

Etude sur l'évolution des prestations  
thermiques des bâtiments avec la RT 2012

Collectif Isolons la Terre contre le CO<sub>2</sub>  
**Rapport**

Direction	Nathalie TCHANG	Date	02/11/2015
Chef de projet	-	Référence rapport	ET15-111
		N°version	1
Chargés d'études	Nicolas DESMARS	Phase	-
Diffusion	CILT		

**Membre fondateur de**



**Qualification**



**Membre des réseaux**



# Suivi des Indices

Nom du document	Date du document	Numéro d'indice	Modifications apportées
<b>TE-151102-NDNT-15-111-Rapport complet- Evolution prestations RT2012-Version finale</b>	02 novembre 2015	1	/

# SOMMAIRE

1	Préambule.....	5
1.1	Contexte et objectifs de l'étude.....	5
1.2	Contenu de l'étude .....	9
1.3	Méthodologie.....	9
1.3.1	Questionnaire et interviews.....	9
1.3.2	Extractions de fichiers RT 2012.....	9
1.3.3	Simulations thermiques .....	9
2	Synthèse et propositions .....	10
2.1	LES ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE .....	10
2.2	PROPOSITIONS .....	11
2.3	Méthode de calcul du Bbio max et étendue des valeurs selon modulation (bâtiments de logements)...	12
3	Enseignements de l'étude de l'observatoire BBC.....	14
4	Résultats des investigations, interviews et questionnaires .....	15
4.1	Profil du panel interrogé.....	15
4.2	Indicateurs et niveaux d'exigence de la RT 2012.....	17
4.3	Evolution des niveaux de prestation d'enveloppe en RT 2012.....	19
5	Illustration.....	20
6	Simulations RT 2012 sur 4 bâtiments de logements.....	22
6.1	Maison plain-pied 100 m <sup>2</sup> .....	22
6.1.1	Description du bâtiment .....	22
6.1.2	Résultats des simulations – zone climatique H1a.....	24
6.1.3	Résultats des simulations – zone climatique H2b.....	25
6.2	Maison avec combles aménagés 122 m <sup>2</sup> .....	26
6.2.1	Description du bâtiment .....	26
6.2.2	Résultats des simulations – zone climatique H1a.....	29
6.2.3	Résultats des simulations – zone climatique H2b.....	30
6.3	Maisons individuelles : influence du système constructif sur les épaisseurs d'isolant .....	31
6.4	Immeuble de logements collectifs R+5.....	32
6.4.1	Description du bâtiment .....	32
6.4.2	Résultats des simulations – zone climatique H1a.....	34
6.4.3	Résultats des simulations – zone climatique H2b.....	35
6.5	Immeuble de logements collectifs R+4/R+5 .....	36

6.5.1	Description du bâtiment .....	36
6.5.2	Résultats des simulations – zone climatique H1a .....	38
6.5.3	Résultats des simulations – zone climatique H2b.....	39
7	Influence de la compacité .....	40
7.1	Description des simulations sur le bâtiment modulaire .....	40
7.2	Résultats des simulations.....	41
7.3	Analyse des résultats .....	42
7.4	Cas des maisons individuelles .....	43
8	Propositions .....	44
8.1	PROPOSITIONS .....	44
8.2	PROPOSITION : introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max .....	45
8.3	PROPOSITION : renforcement du Bbio max à un niveau de 50 points .....	47
8.4	PROPOSITION : renforcement du Bbio max à un niveau de 50 points et introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max.....	49
9	Annexe : Etude de l'observatoire BBC .....	51

# 1 Préambule

## 1.1 Contexte et objectifs de l'étude

La loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement (n°2009-967 du 3 août 2009 dite loi « Grenelle 1 ») a fixé des objectifs pour les bâtiments neufs :

- généraliser les « bâtiments basse consommation » à l'horizon 2012 et les « bâtiments à énergie positive » à l'horizon 2020 ;
- réduire les consommations d'énergie du parc des bâtiments existants d'au moins 38% d'ici à 2020 ;
- accompagner et mobiliser les professionnels du secteur pour relever les défis qui se présentent en termes de recrutement, de formation, de qualification et de développement des filières industrielles.

L'Office Parlementaire des Choix Scientifiques et Techniques du Parlement Français a déclaré en 2014 que « le label de la Maison passive (Passivhaus) s'impose comme un standard de référence en Europe. [...] Il pourrait être dès lors prudent de reconnaître ce label comme une modalité de la réglementation thermique française : le passif s'impose comme le standard de demain ». Cette orientation de l'Office Parlementaire milite pour un net renforcement de la performance de l'enveloppe des bâtiments neufs par rapport à la RT2012, comme le montre les prestations techniques des bâtiments labellisés Passiv Haus.

Cela rejoint les orientations fixées à l'échelle européenne par la directive sur la performance énergétique des bâtiments 2010/31/UE qui demande que, d'ici 2020, les Etats Membres généralisent la construction de « bâtiments dont la consommation d'énergie est quasi nulle » dits « nZEB ».

Définition du nZEB selon la directive :

« Un bâtiment qui a des performances énergétiques très élevées [...]. La quantité quasi nulle ou très basse d'énergie requise devrait être couverte dans une très large mesure par de l'énergie produite à partir de sources renouvelables, notamment l'énergie produite à partir de sources renouvelables sur place ou à proximité. »

De plus, la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) impose de définir l'exemplarité énergétique et environnementale ainsi que le bâtiment à énergie positive.

La notion de bâtiment à énergie positive devrait reposer sur :

**Besoins en énergie des bâtiments** = c'est la quantité d'énergie pure (sans tenir compte des équipements et de la production/distribution de l'énergie) nécessaire pour assurer le confort thermique en hiver et en été dans un bâtiment.

Cela se traduit par :

- le calcul en hiver des déperditions de chaleur du bâtiment – les apports solaires – les apports internes liés à l'occupation
- le calcul en été des apports internes +solaires - les déperditions
- l'ensemble pour une température de consigne donnée en hiver et en été

En France, les besoins d'énergie pour éclairage artificiel ont été inclus dans l'exigence réglementaire Bbio max de besoins climatiques permettant ainsi d'avoir un indicateur complet pour la conception du bâti et une exigence associée).

- C'est donc une grandeur physique des besoins annuels selon le climat indépendante de tout contexte énergétique et de tout équipement → l'unité physique est le kWh/m<sup>2</sup>
- Cette grandeur pilote la sobriété énergétique du bâtiment sur l'ensemble de la durée de vie du bâtiment hors de tout choix conjoncturel de technologie d'équipement et de type d'énergie pour les alimenter. On optimise les besoins uniquement par la conception et les choix techniques passifs.
- On est sur l'appellation « nearly zero energy needs, bâtiments passifs »

**La demande en énergie du bâtiment** = c'est la puissance maximale appelée par un bâtiment pour couvrir l'ensemble de tous les besoins instantanés de ce bâtiment. Cela couvre donc tous les usages liés à l'occupation de ce bâtiment (chauffage + ECS + Refroidissement + éclairage + ascenseurs + ventilation + électrodomestique gris et blanc). Pour le chauffage et le refroidissement du bâtiment, cette puissance est calculée ainsi : pertes par déperditions (W/m<sup>2</sup>.K) X l'écart maximal de température entre la consigne intérieure et la température la plus basse extrême externe appelée « température extérieure de base » hors apports internes et solaires.

Il s'agit bien de calculer la demande maximale à un instant T d'un bâtiment → l'unité physique est le kW

- C'est donc bien la puissance qui est la base de détermination des compteurs, abonnements et dimensionne la puissance des équipements. On optimise la demande par la conception, les choix techniques passifs, les choix d'équipements, les choix de pilotage et le choix de l'énergie pour satisfaire cette demande.

- Cette grandeur pilote la demande et la structure de l'approvisionnement en énergie

On est sur l'appellation « nearly zero energy demand ». Il n'y a pas d'équivalent dans les réglementations thermiques des pays. Cette formulation ouverte autorise d'effectuer, compensations à l'instant T sans aucune pérennité sur la durée de vie du bâtiment, sans garantie de confort et d'efficacité pour le particulier, ni bien sûr pour l'engagement des EM.

**La consommation d'énergie des bâtiments = besoins en énergie de chaleur et de froid (+ éclairage) + pertes énergétiques des équipements de chaleur de froid et d'eau chaude sanitaire (fonction des rendements de génération, stockage, distribution, émission, régulation) – production locale de l'énergie + les consommations des auxiliaires (pompes, ventilation, gestion active) + les usages mobiliers ( électrodomestique gris et blanc, ascenseurs, ...).**

- C'est un calcul annuel de la consommation des énergies exprimé en énergies finales utilisées par énergie, ou en énergie primaire soit pour le bâtiment en kWh/an ou kWhep/an ou kWh/m<sup>2</sup>.an
- C'est l'équivalent du Cep et Cep max en France de 50 kWhep/m<sup>2</sup>.an
- C'est un calcul différent de la puissance appelée
- On est sur l'appellation "nearly zero energy consumption building"

L'appellation nearly zero energy building, décrite dans la directive est comprise par les acteurs de différentes façons explicitées ci-dessus selon les intérêts. L'enjeu est de combiner la sobriété + la faible demande + la faible consommation + la production par les EnR.

**L'appellation qui devrait être proposée et défendue nearly zero needs, demand and consumption energy building.**

L'article 4 II de la LTECV: introduit la notion d'énergie positive et de haute performance environnementale pour les bâtiments publics.

« Toutes les nouvelles constructions sous maîtrise d'ouvrage de l'État, de ses établissements publics ou des collectivités territoriales font preuve d'exemplarité énergétique et environnementale et sont, chaque fois que possible, à énergie positive et à haute performance environnementale. [...] Un décret en Conseil d'État définit les

exigences auxquelles doit satisfaire un bâtiment à énergie positive, d'une part, et un bâtiment à haute performance environnementale, d'autre part. »

L'article L111-9 alinéa 2 du CCH relatif à la prise en compte des GES est modifié par l'article 5 III de la LTECV:

« Un décret en Conseil d'Etat détermine (...) à partir de 2018, pour les constructions nouvelles, le niveau d'émissions de gaz à effet de serre pris en considération dans la définition de leur performance énergétique et une méthode de calcul de ces émissions sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment adaptée à ces constructions nouvelles ».

Des détracteurs de la RT2012 s'élèvent contre le niveau insuffisant exigé par la réglementation actuelle au regard de l'enveloppe du bâtiment à travers le coefficient Bbio max et souhaiteraient s'orienter vers un tel label pour aller au-delà. Cependant, 5 ans après la publication des textes de la RT2012 et près de 3 ans après leur entrée en vigueur, et contrairement aux précédentes réglementations, aucun label réglementé n'a été défini, laissant les professionnels proactifs dans l'expectative.

L'ensemble des acteurs de la filière s'accorde pour dire que la RT 2012 a suscité une formidable émulation au regard des innovations technologiques. Malheureusement, de nombreuses réalisations rencontrent des dysfonctionnements, en particulier sur les équipements de valorisation des ENR (conception ; réalisation ; maintenance).

A l'inverse, les risques sur l'enveloppe sont beaucoup moins nombreux et le renforcement du niveau Bbio est durable pour la vie du bâtiment.

Au niveau de l'enveloppe, les industriels ont réalisé des progrès stupéfiants pour répondre à un niveau d'exigence toujours plus important :

Briques : briques isolantes avec des résistances thermiques pouvant aller jusqu'à  $R = 1.32 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  pour une épaisseur de 20 cm, pour un bloc courant.

Bloc béton : blocs bétons isolants avec des résistances thermiques pouvant aller jusqu'à  $R = 1.44 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  pour une épaisseur de 20 cm pour un bloc courant.

Béton : amélioration des caractéristiques du béton classique et du béton isolant, développement des rupteurs de ponts thermiques pour une isolation par l'intérieur et développement de l'isolation par l'extérieur.

Développement de la façade légère métallique ou bois intégrant des isolants dans le plan des structures.

Isolation de l'enveloppe du bâtiment : amélioration des performances thermiques des isolants et des baies.

Ventilation : développement des ventilations double-flux et double-flux hygroréglable.

Gestion active : automatisation des protections solaires.

Perméabilité à l'air : membranes étanches à l'air et amélioration de la mise en œuvre pendant la construction.

L'objectif est ici d'étudier l'évolution des prestations mises en place dans les bâtiments de logements (maisons et immeubles collectifs) soumis à la RT 2012. En effet, il apparaît que pour bon nombre de bâtiments (ayant certaines caractéristiques spécifiques qui seront détaillées et explicitées dans ce rapport), la performance d'enveloppe d'un bâtiment soumis à la RT 2012 est inférieure à celle d'un bâtiment identique respectant un niveau BBC 2005. Les objectifs de performance énergétique globale sont pourtant similaires (consommation en énergie primaire maximale Cep max de  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{an})$  modulée à respecter).

Cela provient du fait le label BBC 2005 nécessitait le respect d'un niveau d'enveloppe équivalent à celui d'un Bbio max d'environ 50 points. Or, en RT 2012, le Bbio max est fixé à 60 points. Cette exigence réglementaire sur le Bbio

max s'avère facilement atteignable dans la majorité des cas de figure, pour des bâtiments dont tout ou partie de l'enveloppe n'est que peu isolée au regard des anciennes exigences de la RT 2005, car la compensation est facile pour des bâtiments bien orientés et compacts.

L'indicateur de Bbio ainsi que son mode de calcul ont fait leurs preuves et sont effectivement bien plus pertinents qu'un simple indicateur de Up ou de Ubat pour caractériser l'efficacité énergétique intrinsèque de l'enveloppe d'un bâtiment. De plus, son obligation de calcul avant PC pousse à prendre en compte la conception bioclimatique et technique de l'enveloppe avant le dépôt d'une demande de PC.

Les tendances de retour en arrière sur les performances de l'enveloppe actuellement constatées ne sont donc pas dues au choix de l'indicateur ou à sa méthode de calcul, mais bien au niveau seuil de Bbio max à respecter. L'ensemble de l'amélioration énergétique du bâtiment est portée par les équipements et les ENR, sans réduction de besoin en énergie. L'objectif de la réglementation de renforcement conjoint équitable entre la performance de l'enveloppe et la performance des équipements n'est alors pas atteint.



## 1.2 Contenu de l'étude

Fort de son retour d'expérience sur ce sujet, TRIBU ENERGIE a étudié cette problématique au travers :

- d'une investigation et d'interviews auprès de professionnels du secteur (bureaux d'études thermiques, entreprises de construction et industriels) ;
- de l'analyse d'une étude de l'observatoire BBC à ce sujet et d'un échantillon de fichiers de saisie RT 2012 issus de dossiers de permis de construire ;
- de simulations à l'aide de logiciels thermiques sur 2 typologies de maisons individuelles et d'immeubles collectifs, ainsi que sur un immeuble modulaire.

L'ensemble des éléments récoltés a permis d'identifier les paramètres rendant le respect du Bbio max trop aisé, et de proposer des solutions pour éviter ce phénomène.

## 1.3 Méthodologie

### 1.3.1 Questionnaire et interviews

Afin de recueillir le retour d'expérience des professionnels du secteur, TRIBU ENERGIE a sondé et interviewé un panel de bureaux d'études thermiques et d'entreprises de construction. Des données complémentaires ont été récoltées auprès des industriels.

### 1.3.2 Extractions de fichiers RT 2012

Dans le but de compléter cette analyse, une base de données de 30 fichiers xml d'opérations RT 2012 a été montée. L'analyse des hypothèses de saisie et des résultats de Bbio et de Cep sur des typologies de bâtiments très variées permettra de compléter les simulations précédentes et de confirmer ou non les fait saillants qui en découlent.

### 1.3.3 Simulations thermiques

**Les logiciels de calculs thermiques utilisés pour les calculs sont :**

- U22WIN version 5.0.59 de Perrenoud utilisant le moteur de calculs TH-BCE 2012 version 7.1.0.0 développé par le CSTB.

- Climawin version 4.3.2.3 de BBS Slama utilisant le moteur utilisant le moteur de calculs TH-BCE 2012 version 7.1.0.0 développé par le CSTB.

Deux typologies de bâtiment sont étudiés (deux maisons individuelles et deux immeubles collectifs). Des simulations sont réalisées sur ces bâtiments en faisant varier les performances thermiques d'enveloppe (murs, plancher bas, toiture, fenêtres, perméabilité à l'air) afin de constater les impacts engendrés sur le Bbio et le Cep, et ce pour plusieurs types d'énergie et zones climatiques.

De plus, un bâtiment modulaire est simulé afin d'étudier l'influence de la compacité sur la performance des bâtiments en RT 2012.

## 2 Synthèse et propositions

### 2.1 LES ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE

#### Le niveau du Bbio max

- L'introduction du coefficient Bbio dans la RT 2012 permet de valoriser la conception bioclimatique des bâtiments en valorisant des paramètres comme les apports solaires, la compacité ou encore les apports en éclairage naturel.
- Le Bbio max peut prendre des valeurs extrêmement éloignées du Bbio max moyen de 60 points avec les différentes modulations existantes (voir §2.6).
- Le calage du niveau Bbio max a été réalisé sur un panel important de maisons et immeubles collectifs en 2010. Cet indicateur étant nouveau, les pouvoirs publics avaient décidé de fixer le niveau d'exigence de manière souple pour éviter que certaines typologies architecturales soient pénalisées. Comme l'illustre ce rapport, les retours d'expérience sont désormais nombreux et permettent un calage plus fin de l'exigence.
- Le niveau seuil de Bbio max de la RT 2012, avec sa valeur de 60 points modulée, est très facilement atteignable avec un gain de 20% dans la majorité des configurations avec des pratiques de construction éprouvées et correctes, ainsi qu'un surcoût négligeable par rapport à la RT 2005.
- En immeubles collectifs pour tous les systèmes autres qu'à effet joule direct, le Cep max de la RT 2012 est facilement respecté avec des niveaux d'isolation d'enveloppe très inférieurs à ceux du label BBC 2005, voire même à ceux de la RT 2005 pour les immeubles les plus compacts.
- Le fait d'avoir une exigence Bbio max moyen à 60 points au lieu de 50 incite à la dégradation des performances thermiques d'enveloppe des bâtiments neufs et amène un renforcement du phénomène de compensation par les systèmes et équipements plutôt que par l'enveloppe des bâtiments.
- Les labels énergétiques volontaires (EFFINERGIE + et BEPOS EFFINERGIE) permettent de concevoir des bâtiments avec de meilleurs niveaux d'enveloppe, mais les démarches de labélisation sont peu nombreuses car non encadrées par les textes réglementaires officiels cela impliquant un surcoût financier sans aides à la clef.

#### L'effet de la compacité

- Le respect du Bbio max et du Cep max se fait sans difficultés pour les bâtiments ayant un bon facteur de compacité, et pour les bâtiments les plus compacts, on retrouve des prestations d'enveloppe avec des résistances thermiques R inférieures à 2 (m<sup>2</sup>.K)/W. Soit nettement moins qu'en RT 2005.
- La modification du calcul du Bbio max par l'introduction d'un coefficient de modulation de la compacité permettrait de corriger cette trop grande souplesse quant au niveau d'isolation de bâtiments de logements collectifs très compacts.
- La mise en place d'un tel coefficient permettrait de surcroît de réaliser des économies d'énergies à faible coût sur les bâtiments concernés en augmentant leur niveau d'isolation à un niveau au moins égal à celui d'un bâtiment BBC 2005. Ces niveaux correspondent aux cœurs de gammes actuels des fabricants.

## 2.2 PROPOSITIONS

Afin d'apporter des solutions aux problématiques énoncées dans cette étude, trois propositions sont présentées. Ces propositions sont détaillées dans les pages suivantes.

### - Introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max

En logements :  $Bbio\ max = 60 \times Mbcomp \times (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,7	0,6	0,5	0,4

**Avantage** : facilement adaptable à la RT 2012

**Inconvénients** : pas assez ambitieux pour les futures réglementations (nZEB, BEPOS...), ne concerne qu'une faible part des bâtiments soumis à la RT 2012

### - Renforcement du Bbio max du niveau de 60 points à un niveau de 50 points

En logements :  $Bbio\ max = 50 (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

**Avantages** : existe déjà dans le label Effinergie +, facilement adaptable à la RT 2012, concerne tous les bâtiments soumis à la RT 2012

**Inconvénient** : ne corrige pas l'effet de la compacité pour les bâtiments les plus compacts

### - Introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max et renforcement du Bbio max du niveau de 60 points à un niveau de 50 points

En logements :  $Bbio\ max = 50 \times Mbcomp \times (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,8	0,7	0,6	0,5

**Avantages** : facilement adaptable sur la RT 2012, adapté aux futures réglementations, traite de l'ensemble des bâtiments soumis à la RT 2012 dont les bâtiments collectifs très compacts

## 2.3 Méthode de calcul du Bbio max et étendue des valeurs selon modulation (bâtiments de logements)

Le coefficient Bbio max du bâtiment ou de la partie de bâtiment est déterminé comme suit :

$$\text{Bbiomax} = \text{Bbiomaxmoyen} \times (\text{Mbgéo} + \text{Mbalt} + \text{Mbsurf})$$

Bbio max moyen : valeur moyenne du Bbio max définie par type de bâtiment ou de partie de bâtiment et par catégorie CE1/CE2 ;

	CATÉGORIE CE1	CATÉGORIE CE2
Bbiomaxmoyen	60	80

Mbgéo : coefficient de modulation selon la localisation géographique ;

	H1a	H1b	H1c	H2a	H2b	H2c	H2d	H3
Mbgéo	1,2	1,4	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7

Mbalt : coefficient de modulation selon l'altitude ;

	0 à 400 m	401 à 800 m	801 m et plus
Mbalt	0	0,2	0,4

Mbsurf : 0 pour les logements collectifs, pour les maisons individuelles :

Pour les maisons individuelles ou accolées, le coefficient  $M_{\text{bsurf}}$  de modulation du  $B\text{bio}_{\text{max}}$  selon la surface moyenne prend les valeurs suivantes, avec  $N_L$  représentant le nombre de logements du bâtiment :

$$\text{Si } \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L} \leq 120 \text{ m}^2 : M_{\text{bsurf}} = \frac{30 - 0,25 \times \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L}}{\text{Bbio}_{\text{maxmoyen}}}$$

$$\text{Si } 120 \text{ m}^2 < \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L} \leq 140 \text{ m}^2 : M_{\text{bsurf}} = 0$$

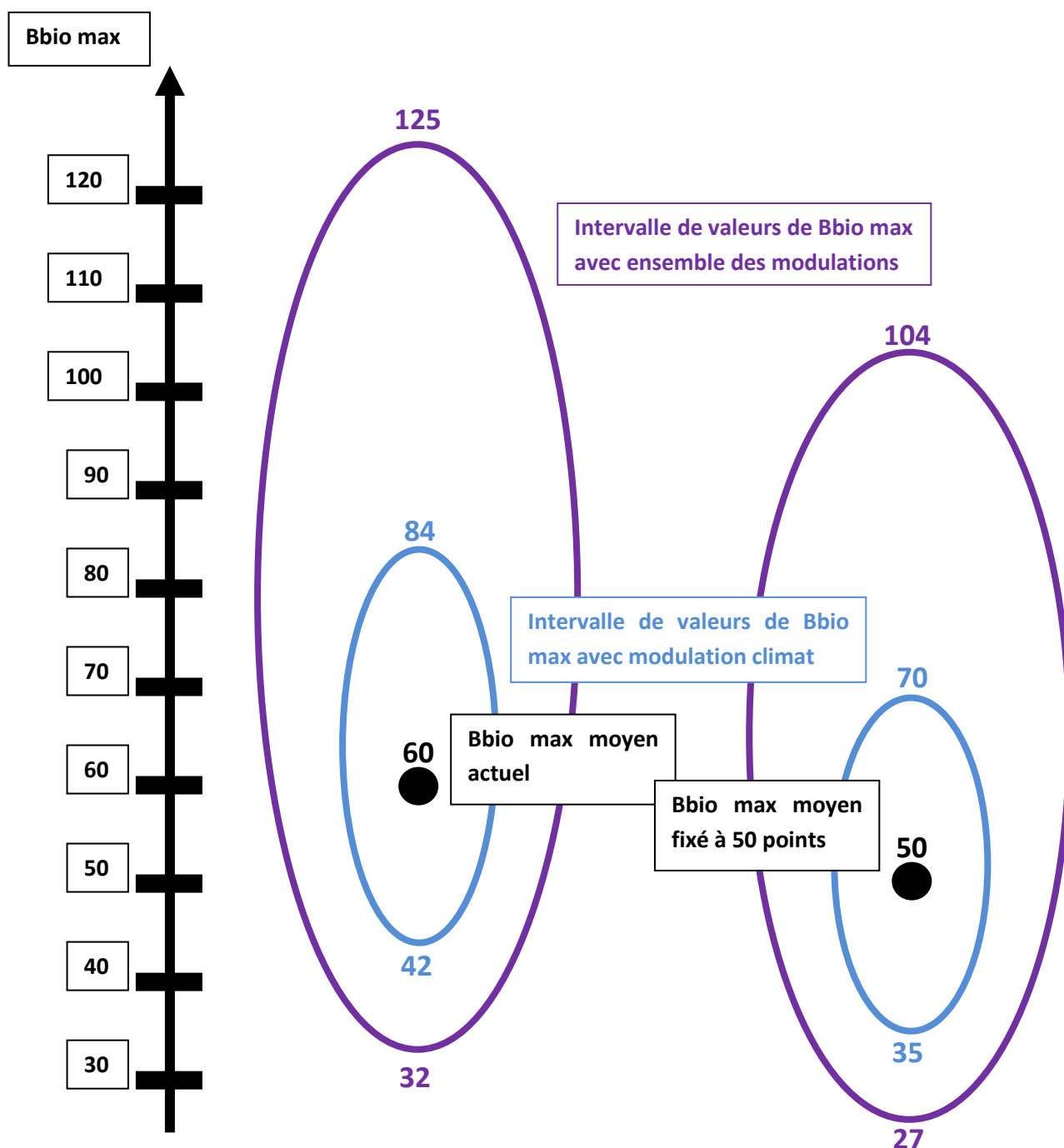
$$\text{Si } 140 \text{ m}^2 < \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L} \leq 200 \text{ m}^2 : M_{\text{bsurf}} = \frac{70 \times \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L} / 6 \times N_L}{\text{Bbio}_{\text{maxmoyen}}}$$

$$\text{Si } \frac{\text{SHON}_{\text{RL}}}{N_L} > 200 \text{ m}^2 : M_{\text{bsurf}} = \frac{10}{\text{Bbio}_{\text{maxmoyen}}}$$

Pour les bâtiments collectifs d'habitation, le coefficient  $M_{\text{bsurf}}$  de modulation du  $B\text{bio}_{\text{max}}$  selon la surface moyenne est pris égal à 0.

Les différentes modulations existantes mènent à de grandes disparités dans les valeurs effectives du Bbio max :

Etendue des valeurs de Bbio max de la RT 2012 en fonction des zones climatiques pour les bâtiments de logements pour le Bbio max moyen actuel de 60 points)			
Zone climatique	Bbio max moyen	Bbio max minimal après modulation	Bbio max maximal après modulation
H1a	72	62	89,5
H1b	84	74	125,5
H1c	72	62	113,5
H2a	66	56	83,5
H2b	60	50	77,5
H2c	54	44	95,5
H2d	48	38	89,5
H3	42	32	83,5



### 3 Enseignements de l'étude de l'observatoire BBC

Une étude a été commandée par TRIBU ENERGIE avec pour objectif de présenter les caractéristiques techniques des différents projets analysés par l'Observatoire BBC. Elle se focalise principalement sur la performance de l'enveloppe des bâtiments et apporte un éclairage sur les modes constructifs, équipements et performances énergétiques des projets référencés.

→ L'intégralité de l'étude de l'observatoire BBC est en annexe du présent rapport

#### LES ENSEIGNEMENTS DE L'ETUDE DE L'OBSERVATOIRE BBC

Cette étude est basée sur des échantillons de tailles différentes. Elle est le résultat d'une photographie à instant donné de la construction des bâtiments, notamment en Effinergie+.

##### Premier enseignement : Le niveau du Bbio max

Les projets BBC-Effinergie sur la période 2011-2012 (par application anticipée de la RT2012) semblent avoir un Bbio moyen proche de l'exigence du label Effinergie+ (Bbio de l'ordre de 55 points). En parallèle, les Maîtres d'Ouvrages, qui s'engagent dans une certification Effinergie+, ont pour objectif d'optimiser la conception bioclimatique du bâtiment et obtiennent un Bbio qui va au-delà de l'exigence du label Effinergie+ (Bbio de l'ordre de 45 points). L'étude met également en évidence une corrélation entre le niveau du Bbio et la compacité du bâtiment en immeubles collectifs.

##### Deuxième enseignement : Vers une dégradation de l'enveloppe?

En maisons individuelles, une analyse des projets BBC-Effinergie, par application anticipée de la RT2012, entre 2012 et 2014, semble mettre en lumière une dégradation du Bbio. En parallèle, les déperditions (Ubat) des projets BBC-Effinergie se sont aussi dégradées sur cette période. Au sein des opérations BBC-Effinergie, nous constatons donc une dégradation du Bbio au fil des années par rapport aux premiers bâtiments labellisés. Cette dégradation s'est amplifiée avec le passage de l'ensemble de la construction à la RT 2012, en particulier en immeuble collectif du fait du report de 2 puis maintenant de 4 ans de l'exigence de Cep max à 50kWhEP/(m<sup>2</sup>.an).

En résidentiel collectif, les résistances des parois des projets Effinergie+ sont plus importantes que celles des projets BBC-Effinergie. Par ailleurs, elles sont proches (en individuel) ou meilleures (collectif) que celles identifiées dans les projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT 2012. Néanmoins, ces projets sont aujourd'hui peu nombreux.

Dans le logement individuel, les projets BBC-Effinergie et BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 (premiers projets RT2012) présentaient des résistances thermiques de parois supérieures à celles identifiées dans les actuels projets courants respectant la RT 2012.

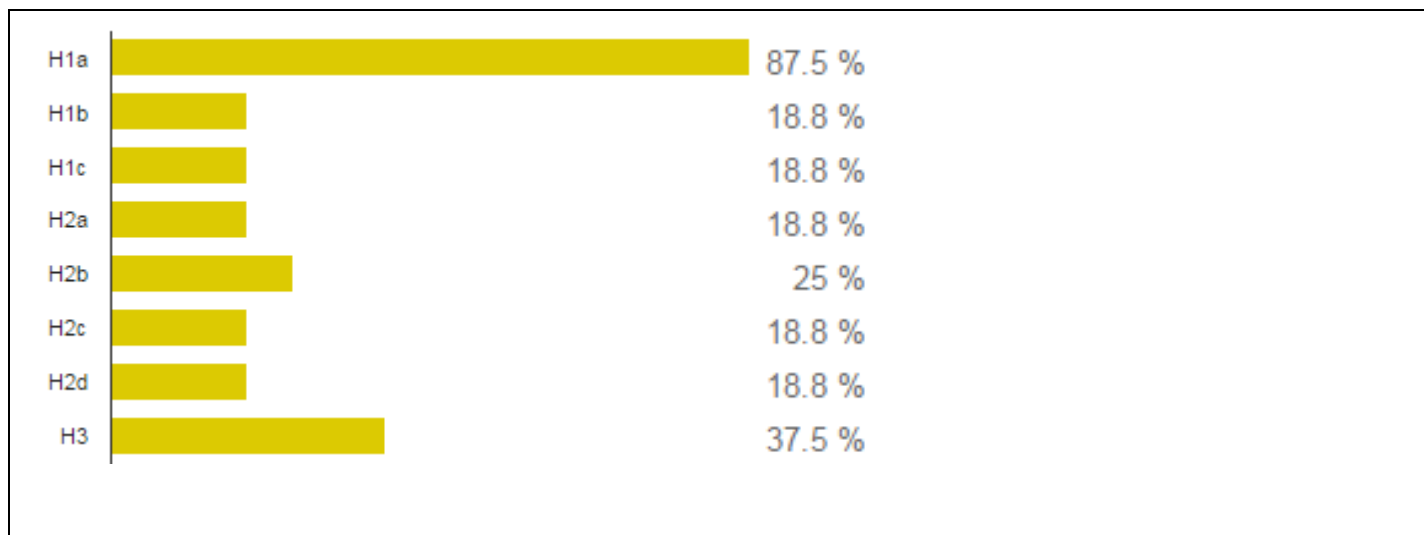
## 4 Résultats des investigations, interviews et questionnaires

### 4.1 Profil du panel interrogé

Afin d'avoir une restitution œcuménique, des bureaux d'études thermiques indépendants et des bureaux d'études thermiques d'entreprise générales ont été interrogés et sondés :

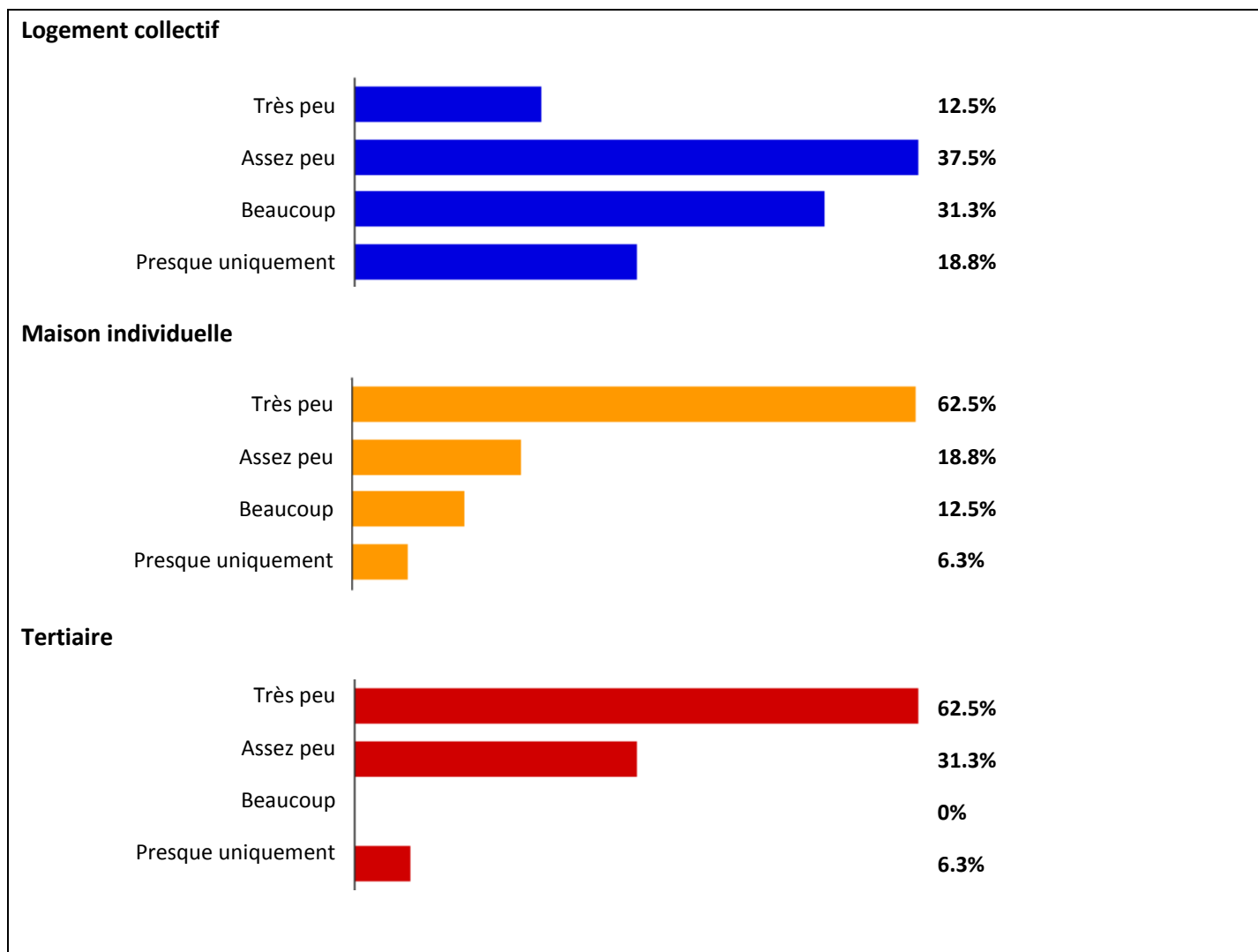
- Acuna consultants
- AET Lorient
- Bouygues Bâtiment Ile-de-France
- Cardonnel Ingénierie
- Eiffage Construction
- IE Conseil
- Pouget Consultants
- Vinci Construction
- SynergiSud

#### Etudes RT 2012 réalisées par zone climatique



Bonne couverture géographique.

## Nombre d'études RT 2012 réalisées par usage de bâtiment

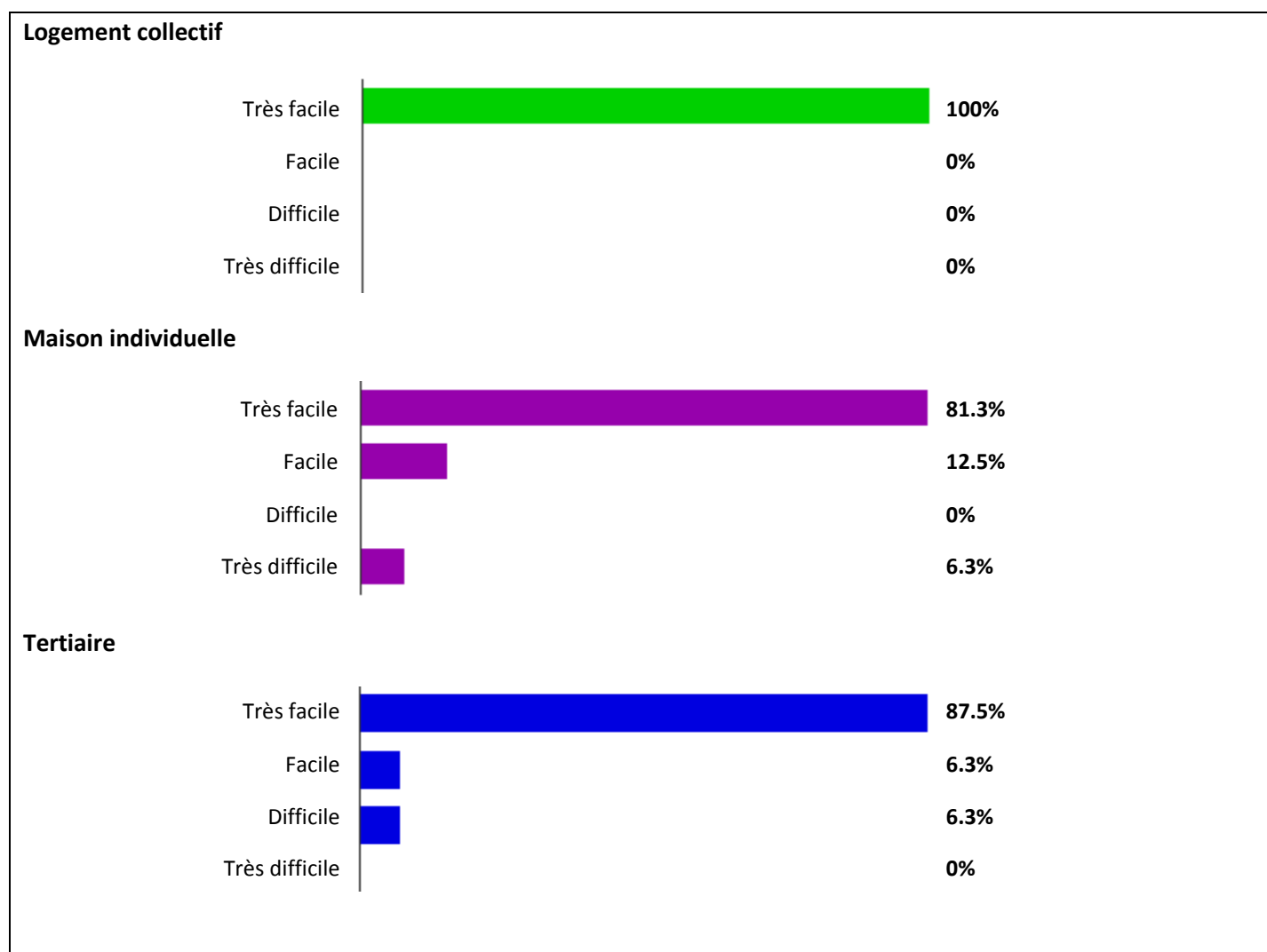


Les BET interrogés travaillent sur tous types de bâtiments, et en majorité sur les bâtiments de logements collectifs.



## 4.2 Indicateurs et niveaux d'exigence de la RT 2012

### Niveau de difficulté de respect du Bbio max

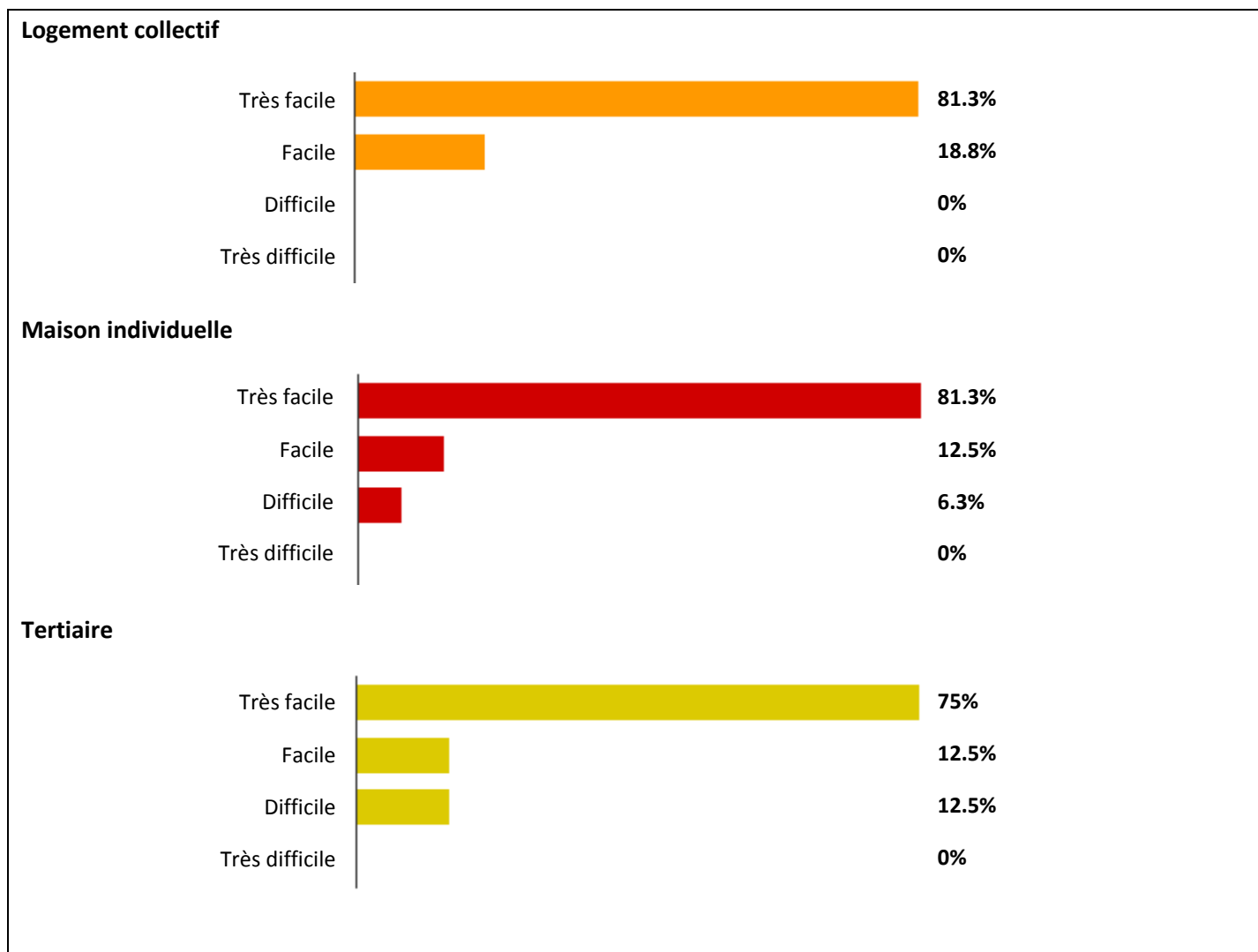


Le niveau du Bbio max est jugé très facile à atteindre pour l'ensemble des usages. Cela est particulièrement vérifié en immeubles collectifs, lorsque les bâtiments sont optimisés en termes d'apports solaires et de compacité, pour un nombre de niveaux supérieur à 3 et lorsque le bâtiment se situe en zone climatique H2d ou H3.

Le Bbio max est jugé difficile à atteindre dans les cas spécifiques suivants :

- Les petites maisons individuelles (< 80 m<sup>2</sup>)
- Les bâtiments collectifs peu compacts
- Les extensions de bâtiments et bâtiments construits sur des terrains de petite surface qui ne permettent pas d'orienter le bâtiment

## Niveau de difficulté de respect du Cep max



Pour information, l'enquête montre que le niveau du Cep max est jugé très facile à atteindre pour l'ensemble des usages. Comme pour le Bbio max, cela est particulièrement vérifié en immeubles collectifs, lorsque les bâtiments sont optimisés en termes d'apports solaires et de compacité, pour un nombre de niveaux supérieur à 3 et lorsque le bâtiment se situe en zone climatique H2d ou H3.

Le Cep max est jugé difficile à atteindre dans les cas spécifiques suivants :

- Les bâtiments équipés de systèmes à effet joule direct hors zone H3
- Les bâtiments avec chauffage collectif nécessitant des réseaux de distribution de grande longueur (pertes de distribution)

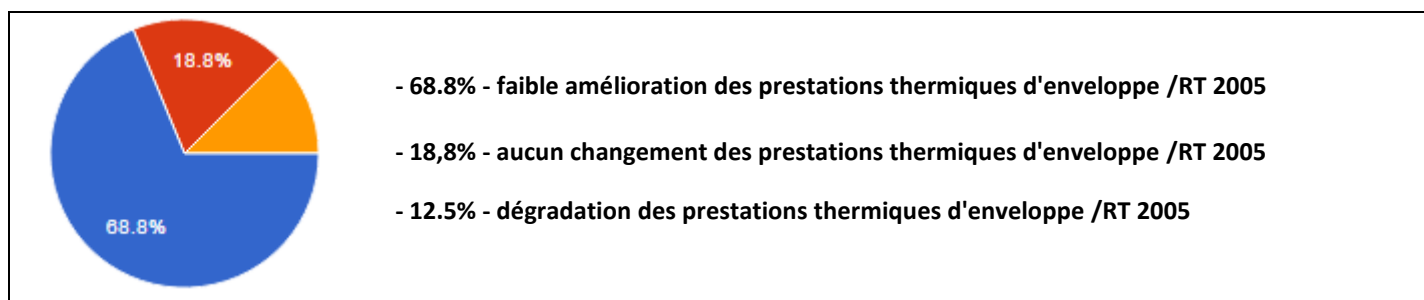
### **LES ENSEIGNEMENTS : enquête concernant le Bbio max et les indicateurs de la RT 2012**

- Globalement, aucune difficultés pour respecter les exigences de la RT 2012 (Bbio max et Cep max)

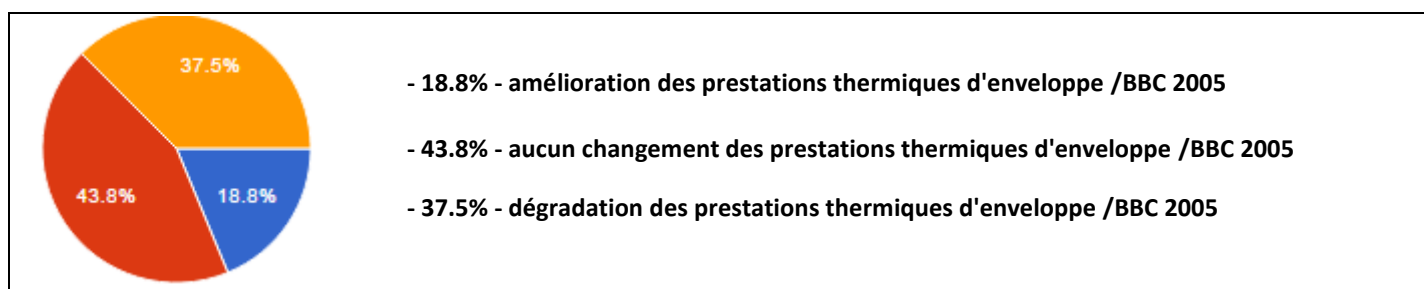
- Pour les combustibles fossiles et les énergies renouvelables, l'exigence sur le Bbio max moyen pourrait être facilement ramenée de 60 à 50 points, ce qui permettrait de rééquilibrer les prestations sur l'enveloppe du bâti quel que soit le type d'énergie

## 4.3 Evolution des niveaux de prestation d'enveloppe en RT 2012

### Evolution des prestations thermiques d'enveloppe en RT 2012 par rapport à la RT 2005



### Evolution des prestations thermiques d'enveloppe en RT 2012 par rapport au label BBC 2005



Les industriels que nous avons interrogés constatent une baisse des épaisseurs moyennes d'isolant depuis la mise en place de la RT 2012 à hauteur de 15 à 20% par rapport aux prestations du label BBC-Effinergie et aux prévisions de marché.

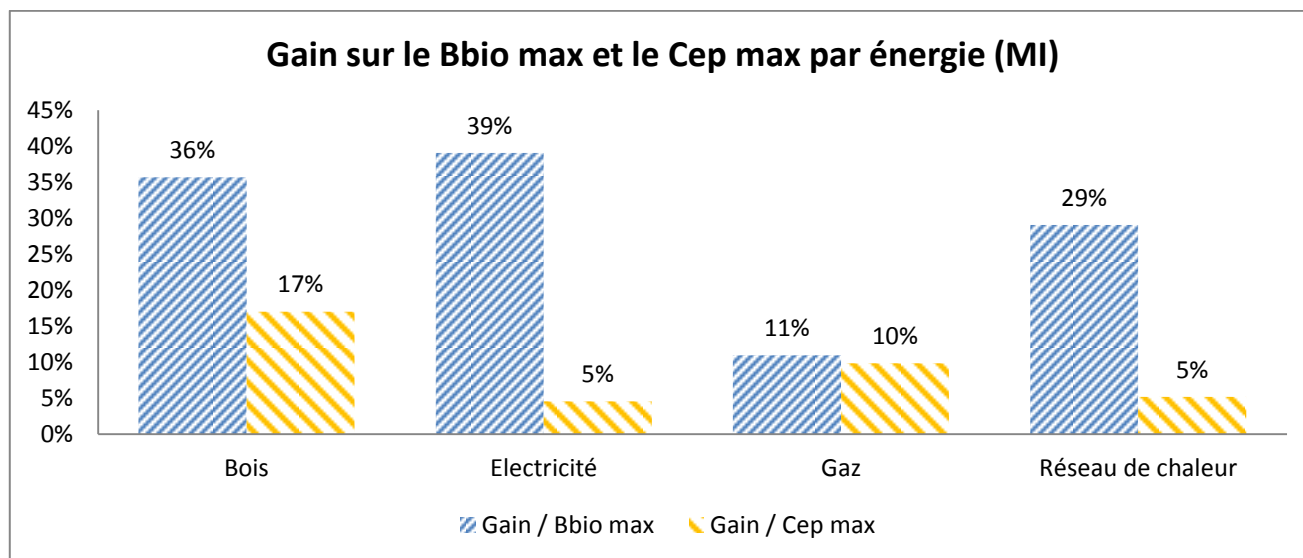
### **LES ENSEIGNEMENTS : enquête concernant les performances thermiques des parois**

La tendance à la stagnation voire à la dégradation des niveaux d'isolation est constatée depuis l'application de la RT 2012. En effet, l'apprentissage et le calage du Bbio max moyen à 60 points au lieu de 50 conduit à la dégradation de la performance thermique des parois, notamment celle des isolants, entraînant des gains économiques au détriment de la performance. C'est donc l'enveloppe qui pâtit du calage à 60 points du Bbio max, puisqu'au fil des avancées des opérations, les Bbio projet se dégradent au profit de la performance des équipements.

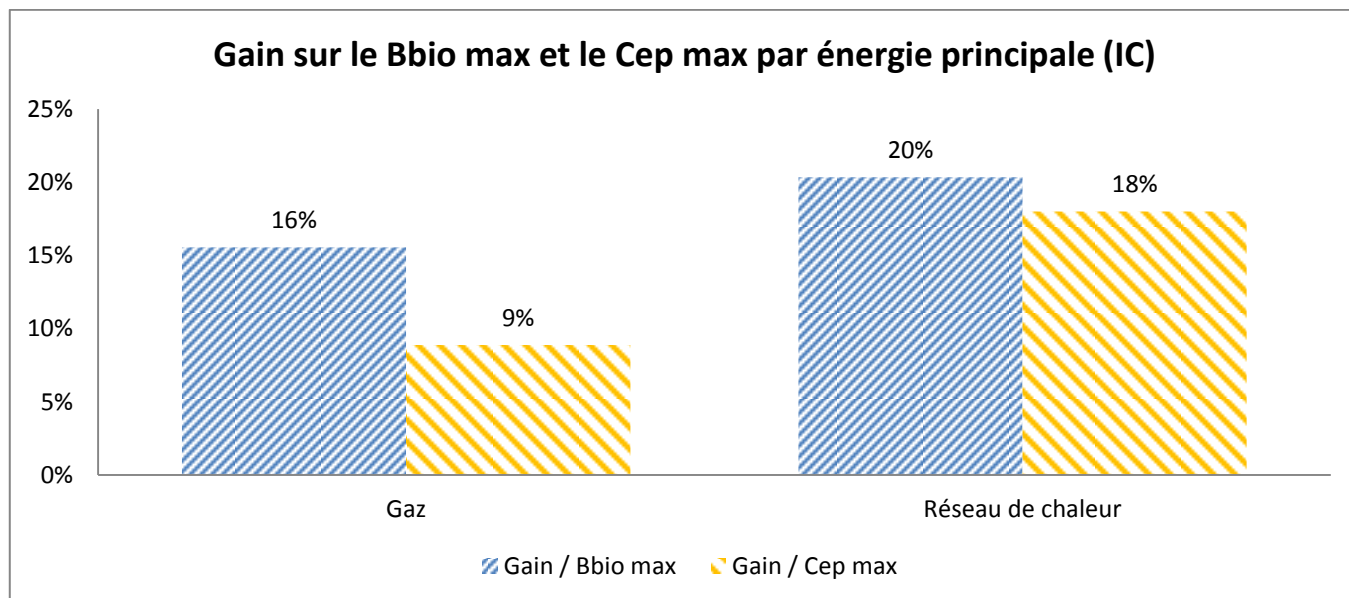
## 5 Illustration

Analyse d'une base de données issue d'une extraction de 30 fichiers xml d'opérations RT 2012 en maisons individuelles et immeubles collectifs réalisées entre 2012 et 2015 en zone climatique H1a.

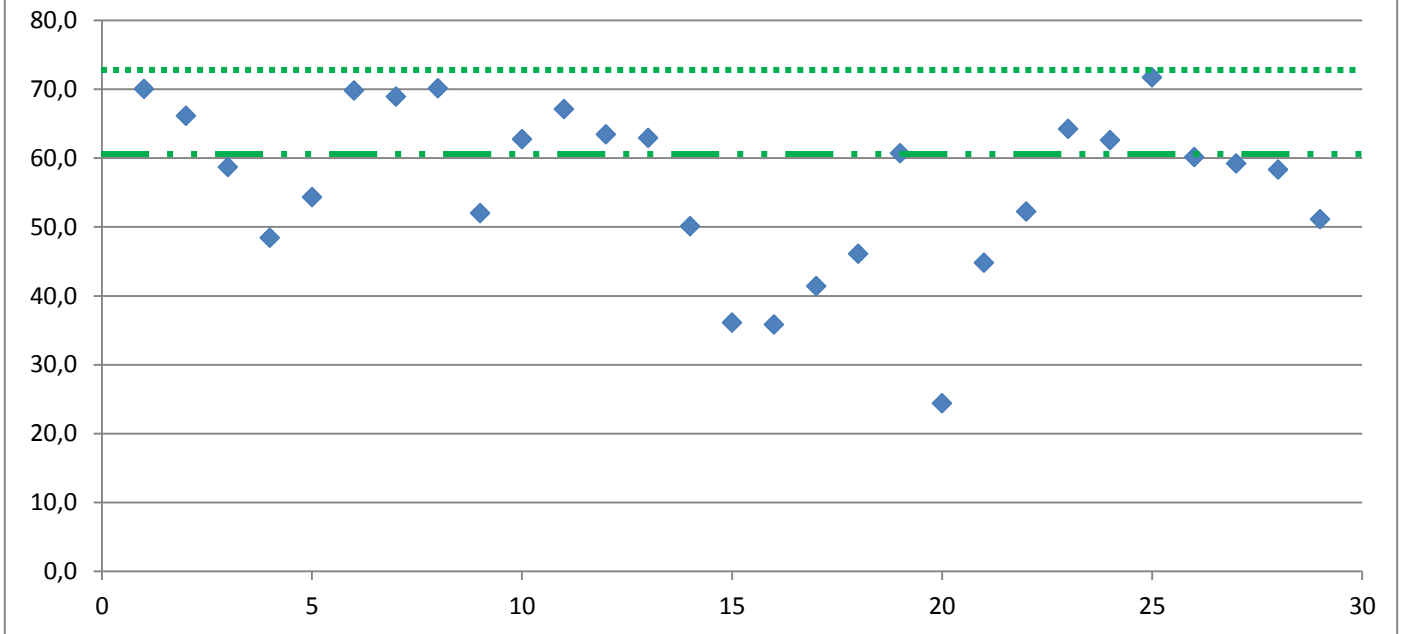
### Maisons individuelles



### Immeubles de logements collectifs



## Bbio des opérations étudiées



Bbio max moyen de 60 points (avec modulation zone H1a) : 72      ..... (green dotted line)

Bbio max moyen de 50 points (avec modulation zone H1a) : 60      - . - (green dash-dot line)

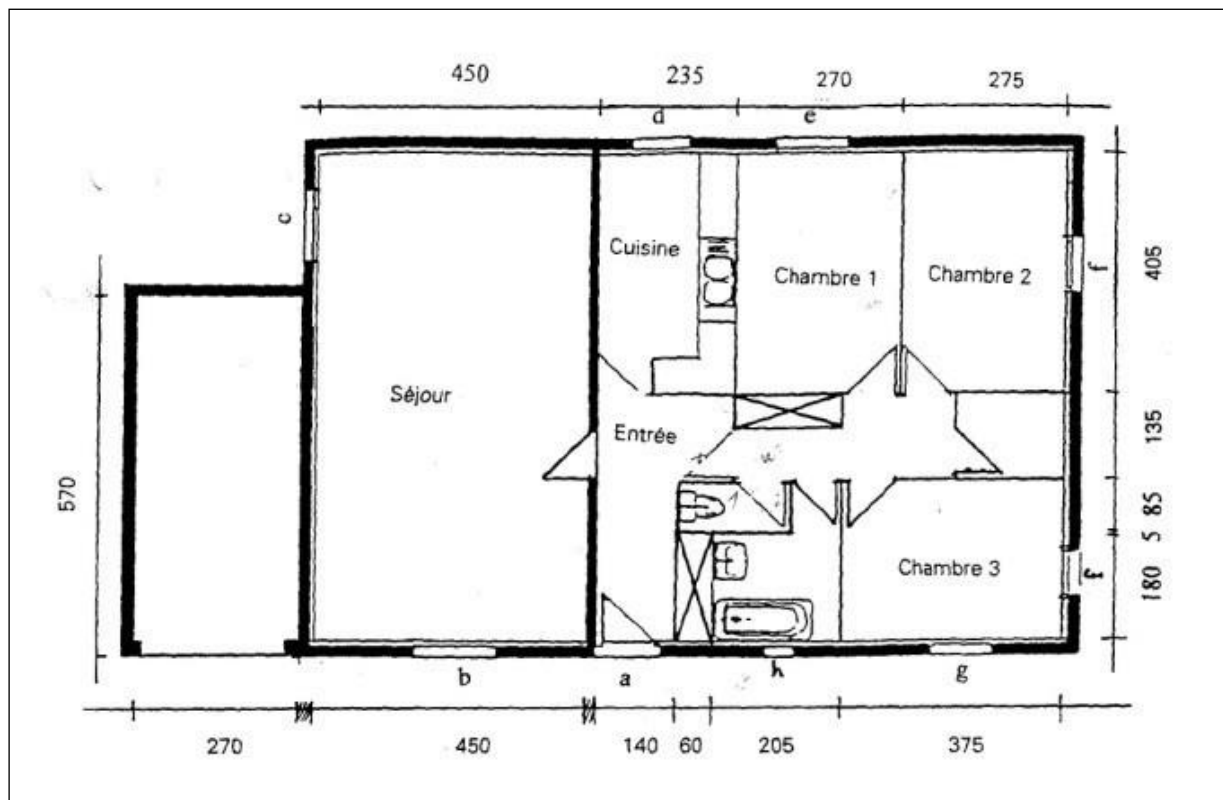
### LES ENSEIGNEMENTS

**Il n'y a aucune problématique que ce soit en maison individuelle ou en immeuble de logements collectifs à viser un niveau de Bbio max moyen fixé à 50 points. En effet, cette modulation est déjà atteinte pour la plupart d'entre eux, et l'autre part ne respecte pas le niveau de 50 points du fait de son faible niveau d'isolation.**

## 6 Simulations RT 2012 sur 4 bâtiments de logements

### 6.1 Maison plain-pied 100 m<sup>2</sup>

#### 6.1.1 Description du bâtiment



Caractéristiques architecturales	
Type de logement	Maison individuelle de plain-pied
SHON	115 m <sup>2</sup>
Surface habitable	100 m <sup>2</sup>
Orientation	Nord/Sud
Hauteur sous plafond	2.5 m
Volume	250 m <sup>3</sup>
Surface de déperdition totale	304 m <sup>2</sup>
Surface vitrée	16.7 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies	16.7%
Type d'isolation des murs	Par l'intérieur

## 6.1.2 Résultats des simulations – zone climatique H1a

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012				
Maison individuelle R+0	Effet joule + chauffe-eau thermodynamique	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H1a			
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	61,2	61,2	61,2	76,2
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	60,9	46,9	42,4	59,5
Cep max - X %	0%	23%	31%	22%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	61,5	61,5	61,5	61,5
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	73,2	73,2	73,2	73,2
Bbio	35,3	73	73	73
Bbio max - X %	52%	0%	0%	0%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=4 / Up=0,25	Rp=4 / Up=0,25	Rp=4 / Up=0,25
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	1,8	1,8
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,4	0,6	0,6	0,6
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,22	0,33	0,33	0,33	

Légende			
Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

### LES ENSEIGNEMENTS

Cette typologie de maison individuelle représente environ 50% du marché des maisons neuves.

Le calage actuel du Bbio max moyen à 60 points permet de respecter la RT 2012 avec des prestations d'enveloppe à peine supérieures à celles de la RT 2005, pour toutes les énergies à part le chauffage électrique en effet joule.

Sans le Bbio max à respecter, on pourrait arriver à des valeurs de consommations très dégradées, car l'obligation de mise en place d'énergie renouvelable induit un coefficient Cep max faible. Le Bbio max permet donc de limiter les consommations, mais il serait d'autant plus efficace dans ce rôle si son niveau moyen était abaissé à 50 points permettant de rééquilibrer les prestations de l'enveloppe quelle que soit l'énergie retenue, on serait dans une approche de sobriété et en correspondance avec la définition nearly zero energy building.



### 6.1.3 Résultats des simulations – zone climatique H2b

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012				
Maison individuelle R+0	Effet joule + chauffe-eau thermodynamique	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H2b			
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	51,2	51,2	51,2	66,2
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	50,9	39,3	37	51,8
Cep max - X %	1%	23%	28%	22%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	51,3	51,3	51,3	51,3
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	61,2	61,2	61,2	61,2
Bbio	28,4	60,6	60,6	60,6
Bbio max - X %	54%	1%	1%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	1,8	1,8
	Perméabilité à l'air (m3/(h.m <sup>2</sup> ))	0,4	0,6	0,6	0,6
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,22	0,33	0,33	0,33	

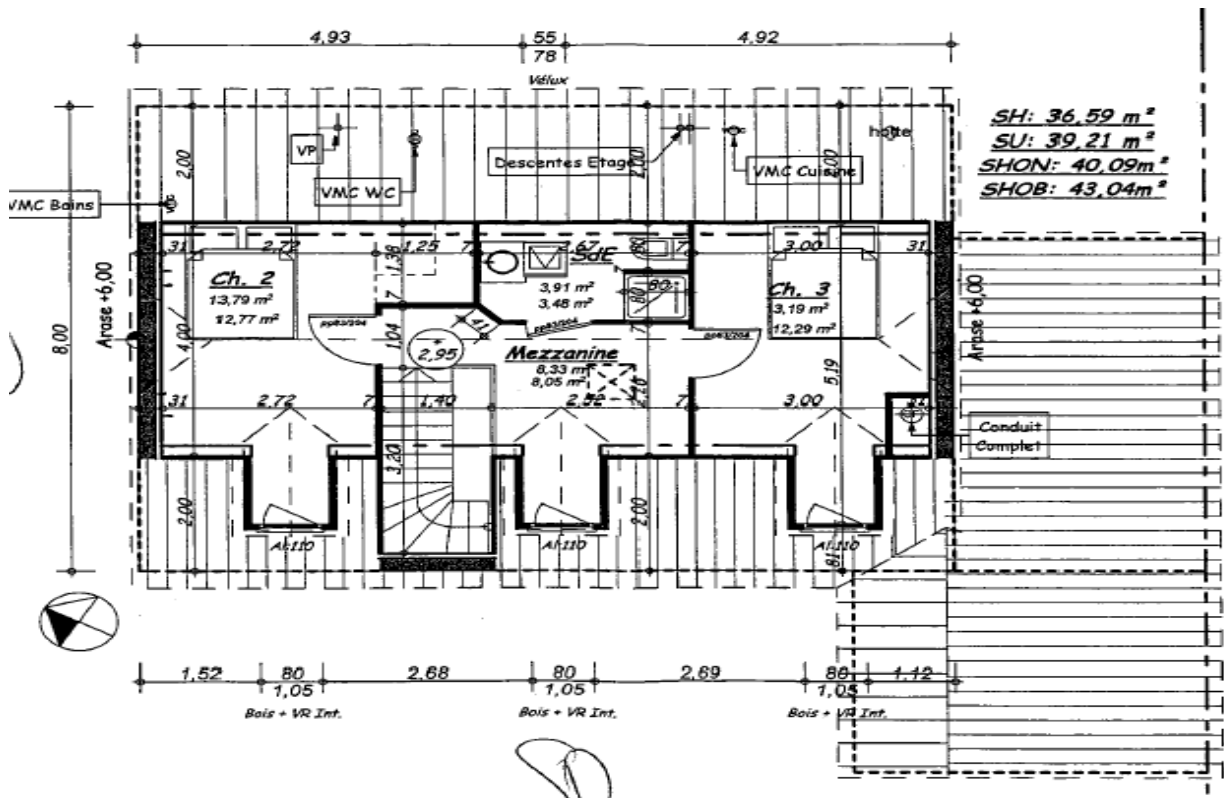
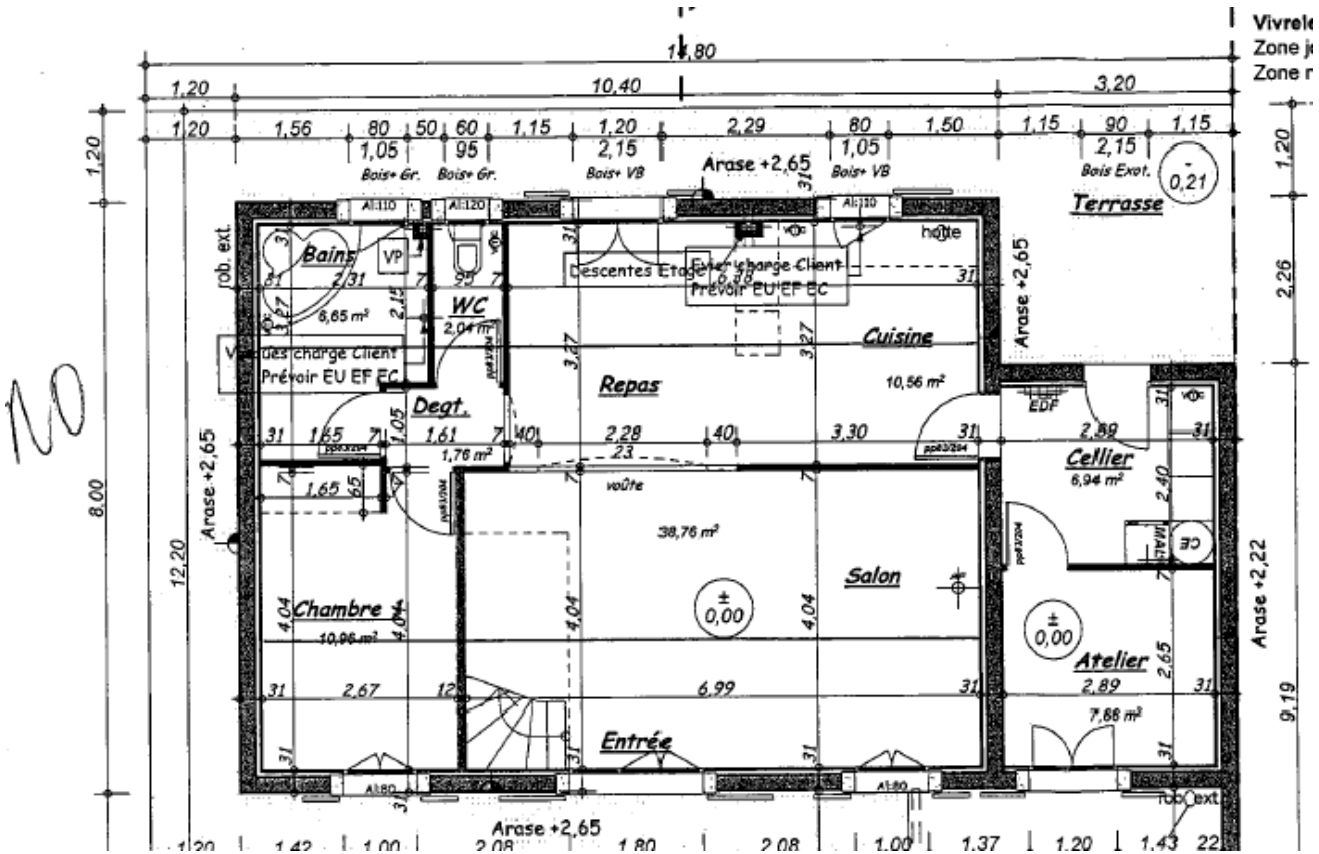
#### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

### LES ENSEIGNEMENTS

Les enseignements en zone climatique H2b sont similaires à ceux de la zone H1a, si ce n'est que les niveaux de performance thermique de l'enveloppe nécessaires au respect de la RT 2012 sont encore plus dégradés.





Caractéristiques architecturales	
Type de logement	Maison individuelle avec combles aménagés
SHON	146 m <sup>2</sup>
Surface habitable	122 m <sup>2</sup>
Orientation	Nord-Est/Sud-Ouest
Hauteur sous plafond	2.5 m
Volume	250 m <sup>3</sup>
Surface de déperdition totale	305 m <sup>2</sup>
Surface vitrée	20.45 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies	16.7%
Type d'isolation des murs	Par l'intérieur

## 6.2.2 Résultats des simulations – zone climatique H1a

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012				
Maison individuelle R+C	Effet joule + chauffe-eau thermodynamique	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H1a			
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	58,9	58,9	58,9	73,9
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	58,4	47,2	41,4	58,2
Cep max - X %	1%	20%	30%	21%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	59	59	59	59
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	70,4	70,4	70,4	70,4
Bbio	28,8	69,7	69,7	69,7
Bbio max - X %	59%	1%	1%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=3,2 / Up=0,31	Rp=3,2 / Up=0,31	Rp=3,2 / Up=0,31
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	1,8	1,8
	Perméabilité à l'air (m3/(h.m <sup>2</sup> ))	0,4	0,6	0,6	0,6
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,22	0,39	0,39	0,39	

Légende			
Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

### LES ENSEIGNEMENTS

Cette typologie de maison individuelle représente environ 25% du marché des maisons neuves.

Le calage actuel du Bbio max moyen à 60 points permet de respecter la RT 2012 avec des prestations d'enveloppe à peine supérieures à celles de la RT 2005, pour toutes les énergies à part le chauffage électrique en effet joule.

Sans le Bbio max à respecter, on pourrait arriver à des valeurs de consommations très dégradées, car l'obligation de mise en place d'énergie renouvelable induit un coefficient Cep max faible. Le Bbio max permet donc de limiter les consommations, mais il serait d'autant plus efficace dans ce rôle si son niveau moyen était abaissé à 50 points.

## 6.2.3 Résultats des simulations – zone climatique H2b

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012				
Maison individuelle R+C	Effet joule + chauffe-eau thermodynamique	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H2b			
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	48,9	48,9	48,9	63,9
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	48,4	40	36,3	51
Cep max - X %	1%	18%	26%	20%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	49	49	49	49
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	58,9	58,9	58,9	58,9
Bbio	22,1	58,1	58,1	58,1
Bbio max - X %	62%	1%	1%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=8,3 / Up=0,12	Rp=3,2 / Up=0,31	Rp=3,2 / Up=0,31	Rp=3,2 / Up=0,31
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=3,7 / Up=0,27
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	1,8	1,8
	Perméabilité à l'air (m3/(h.m <sup>2</sup> ))	0,4	0,6	0,6	0,6
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,26	0,39	0,39	0,39	

### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

## LES ENSEIGNEMENTS

Les enseignements en zone climatique H2b sont similaires à ceux de la zone H1a, si ce n'est que les niveaux de performance thermique de l'enveloppe nécessaires au respect de la RT 2012 sont encore plus dégradés.

### 6.3 Maisons individuelles : influence du système constructif sur les épaisseurs d'isolant

L'impact du système constructif dans la résistance thermique des parois n'est pas négligeable. Pour une même valeur de transmission thermique U de paroi, l'épaisseur d'isolant peut varier sensiblement en fonction des performances thermiques du matériau de construction utilisé. Voici des exemples de configurations possibles :

	Murs en blocs béton caverneux 20 cm	Murs en briques creuses 20 cm	Murs en brique isolante 20 cm ou murs en bloc béton cellulaire ou granulats légers	Murs en brique isolante 30 cm
Conductivité thermique ( $\lambda$ : W/m.K)	0.9 W/m.K	0.29	0.15 W/m.K	0.12 W/m.K
Résistance du mur sans isolant	0.4 W/m <sup>2</sup> .K	0.9 W/m <sup>2</sup> .K	1.32 W/m <sup>2</sup> .K	2.8 W/m <sup>2</sup> .K
Epaisseur d'isolant $\lambda=0.032$ W/m.K nécessaire pour atteindre une résistance thermique de paroi $R=4.2$ W/m <sup>2</sup> .K	12 cm	10.6 cm	9.2 cm	4.5 cm

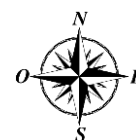
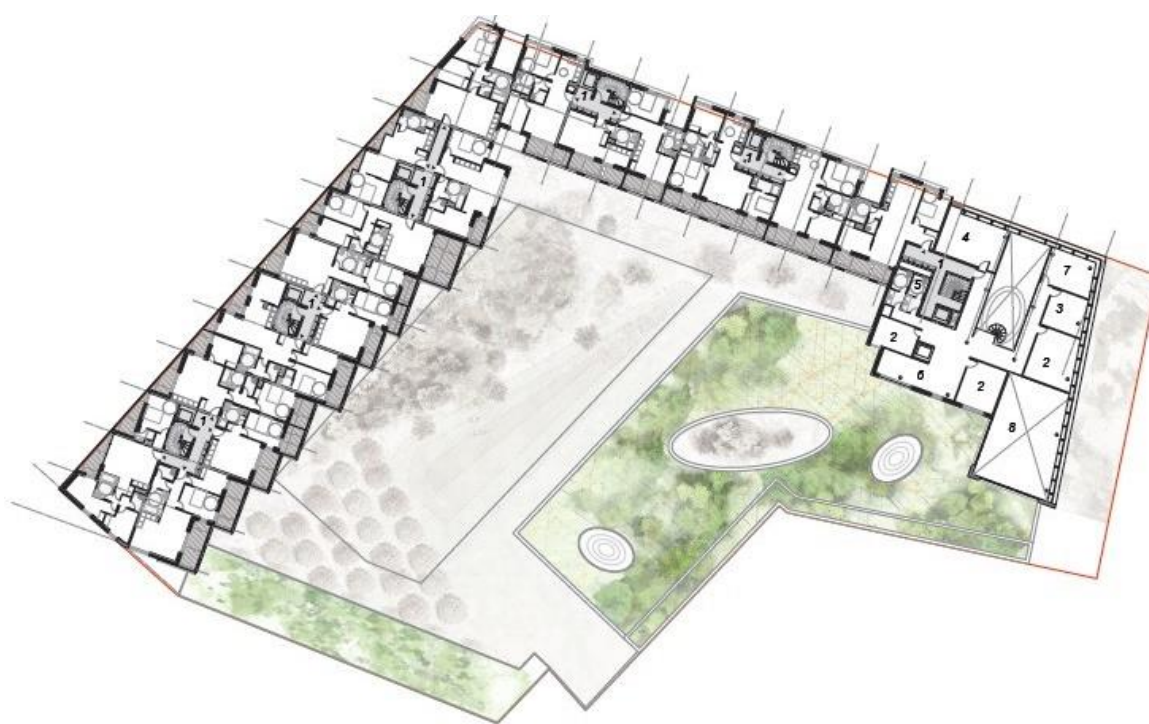
#### LES ENSEIGNEMENTS : systèmes constructifs et épaisseurs d'isolant

La RT 2012 a favorisé le développement des systèmes constructifs à performance thermique renforcée, diminuant ainsi les épaisseurs d'isolation des parois verticales. Une diminution du seuil du Bbio max à 50 points permettrait de tirer parti de ces progrès en combinant ces systèmes constructifs avec une isolation performante afin d'atteindre un niveau très performant d'enveloppe permettant des économies d'énergies supplémentaires.

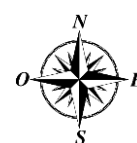
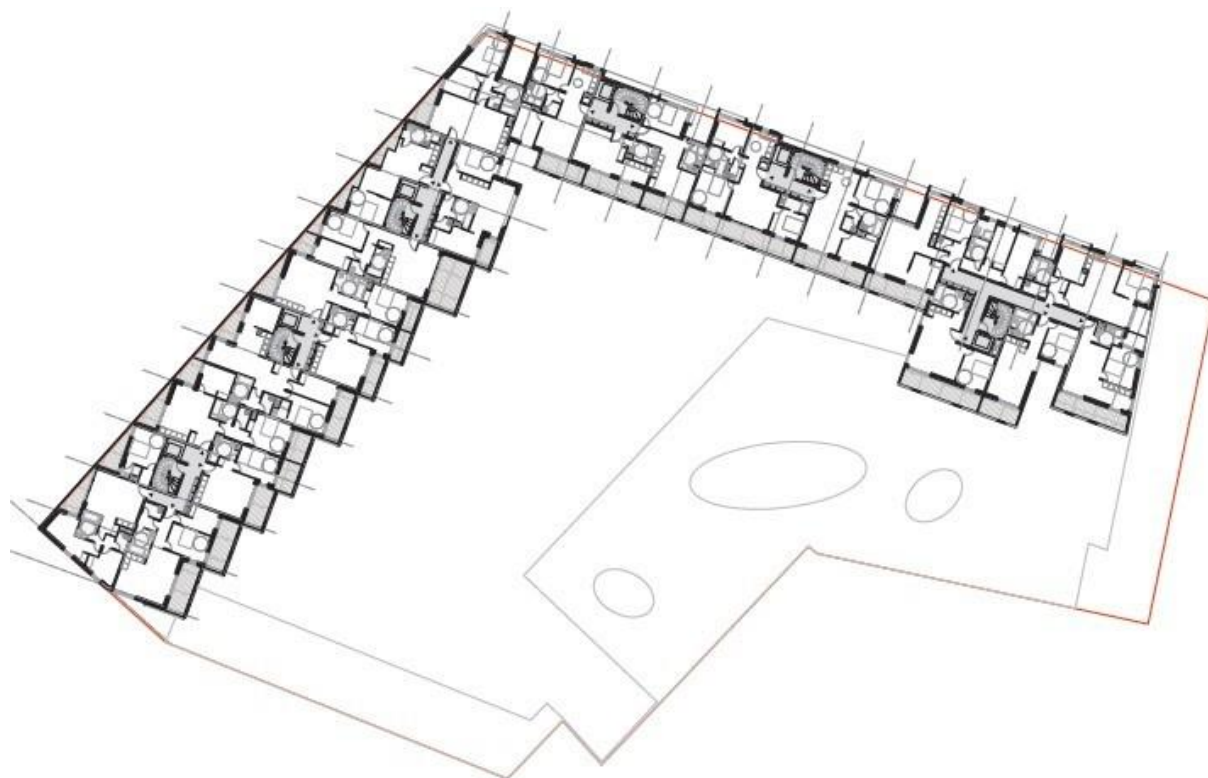


## 6.4 Immeuble de logements collectifs R+5

### 6.4.1 Description du bâtiment







Caractéristiques architecturales	
Type de logement	Immeuble collectif R+5 + médiathèque
SHON	10 320 m <sup>2</sup>
Surface habitable	8261 m <sup>2</sup>
Orientation	Nord-Ouest/Sud-Est et Nord-Est/Sud-Ouest
Hauteur sous plafond	2.5 m
Volume	20 653 m <sup>3</sup>
Surface de déperdition totale	10 915 m <sup>2</sup>
Surface vitrée	2134 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies	22 %
Type d'isolation des murs	Par l'intérieur

## 6.4.2 Résultats des simulations – zone climatique H1a

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012					
Immeuble collectif R+5	Effet joule	Gaz	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H1a				
Cep max2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	90,5	90,5	90,5	90,5	104,9
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	89,8	90	82,4	85,2	91,1
Cep max - X %	1%	1%	9%	6%	13%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	62,4	62,4	62,4	62,4	62,4
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	75,1	75,1	75,1	75,1	75,1
Bbio	39,2	67,1	74,4	74,4	74,4
Bbio max - X %	48%	11%	1%	1%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=2,8 / Up=0,36	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=2,2 / Up=0,45
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=12,5 / Up=0,08	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=2,9 / Up=0,34
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	1,8	1,8	1,8
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,8	1	1,3	1,3	1,3
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,49	0,75	0,82	0,82	0,82	

Légende			
Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

### LES ENSEIGNEMENTS

Le calage actuel du Bbio max moyen à 60 points a pour conséquence de dégrader la performance thermique de l'enveloppe de l'immeuble à un niveau bien inférieur aux standards pratiqués en RT 2005 voire même en RT 2000, et ce pour le gaz + ECS solaire thermique, la PAC électrique et le réseau de chaleur avec bonus Mcges.

En gaz + ECS solaire, PAC et réseau de chaleur avec bonus Mcges, le Bbio max permet de limiter les consommations puisque, pour un bâtiment qui respecte de justesse le Bbio max, il reste un gain sur le Cep max de 6 à 13%. Mais il serait d'autant plus efficace dans ce rôle si son niveau moyen était abaissé à 50 points.

## 6.4.3 Résultats des simulations – zone climatique H2b

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012					
Immeuble collectif R+5	Effet joule	Gaz	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H2b				
Cep max2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	80,9	80,9	80,9	80,9	95,3
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	80,3	80,3	74,6	79,1	84,4
Cep max - X %	1%	1%	8%	2%	11%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	54	54	54	54	54
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	65,3	65,3	65,3	65,3	65,3
Bbio	32,1	53	64,8	64,8	64,8
Bbio max - X %	51%	19%	1%	1%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=2,8 / Up=0,36	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=2,2 / Up=0,45
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=8,3 / Up=0,12	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=2,9 / Up=0,34
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,8	2,2	2,2	2,2
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,8	1	1,3	1,3	1,3
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,52	0,75	0,83	0,83	0,83	

### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

## LES ENSEIGNEMENTS

Les enseignements en zone climatique H2b sont similaires à ceux de la zone H1a, si ce n'est que les niveaux de performance thermique de l'enveloppe nécessaires au respect de la RT 2012 sont encore plus dégradés.

## 6.5 Immeuble de logements collectifs R+4/R+5

### 6.5.1 Description du bâtiment



Caractéristiques architecturales	
Type de logement	Immeuble collectif R+4/R+5
SHON	3726 m <sup>2</sup>
Surface habitable	2768 m <sup>2</sup>
Orientation	Nord/Sud
Hauteur sous plafond	2.5 m
Volume	6920 m <sup>3</sup>
Surface de déperdition totale	3334 m <sup>2</sup>
Surface vitrée	536 m <sup>2</sup>
Taux de surface totale de baies	19 %
Type d'isolation des murs	Par l'intérieur



## 6.5.2 Résultats des simulations – zone climatique H1a

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012					
Immeuble collectif R+4/R+5	Effet joule	Gaz	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H1a				
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	71,9	71,9	71,9	71,9	89,1
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	70,8	65,7	61,3	71,8	69,1
Cep max - X %	2%	9%	15%	0%	22%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	60	60	60	60	60
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	72	72	72	72	72
Bbio	34,6	71,9	71,9	55,4	71,9
Bbio max - X %	52%	0%	0%	23%	0%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=1,9 / Up=0,52	Rp=1,9 / Up=0,52	Rp=2,8 / Up=0,36	Rp=1,9 / Up=0,52
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=12,5 / Up=0,08	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=2,9 / Up=0,34	Rp=8,3 / Up=0,12	Rp=2,9 / Up=0,34
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=2,5 / Up=0,4
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	2,6	2,6	2,1	2,6
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,8	1	1	1	1
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,53	0,93	0,93	0,69	0,93	

### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

## LES ENSEIGNEMENTS

Le calage actuel du Bbio max moyen à 60 points a pour conséquence de dégrader la performance thermique de l'enveloppe de l'immeuble à un niveau bien inférieur aux standards pratiqués en RT 2005 voire même en RT 2000, et ce pour toutes les énergies à part l'électrique.

En gaz, gaz + ECS solaire et réseau de chaleur avec bonus Mcges, le Bbio max permet de limiter les consommations puisque, pour un bâtiment qui respecte de justesse le Bbio max, il reste un gain sur le Cep max de 9 à 22%. Mais il serait d'autant plus efficace dans ce rôle si son niveau moyen était abaissé à 50 points.

## 6.5.3 Résultats des simulations – zone climatique H2b

Prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012					
Immeuble collectif R+4/R+5	Effet joule	Gaz	Gaz + ECS solaire	Pompe à chaleur	Réseau de chaleur avec bonus Mcges
Zone climatique	H2b				
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	60,4	60,4	60,4	60,4	77,6
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	59,3	57,6	53,1	59,5	60,3
Cep max - X %	2%	5%	12%	1%	22%
Bbio max (avec Bbio max moyen fixé à 50 points)	50	50	50	50	50
Bbio max RT 2012 (avec Bbio max moyen fixé à 60 points)	60	60	60	60	60
Bbio	27,4	59,5	59,5	40,8	59,5
Bbio max - X %	54%	1%	1%	32%	1%

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=1,9 / Up=0,52	Rp=1,9 / Up=0,52	Rp=2,8 / Up=0,36	Rp=1,9 / Up=0,52
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=8,3 / Up=0,12	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=2,5 / Up=0,4	Rp=8,3 / Up=0,12	Rp=2,5 / Up=0,4
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=2,2 / Up=0,45	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=2,2 / Up=0,45
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	2,6	2,6	2,1	2,6
	Perméabilité à l'air (m3/(h.m <sup>2</sup> ))	1	1,3	1,3	1	1,3
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))	0,54	0,95	0,95	0,69	0,95	

### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

## LES ENSEIGNEMENTS

Les enseignements en zone climatique H2b sont similaires à ceux de la zone H1a, si ce n'est que les niveaux de performance thermique de l'enveloppe nécessaires au respect de la RT 2012 sont encore plus dégradés.

## 7 Influence de la compacité

### 7.1 Description des simulations sur le bâtiment modulaire

Il apparaît que dans le cas des immeubles collectifs, la compacité du bâtiment a une grande influence sur la facilité avec laquelle il peut respecter les coefficients Bio max et Cep max, et donc valider un niveau RT 2012 avec des parois faiblement isolées.

Afin d'illustrer ce phénomène, des simulations ont été effectuées sur un bâtiment modulaire (en énergie gaz et zone climatique H1a) dont on augmente étape par étape la compacité. Chaque module est un logement type de 36 m<sup>2</sup> de surface habitable (6 m de longueur par 6 m de largeur, et hauteur sous plafond de 2.5 m). Les quatre simulations présentées sont les suivantes :

**Immeuble de 4 logements R+1** (hauteur : 2 modules ; largeur : 2 modules ; profondeur : 1 module)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.9**

**Immeuble de 9 logements R+2** (hauteur : 3 modules ; largeur : 3 modules ; profondeur : 1 module)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.71**

**Immeuble de 18 logements R+2** (hauteur : 3 modules ; largeur : 3 modules ; profondeur : 2 modules)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.54**

**Immeuble de 24 logements R+3** (hauteur : 4 modules ; largeur : 3 modules ; profondeur : 2 modules)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.48**

**Immeuble de 48 logements R+5** (hauteur : 6 modules ; largeur : 4 modules ; profondeur : 2 modules)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.38**

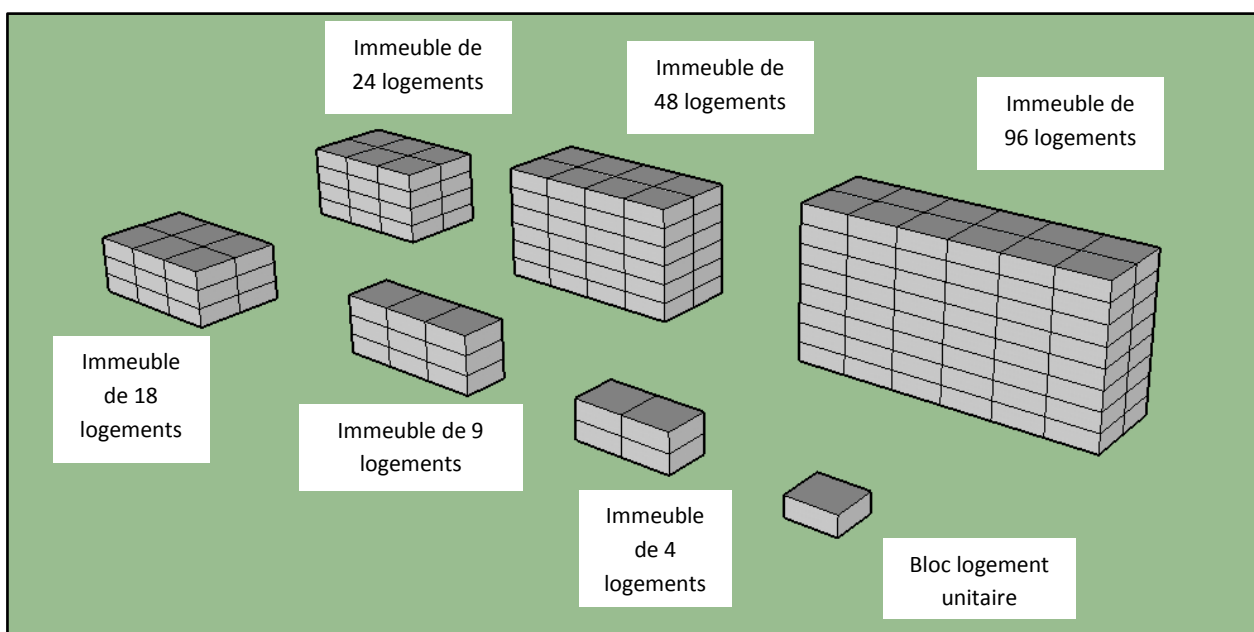
**Immeuble de 96 logements R+7** (hauteur : 8 modules ; largeur : 6 modules ; profondeur : 2 modules)

- **Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable) = 0.32**

Peu compact



Très compact





## 7.2 Résultats des simulations

### Evolution des prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012 en fonction de la compacité

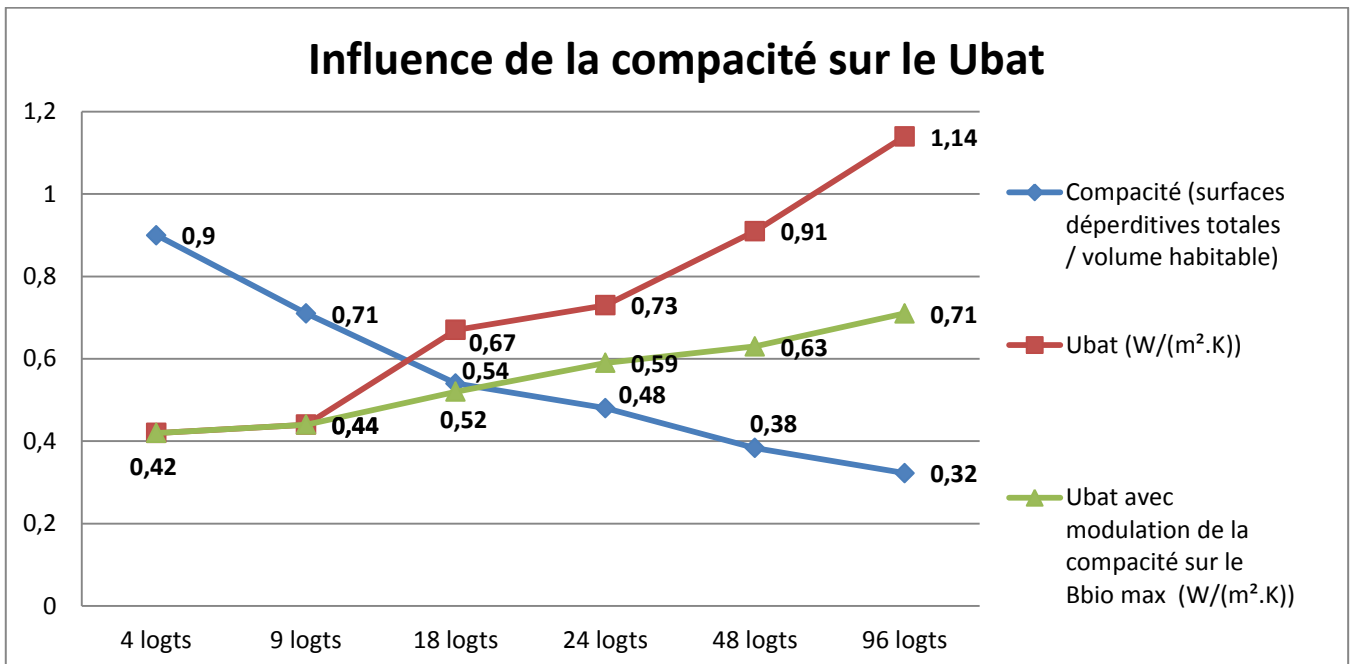
Immeuble modulaire		4 logts R+1 SHONRT : 173 m <sup>2</sup> Compacité : 0,90	9 logts R+2 SHONRT : 389 m <sup>2</sup> Compacité : 0,71	18 logts R+2 SHONRT : 778 m <sup>2</sup> Compacité : 0,54	24 logts R+3 SHONRT : 1037 m <sup>2</sup> Compacité : 0,48	48 logts R+5 SHONRT : 2074 m <sup>2</sup> Compacité : 0,38	96 logts R+7 SHONRT : 3456 m <sup>2</sup> Compacité : 0,32
Cep max2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))		81,7	81,7	81,7	81,7	81,7	81,7
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))		81,6	81	81,6	81,7	81,7	80,7
Cep max - X %		0%	1%	0%	0%	0%	1%
Bbio max		72	72	72	72	72	72
Bbio		56,5	46,9	54,7	51,8	50,8	53,6
Bbio max - X %		22%	35%	24%	28%	29%	26%
Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)		0,90	0,71	0,54	0,48	0,38	0,32
Prestations	Murs : R (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	R=5 / Up=0,2	R=4,5 / Up=0,22	R=2,8 / Up=0,36	R=2,8 / Up=0,36	R=2,2 / Up=0,45	R=2 / Up=0,5
	Toiture : R (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	R=8,3 / Up=0,12	R=5 / Up=0,2	R=2,9 / Up=0,34	R=2,9 / Up=0,34	R=2,9 / Up=0,34	R=2 / Up=0,5
	Plancher bas : R (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	R=6,7 / Up=0,15	R=5 / Up=0,2	R=3,7 / Up=0,27	R=2,5 / Up=0,4	R=2,5 / Up=0,4	R=2 / Up=0,5
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,3	1,3	2,2	2,2	2,6	3
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))		0,42	0,44	0,67	0,73	0,91	1,14

#### Légende

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)	Performance thermique similaire au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport au bâtiment de référence RT 2005	Performance thermique dégradée par rapport aux "garde fous" de paroi RT 2005

### 7.3 Analyse des résultats

Ces simulations mettent en valeur l'influence de la compacité en immeubles collectifs sur le Ubat nécessaire pour atteindre le niveau RT 2012.



La tendance qui ressort de l'étude de ces 6 formes de bâtiments modulaires est que le niveau d'isolation du bâtiment (représenté ici par le Ubat) nécessaire à l'atteinte du niveau RT 2012 est à peu près inversement proportionnel à la compacité du bâtiment. La compacité est donc un paramètre qui a un poids très important dans les calculs RT 2012 et influe grandement sur le niveau d'isolation nécessaire à l'atteinte du niveau RT 2012.

Pour les bâtiments de 4 et 9 logements les moins compacts, l'atteinte du niveau RT 2012 nécessite des niveaux d'isolation bien supérieurs à ceux du bâtiment de référence RT 2005.

L'étude du bâtiment de 18 logements d'une compacité de 0.54 révèle que dans ce cas, il est possible de respecter le niveau RT 2012 avec des prestations thermiques de parois inférieures à celles de la RT 2005. En effet, le bâtiment respecte le niveau RT 2012 avec des murs et des planchers bas au niveau du bâtiment de référence RT 2015, et des planchers hauts et des fenêtres égales aux « garde-fous » de paroi RT 2005.

Le bâtiment de 24 logements le plus compact (compacité de 0.48) confirme cette tendance puisqu'il respecte la RT 2012 alors que toutes ses parois déperditives (murs, planchers haut et bas et fenêtres) ont des caractéristiques thermiques égales aux « garde-fous » RT 2005.

#### LES ENSEIGNEMENTS : influence de la compacité

La mise en place d'un facteur de correction de la compacité sur le calcul du Bbio max permettrait d'homogénéiser les performances thermiques des parois et d'éviter leur dégradation pour les bâtiments collectifs compacts.

## 7.4 Cas des maisons individuelles

Des simulations ont été menées sur des maisons de compacité et surfaces différentes en zone climatique H1a.

Evolution des prestations d'enveloppe minimales permettant le respect de la RT 2012 en fonction de la compacité				
Maisons individuelles Chaudière gaz condensation + ECS thermodynamique		MI R+0 70 m <sup>2</sup>	MI R+0 100 m <sup>2</sup>	MI R+1 140 m <sup>2</sup>
Cep max2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))		71,1	61,2	56,5
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))		71	59,1	56
Cep max - X %		0%	3%	1%
Bbio max		81,8	73,2	68,5
Bbio		81	72,4	65,2
Bbio max - X %		1%	1%	5%
Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)		1,29	1,22	0,89
Prestations	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=4 / Up=0,25	Rp=4 / Up=0,25
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=6,7 / Up=0,15
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=4,2 / Up=0,24	Rp=5 / Up=0,2
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,2	1,6	1,6
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))		0,33	0,33	0,45

Le coefficient M<sub>surf</sub> pour le calcul du Bbio max étant présent, l'influence de la compacité sur les performances est plus modérée en maisons individuelles qu'en collectif.

## 8 Propositions

### 8.1 PROPOSITIONS

Afin d'apporter des solutions aux problématiques énoncées dans cette étude, trois propositions sont présentées. Ces propositions sont détaillées dans les pages suivantes.

#### - Introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max

En logements :  $Bbio\ max = 60 \times Mbcomp \times (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,7	0,6	0,5	0,4

**Avantage** : facilement adaptable à la RT 2012

**Inconvénients** : pas assez ambitieux pour les futures réglementations (nZEB, BEPOS...), ne concerne qu'une faible part des bâtiments soumis à la RT 2012

#### - Renforcement du Bbio max du niveau de 60 points à un niveau de 50 points

En logements :  $Bbio\ max = 50 (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

**Avantages** : existe déjà dans le label Effinergie +, facilement adaptable à la RT 2012, concerne tous les bâtiments soumis à la RT 2012

**Inconvénient** : ne corrige pas l'effet de la compacité pour les bâtiments les plus compacts

#### - Introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max et renforcement du Bbio max du niveau de 60 points à un niveau de 50 points

En logements :  $Bbio\ max = 50 \times Mbcomp \times (Mbgéo + Mbalt + Mbsurf)$

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,8	0,7	0,6	0,5

**Avantages** : facilement adaptable sur la RT 2012, adapté aux futures réglementations, traite de l'ensemble des bâtiments soumis à la RT 2012 dont les bâtiments collectifs très compacts

## 8.2 PROPOSITION : introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max

La présente étude a montré que la compacité du bâtiment est un paramètre qui joue un rôle prépondérant dans le calcul des besoins bioclimatiques (Bbio) et des consommations énergétiques (Cep) et que pour les immeubles collectifs principalement, une bonne compacité permet de respecter les seuils Bbio max et Cep max de la RT 2012 avec une très grande facilité, ce qui permet de dépouiller considérablement le niveau d'isolation de l'enveloppe.

*NB : La compacité est égale à la surface déperditivité totale de l'enveloppe divisée par le volume habitable.*

En conséquence, il serait pertinent d'introduire un coefficient de modulation qui puisse diminuer le seuil Bbio max en fonction du niveau compacité du bâtiment. Le calcul du Bbio max se ferait donc ainsi :

$$\text{En logements : Bbio max} = 60 \times \text{Mbcomp} \times (\text{Mbgéo} + \text{Mbalt} + \text{Mbsurf})$$

Avec le coefficient de modulation de compacité « Mbcomp » pouvant prendre pour valeurs :

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,7	0,6	0,5	0,4

→ S'il devait être mis en œuvre, le calage des valeurs de ce nouveau coefficient devrait faire l'objet de simulations complémentaires.

Illustration des effets induits par cette proposition sur les performances de l'enveloppe des bâtiments de logements :

Introduction de la modulation du Bbio max sur la compacité				
Maisons : gaz individuel + ECS solaire thermique Immeubles : gaz collectif	MI 100 m <sup>2</sup>	MI 122 m <sup>2</sup>	IC R+4/R+5	IC R+5
Zone climatique	H1a			
Cep max RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	61,2	58,9	71,9	90,5
Cep RT 2012 (kWhEP/(m <sup>2</sup> SHON.an))	46,9	47,2	51,4	76,5
Cep max - X %	23%	20%	29%	15%
Bbio max	73,2	70,4	43,2	45,1
Bbio	73	69,7	43,3	45,1
Bbio max - X %	0%	1%	0%	0%
Mbcomp	1,0	1,0	0,6	0,6

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

Prestations d'enveloppe	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=4 / Up=0,25	Rp=3,2 / Up=0,31	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=10 / Up=0,1	Rp=10 / Up=0,1
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=3,7 / Up=0,27	Rp=4 / Up=0,25	Rp=5 / Up=0,2
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,8	1,8	1,4	1,4
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,6	0,6	1	1
Ubat (W/(m <sup>2</sup> .K))		0,33	0,39	0,64	0,57

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)

### 8.3 PROPOSITION : renforcement du Bbio max à un niveau de 50 points

L'étude montre que le niveau de Bbio max moyen actuel fixé à 60 points est facilement atteignable. De plus, ce faible niveau d'exigence engendre une dégradation importante de la performance thermique de l'enveloppe des bâtiments.

En conséquence, il serait pertinent de fixer le niveau de Bbio max moyen à 50 points :

En logements :  $B_{bio\ max} = 50 \times (M_{bgéo} + M_{balt} + M_{bsurf})$

→ Si cette proposition devait être mise en œuvre, le calage de la valeur de ce nouveau coefficient Bbio max moyen devrait faire l'objet de simulations complémentaires.

Illustration des effets induits par cette proposition sur les performances de l'enveloppe des bâtiments de logements :

<b>Bbio max moyen fixé à 50 points au lieu de 60</b>				
<b>Maisons : gaz individuel + ECS solaire thermique Immeubles : gaz collectif</b>	<b>MI 100 m<sup>2</sup></b>	<b>MI 122 m<sup>2</sup></b>	<b>IC R+4/R+5</b>	<b>IC R+5</b>
<b>Zone climatique</b>	<b>H1a</b>			
<i>Cep max RT 2012 (kWhEP/(m<sup>2</sup>SHON.an))</i>	61,2	58,9	71,9	90,5
<b>Cep RT 2012 (kWhEP/(m<sup>2</sup>SHON.an))</b>	<b>40,8</b>	<b>41,3</b>	<b>59,3</b>	<b>87</b>
<b>Cep max - X %</b>	<b>33%</b>	<b>30%</b>	<b>18%</b>	<b>4%</b>
<i>Bbio max</i>	60,8	58,4	60	62,3
<b>Bbio</b>	<b>60,1</b>	<b>58,5</b>	<b>59,2</b>	<b>62,3</b>
<b>Bbio max - X %</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>

NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

<b>Prestations d'enveloppe</b>	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=3,3 / Up=0,3	Rp=3,3 / Up=0,3
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=4 / Up=0,25	Rp=5 / Up=0,2
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=4,6 / Up=0,22	Rp=4 / Up=0,25	Rp=4 / Up=0,25	Rp=5 / Up=0,2
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,6	1,6	2,6	2,6
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,6	0,6	1	1
<b>Ubat (W/(m<sup>2</sup>.K))</b>	<b>0,29</b>	<b>0,34</b>	<b>0,79</b>	<b>0,7</b>	

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)



## 8.4 PROPOSITION : renforcement du Bbio max à un niveau de 50 points et introduction d'un coefficient de modulation « Mbcomp » sur le Bbio max

La présente étude a montré que la compacité du bâtiment est un paramètre qui joue un rôle prépondérant dans le calcul des besoins bioclimatiques (Bbio) et des consommations énergétiques (Cep) et que pour les immeubles collectifs principalement, une bonne compacité permet de respecter les seuils Bbio max et Cep max de la RT 2012 avec une très grande facilité, ce qui permet de dépouiller considérablement le niveau d'isolation de l'enveloppe.

*NB : La compacité est égale à la surface déperditive totale de l'enveloppe divisée par le volume habitable.*

L'étude montre que le niveau de Bbio max moyen actuel fixé à 60 points est facilement atteignable. De plus, ce faible niveau d'exigence engendre une dégradation importante de la performance thermique de l'enveloppe des bâtiments.

En conséquence, il serait pertinent de fixer le niveau de Bbio max moyen à 50 points tout en introduisant également un coefficient de modulation sur la compacité :

$$\text{En logements : Bbio max} = 50 \times \text{Mbcomp} \times (\text{Mbgéo} + \text{Mbalt} + \text{Mbsurf})$$

→ Si cette proposition devait être mise en œuvre, le calage des valeurs de ce nouveau coefficient Bbio max moyen et des valeurs de « Mbcomp associées » devrait faire l'objet de simulations complémentaires.

Dans ce cas, le coefficient « Mbcomp » pourrait prendre les valeurs suivantes :

Compacité (surfaces déperditives totales / volume habitable)	compacité > 0,8	0,8 ≥ compacité > 0,55	0,55 ≥ compacité > 0,45	0,45 ≥ compacité > 0,35	0,35 ≥ compacité
Mbcomp	1	0,8	0,7	0,6	0,5

Illustration des effets induits par cette proposition sur les performances de l'enveloppe des bâtiments de logements :

### Bbio max moyen fixé à 50 points au lieu de 60 et introduction de la modulation du Bbio max sur la compacité

Maisons : gaz individuel + ECS solaire thermique Immeubles : gaz collectif	MI 100 m <sup>2</sup>	MI 122 m <sup>2</sup>	IC R+4/R+5	IC R+5
Zone climatique	H1a			
<i>Cep max RT 2012 (kWhEP/(m<sup>2</sup>SHON.an))</i>	61,2	58,9	71,9	90,5
<b>Cep RT 2012 (kWhEP/(m<sup>2</sup>SHON.an))</b>	<b>40,8</b>	<b>41,3</b>	<b>50,6</b>	<b>75,5</b>
<b>Cep max - X %</b>	<b>33%</b>	<b>30%</b>	<b>30%</b>	<b>17%</b>
<i>Bbio max</i>	60,8	58,4	42	43,6
<b>Bbio</b>	<b>60,1</b>	<b>58,5</b>	<b>41,7</b>	<b>43,5</b>
<b>Bbio max - X %</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>
<i>Mbcomp</i>	1,0	1,0	0,7	0,7

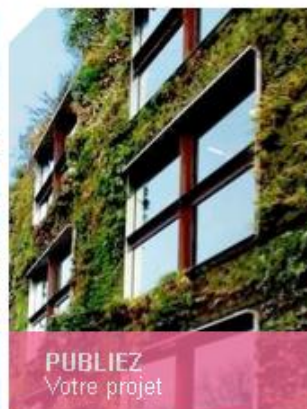
NB : performance thermique de l'enveloppe correspondante :

<b>Prestations d'enveloppe</b>	Murs : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5 / Up=0,2	Rp=5,6 / Up=0,18
	Toiture : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=10 / Up=0,1	Rp=6,7 / Up=0,15	Rp=10 / Up=0,1	Rp=10 / Up=0,1
	Plancher bas : Rp (m <sup>2</sup> .K/W) / Up (W/(m <sup>2</sup> .K))	Rp=4,6 / Up=0,22	Rp=4 / Up=0,25	Rp=5,6 / Up=0,18	Rp=5,6 / Up=0,18
	Fenêtres : Uw (W/(m <sup>2</sup> .K))	1,6	1,6	1,4	1,4
	Perméabilité à l'air (m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> ))	0,6	0,6	1	1
<b>Ubat (W/(m<sup>2</sup>.K))</b>	<b>0,29</b>	<b>0,34</b>	<b>0,62</b>	<b>0,55</b>	

Indicateur RT 2012 atteint en premier (Bbio max ou Cep max)







## ETUDE DES PROJETS EFFINERGIE+, BBC-EFFINERGIE ET BBC- EFFINERGIE PAR APPLICATION ANTICIPEE DE LA RT2012.

Cette étude, destinée au bureau d'étude Tribu Energie, a pour objectifs de présenter les caractéristiques techniques des différents projets analysés par l'Observatoire BBC. Elle se focalise principalement sur la performance de l'enveloppe des bâtiments et apporte un éclairage sur les modes constructifs, équipements et performances énergétiques des projets référencés.



## Sommaire

Confidentialité.....	4
Les enseignements.....	5
La maison individuelle : .....	6
L'échantillon de l'étude .....	6
L'enveloppe: .....	6
A. <i>Le coefficient Bbio</i> .....	7
B. <i>Le Coefficient Ubat</i> .....	8
C. <i>Les résistances thermiques</i> .....	9
D. <i>L'étanchéité à l'air</i> .....	10
E. <i>Les pertes thermiques</i> .....	10
F. <i>Le descriptif de l'enveloppe</i> .....	11
La consommation énergétique .....	11
Le logement collectif.....	12
L'échantillon de l'étude .....	12
L'enveloppe .....	12
A. <i>Le coefficient Bbio</i> .....	12
B. <i>Le Coefficient Ubat</i> .....	14
C. <i>L'étanchéité à l'air</i> .....	15
D. <i>Les pertes thermiques</i> .....	15
E. <i>Les résistances thermiques</i> .....	15
F. <i>Le descriptif de l'enveloppe</i> .....	16
La consommation énergétique .....	16
Les différentes configurations.....	17



# Confidentialité

Ce rapport est destiné à la société Tribu Energie

Ce document est confidentiel et ne peut être utilisé pour une communication publique.

Ce document confidentiel a été communiqué à :

- *Nathalie Tchang – Tribu Energie*
- *Yann DERVYN – EFFINERGIE*
- *Sébastien DELMAS – EFFINERGIE*
- *Sébastien LEFEUVRE - EFFINERGIE*

# Les enseignements

Cette étude est basée sur des échantillons de tailles différentes. Elle est le résultat d'une photographie à instant donné de la construction des bâtiments, notamment en Effinergie+.

## Premier enseignement : Le niveau du Bbio

Les projets BBC-Effinergie sur la période 2011-2012 (par application anticipée de la RT2012) semblent avoir un Bbio moyen au niveau de l'exigence du label Effinergie+ (Bbio de l'ordre de 55 points). En parallèle, les Maîtres d'Ouvrages, qui s'engagent dans une certification Effinergie+, ont pour objectif d'optimiser la conception bioclimatique du bâtiment et obtiennent un Bbio qui va au-delà de l'exigence du label Effinergie+ (Bbio de l'ordre de 45 points). L'étude met également en évidence une corrélation entre le niveau du Bbio et la compacité du bâtiment en immeubles collectifs.

## Deuxième enseignement : Vers une dégradation de l'enveloppe?

En maisons individuelles, une analyse des projets BBC-Effinergie, par application anticipée de la RT2012, entre 2012 et 2014, semble mettre en lumière une dégradation du Bbio. En parallèle, les déperditions (Ubat) des projets BBC-Effinergie se sont aussi dégradées sur cette période.

En résidentiel, les résistances des parois des projets Effinergie+ sont plus importantes que celles des projets BBC-Effinergie. Par ailleurs, elles sont proches (en individuel) ou meilleures (collectif) que celles identifiées dans les projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012.

Dans le logement individuel, les projets BBC-Effinergie et BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 (premiers projets RT2012) semblent présenter des résistances de parois supérieures à celles identifiées dans les projets RT2012<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Source : Données issues de l'étude publiée par l'UMF (50 000 études dans le secteur individuel) et du site [www.observatoire-rt-2012.com](http://www.observatoire-rt-2012.com)



## La maison individuelle :



### L'échantillon de l'étude

---

Cette étude est basée sur des échantillons différents :

- Echantillon BBC-Effinergie : 9965 maisons individuelles ayant déposé un dossier de certification BBC-Effinergie chez Céquami. Cet échantillon représente 22% des projets certifiés en France
- Echantillon BBC-Effinergie RT2012 : 213 projets ayant déposé une demande de certification BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 chez Céquami. Cet échantillon représente 60% des projets certifiés par anticipation en France
- Echantillon Effinergie+ : 31 projets en cours de certification Effinergie+. Il représente 98% des projets en cours de certification en France
- Echantillon RT2012 : 52 039 études thermiques issues de trois bureaux d'études thermiques (source UMF) et 11 493 études thermiques issues du site observatoire.rt-2012.com

### L'enveloppe:

---

L'objectif de ce chapitre est de présenter un état des lieux de la performance de l'enveloppe des bâtiments Effinergie+, BBC-Effinergie par application anticipée et BBC-Effinergie suivant les paramètres suivants :

- Le bbio
- Le Ubat
- Les résistances des parois
- L'étanchéité à l'air
- Les ponts thermiques

## A. Le coefficient Bbio

Le Bbio moyen pour les [projets BBC par application anticipée de la RT2012](#) (données certificateurs : 213 projets) est de 55.5. Le gain moyen est de 22% par rapport au Bbio max réglementaire

Bbio	Nb projet	Bbio Projet	Gain
<b>H1a</b>	83	54.4	-25.9%
<b>H1b</b>	36	68.2	-20.5%
<b>H1c</b>	20	70.1	-9.9%
<b>H2a</b>	9	53.8	-23.5%
<b>H2b</b>	37	52.4	-27.9%
<b>H2c</b>	9	48.6	-10.9%
<b>H2d</b>	37	48.5	-17.1%
<b>H3</b>	8	28.4	-26.3%
<b>Total</b>	<b>213</b>	<b>55.5</b>	<b>-22%</b>

**Premier enseignement** : les projets BBC par application anticipée de la RT2012 semblent avoir un Bbio moyen au niveau de l'exigence du label Effinergie+ (-20%).

**Deuxième enseignement** : On peut constater que le niveau de performance du Bbio et le gain sur le Bbio max réglementaire évoluent en fonction de la zone climatique. Le gain est plus faible en zone H1c et H2c. Par ailleurs, les projets en zone H3 ont un Bbio bien inférieur aux autres zones climatiques. Cette interprétation est à valider sur un nombre plus important de projets.

Une analyse par énergie de chauffage, toutes zones climatiques confondues, révèle que le Bbio des maisons individuelles chauffées à l'électricité (Bbio élec) semble être meilleure que le Bbio des maisons chauffées au gaz (Bbio gaz)

Bbio	Nb projet	Bbio Projet	Gain
<b>Bois</b>	22	64.7	-14.5%
<b>Electricité</b>	57	50.4	-21.9%
<b>Gaz</b>	111	57.7	-22,1%
<b>Propane</b>	23	53.6	-35,4%
<b>Total</b>	<b>213</b>	<b>55.5</b>	<b>-22%</b>

Une analyse par zone climatique confirme ce résultat. En effet, le Bbio élec est meilleur dans les zones H1b, H1c, H2a, H2b et H3 que le Bbio gaz. Enfin, le Bbio gaz est meilleur en zone H1a, H2c et H2d.

En parallèle, les [projets Effinergie+](#) (données Observatoire BBC : 31 projets), ont un Bbio moyen de 45,5 pts et un gain moyen de 30% par rapport au Bbiomax de la RT2012.

**Troisième enseignement** : Les Maître d'Ouvrage, qui s'engagent dans une certification Effinergie+, ont pour objectif d'optimiser la conception bioclimatique du bâtiment et obtiennent un Bbio qui va au-delà de l'exigence du label Effinergie+ (Gain de - 30% pour un objectif de -20%)

Enfin, le tableau ci-dessous compare les projets RT2012, Effinergie+ et BBC-Effinergie par anticipation de la RT2012. Pour mémoire, les résultats des projets RT2012 sont issus de deux sources différentes : site Observatoire RT2012 ([observatoire.rt-2012.com](http://observatoire.rt-2012.com)) et la synthèse de l'étude réalisée par l'UMF présentée le 4 septembre au GT6.

Bbio	Effinergie+ (n=31)	BBC RT2012 (n=213)	Observatoire RT2012	RT2012 (UMF)
<b>Bbio projet</b>	45.5	55.5	46.1	Non connu
<b>Bbio max</b>	65.8	71	64.5	Non connu
<b>Gain (%)</b>	-30%	-22%	-28%	-5 à -10%
<b>Gain (pts)</b>	-20 pts	-16 pts	-18pts	Non connu

**Quatrième enseignement :** Les projets Effinergie+ ont un Bbio plus performant que les projets BBC-Effinergie par application de la RT2012.

**Interrogations :** Suivant les sources des projets réglementaires, l'analyse des résultats diffère. En effet, d'après le site Observatoire RT2012, cette source, le Bbio moyen des projets réglementaires est au niveau des projets Effinergie+ avec un gain de l'ordre de 28%. A contrario, l'étude proposée par l'UMF met en avant un gain du Bbio de l'ordre de 5% à 10%.

**Cinquième enseignement :** Enfin, une étude par année de demandes de certification semble mettre en lumière une dégradation du Bbio entre les années 2012 et 2014 pour les projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012.

Bbio	Nb projets	Bbio BBC-RT2012
<b>2012</b>	47	51
<b>2013</b>	126	56
<b>2014</b>	39	59,6

## B. Le Coefficient Ubat

Le coefficient Ubat moyen est de 0,322 W/(m<sup>2</sup>.K) pour les projets BBC-Effinergie (Données Observatoire : 9965 projets). On constate que ce coefficient est supérieur à la moyenne nationale en zone H3 et H2a. Par ailleurs, les gains par rapport au Ubat Ref sont relativement similaires quelque soit la zone climatique.

Ubat	Nb projet (n=9965)	Ubat	Gain
<b>H1a</b>	3250	0.308	37.2%
<b>H1b</b>	1124	0.306	36.3%
<b>H1c</b>	939	0.330	30.7%
<b>H2a</b>	544	0.355	28.9%
<b>H2b</b>	2091	0.326	29%
<b>H2c</b>	848	0.304	30.7%
<b>H2b</b>	193	0.319	30%
<b>H3</b>	975	0.364	33.8%
<b>Total</b>	<b>9964</b>	<b>0.322</b>	<b>33.2%</b>

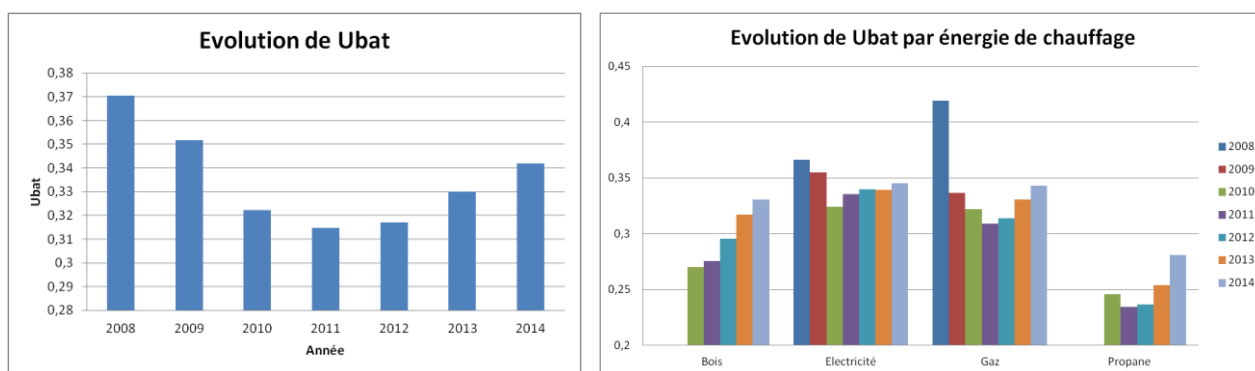
**Premier enseignement :** les projets BBC-Effinergie ont un Ubat relativement constant quelque soit la zone climatique : 16% de différence entre la zone H1b et H3.

Le tableau suivant illustre les niveaux de Ubat par énergie de chauffage

Ubat	Nb projet	Ubat Projet	Gain
<b>Bois</b>	959	0.301	38,1%
<b>Electricité</b>	4307	0.336	29.8%
<b>Gaz</b>	4277	0.320	34.2%
<b>Propane</b>	421	0.239	49.5%
<b>Total</b>	<b>9964</b>	<b>0.322</b>	<b>33.2%</b>

**Deuxième enseignement** : On peut constater que le niveau moyen de Ubat des projets BBC-Effinergie a évolué au fil des années. L'année mentionnée dans le graphique est l'année de demande de certification.

Après une première phase d'amélioration continue (2008 – 2011), les projets se sont dégradés de 2012 à 2014. Le gain de 15%, observé durant la période 2008-2011, s'est réduit de près de 8% entre 2011 et 2014.



On constate une dégradation constante du coefficient Ubat pour les projets chauffés au Bois depuis 2010. Pour les autres énergies, la dégradation du Ubat apparaît à compter de 2011. Elle est plus importante pour les projets chauffés au gaz qu'à l'électricité. Par ailleurs, à compter de 2011, le nombre de dépôt de certification de maisons individuelles chauffées au gaz devient plus important que le nombre de maisons chauffées à l'électricité.

### C. Les résistances thermiques

Le tableau suivant résume les résistances thermiques étudiées sur les différents projets

Résistance thermique	BBC-Effinergie (n=268)	BBC-RT2012 (n=30)	Effinergie+ (n=35)	RT2012 – UMF (n=52000)	RT2012 Observatoire RT2012 (n=11000)
<b>Murs – A1</b>	4.1	4.7	4.7	3,5 à 4	3.3
<b>Toiture – A2</b>	7	8.1	8.3	Non connu	6.6
<b>Toiture – A3</b>	6.7	8.2	8.2	Non connu	
<b>Plancher – A4 TP</b>	4.6	5.3	5.1	4.3 à 5.3	3
<b>Plancher – A4 VS</b>	4.95	5.3	6.53		
<b>Baies – A6</b>	1.56	1.6	1.46	Non connu	Non connu

**Premier enseignement** : Les résistances des parois des projets Effinergie+ sont plus importantes que celles des projets BBC-Effinergie (13% à 16% en A1 et A2, 23% en A4).

**Deuxième enseignement** : Les résistances des parois des projets Effinergie+ et BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 semblent relativement similaires, alors que leurs Bbio sont différents. D'autres facteurs doivent être identifiés pour expliquer cet écart.

**Troisième enseignement** : Les résistances des parois des projets réglementaires sont inférieures aux projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012, notamment en A1 (15 à 24%) et en A2/A3 (-18%).

### D. L'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air des projets BBC-Effinergie et BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 sont logiquement similaires. Elle est de l'ordre de  $0,395 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$

Les premiers projets Effinergie+ présentent une perméabilité à l'air de  $0.283 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ , soit un gain de 28% par rapport aux projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 et BBC-Effinergie

### E. Les pertes thermiques

Le tableau ci-dessous résume les performances liées aux pertes thermiques par parois suivant les différents projets. Les données sont issues d'études thermiques référencées dans l'Observatoire BBC.

Pertes thermiques	BBC-Effinergie (n=268)	BBC-RT2012 (n=30)	Effinergie+ (n=35)
<b>Murs</b>	32.3	32.3	27.5
<b>Plancher bas</b>	21.6	22.4	17.5
<b>Toiture</b>	15.1	14.3	12.7
<b>Baies</b>	44.7	42.5	36.7
<b>Ponts Thermiques</b>	21.7	26.1	16.7
<b>Pertes Totales</b>	128.6	137.8	110.7
<b>% Ponts thermiques</b>	12.7%	14.2%	14.5%

**Premier enseignement** : Les pertes sont principalement issues des baies (30% à 33%) et les murs (23%) quelque soit le type de projets.

**Deuxième enseignement** : Les projets Effinergie+ ont un niveau de pertes thermiques totales plus faible (-19.6%) que les projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012. Ce résultat est cohérent avec la différence de Bbio observée précédemment.

Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 14% en Effinergie+ (30 projets issus de l'Observatoire BBC) et pour les projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012. (35 projets issus de l'Observatoire BBC). Il était de 12,7% pour les projets BBC-Effinergie (268 projets issus de l'Observatoire BBC).

**Troisième enseignement** : le Ratio Psi des projets Effinergie+ et BBC-Effinergie par application de la RT2012 sont identiques (0,11). Par contre, on constate un écart significatif pour la valeur moyenne Psi9 de ces projets. Sur l'échantillon étudié, on constate que les projets BBC-Effinergie par application anticipée sont principalement isolés par l'intérieur (75% ITI et 16% ITE), alors les projets Effinergie+ étudiés présentent un taux plus important de projets isolés par l'extérieur (35% ITI et 40% ITE, 10% ITI+ITE), favorisant un Psi 9 plus faible.

	BBC-Effinergie (n=268)	BBC-RT2012 (n=30)	Effinergie+ (n=35)
<b>Ratio Psi</b>	Non connu	0.11	0.10
<b>Psi 9</b>	Non connu	0.383	0.227

## F. Le descriptif de l'enveloppe

### Systèmes constructifs et matériaux

Les maisons individuelles sont principalement construites en briques ou parpaings en BBC-Effinergie et en BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012. Sur les premières maisons individuelles Effinergie+, on constate que le parpaing est mis en œuvre dans 60% des projets. La brique ne représente plus que 23%. L'Ossature bois est à 11%.

### Isolation

Les murs extérieurs sont isolés principalement avec de la laine minérale (62%) et du plastique alvéolaire (35% - majoritairement du polystyrène expansé)

Les toitures des maisons individuelles sont principalement en combles (41%) et en rampants (24%). Les toitures légères et les bac aciers représentent 24% des projets. L'ensemble des toitures est très majoritairement isolé avec de la laine minérale. Ces maisons sont construites sur vide sanitaire (59%) ou terre plein (31%).

### Vitrages

Comme en BBC-Effinergie, deux technologies représentent 80% des solutions proposées pour les baies vitrées (PVC : 50% et Aluminium à rupteurs de ponts thermiques : 30%). On constate que les menuiseries en bois sont plus souvent installées dans le cadre de projets lauréats que dans le cadre d'une certification. Par ailleurs, le triple vitrage demeure minoritaire (11%). La surface vitrée représente plus de 21% de la surface habitable. Elle était de 18% pour les maisons BBC-Effinergie

## F. La consommation énergétique

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la consommation énergétique des bâtiments BBC-Effinergie, BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 et Effinergie+

Les projets BBC-Effinergie ont un niveau de consommation énergétique de 50.7 kWhep/m<sup>2</sup>.SHON.

Les projets Effinergie+ ont une consommation moyenne, hors production locale d'électricité, de 41 kWhep/m<sup>2</sup>.SHON, soit un gain de 27.8% par rapport à l'exigence réglementaire. Le nombre de projets (19) ne permet pas de faire une analyse par zone climatique.

Le tableau ci-dessous donne le niveau de consommation et l'écart au label (en % et kWhep/m<sup>2</sup>.SHON) par zone climatique pour les maisons individuelles certifiées BBC-Effinergie par anticipation de la RT2012

F.

Zone Climatique	Nombre Projets	Cep Projet	Ecart au label*	Gain (%)
H1a	85	54.3	10.2	16
H1b	34	59.1	8.3	12.8
H1c	20	60.8	13	12
H2a	8	51.2	5.6	9.9
H2b	36	51.4	5.8	11
H2c	9	48.3	4.3	8.1
H2d	8	49.4	7.25	13.5
H3	11	39	4.2	10.1
<b>Total</b>	<b>211</b>	<b>53.8</b>	<b>8.6</b>	<b>13.3</b>

\*en kWhep/m<sup>2</sup>.SHON



# Le logement collectif



## L'échantillon de l'étude

Cette étude est basée sur des échantillons différents :

- Echantillon BBC-Effinergie RT2012 : 32 projets étudiés dans le cadre de l'Observatoire BBC
- Echantillon Effinergie+ : 31 projets en cours de certification Effinergie et étudiés dans le cadre de l'Observatoire BBC
- Echantillon BBC-Effinergie : 193 bâtiments – 107 projets étudiés dans le cadre de l'Observatoire BBC

## L'enveloppe

L'objectif de ce chapitre est de présenter un état des lieux de la performance de l'enveloppe des bâtiments Effinergie+, BBC-Effinergie par application anticipée et BBC-Effinergie suivant les paramètres suivants :

- Le bbio
- Le Ubat
- L'étanchéité à l'air
- Les ponts thermiques
- Les résistances des parois

### A. Le coefficient Bbio

Le Bbio moyen pour les projets BBC par application anticipée de la RT2012 est de 55.3 Le gain moyen est de 20.4%.

Bbio	Nb projet	Bbio Projet	Gain
<b>H1a</b>	12	58.9	-18.6%-
<b>H1b</b>	7	70.5	-15.9%
<b>H1c</b>	2	51.3	-35.6%
<b>H2a</b>	1	19.1	-25.6%
<b>H2b</b>	2	44.45	-25.8%
<b>H2c</b>	5	47	-12.9%
<b>H2d</b>	-	-	-
<b>H3</b>	3	31.2	-35.1%
<b>Total</b>	<b>32</b>	<b>55.3</b>	<b>20.4</b>

**Premier enseignement** : les projets BBC par application anticipée de la RT2012 semblent avoir un gain de Bbio par rapport au Bbio max réglementaire proche de l'exigence du label Effinergie+ (-20.4% pour une exigence à -20%).

**Deuxième enseignement** :

L'analyse par zone climatique est donnée à titre indicatif car le nombre de projets n'est pas suffisant pour réaliser des statistiques. Cependant, comme en maisons individuelles, on peut constater que le niveau de performance du Bbio et le gain sur le Bbio max évoluent en fonction de la zone climatique. Le gain est plus faible en zone H2c

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de Bbio par énergie de chauffage.

Bbio	Nb projet	Bbio Projet	Gain (%)
<b>Gaz</b>	20	58.4	19.8
<b>Réseau de chaleur</b>	9	52.4	19.3
<b>Thermodynamique</b>	1	63	12.3
<b>Effet Joule</b>	1	18	57.1
<b>Total</b>	<b>55.3</b>	<b>69.1</b>	<b>20.4</b>

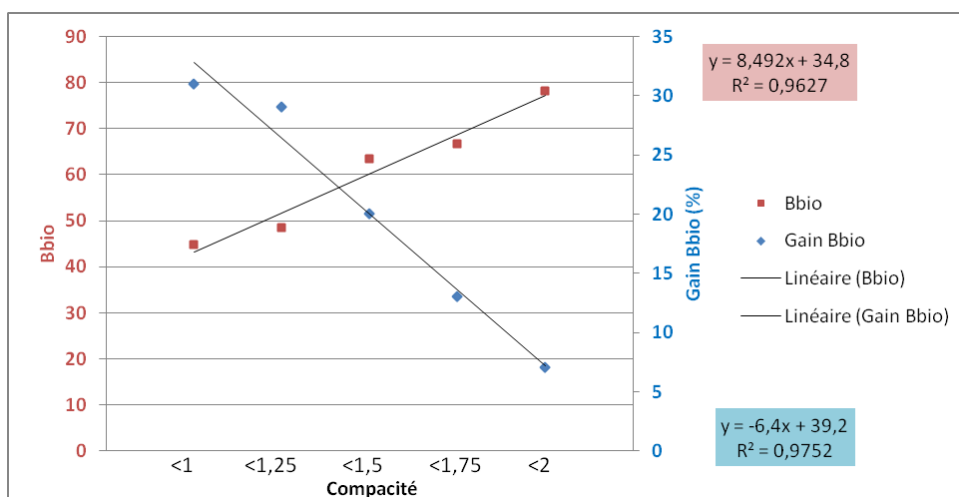
En parallèle, les **projets Effinergie+** ont un Bbio moyen de 44.8 pts et un gain moyen de 36% par rapport au Bbiomax de la RT2012.

**Troisième enseignement** : Comme en maisons individuelles en secteur diffus, les Maître d'Ouvrage, qui s'engagent dans une certification Effinergie+, ont pour objectif d'optimiser la conception bioclimatique du bâtiment et obtiennent un Bbio qui va au-delà de l'exigence du label Effinergie+ (Gain de - 35.7% pour un objectif de -20%)

Bbio	Effinergie+ (n=23)	BBC RT2012 (n=32)
Bbio projet	44.8	55.3
Bbio max	69.1	69.1
Gain (%)	35.7	20.4
Gain (pts)	24.3	13.8



**Quatrième enseignement** : Une étude sur l'ensemble des projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 met en évidence une corrélation entre le Bbio ou le gain du Bbio et la compacité.



Enfin, on constate une légère dégradation du Bbio entre 2013 et 2014 pour les logements collectifs étant certifiés BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 et les projets Effinergie+. Cependant, la taille de l'échantillon ne permet pas de valider définitivement cette tendance. Elle devra être confirmée sur un plus grand nombre de projets.

Année de construction	Effinergie+	BBC RT2012
<b>2013</b>	41.1	52.8
<b>2014</b>	48.2	55.3

## B. Le Coefficient Ubat

Le coefficient Ubat moyen est de 0,47W/(m².K) pour les projets BBC-Effinergie

Ubat	Ubat	Gain (%)
<b>H1a</b>	0.52	21.7
<b>H1b</b>	0.41	33.1
<b>H1c</b>	0.46	29.4
<b>H2a</b>	0.43	29.3
<b>H2b</b>	0.47	26.6
<b>H2c</b>	0.5	21.7
<b>H2d</b>	0.47	30.3
<b>H3</b>	0.56	19.3
<b>Total</b>	<b>0.47</b>	

### C. L'étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air des projets BBC-Effinergie et BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 sont logiquement similaires. Elle est de l'ordre de  $0,62 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$

A ce jour, l'Observatoire BBC n'a pas de retour sur la perméabilité des projets Effinergie+

### D. Les pertes thermiques

Le tableau ci-dessous résume les performances liées aux pertes thermiques par parois suivant les différents projets.

Pertes thermiques	BBC-Effinergie	BBC-RT2012 (n=32)	Effinergie+ (n=23)
<b>Murs</b>		252	267
<b>Plancher bas</b>		72	71
<b>Toiture</b>		55	53
<b>Baies</b>		341	332
<b>Ponts Thermiques</b>		284	262
<b>Pertes Totales</b>		1002	985
<b>% Ponts thermiques</b>	24.3%	28%	27%

**Premier enseignement** : Les pertes sont principalement issues des baies (35%). Les murs (25%) et les ponts thermiques (24% en Effinergie+ et à 28% en BBC par application anticipée de la RT2012) sont les deux autres postes de déperditions. Le pourcentage moyen des pertes par ponts thermiques par rapport aux déperditions totales est de l'ordre de 24% en BBC-Effinergie.

**Deuxième enseignement** : le Ratio Psi des projets Effinergie+ et BBC-Effinergie par application de la RT2012 sont proches (0,14 en Effinergie+ et 0,187 en BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012). Par contre, on constate un écart significatif pour la valeur moyenne Psi9 de ces projets.

	BBC-RT2012 (n=32)	Effinergie+ (n=23)
<b>Ratio Psi</b>	0.187	0.143
<b>Psi 9</b>	0.381	0.275

### E. Les résistances thermiques

Le tableau suivant résume les résistances thermiques étudiées sur les différents projets

Résistance thermique	BBC-Effinergie (n=268)	BBC-RT2012 (n=32)	Effinergie+ (n=23)
<b>Murs – A1</b>	4	3.75	5
<b>Toiture – A2</b>	7.1	7	
<b>Toiture – A3</b>	6.1	6.4	7.4
<b>Plancher – A4 TP</b>	5.1		5.5

<b>Plancher – A4 VS</b>	4.2	5.2	5
<b>Baies – A6</b>	1.36	1.29	1.22

**Premier enseignement** : On constate une augmentation de la résistance des parois pour les projets Effinergie+ notamment pour les toitures (+17%) et sur les planchers bas sur vide sanitaire par rapport aux projets BBC-Effinergie. De même, les projets Effinergie+ ont des résistances de parois supérieures aux projets BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012.

## **F. Le descriptif de l'enveloppe**

### **Systemes constructifs et matériaux**

Les logements collectifs sont principalement en béton que ce soit en Effinergie+, BBC-Effinergie ou BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012.

D'après le rapport produit par Cerqual « Tendances Constructives en 2014 » publié en Juillet 2014, le nombre de projet avec une isolation thermique par l'extérieur (ITE), qui était encore majoritaire fin 2011 dans les opérations BBC Effinergie, a « entamé une baisse dès 2012, pour devenir minoritaire en 2013 au bénéfice de l'isolation par l'intérieur (ITI). Les Maîtres d'Ouvrage reviennent à des modes constructifs plus classiques et mieux maîtrisés en privilégiant l'ITI, associée à des rupteurs de ponts thermiques performants. La RT 2012 a confirmé ce choix, assez nettement, avec plus de 60% des opérations ». Cette tendance est aussi observée dans les projets analysés par l'Observatoire BBC.

### **Isolation**

Les isolants principalement utilisés sont la laine minérale et le plastique alvéolaire. Cette clé de répartition est liée au système constructif mis en œuvre.

Les toitures terrasses sont majoritaires dans les projets de logements collectifs. Elles sont associées à une isolation avec du plastique alvéolaire ou de la laine minérale. Dans le cas de toiture sous combles (33%), la laine minérale est l'isolant le plus utilisé.

Ces logements collectifs sont construits sur différents types de planchers : des terre-pleins (29%), vides sanitaires (29%) et des parkings (21%).

### **Vitrages**

Les menuiseries en PVC prédominent sur le marché des logements collectifs. Les baies sont principalement des doubles vitrages 4/16/4 avec une lame d'argon et vitrages peu émissifs.

Des menuiseries en bois sont installées dans 17% des projets. Les menuiseries en aluminium à rupteurs de ponts thermiques représentent 8% des fenêtres posées, au même titre que les menuiseries mixtes bois/aluminium.

## **La consommation énergétique**

L'objectif de ce chapitre est d'étudier la consommation énergétique des bâtiments BBC-Effinergie, BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012 et Effinergie+

Les projets **BBC-Effinergie** ont un niveau de consommation énergétique de 52.6 kWh/m<sup>2</sup>.SHON.

Les projets **BBC-Effinergie** par application anticipée de la RT2012 ont un niveau de consommation énergétique de 64.4 kWh/m<sup>2</sup>.SHON, soit un gain de 12% par rapport à l'exigence réglementaire.

Les projets **Effinergie+** ont une consommation moyenne, hors production locale d'électricité, de 49 kWh/m<sup>2</sup>.SHON, soit un gain de 32.8% par rapport à l'exigence réglementaire. Le nombre de projets (23) ne permet pas de faire une analyse par zone climatique.

## Les différentes configurations

Le tableau ci-dessous a pour objectif de présenter les caractéristiques moyennes de 20 bâtiments collectifs certifiés BBC-Effinergie par application anticipée de la RT2012.

- 10 bâtiments collectifs ayant le gain Bbio le moins performant
- 10 bâtiments collectifs ayant le meilleur gain Bbio

	Gain Bbio et Bbio les moins performants	Gain Bbio et Bbio les plus performants
<b>Surface</b>	1733	1647
<b>Nb logements</b>	25	20
<b>Shon/Shab</b>	1,19	1,31
<b>Compacité</b>	1,27	1,32
<b>Isolation</b>	100% ITI	60% ITI - 30% ITE - 10% OSB
<b>Toiture</b>	70% T.Terrasse - 30% Combles	60% Combles - 40% Terrasses
<b>Baies</b>	70% PVC	70% PVC
<b>Energie Chauffage</b>	60% Gaz - 40% Réseau	70% Gaz - 20% Réseau - 10% Effet joule
<b>A1</b>	2,23	4,83
<b>A2</b>	5,90	7,24
<b>A3</b>	6,67	5,75
<b>A4</b>	3,63	5,55
<b>A6</b>	1,42	1,19
<b>% Surface vitrée</b>	22,11	19,60
<b>Orientation Baies</b>	60% sur les 4 faces	50% sur les 4 faces
<b>% Surface Sud</b>	46,00	58,00
<b>% Surface Nord</b>	18,00	20,60
<b>% Surface Est</b>	20,00	6,70
<b>% Surface Ouest</b>	16,50	14,00
<b>Pertes totales/Shon</b>	0,68	0,56
<b>Poids des pertes par ponts thermiques</b>	33,60	27,50
<b>Ratio Psi</b>	0,23	0,16
<b>Bbio</b>	65,50	39,23
<b>Bbio max</b>	68,66	64,21
<b>Gain</b>	5%	39%

Les principaux enseignements :

Les bâtiments avec un Bbio performant semble se caractériser par :

- Une part plus importante d'isolation par l'extérieur
- Des résistances de parois plus importantes
- Une surface vitrée plus faible
- Un pourcentage de surface vitrée exposée à l'Est et à l'Ouest plus faible et une exposition au Sud plus favorable
- Des pertes thermiques de l'enveloppe et un poids des pertes thermiques plus faibles