant avec pertinence les performances des fenêtres selon les orientations et la zone climatique.

Influence de la surface d'une baie vitrée

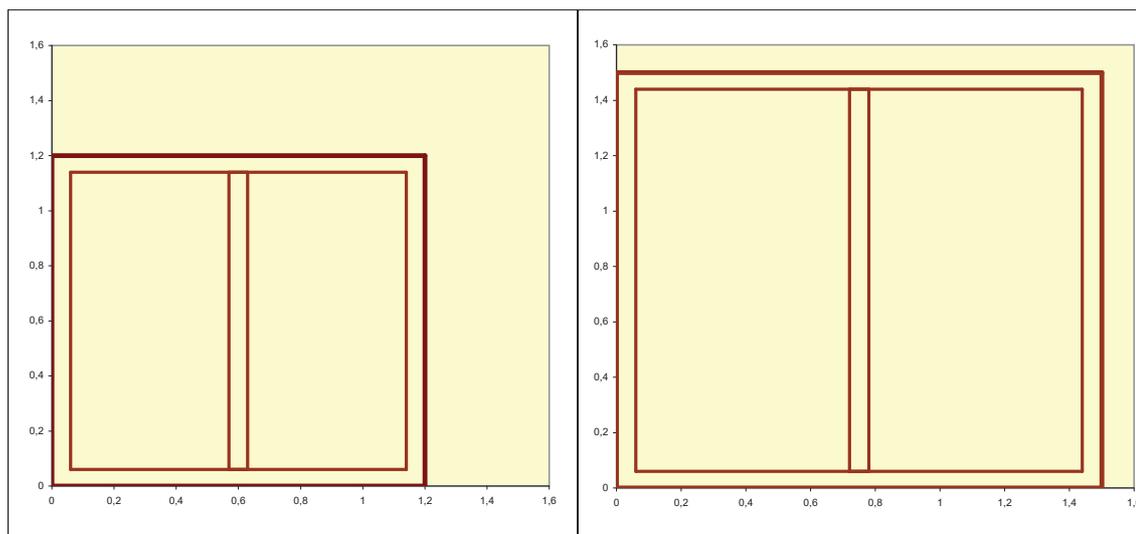
Objectif Etudier l'influence de la surface d'une baie vitrée sur ses caractéristiques

Caractéristiques du vitrage et de la menuiserie

Coefficient de déperditions du vitrage U_g	$W/m^2.K$	1,10
Facteur solaire du vitrage S_g	-	0,64
Facteur de transmission lumineuse du vitrage T_l	-	0,80

Coefficient de déperditions de la menuiserie U_f	$W/m^2.K$	2,7
Largeur du cadre	m	0,06

Comparaison de deux baies vitrées



Hauteur du trou	m	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5
Largeur du trou	m	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5
Surface brute	m^2	1,44	1,56	1,69	1,82	1,96	2,10	2,25
Surface de clair de vitrage	m^2	1,10	1,21	1,32	1,44	1,56	1,69	1,82
Ratio de clair de vitrage σ	%	0,77	0,77	0,78	0,79	0,80	0,80	0,81

Coefficient de déperditions U_w	$W/m^2.K$	1,48	1,46	1,45	1,44	1,43	1,41	1,40
Facteur solaire S_w nu intérieur	-	0,41	0,41	0,41	0,42	0,42	0,42	0,43
Facteur solaire S_w nu extérieur	-	0,45	0,46	0,46	0,46	0,47	0,47	0,47
Facteur de transmission lumineuse T_l	-	0,61	0,62	0,63	0,63	0,64	0,64	0,65

Coût baie	€	298	315	331	349	367	386	406
Coût baie / m^2 baie	€/m ²	210	200	200	190	190	180	180

CONCLUSION GENERALE

A caractéristiques de vitrage et de menuiserie égales, lorsqu'on augmente la taille d'une baie, on augmente son ratio de clair de vitrage. Ainsi, le coefficient de déperditions de la baie diminue, son facteur solaire et son facteur de transmission lumineuse augmentent. De ce fait, les pertes par cette baie diminuent alors que les gains augmentent. De plus, le coût du m^2 de baie diminue également (prix d'une baie : base fixe (la plus importante) + part variable qui augmente avec la taille de la baie)

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UNE MAISON INDIVIDUELLE _ H1b

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (Uw variant de 1,8 à 1,4 W/m².K) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

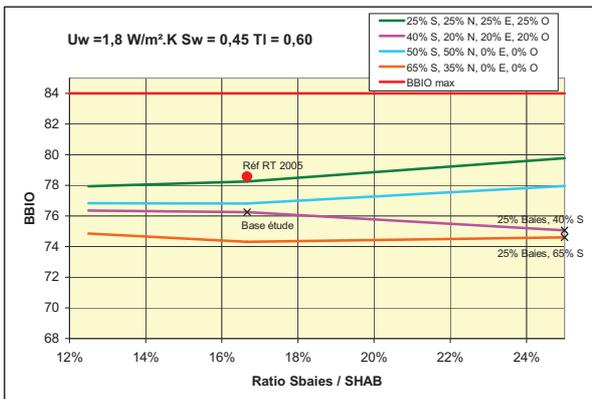
Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m²	90,25
SHORT	m²	103
Nb niveaux	-	1
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

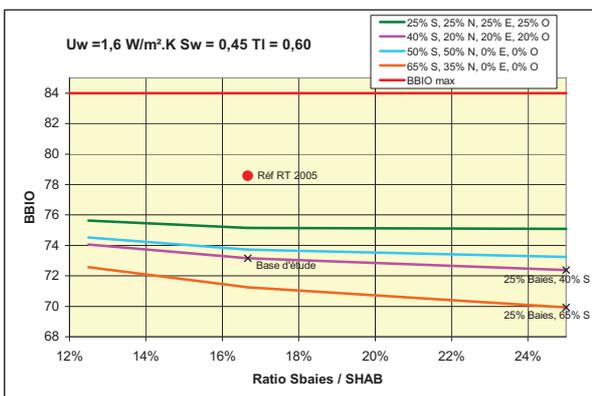
Uplancher	W/m².K	0,24
Psi plancher	W/m.K	0,19
Umur	W/m².K	0,26
Uplafond	W/m².K	0,14

Débit extrait	m³/h	110
Débit insufflé	m³/h	110
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	m³/h.m²	0,6
Part convective émetteur	-	0,5

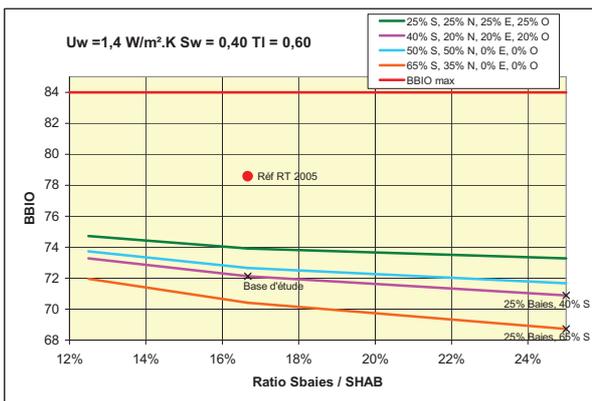
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,8 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	W/m².an	1,8	1,8	1,8	1,8
Sw	-	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	35,01	33,90	33,86	33,68
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,41	4,36	3,79	3,74
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-1,16		0,61	0,84
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m²			7,52	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT			8,35	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT			-4,17	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT			4,19	4,19



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,6 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	W/m².an	1,8	1,6	1,6	1,6
Sw	-	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	35,01	32,35	32,52	31,34
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,41	4,36	3,79	3,74
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-2,71		0,40	1,63
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m²			7,52	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT			8,35	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT			-4,17	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT			4,19	4,19



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,4 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	W/m².an	1,8	1,4	1,4	1,4
Sw	-	0,4	0,40	0,40	0,40
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	35,01	31,84	31,77	30,74
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,41	4,36	3,79	3,74
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-3,22		0,64	1,72
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m²			7,52	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT			8,35	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT			-4,17	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT			4,19	4,19

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord

- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UNE MAISON INDIVIDUELLE _ H2b

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (Uw variant de 1,8 à 1,4 W/m².K) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m²	90,25
SHORT	m²	103
Nb niveaux	-	1
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

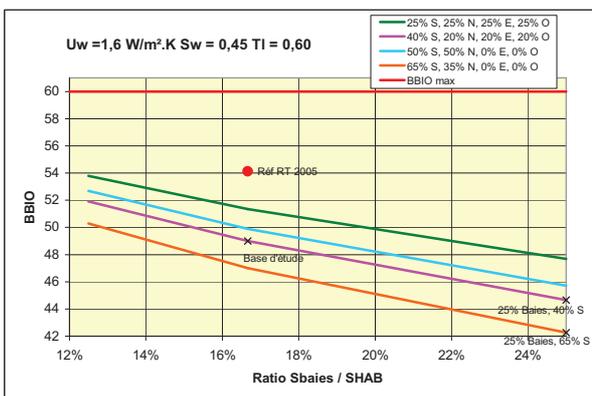
Uplancher	W/m².K	0,24
Psi plancher	W/m.K	0,19
Umur	W/m².K	0,26
Uplafond	W/m².K	0,14

Débit extrait	m³/h	110
Débit insufflé	m³/h	110
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	m³/h.m²	0,6
Part convective émetteur	-	0,5

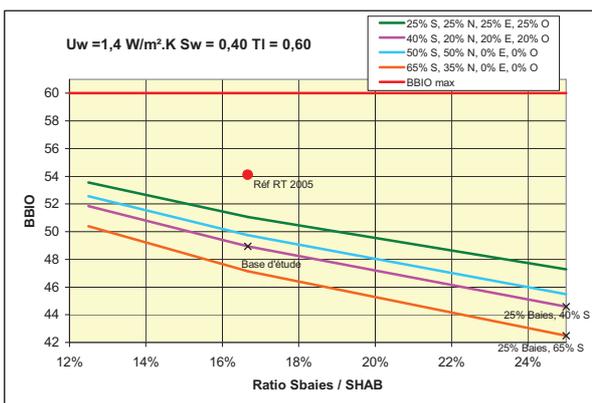
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Nord	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,8 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	1,8	1,8	1,8	1,8
Sw	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	23,03	21,76	20,77
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,15	4,10	3,51
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-1,32	1,58	2,78
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56
Δ Baies	m²	-	-	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT	-	-	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT	-	-	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT	-	-	4,19



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Nord	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,6 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	1,8	1,6	1,6	1,6
Sw	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	23,03	20,53	18,93
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,15	4,10	3,51
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-2,55	2,19	3,40
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56
Δ Baies	m²	-	-	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT	-	-	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT	-	-	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT	-	-	4,19



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud 40% Nord	Base étude 1/6 Baies 40% Sud Uw = 1,4 W/m².K	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	1,8	1,4	1,4	1,4
Sw	-	0,4	0,40	0,40
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	kWhep/m²SHORT.an	23,03	20,50	18,89
Bécl	kWhep/m²SHORT.an	4,15	4,10	3,51
Gain besoin	kWhep/m²SHORT.an	-2,58	2,20	3,25
Baies vitrées	m²	15,04	15,04	22,56
Δ Baies	m²	-	-	7,52
Surcoût baies	€/m²SHORT	-	-	8,35
Surcoût murs	€/m²SHORT	-	-	-4,17
Surcoût construction	€/m²SHORT	-	-	4,19

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord
- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UNE MAISON INDIVIDUELLE _ H2d

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (U_w variant de 1,8 à 1,4 $W/m^2.K$) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

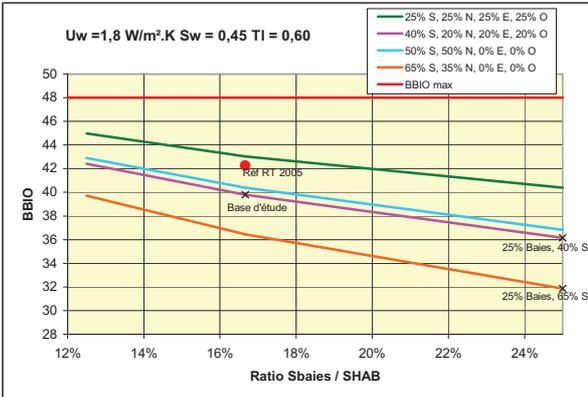
Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m^2	90,25
SHORT	m^2	103
Nb niveaux	-	1
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

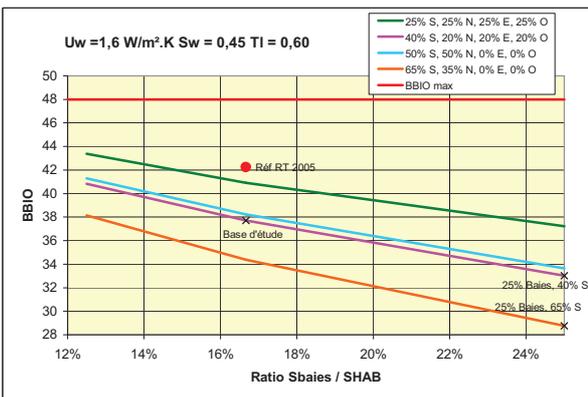
Uplancher	$W/m^2.K$	0,24
Psi plancher	$W/m.K$	0,19
Umur	$W/m^2.K$	0,26
Uplafond	$W/m^2.K$	0,14

Débit extrait	m^3/h	110
Débit insufflé	m^3/h	110
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	$m^3/h.m^2$	0,6
Part convective émetteur	-	0,5

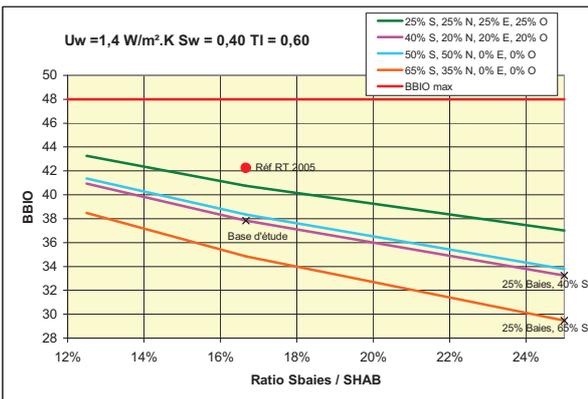
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,8 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	$W/m^2.an$	1,8	1,8	1,8	1,8
Sw	-	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	17,05	15,87	14,60	12,51
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,59	3,53
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-1,23		1,84	3,98
Baies vitrées	m^2	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m^2			7,52	7,52
Surcoût baies	$€/m^2.SHORT$			8,35	8,35
Surcoût murs	$€/m^2.SHORT$			-4,17	-4,17
Surcoût construction	$€/m^2.SHORT$			4,19	4,19



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,6 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	$W/m^2.an$	1,8	1,6	1,6	1,6
Sw	-	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	17,05	14,83	13,04	10,96
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,59	3,53
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-2,27		2,36	4,49
Baies vitrées	m^2	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m^2			7,52	7,52
Surcoût baies	$€/m^2.SHORT$			8,35	8,35
Surcoût murs	$€/m^2.SHORT$			-4,17	-4,17
Surcoût construction	$€/m^2.SHORT$			4,19	4,19



		Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,4 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
Uw	$W/m^2.an$	1,8	1,4	1,4	1,4
Sw	-	0,4	0,40	0,40	0,40
TI	-	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	17,05	14,90	13,15	11,31
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,59	3,53
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-2,20		2,32	4,21
Baies vitrées	m^2	15,04	15,04	22,56	22,56
Δ Baies	m^2			7,52	7,52
Surcoût baies	$€/m^2.SHORT$			8,35	8,35
Surcoût murs	$€/m^2.SHORT$			-4,17	-4,17
Surcoût construction	$€/m^2.SHORT$			4,19	4,19

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord

- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UN LOGEMENT COLLECTIF _ H1b

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (U_w variant de 1,8 à 1,4 $W/m^2.K$) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

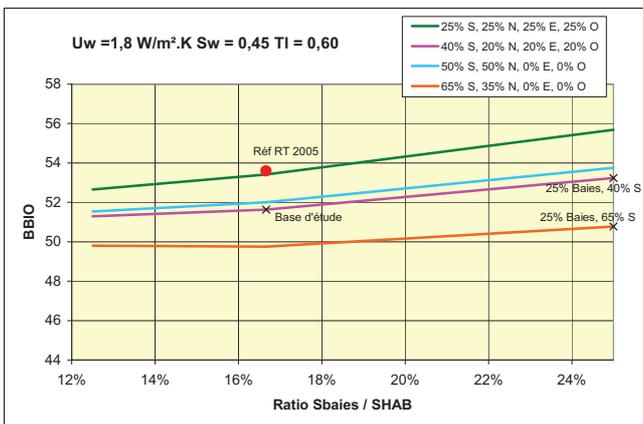
Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m^2	840
SHORT	m^2	960
Nb niveaux	-	5
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

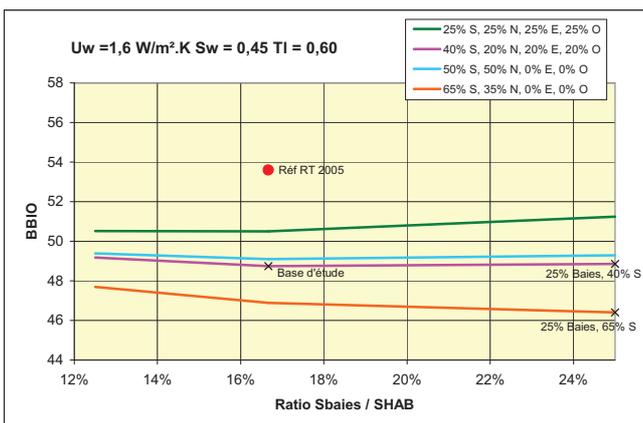
Uplancher	$W/m^2.K$	0,25
Psi plancher	$W/m.K$	0,2
Umur	$W/m^2.K$	0,3
Psi inter	$W/m.K$	0,2
Psi referend	$W/m.K$	0,3
Uplafond	$W/m^2.K$	0,2

Débit extrait	m^3/h	1040
Débit insufflé	m^3/h	1040
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	$m^3/h.m^2$	1
Part convective émetteur	-	0,5

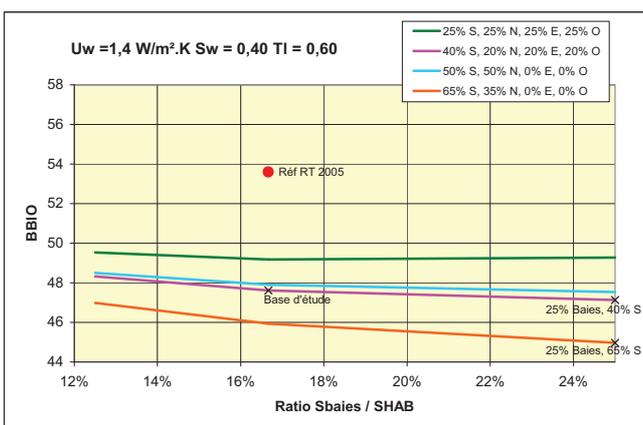
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,8 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,8	1,8	1,8	1,8
S_w	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	22,47	21,54	22,89
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,46	4,41	3,84
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-0,98	-0,78	0,45
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,6 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,6	1,6	1,6	1,6
S_w	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	22,47	20,10	20,70
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,46	4,41	3,84
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-2,42	-0,03	1,19
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,4 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,4	1,4	1,4	1,4
S_w	-	0,4	0,40	0,40
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/6	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	22,47	19,53	19,84
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,46	4,41	3,84
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-2,99	0,26	1,34
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	2,12

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord
- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UN LOGEMENT COLLECTIF _ H2b

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (U_w variant de 1,8 à 1,4 $W/m^2.K$) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

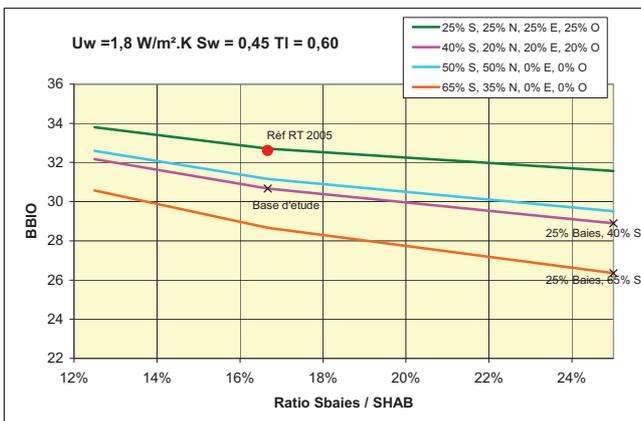
Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m^2	840
SHORT	m^2	960
Nb niveaux	-	5
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

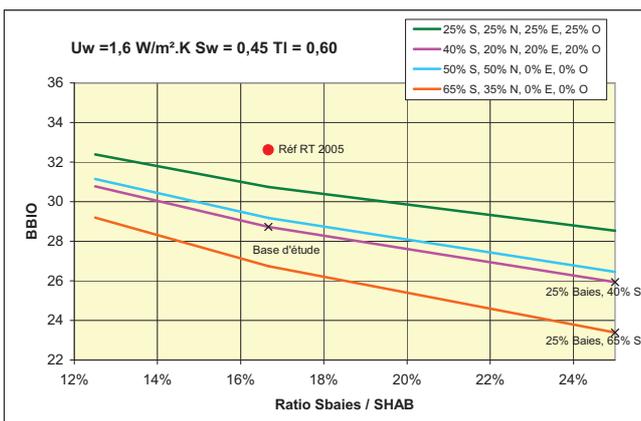
Uplancher	$W/m^2.K$	0,25
Psi plancher	$W/m.K$	0,2
Umur	$W/m^2.K$	0,3
Psi inter	$W/m.K$	0,2
Psi refend	$W/m.K$	0,3
Uplafond	$W/m^2.K$	0,2

Débit extrait	m^3/h	1040
Débit insufflé	m^3/h	1040
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	$m^3/h.m^2$	1
Part convective émetteur	-	0,5

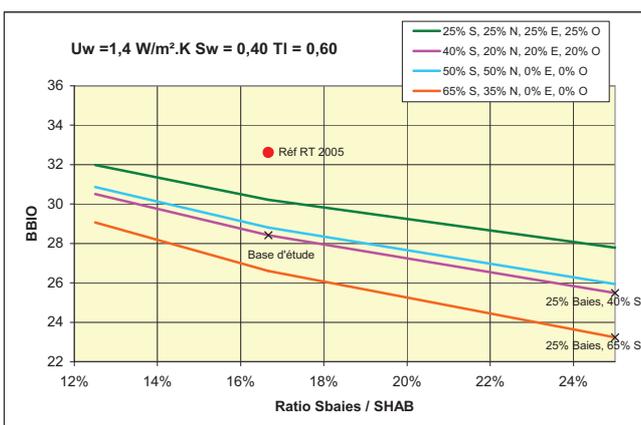
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,8 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,8	1,8	1,8	1,8
Sw	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	12,23	11,31	11,00
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,56
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-0,97	0,90	2,18
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2			70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$			6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$			-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$			2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,6 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,6	1,6	1,6	1,6
Sw	0,4	0,45	0,45	0,45
TI	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	12,23	10,34	9,52
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,56
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-1,94	1,41	2,69
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2			70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$			6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$			-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$			2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,4 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,4	1,4	1,4	1,4
Sw	0,4	0,40	0,40	0,40
TI	0,56	0,6	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	1/6	1/6	1/4	1/4
Répartition	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWhep/m^2.SHORT.an$	12,23	10,18	9,29
Bécl	$kWhep/m^2.SHORT.an$	4,21	4,15	3,56
Gain besoin	$kWhep/m^2.SHORT.an$	-2,10	1,48	2,61
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2			70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$			6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$			-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$			2,12

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude un ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord

- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

INFLUENCE DES CARACTERISTIQUES DE BAIES VITREES D'UN LOGEMENT COLLECTIF _ H2d

Objectif Comparer l'évolution du BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différents types de vitrage (U_w variant de 1,8 à 1,4 $W/m^2.K$) et pour différentes orientations (25% N, S, E, O ; 40% S, 20% N, E, O ; 50% N, S ; 65% S, 35% N)

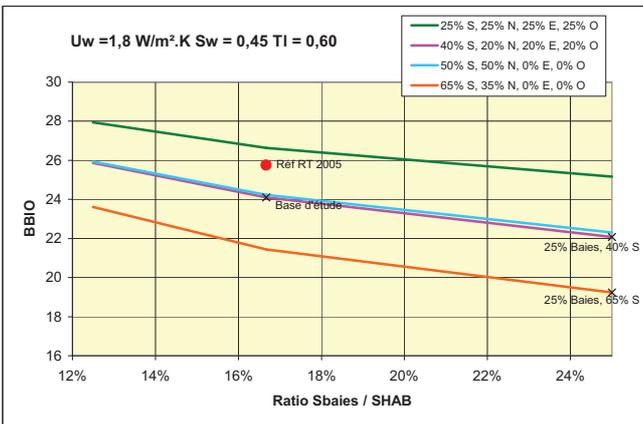
Rappels sur le bâtiment étudié

SHAB	m^2	840
SHORT	m^2	960
Nb niveaux	-	5
Coef forme	-	4
Inertie	-	Moyenne

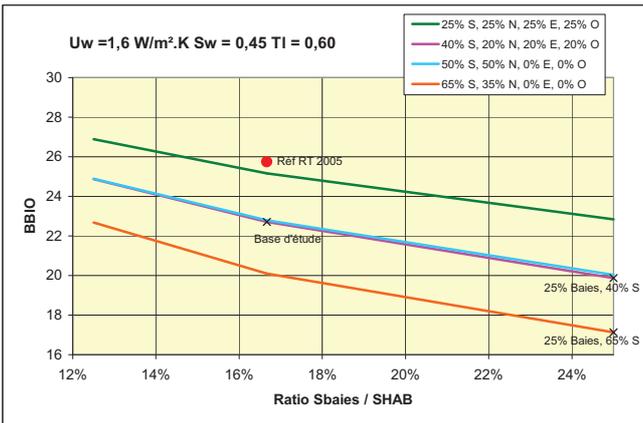
Uplancher	$W/m^2.K$	0,25
Psi plancher	$W/m.K$	0,2
Umur	$W/m^2.K$	0,3
Psi inter	$W/m.K$	0,2
Psi refend	$W/m.K$	0,3
Uplafond	$W/m^2.K$	0,2

Débit extrait	m^3/h	1040
Débit insufflé	m^3/h	1040
Rendement échangeur	-	0,5
Perméabilité sous 4 Pa	$m^3/h.m^2$	1
Part convective émetteur	-	0,5

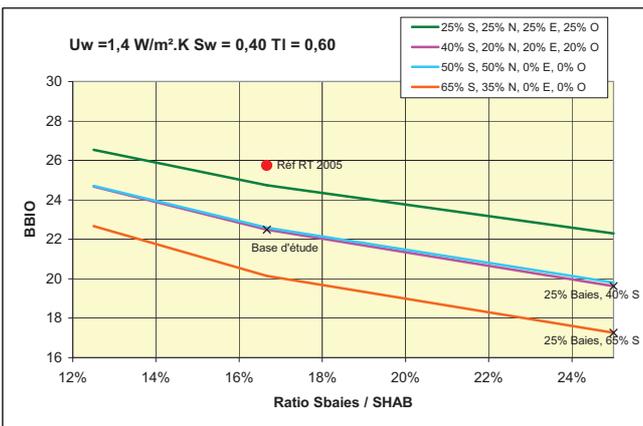
Résultats de BBIO en fonction du ratio Sbaies / SHAB pour différentes orientations des baies :



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,8 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,8	1,8	1,8	1,8
Sw	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWh/m^2.SHORT.an$	8,75	7,98	7,51
Bécl	$kWh/m^2.SHORT.an$	4,26	4,21	3,64
Gain besoin	$kWh/m^2.SHORT.an$	-0,82	1,04	2,46
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	2,12	2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,6 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,8	1,6	1,6	1,6
Sw	-	0,4	0,45	0,45
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWh/m^2.SHORT.an$	8,75	7,28	6,41
Bécl	$kWh/m^2.SHORT.an$	4,26	4,21	3,64
Gain besoin	$kWh/m^2.SHORT.an$	-1,52	1,44	2,81
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	2,12	2,12



	Baie Réf RT 2005 1/6 Baies 40% Sud	Base étude 1/6 Baies 40% Sud $U_w=1,4 W/m^2.K$	25% Baies 40% Sud	25% Baies 65% Sud
U_w	1,8	1,4	1,4	1,4
Sw	-	0,4	0,40	0,40
TI	-	0,56	0,6	0,6
Ratio Sv/SHAB	-	1/6	1/4	1/4
Répartition	-	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	40% S, 20% N, 20% E, 20% O	65% S, 35% N, 0% E, 0% O
Bch	$kWh/m^2.SHORT.an$	8,75	7,17	6,29
Bécl	$kWh/m^2.SHORT.an$	4,26	4,21	3,64
Gain besoin	$kWh/m^2.SHORT.an$	-1,63	1,45	2,63
Baies vitrées	m^2	140	140	210
Δ Baies	m^2	-	-	70
Surcoût baies	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	6,28
Surcoût murs	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	-	-4,17
Surcoût construction	$\text{€}/m^2.SHORT$	-	2,12	2,12

LEGENDE

- Pour chaque graphique, on considère comme base d'étude / ratio de baies vitrées de 1/6 réparti à 40% au Sud, 20% au Nord, 20% à l'Est et 20% à l'Ouest. A partir de cette base, on calcule les variations de besoin énergétique et de coût pour trois cas : la baie de référence de la RT 2005, avec le même ratio et la même répartition par orientation que la base d'étude, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et la même répartition d'orientation que la base d'étude, et enfin, la même baie que la base d'étude, avec un ratio de 25% et une répartition d'orientation 65% Sud et 35% Nord

- Les coûts indiqués sont les coûts d'achat des constructeurs

7. Conclusion

En fixant le niveau de consommation d'énergie à un maximum de 50 kWhep/m²/an pour tous les bâtiments, la RT 2012 affiche une ambition élevée.

Par rapport à la RT 2005, une fois appliqués les différents coefficients de modulation, les nouvelles constructions devront faire 3 à 5 fois mieux et réduire drastiquement tous les postes consommateurs d'énergie.

L'étude montre tout l'intérêt de réduire les deux postes consommateurs d'énergie que sont le chauffage et l'éclairage en bénéficiant au maximum des apports solaires.

En augmentant la surface d'une paroi vitrée, on améliore ses performances en thermique d'hiver (U_w , S_w , TL_w) tout en diminuant son coût relatif : passer d'une fenêtre de 1,44 m² à une porte-fenêtre de 2,25 m², c'est augmenter la surface de 56 % et abaisser le prix au m² de la paroi vitrée de 14 %.

Ces performances peuvent être encore améliorées par l'utilisation des protections mobiles : amélioration de l'isolation en hiver et contrôle des apports solaires en été.

Les différents cas étudiés montrent que le ratio 1/6 de baies vitrées / surface habitable peut être retenu comme le minimum réglementaire pour réduire les besoins d'énergie (BBio) des bâtiments résidentiels même en zone froide.

Dès qu'il est fait appel à des fenêtres de meilleures performances que celles retenues pour la référence de la RT 2005 et dès que les surface vitrées augmentent (jusqu'à 25 %), les gains obtenus au niveau du BBio sont significatifs (de 4 à 10 points BBio, soit 2 à 5 kWhep/m²). Les besoins en éclairage artificiel sont réduits de près de 15%.

Lorsque le couple orientation/performances des baies est optimisé les gains générés sont encore plus élevés et permettent d'atteindre 30 % de surface vitrées.

Deux années vont s'écouler avant l'application de la RT 2012 pour les bâtiments résidentiels. Elles seront mises à profit par les industriels pour accroître la performance et communiquer sur les caractéristiques énergétiques de leurs offres. Elles seront mises à profit également par les concepteurs pour maîtriser le gisement d'économies d'énergie généré par les surfaces vitrées.

17 % de la surface habitable pour les parois vitrées est donc bien un minimum utile à retenir pour la RT 2012.

En plus de la performance énergétique, cette surface minimum des parois vitrées garantira la construction de bâtiments résidentiels lumineux, donc confortables et agréables à vivre.

ANNEXE 1

Méthode des plans d'expérience

La méthode se décompose en plusieurs étapes :

- choisir un polynôme représentant le modèle : dans notre cas, on choisit un polynôme du second degré liant les paramètres SN (Surface baies au nord), SS, SE (=SO), Uw, Sw, TI pour le calcul du BBio, ou liant les paramètres SN, SS, SE et TI pour le calcul du BBio éclairage (les paramètres Uw et Sw n'ayant aucun impact sur ce dernier) :

$$\begin{aligned}
 \text{BBio} = & a_0 + a_1 \cdot \text{SN} + a_2 \cdot \text{SS} + a_3 \cdot \text{SE} + a_4 \cdot \text{Sw} + a_5 \cdot \text{TI} + a_6 \cdot \text{Uw} + \\
 & a_7 \cdot \text{SN} \cdot \text{SS} + a_8 \cdot \text{SN} \cdot \text{SE} + a_9 \cdot \text{SN} \cdot \text{Sw} + a_{10} \cdot \text{SN} \cdot \text{TI} + a_{11} \cdot \text{SN} \cdot \text{Uw} + \\
 & a_{12} \cdot \text{SS} \cdot \text{SE} + a_{13} \cdot \text{SS} \cdot \text{Sw} + a_{14} \cdot \text{SS} \cdot \text{TI} + a_{15} \cdot \text{SS} \cdot \text{Uw} + \\
 & a_{16} \cdot \text{SE} \cdot \text{Sw} + a_{17} \cdot \text{SE} \cdot \text{TI} + a_{18} \cdot \text{SE} \cdot \text{Uw} + \\
 & a_{19} \cdot \text{Sw} \cdot \text{TI} + a_{20} \cdot \text{Sw} \cdot \text{Uw} + \\
 & a_{21} \cdot \text{TI} \cdot \text{Uw} + \\
 & a_{22} \cdot \text{SN}^2 + a_{23} \cdot \text{SS}^2 + a_{24} \cdot \text{SE}^2 + a_{25} \cdot \text{Sw}^2 + a_{26} \cdot \text{TI}^2 + a_{27} \cdot \text{Uw}^2
 \end{aligned}$$

- par un plan d'expériences, sélectionner les simulations à faire : choisir les couples (SN, SS, SE, Sw, TI, Uw) ou (SN, SS, SE, TI) représentatifs et en déduire un vecteur de réponse Y et une matrice des essais M
- par un calcul matriciel, déterminer les coefficients du polynôme :

$$A = (M^t \cdot M)^{-1} \cdot M^t \cdot Y$$
- utiliser le polynôme pour un couple (SN, SS, SE, Sw, TI, Uw) ou (SN, SS, SE, TI) quelconque