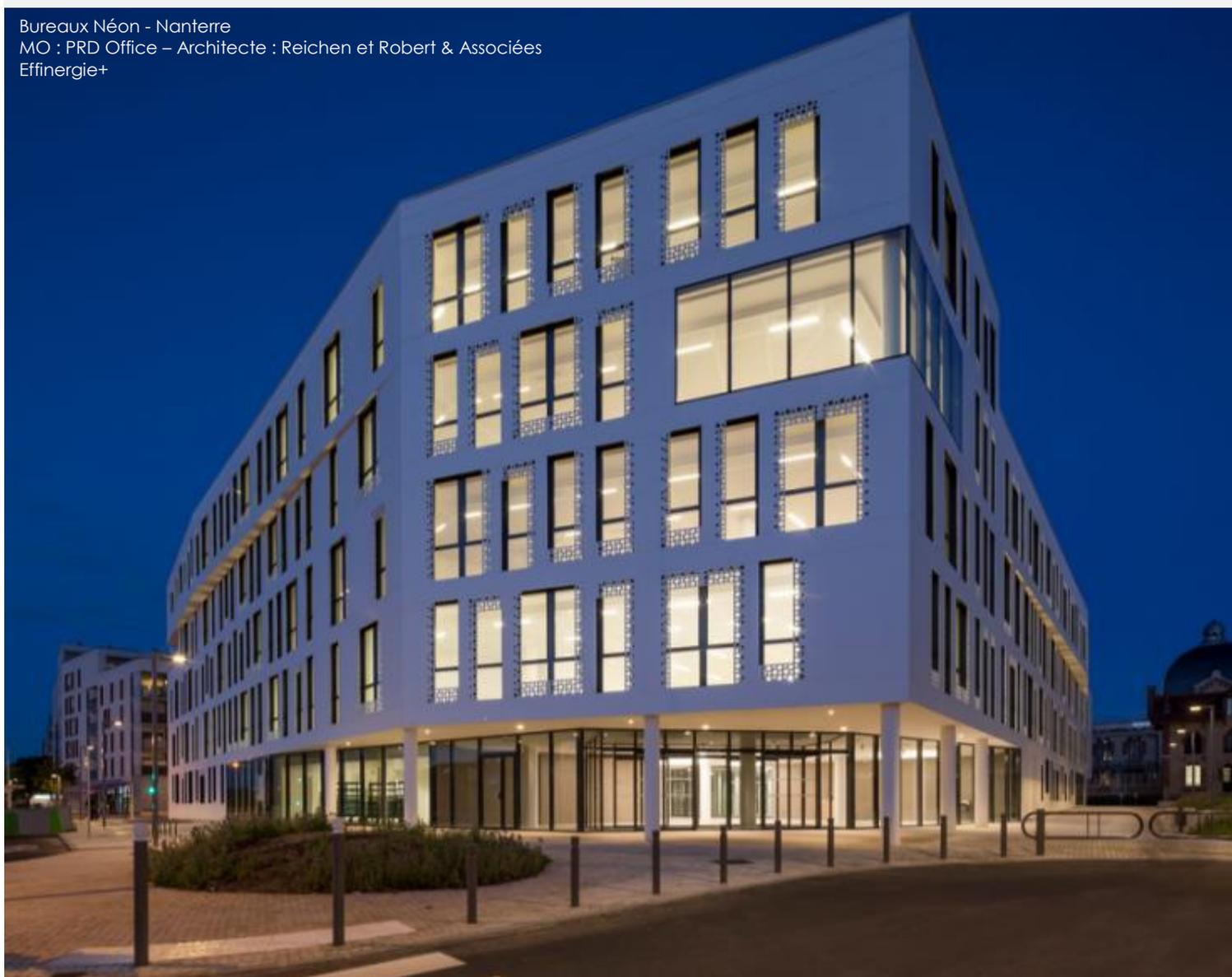

Observatoire BBC

Etude des pratiques RT2012 et des labels Effinergie

Bureaux Néon - Nanterre
MO : PRD Office – Architecte : Reichen et Robert & Associées
Effinergie+



Sommaire

Résumé.....	6
Synthèse des propositions.....	11
Le contexte.....	12
Les maisons individuelles en secteur diffus.....	13
Les logements individuels groupés.....	24
Les logements collectifs.....	32
Le tertiaire.....	45



L'OBSERVATOIRE BBC

Un outil pédagogique 2.0

www.observatoirebbc.fr

Un périmètre

Les projets labélisés Effinergie et lauréats d'appel à projets régionaux pour

- ✓ La construction : Bepos+ Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2017, BBC Effinergie 2017, Bepos Effinergie 2013, Effinergie+ et BBC Effinergie
- ✓ La rénovation : BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Des objectifs

- ✓ Identifier et valoriser les opérations exemplaires
- ✓ Promouvoir les acteurs de la construction et de la rénovation
- ✓ Diffuser du contenu pédagogique
- ✓ Identifier des besoins de formation

Des fonctionnalités

- ✓ Moteur de recherche, géolocalisation, études et statistiques

Des partenaires

- ✓ Le Ministère du Logement
- ✓ L'ADEME
- ✓ Le Collectif Effinergie



L'Observatoire référence

- 1 585 bâtiments référencés dans le neuf
 - 1036 BBC Effinergie
 - 285 Effinergie+
 - 170 Bepos Effinergie 2013
 - 51 BBC Effinergie 2017
 - 36 Bepos Effinergie 2017
 - 5 Bepos+ Effinergie 2017
- 700 bâtiments référencés dans la rénovation
 - 700 BBC Effinergie rénovation et Effinergie rénovation

Résumé

Avant propos

Les objectifs de cette étude consistent à étudier et comparer des projets RT2012, E+C-, Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013, regroupés par typologie de bâtiments et segmentés selon les choix énergétiques. Pour chaque typologie de bâtiment, les paramètres suivants sont étudiés :

- Le coefficient Bbio,
- La consommation conventionnelle d'énergie primaire (Cep),
- Les déperditions du bâtiment par parois et totales,
- Les résistances thermiques des parois opaques,
- Les ponts thermiques : Psi 9 des planchers et Psi global moyen.

Des propositions concrètes sont formulées dans cette étude afin de contribuer à l'amélioration des futures réglementations thermiques et environnementales.

I. La conception bioclimatique – le Bbio

Principaux enseignements

- Le niveau du Bbio max actuel de la RT 2012 (60 points) est très facilement atteint pour l'ensemble des projets étudiés.
- Le Bbio moyen issu du lot RT2012 est inférieur de 20% par rapport à l'exigence réglementaire RT2012 (Bbio max). (Cf. Figure 1).
- Le niveau de Bbio des bâtiments du lot RT2012 varie en fonction des différentes zones climatiques et également par le biais de :
 - la surface des logements,
 - la compacité¹ des bâtiments, notamment en logements collectifs.
- Les Bbio moyens des projets issus du lot E+C- de niveau 1 et dans certains cas de niveau 2, sont moins performants que les Bbio moyens des projets du lot RT2012, en zone H1 et H2.
- Les bâtiments du lot Effinergie+ présentent un Bbio inférieur en moyenne de 30% au Bbio max du lot RT2012, quel que soit le type du bâtiment et la zone climatique.

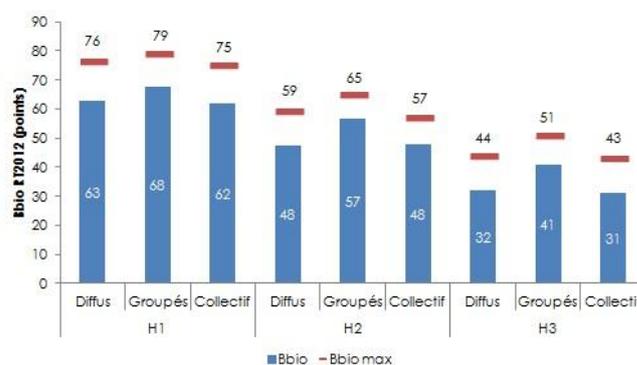


Figure 1 : Présentation des Bbio et Bbio max par zone climatique et typologie de bâtiments pour le lot d'étude RT2012

Propositions :

- Intégrer une modulation du Bbio dans la prochaine réglementation thermique en fonction de la compacité des logements, à l'instar des labels Effinergie 2017, afin de limiter la distorsion actuelle qui permet aux bâtiments les plus compacts de respecter facilement l'exigence Bbiomax avec des niveaux de prestation d'enveloppe moindre. L'objectif est de permettre un rééquilibrage des prestations entre les différents types de bâtiments.
- Revoir l'exigence du Bbio max à 60 points de la RT2012 sur la base des exigences des labels Effinergie, à savoir Bbio max -20%.

¹ La compacité est égale à la surface déperditive divisée par le volume habitable. Plus le facteur est faible, plus le bâtiment a une meilleure compacité.

II. Les déperditions du bâtiment (Ubat)

Principaux enseignements

Type de logements	Zones climatiques	Ubat RT2012 (W/m ² .K)	Ubat Energie 2 (E+C-) (W/m ² .K)	Ubat BBC Effinergie (W/m ² .K)
Maisons Groupées	H1	0,422	0,340	0,344
	H2	0,407	0,362	0,347
Collectifs	H1	0,573	0,489	0,458
	H2	0,557	0,492	0,461

Tableau 1 : Déperditions des bâtiments des lots RT2012, Energie 2 de l'expérimentation E+C- et BBC-Effinergie

- L'enveloppe thermique des projets issus du lot RT2012 est moins performante que celle des projets BBC-Effinergie. Par ailleurs, les déperditions moyennes des bâtiments issus du lot RT2012 sont plus importantes que celles des projets Energie 2 de l'expérimentation E+C-.
- L'absence de prise en compte de la compacité dans le Bbio max de la RT2012 en logements collectifs est un facteur de premier ordre sur le Ubat². En effet, comme le montre la figure 2, les bâtiments les plus compacts ont un Ubat plus élevé tout en respectant facilement les exigences de la réglementation thermique.

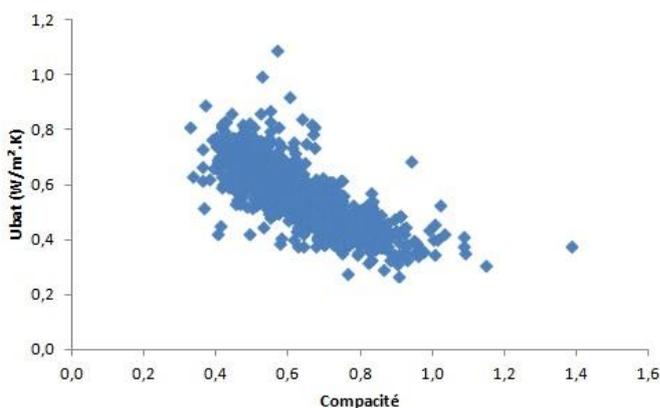


Figure 2 : Corrélation entre la compacité et les déperditions pour les logements collectifs RT2012

III. Les résistances thermiques des parois opaques

Avant-propos :

L'ensemble des résistances thermiques des parois présentées dans ce rapport sont équivalentes à des R_{parois} , soit égales à $1/U_p$, avec comme source les U_p des parois opaques issues des calculs RT2012.

En conséquence, afin d'obtenir le niveau moyen d'isolation par paroi, il faut soustraire l'ensemble des résistances thermiques des éléments qui les composent :

- Les résistances superficielles, issues de la méthode de calcul réglementaires³,
- Les résistances des éléments de structure,
- Les résistances inhérentes aux systèmes d'isolation (plaque de plâtre, lame d'air...).

² Les déperditions théoriques d'un bâtiment par transmission à travers les parois, les baies et les ponts thermiques sont caractérisées par le coefficient moyen de déperdition appelés Ubat, exprimé en W/m².K et déterminé par la méthode de calcul TH-C-E. Plus un Ubat est faible plus le bâtiment est performant.

³ Règles Th-bat - Fascicule généralités - 0,17 m².K/W pour les murs - 0,21 m².K/W pour les planchers bas - 0,14 m².K/W pour les toitures.

Les valeurs de résistances thermiques issues des statistiques des bases de données apparaissent plus élevées que les résistances thermiques des projets actuels. Ceci est dû au fait que la base statistique utilisée comporte des bâtiments conçus au lancement de la RT2012 et correspondent donc au niveau des bâtiments certifiées BBC effinergie période 2009 – 2013.

Principaux enseignements

Niveau de performance des parois projets RT 2012 en zone H1					
Zone Climatique	Nb opérations	Résistance Mur (m ² .K/W)	Résistance Plancher Bas (m ² .K/W)	Résistance Toiture (m ² .K/W)	Baies (Uw Sp)
Maisons Diffus	31089	3,7	3,6	7,2	1,4
Maisons Groupées	245	4,5	4,7	6,8	1,4
Collectifs	773	4,3	4,4	6,2	1,4

Tableau 2 : Résistances thermiques des parois opaques et vitrées des projets du lot RT2012 en zone H1 suivant la typologie de bâtiment

- Les résistances thermiques des parois des projets du lot RT2012 sont moins performantes que celles mises en œuvre dans les projets BBC-Effinergie. Cela est cohérent avec les points précédents (Bbio et Ubat plus élevés en dans les projets du lot RT2012).
- Les résistances thermiques des projets du lot Energie 2 sont relativement proches des résistances observées dans les projets BBC Effinergie,
- Les résistances thermiques des projets du lot Energie 3 sont relativement proches des résistances observées dans les projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013,
- Logiquement, les niveaux de résistances thermiques des parois opaques augmentent avec le niveau énergétique visé.

Accroissement de la performance des résistances des projets Effinergie+ par rapport aux projets RT2012 en zone H1			
Effort (%)	Résistance Mur	Résistance Plancher Bas	Résistance Toiture
Maisons Diffus	+42%	+42%	+0%
Maisons Groupées	+24%	+22%	+36%
Collectifs	+13%	+10%	+13%

Tableau 3 : Comparatif entre les résistances thermiques des projets Effinergie+ et RT2012

La RT 2012 a permis et engendrée une dégradation sensible de la qualité thermique des enveloppes par rapport aux projets BBC-Effinergie. Cette dégradation s'explique avec une valeur de Bbio max de 60 points (sans modulation) au lieu d'un équivalent 50 points pour le label BBC-Effinergie de 2007. Par ailleurs, la dégradation de l'enveloppe se trouve renforcée par l'absence de prise en compte de la compacité.

IV. Les ponts thermiques du bâtiment

Avant-propos :

L'exigence réglementaire sur les ponts thermiques est définie dans l'article 19 de l'arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments : « Le ratio de transmission thermique linéique moyen global, Ratio Psi, des ponts thermiques du bâtiment n'excède pas 0,28 W/(m².K)... De plus, le coefficient de transmission thermique linéique moyen des liaisons entre les planchers intermédiaires et les murs donnant sur l'extérieur ou un local non chauffé, Psi 9, n'excède pas 0,6 W/(ml.K) ».

	Niveau Énergétique	Ratio Psi	Exigence réglementaire	Gain Ratio Psi	Psi 9	Exigence réglementaire	Gain Psi 9
Diffus	Effinergie+	0,093	0,28	66%	0,178	0,6	70%
	RT2012	0,161	0,28	43%	0,339	0,6	44%
Groupés	Effinergie+	0,127	0,28	55%	0,231	0,6	62%
	RT2012	0,196	0,28	30%	0,473	0,6	21%
Collectif	Effinergie+	0,162	0,28	42%	0,343	0,6	43%

Tableau 4 : Présentation des ratio Psi et Psi 9 pour des projets du lot Effinergie + et du lot RT2012, toutes zones climatiques confondues

Principaux enseignements

- Sur l'ensemble des projets étudiés (RT2012, Effinergie, E+C-), les valeurs de Psi global du bâtiment et Psi9 plancher sont bien en deçà des exigences réglementaires. A titre d'exemple, les gains par rapport à l'exigence réglementaire en RT2012 et Effinergie+ sont respectivement :
 - de 30% et 39% pour le Psi Global en zone H1,
 - de 21% et 45% pour le Psi 9 en zone H1.
- Le traitement des ponts thermiques est systématiquement plus performant sur les projets labélisés Effinergie que ceux réalisés au niveau du lot RT2012, quel que soit le type de bâtiment.
- Pour l'ensemble des projets étudiés, les valeurs de Psi global et Psi 9 dépendent du type d'isolation mise en œuvre (extérieure ou intérieure) et du nombre d'étages du bâtiment. La part des déperditions par les ponts thermiques est plus importante dans les logements collectifs (26% des pertes totales) que dans les maisons individuelles en secteur diffus (11% des pertes totales) ou groupées (19% des pertes totales). Le traitement des ponts thermiques est donc un enjeu déterminant pour limiter les déperditions des bâtiments en assurant une homogénéité de l'enveloppe bâtie pendant toute la durée de vie du bâtiment.
- Les niveaux de performance des Psi 9 et Ratio Psi dans les projets du lot RT2012 et du lot Effinergie interrogent sur la bonne prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques étudiées.

Proposition

- Abaisser le niveau d'exigence du Psi max global en dessous de 0,22 W/m².K et conserver le Psi 9 à 0,6 W/ml.K.

V. La consommation énergétique

Principaux enseignements

- Les bâtiments du lot RT2012 atteignent des niveaux de consommation moyens de :
 - 52 kWhep/m².an pour les logements individuels en secteur diffus,
 - 62 kWhep/m².an pour les logements collectifs.

L'écart de consommation entre les logements collectifs et individuels s'explique par la dérogation accordée sur l'exigence de consommation des logements collectifs. En effet, les logements collectifs ont une exigence

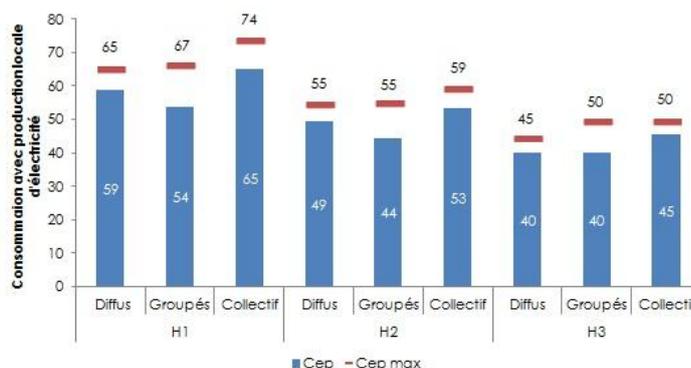


Figure 3: Comparaison des consommations énergétiques (Cep) et des exigences réglementaires (Cep max) par zones climatiques et par typologie de bâtiments pour le lot RT2012

réglementaire (Cep max) de 57,5 kWhep/m².an contre 50 kWhep/m².an pour les logements individuels.

- Le niveau de consommation Cep de l'ensemble des bâtiments étudiés est inférieur de 10% à 20% par rapport à l'exigence réglementaire Cep max.
- Le changement de zone climatique a un fort impact sur le niveau de consommation autorisé.
- Le choix de l'énergie de chauffage, au sein d'une même zone climatique, peut impacter le niveau de consommation de 15% à 30% en secteurs diffus⁴.
- Le niveau de consommation des projets issus du lot Effinergie, par rapport aux projets du lot RT2012, est inférieur de 20% à 30% suivant le type de bâtiments.

Propositions :

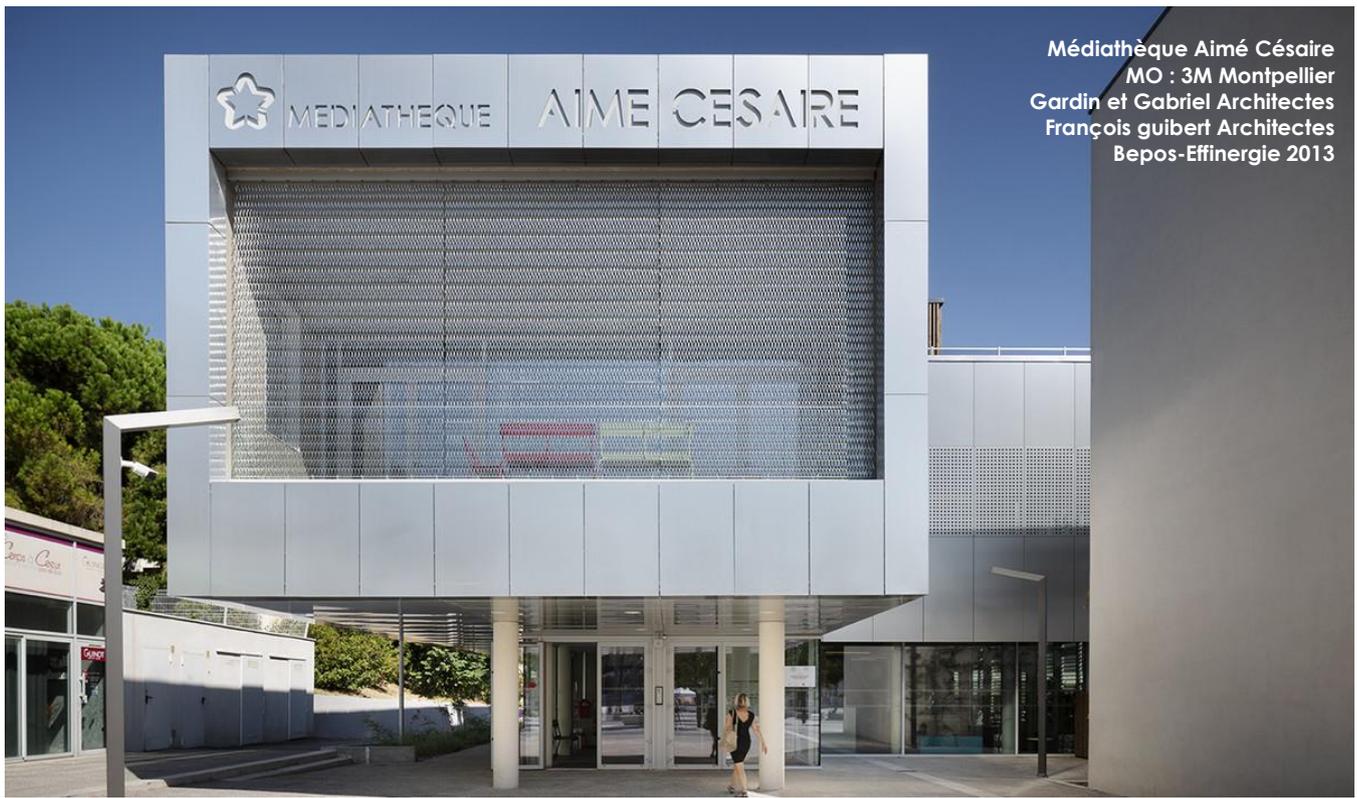
- Annuler les dispositions de l'arrêté du 21 décembre 2017 sur la prorogation de l'exigence moyenne de 57,5 kWhep/m².an en logements collectifs.
- Revoir les niveaux d'exigence pour les logements individuels et tertiaires à l'instar des labels Effinergie, ie :
 - Abaisser l'exigence réglementaire de 20% en résidentiel,
 - Abaisser l'exigence de 20% à 40% en tertiaire suivant l'usage du bâtiment⁵.

⁴ Les bâtiments collectifs et groupés étant chauffés à plus de 90% au gaz sur les échantillons étudiés, l'analyse par énergie de chauffage n'a pas été réalisée

⁵ Référentiel Effinergie+ <https://www.effinergie.org/web/les-labels-ffinergie/le-label-ffinergie-plus>



Synthèse des propositions



La conception bioclimatique – le Bbio

- **Proposition 1** : Intégrer une modulation du Bbio dans la réglementation thermique en fonction de la compacité des logements, à l'instar des labels Effinergie permettant un équilibre des prestations entre les différents types de bâtiments.
- **Proposition 2** : Abaisser l'exigence Bbio max de 20% sur la base des exigences du label Effinergie+.

Les ponts thermiques du bâtiment

- **Proposition 3** : Abaisser le niveau d'exigence du Psi max global en dessous de $0,22 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ et conserver le Psi 9 à $0,6 \text{ W/ml.K}$

La consommation énergétique

- **Proposition 4** : Annuler les dispositions de l'arrêté du 21 décembre 2017 sur la prorogation de l'exigence moyenne de $57,5 \text{ kWhep/m}^2\cdot\text{an}$ en logements collectifs.
- **Proposition 5** : Revoir les niveaux d'exigence pour les logements individuels et tertiaires à l'instar des labels Effinergie, ie :
 - Abaisser l'exigence réglementaire de 20% résidentiel
 - Abaisser l'exigence de 20% à 40% en tertiaire suivant l'usage du bâtiment⁶

⁶ Référentiel Effinergie+ <https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/le-label-effinergie-plus>

Le contexte de l'étude :

« Définir le périmètre et les objectifs de l'étude »

Les soutiens de l'étude :

Membres et partenaires d'effinergie : le Collectif Isolons la Terre contre le CO₂, Saint Gobain ISOVER et la Fédération Française des Tuiles et Briques.

Le périmètre

Ce rapport a pour périmètre initial l'étude des projets référencés dans l'Observatoire BBC (www.observatoirebbc.org), à savoir les projets Effinergie+, Bepos-Effinergie 2013, et BBC-Effinergie.

En parallèle, trois bases de données complémentaires à l'observatoire Effinergie ont été étudiées :

- Le site observatoire.rt-2012.com piloté par le bureau d'étude Keeplanet qui référence plus de 31 000 études de maisons individuelles en secteur diffus.
- La base de données mise à disposition par le bureau d'études POUGET Consultants qui référence environ 350 maisons groupées et 1500 logements de niveau RT2012.
- La base de données de l'expérimentation E+C-, pilotée par l'Etat, a été prise en compte dans le cadre de cette étude. Elle est disponible sur le site www.batiment-energiecarbone.fr. Elle référence 461 bâtiments de bureaux, de maisons individuelles et de logements collectifs.

Les objectifs de l'étude

Les objectifs de cette étude consistent à étudier des projets RT2012, Effinergie+, Bepos-Effinergie 2013, regroupés par typologie de bâtiments et segmentés selon les choix énergétiques. Pour chaque typologie de bâtiment, les paramètres suivants seront étudiés :

- Le coefficient (Bbio),
- La consommation conventionnelle d'énergie primaire (Cep),
- Les déperditions du bâtiment par parois et totales,
- Les résistances thermiques des parois opaques,
- Les ponts thermiques : Psi 9 des planchers et Psi global moyen.



Groupe scolaire - MO : SIVOS du Sancey – Architectes : Archi.tech - Bepos-Effinergie 2013

La maison individuelle en secteur diffus

Maison témoin – Constructeur : La Bocaine - Bepos-Effinergie 2013



1. Les échantillons de référence

Les analyses des maisons individuelles en secteur diffus ont été réalisées sur la base des :

- « Lot RT2012 » : 31 089 maisons individuelles avec un niveau RT2012. Elles sont issues du site observatoire.rt-2012.com piloté par le bureau d'étude Keeplanet.
- « Lot E+C- » : 188 maisons individuelles issues de l'expérimentation E+C- de l'Etat. Les

données sont issues du site www.batiment-energiecarbhone.fr. Ce lot ne contient aucun projet avec un niveau E4.

- « Lot Effinergie » : 106 maisons individuelles en secteur diffus certifiées dans le cadre des labels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013. Les données émanent de l'Observatoire BBC : www.observatoirebbc.org.

2. Le coefficient Bbio

2.1 Une vision d'ensemble

Sur l'ensemble des projets étudiés, le Bbio varie de 44,7 points (lot Effinergie) à 57,6 points (lot E+C-).

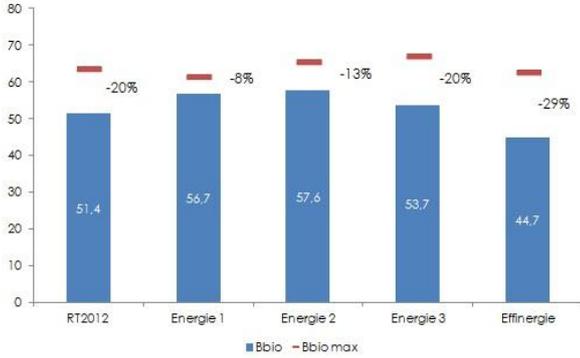


Figure 4 : Moyenne des Bbio projet et de la différence avec le Bbio max pour les maisons individuelles diffus suivant les niveaux énergétiques et toutes zones climatiques confondues

Note : le niveau E3 ne concerne que les zones H1 et H2.



Ces premiers résultats macroscopiques sont à étudier suivant différents paramètres.

2.2 Une analyse par zones climatiques

Principaux enseignements :

- Le Bbio max sur l'ensemble des projets atteint :
 - 73,6 points en zone H1,
 - 62 points en zone H2,
 - 39,7 points en zone H3.

ZC	Niveau Énergétique	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
H1	RT2012	16951	62,8	76,1	17%
	E1	17	70,9	74,3	5%
	E2	63	67,5	74,9	10%
	E3	10	60,3	73,8	18%
	Effinergie+	17	49,2	72,3	32%
	Bepos Effinergie 2013	12	48,7	75,3	35%
H2	RT2012	9496	47,6	59,1	19,6%
	E1	22	49,4	55,1	10,8%
	E2	60	50,8	59,2	14,3%
	E3	6	42,9	56,6	24,6%
	Effinergie+	62	46,8	62,4	25,1%
	Bepos Effinergie 2013	5	40,8	57,4	29,2%
H3	RT2012	4642	32,0	43,5	26,5%
	E1	3	30,8	38,3	18,3%
	E2	7	26,8	41,7	36,3%
	E3	0	-	-	-
	Effinergie+	7	23,5	38,2	37,9%
	Bepos Effinergie 2013	3	21,5	42,9	51,0%

Tableau 5 : Bbio et Bbio max par zone climatique et niveau énergétique pour les maisons individuelles en secteur diffus

- Plus l'exigence énergétique est élevée, plus le Bbio est faible et son écart avec le Bbio max est grand.

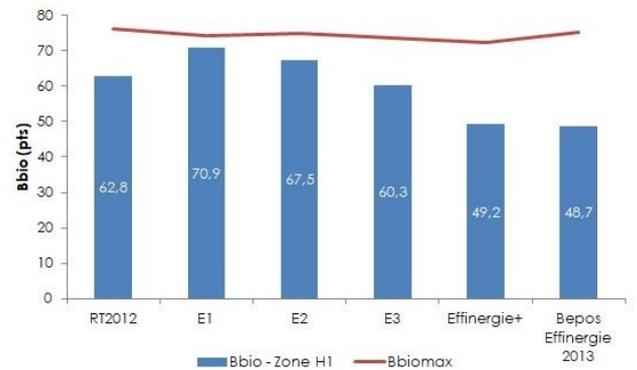


Figure 5 : Evolution du Bbio et du Bbio max en zone H1 pour les maisons individuelles en secteur diffus

- Les Bbio moyens des projets RT2012 se situent au niveau de l'exigence des labels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013, soit 20% en dessous du Bbio max réglementaire.

- Les Bbio moyens des bâtiments avec un niveau E1 ou E2 de l'expérimentation E+C- sont moins performants que les Bbio des projets du lot RT2012 en zone H1 et H2.
- Le Bbio moyen varie peu en fonction de l'énergie de chauffage au sein d'une même zone climatique.
- Dans le lot RT2012, le gain du Bbio par rapport au Bbio max évolue en fonction l'énergie de chauffage (cf. Tableau 6). En effet, nous constatons que les maisons utilisant l'énergie bois ont un écart plus élevé que les maisons utilisant le gaz ou avec un système thermodynamique.

Projets RT2012	Nb	Bbio	Bbio max	Gain
H1				
Bois	5103	62,1	78,6	21%
Gaz	3306	62,8	74,7	16%
Thermodynamique	8542	63,6	75,1	15%
H2				
Bois	3026	46,5	59,6	22%
Gaz	952	49,8	61,3	19%
Thermodynamique	5518	46,5	56,5	18%
H3				
Bois	1234	31,4	44,2	29%
Gaz	443	33,6	45,3	26%
Thermodynamique	2965	31,0	41,1	25%
Total général	31089	51,4	63,6	20%

Tableau 6 : Evolution du Bbio et du Bbio max en fonction de la zone climatique et de l'énergie de chauffage pour les maisons individuelles en secteur diffus du lot RT2012

- On constate également une corrélation entre la surface habitable et le Bbio: plus le logement est petit, plus le Bbio est généralement élevé et cela malgré le coefficient Mbsurf. Plus un logement est petit, plus le rapport entre la surface déperditive de l'enveloppe et la surface habitable augmente, et donc plus les déperditions au m² sont importantes.

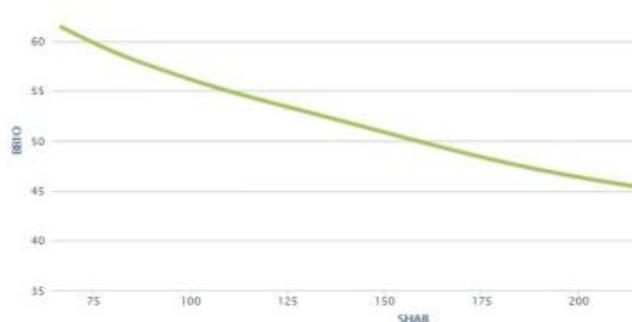


Figure 6 : Evolution du Bbio en fonction de la surface habitable pour les maisons individuelles - Source : Observatoire RT2012

3. L'enveloppe du bâtiment

3.1 Les déperditions (Ubat)

Zones Climatiques	Niveau Energie	Nb	Ubat [W/(m ² .K)]
H1	E1	17	0,342
	E2	63	0,346
	E3	10	0,295
	Effinergie+	16	0,336
	Bepos Effinergie 2013	11	0,333
H2	E1	22	0,336
	E2	60	0,332
	E3	6	0,303
	Effinergie+	60	0,280
	Bepos Effinergie 2013	5	0,312
H3	E1	3	0,357
	E2	7	0,327
	E3	2	0,316
	Effinergie+	5	0,354
	Bepos Effinergie 2013	0	-

Tableau 7 : Déperditions suivant la zone climatique et le niveau énergétique pour les maisons individuelles en secteur diffus

Note :

La zone H3 ne sera pas étudiée à cause de la taille de l'échantillon, Aucune information sur les pertes thermiques n'a été mise à disposition pour les projets issus du lot RT2012.

Principaux enseignements :

- Les déperditions moyennes (Ubat) des projets E1 et E2 sont relativement identiques. Pour atteindre le niveau E3, il est nécessaire de renforcer la qualité thermique de l'enveloppe de l'ordre de 17% en zone H1 et de 9% en zone H2.
- Les déperditions moyennes des projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 se situent entre les niveaux E2 et E3.
- Le niveau des déperditions moyennes au sein d'une même zone climatique est différent selon l'énergie de chauffage utilisé (cf. §2.2).

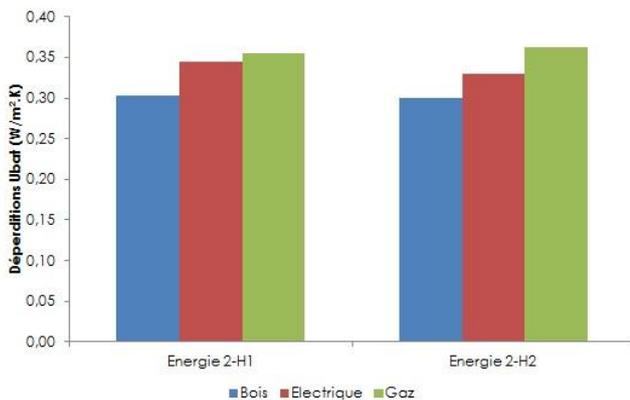


Figure 7 : Déperditions des maisons individuelles par énergie de chauffage au sein des zones H1 et H2

- Les déperditions thermiques des maisons individuelles issues du lot Effinergie se répartissent de la manière suivante :

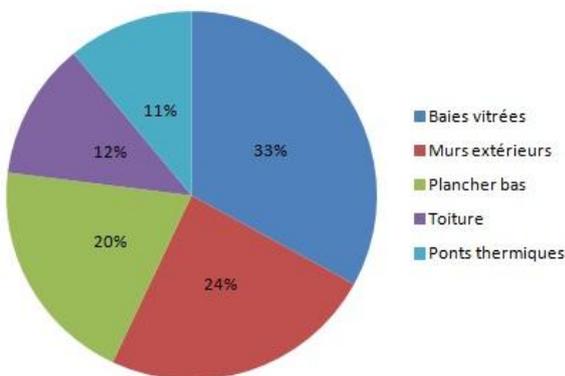


Figure 8 : Répartition des déperditions thermiques du lot Effinergie pour les maisons individuelles en secteur diffus

3.2 Les ponts thermiques

Note :

Aucune information sur les ponts thermiques n'a été mise à disposition pour les projets issus des lots RT2012 et E+C-.

Ratio de transmission thermique linéique moyen global (Psi global)

Le Psi global moyen pour les maisons « Effinergie » est égal à 0,093 W/(m².K), soit un gain de 66% par rapport à l'exigence réglementaire (0,28 W/(m².K)).



Figure 9 : Distribution du Psi moyen pour les maisons Effinergie⁷

Plus précisément, 90% des maisons ont un Psi global moyen compris entre 0,05 et 0,12 W/(m².K). Par ailleurs, cette valeur moyenne semble évoluer en fonction de la zone climatique.

Zone climatique	Ratio Psi W/(m².K)		Psi 9 W/(ml.K)	
	Nb	Moyenne	Nb	Moyenne
H1	27	0,100	19	0,201
H2	67	0,079	4	0,136
H3	8	0,166	5	0,210
Total général	102	0,093	28	0,178

Tableau 8 : Psi moyen et Psi 9 par zone climatique pour le lot pour les maisons individuelles en secteur diffus Effinergie

Coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi9)

Le Psi 9 pour les maisons du lot Effinergie est égal à 0,178 W/(ml.K), soit un gain de 70% par rapport à l'exigence réglementaire (0,60 W/(ml.K)). La taille de l'échantillon ne permet pas une analyse par systèmes constructifs.

Principaux enseignements

- Les niveaux de Psi global et Psi9 sont largement inférieurs à l'exigence réglementaire. Deux raisons principales peuvent expliquer cet écart :
- Un défaut de prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques, notamment au niveau

⁷ Pour interpréter ce graphique, consulter l'annexe 1

des fenêtres lors d'une isolation par l'extérieur.

- Un seuil réglementaire qui n'est pas assez exigeant. Par ailleurs, des préconisations avaient été réalisées dans le cadre d'une « Pré-étude pour déterminer le futur Psimax de la RT2012 » de Tribu Energie en avril 2009. Elle fixait des exigences différentes suivant le nombre de niveaux du bâtiment variant de 0,15 à 0,2 W/m².K.

3.3 Les résistances thermiques des parois opaques

Principaux enseignements :

- Les résistances thermiques des parois augmentent avec l'exigence du niveau énergétique visé.

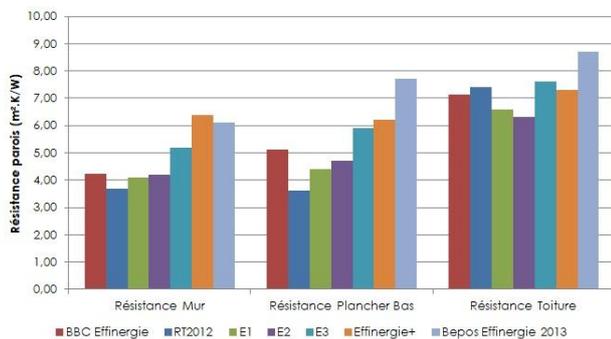


Figure 10 : Comparaison de l'évolution des résistances thermiques des parois opaques suivant les niveaux énergétiques en zone H1 pour les maisons individuelles en secteur diffus

- Les résistances thermiques des murs et des planchers bas des projets RT2012 sont inférieures à celles des projets BBC-Effinergie en zones H1 et H2. A titre d'exemples :
 - -12% pour les murs et -29% pour les planchers bas en zone H1
 - -16% pour les murs et -24% pour les planchers bas en zone H2
- Les résistances thermiques des toitures des projets RT2012 sont équivalentes à celles des projets BBC-Effinergie en zones H1 et H2. Les résistances thermiques des projets avec un niveau E1 et E2 sont inférieures à celles des projets BBC-Effinergie en zone H1.

ZC	Niveau Énergétique	Nb	Mur	Plancher Bas	Toiture
H1	RT2012	16951	3,7	3,6	7,4
	BBC Effinergie	141	4,2	5,1	7,1
	E1	17	4,1	4,4	6,6
	E2	63	4,2	4,7	6,3
	E3	10	5,2	5,9	7,6
	Effinergie+	17	6,40	6,20	7,30
	Bepos Effinergie 2013	11	6,10	7,70	8,70

H2	RT2012	9496	3,5	3,7	7,3
	BBC Effinergie	124	4,2	4,9	7,1
	E1	22	4,5	4,9	7,2
	E2	60	4,7	5	7,3
	E3	6	5,5	7,3	7,3
	Effinergie+	63	5,10	5,70	8,70
	Bepos Effinergie 2013	5	5,40	5,70	8,20

H3	RT2012	4642	3,1	3,5	6,6
	BBC Effinergie	38	3,3	3,6	5,4
	E1	3	4,3	4,2	6,5
	E2	7	5,5	4,9	8,2
	E3	-	-	-	-
	Effinergie+	7	4,6	4,9	7,8
	Bepos Effinergie 2013	3	4,7	7,1	6,5

Tableau 9 : Résistances thermiques (m².K/W) des parois opaques par zone climatique et niveau énergétique pour les maisons individuelles en secteur diffus

- Les résistances thermiques des projets avec un niveau E1 et E2 sont équivalentes à celles des projets BBC-Effinergie en zone H2.
- L'atteinte du niveau E3 implique une augmentation des résistances thermiques des parois par rapport aux niveaux E1 et E2.
- Les résistances thermiques des parois des projets Bepos-Effinergie 2013 sont globalement supérieures à celles des projets avec un niveau E3 ou Effinergie+, et bien au-delà des projets RT2012. A titre d'exemples :

- o La résistance thermique des murs des projets Bepos-Effinergie 2013 est supérieure de 39% par rapport à celle des projets RT2012 en zone H1,
- o La résistance thermique des toitures des projets Bepos-Effinergie 2013 est supérieure de 12% par rapport à celles des projets RT2012 en zone H1.
- L'énergie de chauffage influence peu le niveau de résistance thermique au sein d'une même zone climatique.

4. La consommation énergétique

4.1 Principaux résultats

ZC	Niveau Energie	Nb	Cep sans PV	Cep max	Gain Cep vs Cep max (%)	Cep avec PV ⁸
H1	RT2012	16951	-	65,1	9,8%	58,9
	E1	17	57,4	61,0	7,3%	56,6
	E2	63	52,5	62,4	19,6%	50,4
	E3	10	52,2	63,4	58,2%	27,9
	Effinergie+	17	44,8	61,6	27,2%	44,8
	Bepos Effinergie 2013	12	46,2	62,3	170,4%	-43
H2	RT2012	9496	-	54,6	9,6%	49,4
	E1	22	43,1	46,7	8,1%	42,8
	E2	60	44,0	51,0	16,0%	43,0
	E3	6	45,6	49,4	93,0%	6,0
	Effinergie+	62	42,2	53,2	31,3%	36,5
	Bepos Effinergie 2013	6	41,0	48,8	284,9%	-89,2
H3	RT2012	4642	-	44,6	10,4%	40,1
	E1	3	33,3	36,3	8,1%	33,3
	E2	7	33,2	39,7	16,5%	33,2
	E3	-	-	-	-	-
	Effinergie+	6	28,2	40,5	55,9%	16,8
	Bepos Effinergie 2013	3	33,5	50,9	319,0%	-95,7

Tableau 10 : Consommation énergétique (kWhep/m².an) par zone climatique et niveau énergétique pour les maisons individuelles en secteur diffus

⁸ PV : Panneaux Photovoltaïques

Le niveau de consommation des 5 usages réglementaires, sans prendre en compte la production locale d'électricité, varie en fonction de différents paramètres : le niveau énergétique recherché, la zone climatique, l'énergie de chauffage,...

Certains projets RT2012, E+C- et Effinergie+ étant équipés de panneaux photovoltaïques, la consommation des Cep avec et sans production locale d'électricité est différente.

Principaux enseignements sur la consommation énergétique avec la prise en compte de la production locale d'électricité :

- Elle atteint 51,8 kWhep/m².an pour les maisons du lot RT2012, soit un gain de 10% par rapport à l'exigence réglementaire. Elle varie de
 - o 58,9 kWhep/m².an en zone H1
 - o 49,4 kWhep/m².an en zone H2
 - o 40,1 kWhep/m².an en zone H3

Logiquement la consommation énergétique des maisons diminue avec le niveau de l'exigence énergétique visé.

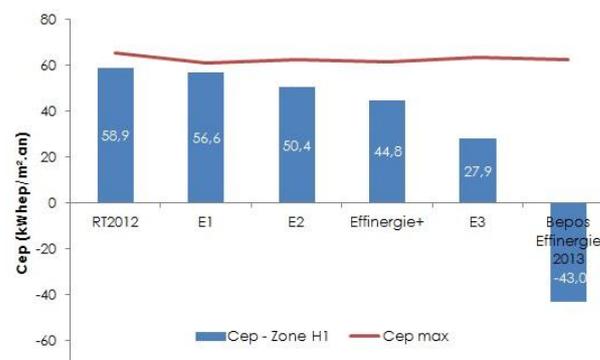


Figure 11 : Consommation énergétique par niveau énergétique et zone climatique pour les maisons individuelles en secteur diffus

- La taille du lot RT2012 permet d'étudier l'influence sur la consommation énergétique du choix de l'énergie de chauffage et de la surface du logement :
 - o Energie de chauffage

Ainsi, au sein d'une même zone climatique (zone H1), le niveau de consommation peut varier de 28% entre un projet chauffé au bois et un projet avec une solution électrique⁹.

⁹ Lorsqu'un bâtiment est chauffé au bois ou raccordé à un réseau de chaleur avec une part en énergie renouvelable,

ZC	Nb	Cep	Cep max	Gain (%)
H1				
Bois	5103	70,7	75,3	6,1%
Gaz	3306	55,1	60,3	8,6%
Electrique	8542	51,1	59,8	14,7%
H2				
Bois	3026	58,7	63,2	7,1%
Gaz	952	47,9	52,6	8,8%
Electrique	5518	41,7	48,1	13,0%
H3				
Bois	1234	48,3	52,8	8,5%
Gaz	443	36,9	42,0	12,1%
Electrique	2965	35,0	39,1	10,5%
Total général	31089	51,8	57,3	9,8%

Tableau 11 : Consommation des 5 usages réglementaires par zone climatique et énergie de chauffage pour les maisons individuelles en secteur diffus RT2012

- o Surface du logement

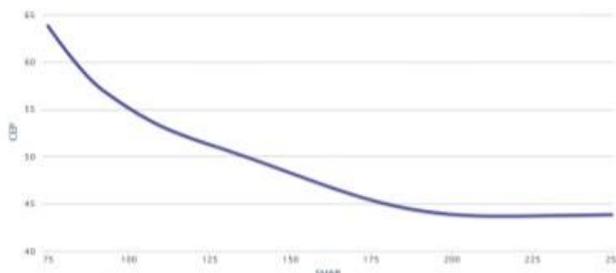


Figure 12 : Evolution de la consommation énergétique en fonction de la surface habitable en maison individuelle – Source Observatoire RT2012

Le niveau de consommation varie en fonction de la surface habitable des maisons individuelles. Elle a tendance à diminuer de 4 kWh/m².an par m² de surface pour des logements compris entre 75 et 126 m².

Principaux enseignements sur la consommation énergétique sans la prise en compte la production locale d'électricité

- L'analyse de la consommation énergétique sans prise en compte de la production

le coefficient McGes accorde un droit à consommer complémentaire en majorant l'exigence réglementaire Cep max.

locale d'électricité permet de qualifier la sobriété et l'efficacité des bâtiments.

- Les consommations énergétiques des projets RT2012 et E+C- oscillent entre
 - o 51 kWh/m².an et 58 kWh/m².an en en zone H1 en fonction de l'énergie de chauffage,
 - o 41 kWh/m².an et 50 kWh/m².an en en zone H2 en fonction de l'énergie de chauffage.
- Logiquement, avec une exigence de consommation inférieure de 20% par rapport à l'exigence réglementaire Cepmax, les projets Effinergie+ et Bepos-Effinergie ont des niveaux de consommations nettement inférieurs aux projets RT2012 et E+C-.
- Par ailleurs, sur la plupart des projets, les consommations des bâtiments Bepos-Effinergie 2013 sont inférieures aux bâtiments Effinergie+, démontrant la volonté des maîtres d'ouvrage de limiter les besoins au maximum avant de dimensionner l'installation photovoltaïque.

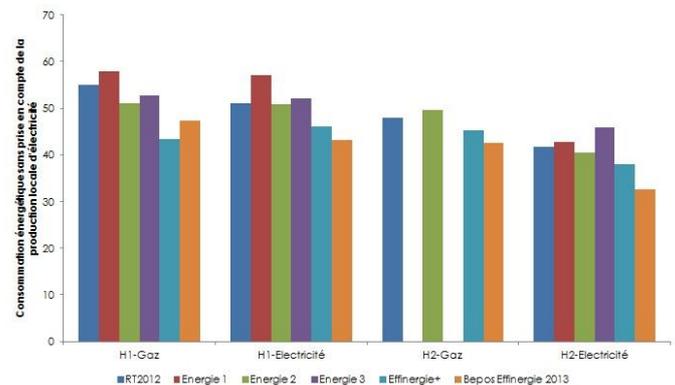


Figure 13 : Consommations pour les maisons individuelles en secteur diffus sans prise en compte de la production locale d'électricité par zone climatique et énergie de chauffage

5. Conclusion

Avec des Bbio moyens au niveau de l'exigence des labels Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013, soit 20% en dessous du Bbio max réglementaire, les projets RT2012 étudiés dans le cadre de cette étude ont des résistances thermiques nettement plus faibles que les projets BBC-Effinergie.

En parallèle, les projets étudiés visant un niveau E1 ou E2 ont des résistances thermiques

équivalentes (zone H2), voire inférieures (zone H3) aux projets BBC Effinergie.

Enfin, avec des niveaux de Psi global et Psi 9 largement inférieurs à l'exigence réglementaire (gain de 70%), il semble indispensable d'améliorer la prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques et d'abaisser l'exigence réglementaire.

En conséquence, les projets issus des lots Effinergie ont des consommations énergétiques nettement inférieures aux projets issus des lots RT2012, et E+C-.



CFA de Lagrod – MO : Région Nouvelle Aquitaine – Architectes : Agence Duclos - Bepos-Effinergie 2013

Les logements individuels groupés



1. Les échantillons de référence

Les analyses des maisons individuelles groupées ont été réalisées sur la base des :

- « Lot E+C- » : 71 maisons individuelles groupées, soit 219 logements, issues de l'expérimentation E+C- de l'Etat. Les données sont issues du site www.batiment-energiecarbone.fr. Aucun projet avec un niveau Energie 2 et Energie 4 sont présents dans ce lot.
- « Lot RT2012 » : 1 493 logements répartis sur 358 maisons individuelles groupées issus d'une base de données du bureau d'études POUGET Consultants.
- « Lot Effinergie » : 77 maisons individuelles en secteur groupées, soit 844 logements dans le cadre des labels Effinergie+, Bepos Effinergie 2013 et Effinergie 2017. Les données émanent de l'Observatoire BBC : www.observatoirebbc.org.

2. Le coefficient Bbio

2.1 Une vision d'ensemble

Le Bbio varie de 51,6 points pour les projets issus du lot Effinergie à 63,9 points dans le cadre des projets de l'expérimentation E+C- et de la RT2012.

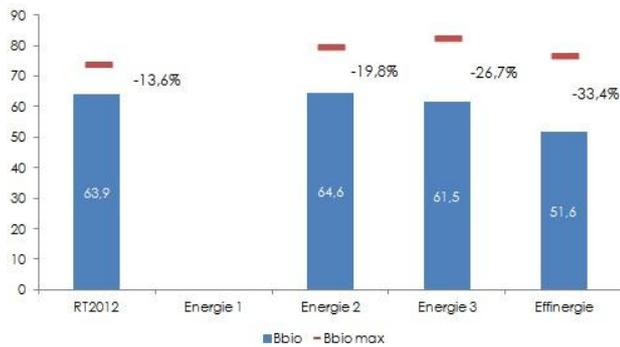


Figure 14: Performance et Gain Bbio suivant le niveau énergétique du projet toutes zones climatiques confondues pour les logements individuels groupés

Notes

Dans ce graphique les projets Energie 2 et Energie 3 concernent uniquement la zone H1 et H2.

2.2 Une analyse par zones climatiques

Principaux enseignements :

- Sur l'ensemble des projets, le Bbio max atteint :
 - 80,8 points en zone H1,
 - 64,4 points en zone H2,
 - 51,6 points en zone H3.
- L'écart entre le Bbio et le Bbio max augmente avec l'exigence du niveau énergétique visée, quelle que soit la zone climatique

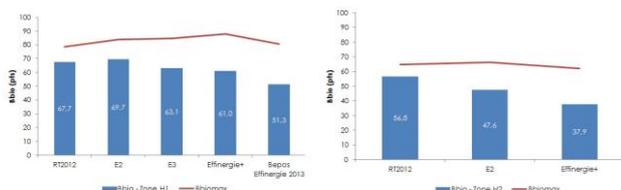


Figure 15 : Evolution du Bbio et Bbio max en zones H1 et H2 pour les logements individuels groupés

Z.C	Niveau Énergétique	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
H1	RT2012	245	67,7	78,8	14,0%
	E2	40	69,7	84,0	17,2%
	E3	15	63,1	84,6	26,3%
	Effinergie+	41	61,0	88,1	30,3%
	Bepos Effinergie 2013	3	51,3	80,6	35,9%
H2	RT2012	106	56,8	64,7	12,2%
	E2	12	47,6	66,4	28,3%
	Effinergie+	25	37,9	62,3	39,4%
H3	RT2012	7	40,8	50,8	19,5%
	Effinergie+	2	25,3	54,3	55,3%

Tableau 12 : Bbio et Bbiomax par zone climatique et niveau énergétique pour les logements individuels groupés

- Le Bbio moyen des projets RT2012 se situe 13,6% en dessous de l'exigence réglementaire.
- Les Bbio des projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 sont bien en deçà des exigences du label Effinergie (gain de -20% par rapport au Bbiomax), avec en moyenne un gain de 34%.
- Dans le cadre des projets étudiés issus du lot RT2012, 91% des maisons individuelles groupées sont chauffées au gaz. En conséquence, une analyse des déperditions en fonction de l'énergie de chauffage n'est pas pertinente à cause de la faible taille des sous-lots (Electrique, Réseau de chaleur et Bois).

3. L'enveloppe du bâtiment

3.1 Les déperditions du bâtiment

Principaux enseignements :

- Les déperditions moyennes des maisons groupées du lot RT2012 sont plus importantes (+18% en zone H1 et +15% en zone H2) par rapport aux projets BBC-Effinergie.
- Les projets E2 et BBC-Effinergie ont des déperditions moyennes équivalentes.

Zones Climatiques	Niveau Energie	Nb	Ubat [W/(m².K)]
H1	BBC Effinergie	33	0,344
	RT2012	245	0,422
	E2	40	0,340
	E3	15	0,357
	Effinergie+	5	0,327
	Bepos Effinergie 2013	2	0,312
H2	BBC Effinergie	46	0,347
	RT2012	106	0,407
	E2	12	0,362
	Effinergie+	18	0,297
H3	BBC Effinergie	44	0,517
	RT2012	7	0,454

Tableau 13 : Déperditions par zone climatique et niveau énergétique pour les logements individuels groupés

- Les projets Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 ont une enveloppe thermique renforcée par rapport aux projets RT2012, E2 et E3.
- Les déperditions thermiques des maisons groupées issues du lot « Effinergie » se répartissent de la manière suivante :

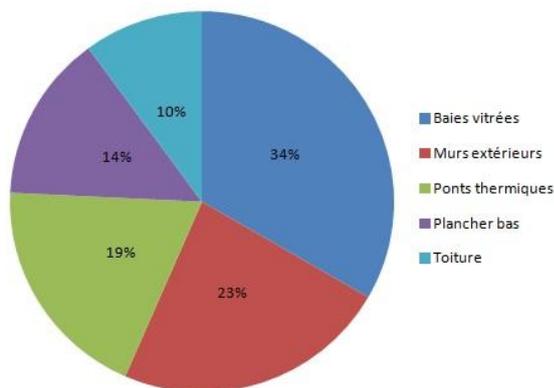


Figure 16 : Répartition des déperditions thermiques des logements individuels groupés pour le lot Effinergie

3.2 Les ponts thermiques

Ratio de transmission thermique linéique moyen global (Psi global)

Les niveaux du ratio de transmission thermique linéique moyen global sont de :

- 0,127 W/m².K pour les projets Effinergie,
- 0,161 W/m².K pour les projets RT2012.

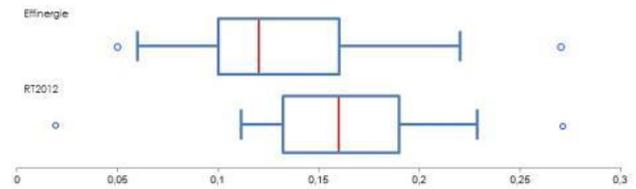


Figure 17 : Psi global (Médiane, Quartile et Décile) des maisons groupées des lots RT2012 et Effinergie

Plus précisément, 90% des projets Effinergie ont un Psi global compris entre 0,06 et 0,22 W/m².K et 50% des projets RT2012 ont un Psi global inférieur à 0,16 W/m².K

ZC	Niveau Energétique	Psi global W/(m².K)			Psi 9 W/(ml.K)	
		Nb	Moy	Gain	Moy	Gain
H1	RT2012	245	0,162	-42%	0,357	-40%
	Effinergie+	40	0,125	-55%	0,211	-65%
	Bepos Effinergie 2013	3	0,127	-55%	0,242	-60%
H2	RT2012	106	0,160	-43%	0,292	-51%
	Effinergie+	23	0,125	-55%	0,240	-60%
H3	RT2012	7	0,176	-37%	0,394	-34%

Tableau 14 : Psi moyen et Psi 9 par zone climatique pour les logements individuels groupés du lot Effinergie

Coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi9)

Le coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi 9) atteint :

- 0,231 W/ml.K pour les projets Effinergie,
- 0,339 W/ml.K pour les projets RT2012.

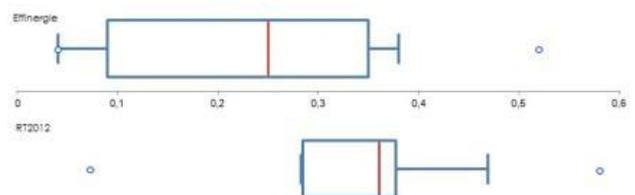


Figure 18 : Psi 9 (Médiane, Quartile et Décile) pour les logements individuels groupés des lots RT2012 et Effinergie

Principaux enseignements

- Les niveaux de Psi moyen sont largement inférieurs à l'exigence réglementaire (-55% pour les projets Effinergie et -43% pour les projets RT2012)

- Les niveaux de Psi 9 sont largement inférieurs à l'exigence réglementaire (-62% pour les projets Effinergie et -44% pour les projets RT2012)
- Deux raisons principales peuvent expliquer cet écart :
 - Un défaut de prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques, notamment au niveau des fenêtres lors d'une isolation par l'extérieur.
 - Un seuil réglementaire pas assez exigeant et l'absence de modulation de l'exigence suivant le nombre d'étages. En effet, conformément à l'étude de Tribu Energie et aux résultats mentionnés dans le tableau ci-dessous, la valeur de Ratio Psi évolue en fonction du nombre d'étages de 0,15 à 0,21 W/m².K.

ZC	Etages	Psi Moyen W/(m ² .K)			Psi 9 W/(ml.K)	
		Nb	Moy	Gain	Moy	Gain
H1	1	22	0,15	-47%	0,25	-58%
	2	192	0,16	-43%	0,36	-40%
	3	31	0,21	-25%	0,40	-33%

Tableau 15 : Ratio Psi et Psi 9 en zone H1 pour les logements individuels groupés du lot RT2012 suivant le nombre d'étages du bâtiment

- Comme en logements collectifs et en maisons en secteur diffus, l'isolation par l'extérieur semble réduire le coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi 9). Avec 98% des projets issus du lot RT2012 isolés par l'intérieur, une comparaison selon la technique d'isolation n'a été réalisée que sur le lot Effinergie :
 - ITE : 0,13 W/ml.K sur 3 opérations
 - ITI : 0,3 W/ml.K sur 10 opérations

3.3 Les résistances thermiques

Les résistances thermiques des parois des maisons individuelles groupées évoluent en fonction du niveau énergétique visé et des zones climatiques :

ZC	Niveau Énergétique	Nb	Mur	Plancher Bas	Toiture
H1	RT2012	245	4,64	4,75	6,9
	BBC-Effinergie	33	4,95	5,84	8,87
	E2	42	5,50	5,70	8,10
	E3	14	6,11	6,77	8,89
	Effinergie+	40	6,14	6,08	8,26
	Bepos Effinergie 2013	3	6,10	5,65	9,50
H2	RT2012	110	4,36	4,60	7,1
	BBC-Effinergie	47	5,20	5,66	7,52
	E2	11	5,25	6,20	8,01
	Effinergie+	23	6,12	6,39	9,17
H3	RT2012	7	3,99	3,80	5,7
	BBC-Effinergie	45	3,24	3,28	5,41

Tableau 16 : Résistances thermiques des parois opaques par zone climatique et niveau énergétique pour les maisons individuelles groupées

Principaux enseignements :

- Les résistances thermiques des parois augmentent avec l'exigence du niveau énergétique visé.

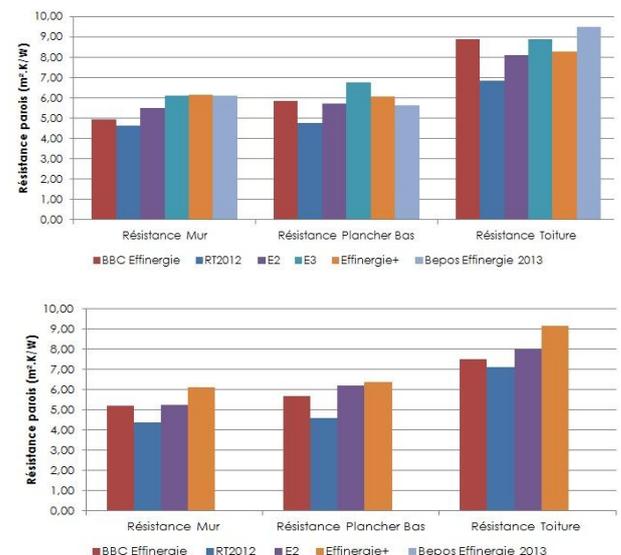


Figure 19 : Résistance thermique des parois suivant les niveaux énergétiques en zones H1 (haut) et H2 (bas) pour les logements individuels groupés

- Les maisons groupées du lot RT2012 ont des résistances thermiques de parois inférieures aux projets BBC-Effinergie+ en zone H1 et H2.

Le nombre de projets en zone H3 ne permet pas de conclure.

- Les résistances thermiques des murs et des planchers bas des maisons groupées du lot RT2012 sont au-dessus des résistances thermiques identifiées dans les maisons secteur diffus. A contrario, les résistances thermiques moyennes des toitures sont similaires à celles observées pour les maisons du lot RT2012 en secteur diffus.
- Les résistances thermiques des parois sont plus faibles en zone H3 qu'en zones H1 ou H2 pour tous les lots.
- Les résistances thermiques des projets des lots Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013 sont en moyenne supérieures de 22% à celles identifiées dans les projets du lot RT2012.
- Les résistances thermiques des projets Effinergie+ et E3 sont équivalentes en zone H1.

4. La consommation énergétique

4.1 Les principaux résultats

Le niveau de consommation des 5 usages réglementaires, sans prendre en compte la production locale d'électricité, varie en fonction du niveau énergétique recherché, de la zone climatique, l'énergie de chauffage, ...

ZC	Niveau Energie	Nb	Cep sans PV	Cep avec PV	Cep max	Gain Cep vs Cep max
H1	RT2012	245	59,2	53,8	66,6	19,0%
	E2	40	55,6	53,3	68,3	22%
	Effinergie +	41	46,2	51,9	72,3	28%
	E3	15	53,7	37,7	71,3	49%
H2	RT2012	106	49,1	44,3	55,1	19,5%
	E2	12	43,9	42,7	57,0	24,8%
	Effinergie +	17	42,4	30,7	56,1	46,7%
H3	RT2012	7	42,4	40,0	49,6	19,1%
	Effinergie +	2	35,5	32,0	55,8	47,4%

Tableau 17 : Consommation énergétique (kWhep/m².an) par zone climatique et niveau énergétique pour les logements individuels groupés

Principaux enseignements :

- La consommation énergétique des maisons groupées du lot RT2012, en prenant en compte la production locale d'électricité, atteint 50,7 kWhep/m².an, soit un gain de 19,3% par rapport à l'exigence réglementaire. Elle varie de :
 - 53,8 kWhep/m².an en zone H1,
 - 44,3 kWhep/m².an en zone H2,
 - 40 kWhep/m².an en zone H3¹⁰.
- Les projets Effinergie+, dont le label intègre une exigence de -20% sur le niveau de consommation réglementaire (Cep max), atteignent la consommation sans prise en compte de la production locale d'électricité la plus performante quelle que soit la zone climatique.

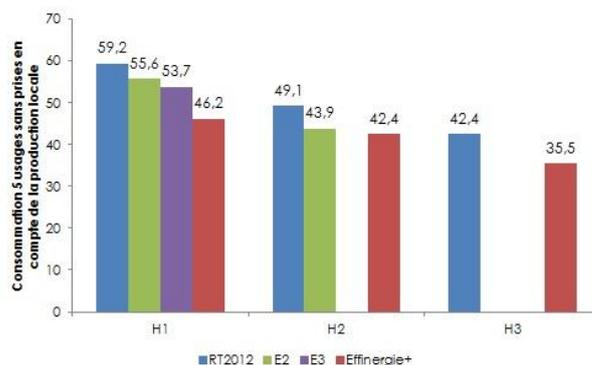


Figure 19 : Consommation énergétique (kWhep/m².an) sans prise en compte de la production locale d'électricité par zone climatique et niveau énergétique pour les logements individuels groupés

- 91% des maisons étant chauffées au gaz, l'analyse sur l'influence du choix de l'énergie de chauffage sur le niveau de consommation n'a pas été réalisée.

5. Conclusion

Comme pour les maisons individuelles en secteur diffus, les logements groupés issus du lot RT2012 présentent un Bbio moyen nettement inférieur à l'exigence réglementaire (-13,6%). En parallèle, les déperditions (Ubat) des projets BBC Effinergie sont équivalentes aux projets visant un niveau E2 et sont inférieures à celles

¹⁰ Mentionnée à titre informatif au regard de la taille de l'échantillon.

des projets issus du lot RT2012. Cela se traduit concrètement par :

- Des résistances thermiques des parois opaques plus faibles dans les projets issus du lot RT2012 que dans les bâtiments BBC Effinergie,
- Des résistances thermiques relativement équivalentes entre des projets :
 - E2 et BBC Effinergie,
 - E3 et Effinergie+ ou Bepos Effinergie.

Enfin, avec des niveaux de Psi global et Psi 9, pour les projets issus du lot RT2012, largement inférieurs à l'exigence réglementaire (gain de 43%), il semble indispensable d'améliorer la prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques et d'abaisser l'exigence réglementaire.



Les logements collectifs



1. Les échantillons de référence

Les analyses des logements collectifs ont été réalisées sur la base des

- « Lot E+C- » : 127 opérations de logements collectifs, regroupant 1 874 logements, issues de l'expérimentation E+C- de l'Etat. Les données sont issues du site www.batiment-energiecarbone.fr. Ce lot ne contient aucun projet avec un niveau E4.
- « Lot RT2012 » : 962 opérations de logements collectifs avec un niveau RT2012,

regroupant 23 247 logements sont issues d'une base de données du bureau d'étude POUGET Consultants.

- « Lot Effinergie » : 303 opérations de logements collectifs certifiés dans le cadre des labels Effinergie+, Bepos Effinergie 2013 et Effinergie 2017. Ces 20 774 logements émanent de l'Observatoire BBC : www.observatoirebbc.org.

2. Le coefficient Bbio

2.1 Une vision d'ensemble

Le Bbio varie de **43,4 points** pour les projets Effinergie et Energie 2/Energie 3 à **58,3 points** dans le cadre des projets RT2012 et Energie 1 de l'expérimentation E+C-.

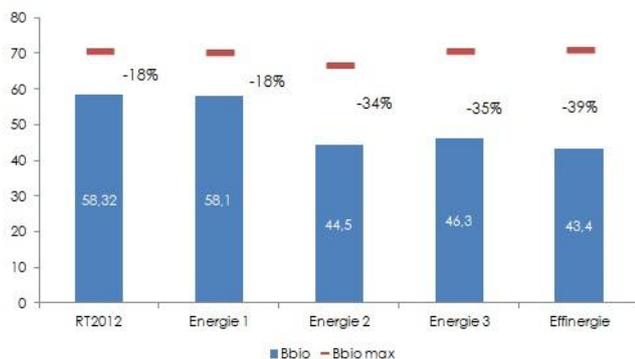


Figure 20 : Performance et Gain Bbio suivant le niveau énergétique du projet toutes zones climatiques confondues pour les logements collectifs

Note : La zone H3 n'a pas de projets avec un niveau E1 et E3

2.2 Une analyse par zones climatiques

Principaux enseignements

- Le Bbiomax des projets du lot « RT2012 » atteint :
 - 76,7 points en zone H1,
 - 57,5 points en zone H2,
 - 45,4 points en zone H3.
- Les projets du lot RT2012 ont un Bbio moyen inférieur de 18% par rapport à l'exigence réglementaire Bbio max. En parallèle, les projets issus des lots Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 ont un Bbio moyen inférieur de 39% par rapport à cette même exigence.
- Le Bbio des projets du lot RT2012 est supérieur de 18% par rapport aux Bbio des projets E2 en zone H1 et de 13% en zone H2.
- Le Bbio moyen des projets des lots E2 et E3 est toujours supérieur à celui des projets des lots Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 en zones H1 et H2.

ZC	Niveau Énergétique	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
H1	RT2012	777	61,9	74,8	17,2%
	E1	2	65,5	81,0	20,2%
	E2	47	50,5	72,5	30,4%
	E3	28	52,4	77,8	33,0%
	Effinergie+	207	48,0	76,9	37,9%
	Bepos Effinergie 2013	17	36,7	75,1	50,8%
H2	RT2012	124	48,0	56,8	15,4%
	E1	2	50,6	60,0	15,7%
	E2	28	36,8	59,8	38,4%
	E3	15	35,0	58,4	40,0%
	Effinergie+	53	35,5	58,0	38,3%
	Bepos Effinergie 2013	12	30,4	58,0	47,6%
H3	RT2012	54	31,0	42,8	27,8%
	E1	-	-	-	-
	E2	4	28,1	49,0	42,2%
	E3	-	-	-	-
	Effinergie+	8	21,6	42,0	48,7%
	Bepos Effinergie 2013	6	30,0	50,0	39,1%

Tableau 18 : Bbio et Bbio max par zone climatique et niveau énergétique pour les logements collectifs

- Le Bbio des projets Bepos Effinergie 2013 est plus performant que celui des projets Effinergie+ en zone H1 et H2.

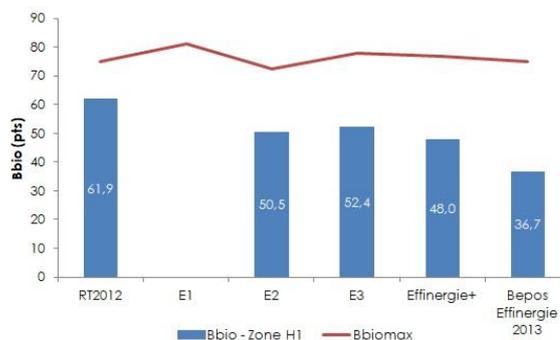


Figure 21 : Evolution du Bbio et du Bbiomax en zone H1 pour les logements collectifs

- Quel que soit le niveau énergétique visé, le Bbio le plus faible concerne les projets situés en zone H3, puis augmente pour les opérations localisées en zone H2 pour atteindre sa valeur maximale en zone H1.

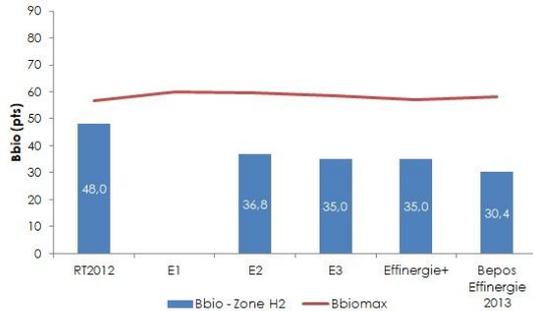


Figure 22 : Evolution du Bbio et du Bbiomax en zone H2 pour les logements collectifs

- Conformément à la publication réalisée par le bureau d'études Tribu Energie pour le compte du Collectif Isolons la Terre Contre le CO₂¹¹, le Bbio varie très fortement en fonction de la compacité du bâtiment à niveau d'isolation équivalent (Cf. Figure 24). Il semble indispensable d'intégrer une modulation du Bbio max dans la prochaine réglementation pour palier à cette distorsion, comme cela a été fait dans les labels Effinergie.

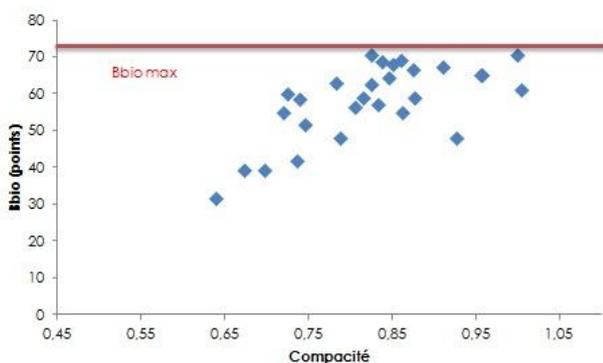


Figure 23 : Evolution du Bbio suivant la compacité pour les logements collectifs du lot RT2012 en zone H1 ayant un Ubat compris entre 0,3 et 0,4 W/m².K

- Dans le lot RT2012, 84% des projets sont chauffés au gaz et leur Bbio moyen

¹¹ [Etude sur l'évolution des prestations thermiques des bâtiments avec la RT 2012](#) – Tribu Energie pour le compte du Collectif Isolons la Terre contre le CO₂ – Ref : ET15-111 – Novembre 2015.

présente un gain de 17,5% par rapport au Bbiomax quelle que soit la zone climatique.

Zones climatiques et énergie de chauffage	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
H1		61,9	74,8	17,2%
Electrique	26	51,3	74,3	30,8%
Gaz	680	63,3	74,9	15,5%
Réseau de chaleur ¹²	67	52,4	73,6	28,4%
H2		48	56,8	15,4%
Electrique	8	43,1	57,7	25,2%
Gaz	106	47,7	56,5	15,5%
Réseau de chaleur	10	54,8	59,4	7,7%
H3		30,9	42,8	27,8%
Electrique	30	30,6	43,4	29,7%
Gaz	24	31,3	42,0	25,4%
Total général	955	58,4	70,6	17,5%

Tableau 19 : Performance Bbio et gain Bbio par zone climatique et énergie de chauffage du lot RT2012 pour les logements collectifs

3. L'enveloppe du bâtiment

3.1 Les déperditions du bâtiment

Principaux enseignements

- Les déperditions moyennes (Ubat) ont tendance à se dégrader pour l'ensemble des projets conçus avec le moteur RT2012 (Effinergie+, Bepos Effinergie 2013 et RT2012) en fonction de l'énergie de chauffage (gaz et réseau de chaleur) alors qu'elles étaient relativement stables sur les projets conçus avec le moteur RT2005 (BBC Effinergie).

¹² Sur l'échantillon étudié, le besoin de chaleur des projets raccordés à un réseau de chaleur (22,36) est inférieur à celui des bâtiments chauffés au gaz (27,59) expliquant le niveau de Bbio moyen.

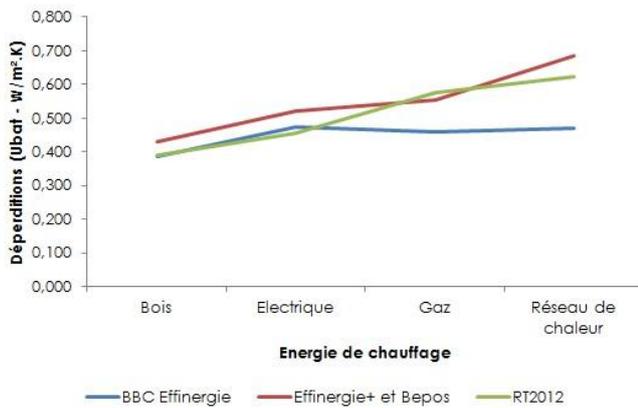


Figure 24 : Déperditions du bâtiment en zone H1 en fonction du niveau énergétique visé et de l'énergie de chauffage pour les logements collectifs

- Les déperditions moyennes (U_{bat}) issus du lot RT2012 sont plus importantes, +20% en zone H1 et + 17% en zone H2, que dans les projets BBC-Effinergie.

Zones Climatiques	Niveau Energie	Nb	U_{bat} [W/(m².K)]
H1	BBC Effinergie	124	0,458
	RT2012	779	0,573
	E1	2	0,615
	E2	47	0,489
	E3	28	0,437
	Effinergie+	205	0,599
	Bepos Effinergie 2013	14	0,504
H2	BBC Effinergie	46	0,461
	RT2012	124	0,557
	E1	2	0,515
	E2	28	0,492
	E3	15	0,467
	Effinergie+	51	0,474
	Bepos Effinergie 2013	9	0,420
H3	BBC Effinergie	23	0,566
	RT2012	54	0,571
	E1	-	-
	E2	4	0,538
	E3	-	-
	Effinergie+	8	0,646
	Bepos Effinergie 2013	5	0,472

Tableau 20 : Déperditions du bâtiment par zones climatiques et niveaux énergétiques pour les logements collectifs

- Les déperditions moyennes du bâtiment évoluent en fonction de la compacité¹³ du bâtiment.

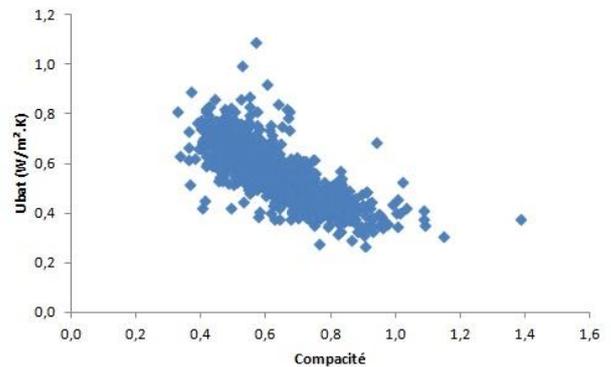


Figure 25 : Evolution du coefficient U_{bat} suivant la compacité pour les logements collectifs

Comme le montre le graphique ci-dessus, plus les bâtiments sont compacts (valeurs proches de 0 en abscisse) plus les déperditions moyennes (U_{bat}) sont élevées. Cela démontre que pour ce type de bâtiment, l'atteinte des exigences réglementaires est réalisée avec des performances de l'enveloppe nettement plus faibles que pour les bâtiments moins compacts.

ZC	Compacité	Nb	U_{bat}	Murs	Pl.Bas	Toiture
H1	< 0,5	176	0,693	3,9	4,4	5,7
	>0,8	167	0,420	4,8	4,8	7,1
H2	< 0,5	20	0,643	4,3	4,8	5,2
	>0,8	23	0,422	4,7	5,1	7,5

Tableau 21 : Déperditions et résistances thermiques des parois suivant la compacité et la zone climatique pour les logements collectifs

Les déperditions thermiques des logements collectifs issus des lots Effinergie et RT2012 se répartissent de la façon suivante :

¹³ Définition de la compacité : Surface déperditive / Volume – Plus la valeur est petite, plus le bâtiment est compact

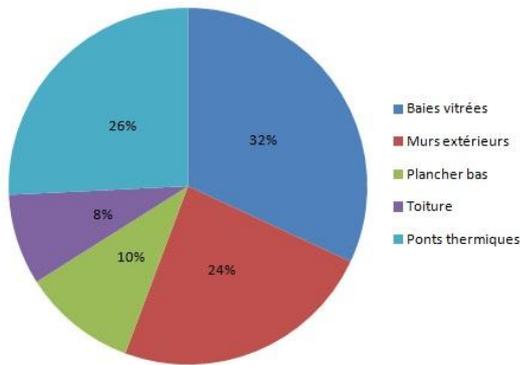


Figure 26 : Répartition des déperditions thermiques pour le lot des logements collectifs RT2012

Les pertes par ponts thermiques représentent près d'un quart des déperditions totales.

3.2 Les ponts thermiques

ZC	Niveau Energétique	Psi global W/(m².K)		Psi 9 W/(ml.K)		
		Nb	Moy	Gain	Moy	Gain
H1	RT2012	777	0,195	-30%	0,468	-21%
	Effinergie+	205	0,168	-40%	0,364	-40%
	Bepos Effinergie 2013	16	0,128	-54%	0,229	-62%
H2	RT2012	124	0,195	-30%	0,506	-16%
	Effinergie+	51	0,153	-45%	0,305	-49%
	Bepos Effinergie 2013	11	0,104	-62%	0,225	-63%
H3	RT2012	54	0,207	-26%	0,529	-12%
	Effinergie+	8	0,192	-31%	0,242	-60%
	Bepos Effinergie 2013	6	0,167	-41%	0,514	-13%

Tableau 22 : Psi global et Psi 9 par zone climatique pour le lot des logements collectifs Effinergie

Ratio de transmission thermique linéique moyen global (Psi global)

Les niveaux du ratio de transmission thermique linéique moyen global sont de :

- 0,162 W/m².K pour les projets Effinergie,
- 0,196 W/m².K pour les projets RT2012.

Plus précisément, 90% des projets Effinergie ont un Psi moyen compris entre 0,1 et 0,23 W/m².K

et 50% des projets RT2012 ont un Psi moyen inférieur à 0,2 W/m².K.

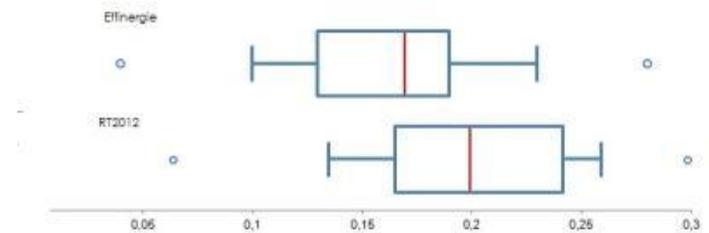


Figure 27 : Psi moyen (Médiane, Quartile et Décile) des projets collectifs RT2012 et Effinergie

Coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi9)

Le coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi 9) atteint 0,343 W/ml.K pour les projets Effinergie et 0,473 W/ml.K pour les projets RT2012.

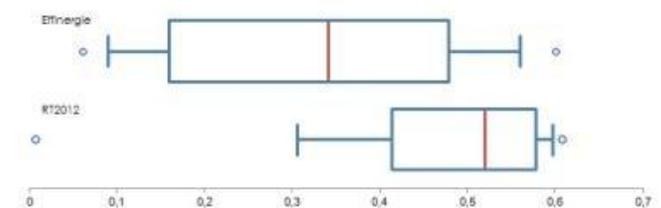


Figure 28 : Psi 9 (Médiane, Quartile et Décile) des projets collectifs RT2012 et Effinergie.

Principaux enseignements

- Les niveaux de Psi moyen sont largement inférieurs à l'exigence réglementaire :
 - -42% pour les projets issus des lots Effinergie et 30% pour les projets du lot RT2012.
- Les niveaux de Psi 9 sont également largement inférieurs à l'exigence réglementaire :
 - -43% pour les projets issus des lots Effinergie et -21% pour les projets RT2012.
- Deux raisons principales peuvent expliquer cet écart :
 - Un défaut de prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études thermiques, notamment au niveau des fenêtres lors d'une isolation par l'extérieur.
- Un seuil réglementaire pas assez exigeant et l'absence de modulation de l'exigence

suivant le nombre d'étages. En effet, conformément à l'étude¹⁴ de Tribu Energie et à la figure 29, la valeur moyenne et la distribution du Ratio Psi global évolue en fonction du nombre d'étages de 0,14 à 0,23 W/m².K.

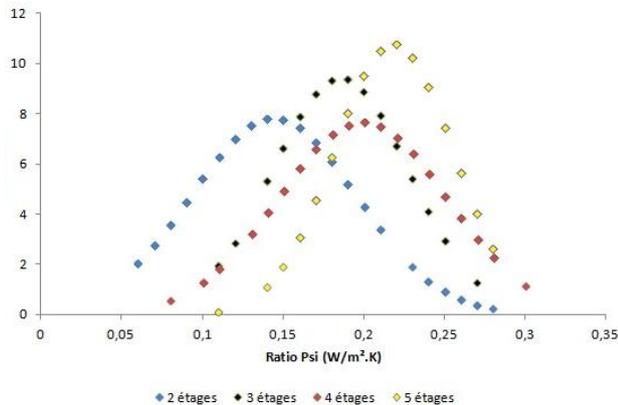


Figure 29 : Distribution du ratio Psi global en zone H1 pour les logements collectifs du lot RT2012 suivant le nombre d'étages du bâtiment

- Le traitement des pertes par les ponts thermiques varie en fonction du système constructif. Ainsi, l'isolation par l'extérieur apparaît comme la solution la plus performante quelle que soit le niveau énergétique visé.

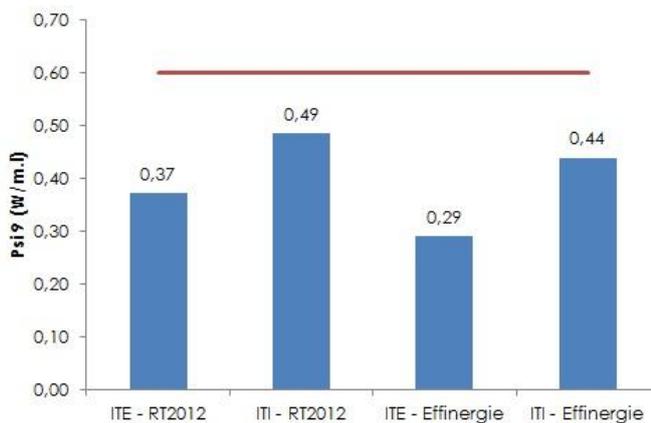


Figure 29 : Psi 9 en fonction des systèmes constructifs en logements collectifs

¹⁴ Pré-étude pour déterminer le futur Psimax de la RT2012 » réalisée par Tribu Energie en avril 2009

3.3 Les résistances thermiques des parois opaques

Les résistances thermiques des parois opaques des logements collectifs étudiés sont présentées dans le tableau ci-dessous en fonction de la zone climatique et du niveau énergétique visé.

ZC	Niveau Énergétique	Nb	Mur	Plancher Bas	Toiture
H1	RT2012	773	4,3	4,42	6,2
	BBC Effinergie	122	5,10	4,72	7,53
	E1	2	3,99	3,54	6,90
	E2	47	5,35	5,26	8,26
	E3	28	6,40	6,12	7,75
	Effinergie+	209	4,95	4,90	7,1
H2	Bepos Effinergie 2013	18	6,30	6,06	9,4
	RT2012	123	4,42	4,32	6,6
	BBC Effinergie	47	4,60	5,01	6,21
	E1	2	4,85	4,76	4,91
	E2	28	5,40	5,69	7,70
	E3	15	5,22	5,98	8,17
H3	Effinergie+	58	5,53	5,85	8,65
	Bepos Effinergie 2013	12	5,53	5,9	8,6
	RT2012	54	4,15	3,94	6,0
	BBC Effinergie	22	3,61	3,80	5,34
	E1	-	-	-	-
	E2	4	4,00	4,62	5,26
H3	E3	-	-	-	-
	Effinergie+	8	4,70	3,90	6,5
	Bepos Effinergie 2013	5	4,80	4,86	7,1

Tableau 23 : Résistance thermiques des parois opaques par zone climatique et niveau énergétique pour les logements collectifs

Les principaux enseignements

- Les résistances thermiques des murs, planchers bas et toitures des projets issus du lot RT2012 sont inférieures à celles des projets BBC Effinergie.
- Les résistances thermiques des parois opaques augmentent avec le niveau énergétique visé pour les projets issus du lot E+C-

- Les résistances thermiques des projets issus du lot Bepos-Effinergie 2013 sont systématiquement les plus élevées.

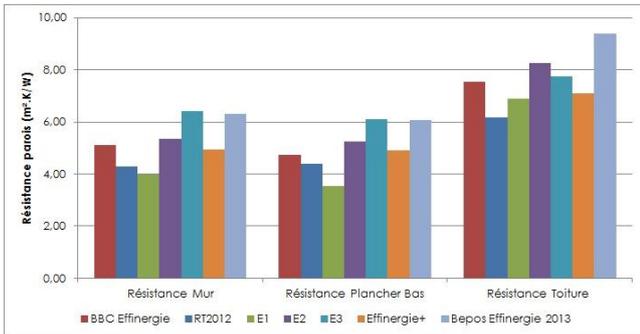


Figure 30 : Evolution des résistances des parois suivant les niveaux énergétiques en zone H1 pour les logements collectifs

- En zone H1, les résistances thermiques des murs extérieurs et des planchers hauts des projets BBC et Effinergie+ sont équivalentes, et supérieures à celles des projets issus du lot RT2012.

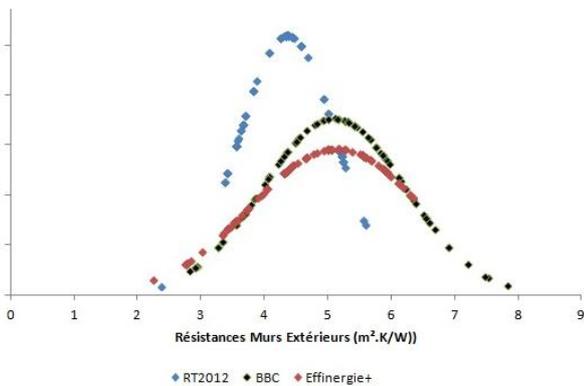


Figure 31 : Distribution des résistances thermiques des murs extérieurs en zone H1 pour les projets de logements collectifs des lots RT2012, BBC-Effinergie et Effinergie+.

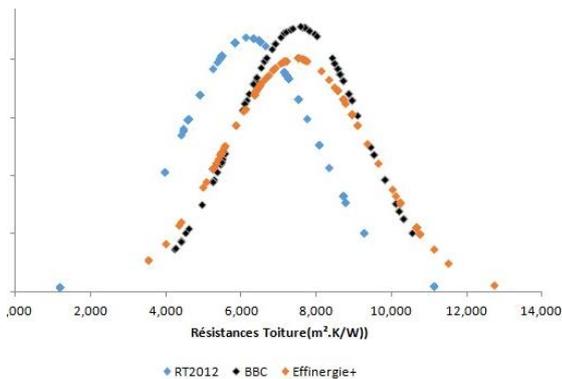


Figure 32 : Distribution des résistances thermiques des planchers hauts en zone H1 pour les projets de logements collectifs des lots RT2012, BBC-Effinergie et Effinergie+.

- En parallèle, les résistances thermiques des planchers bas sont relativement similaires entre les projets BBC-Effinergie, Effinergie+ et RT2012.

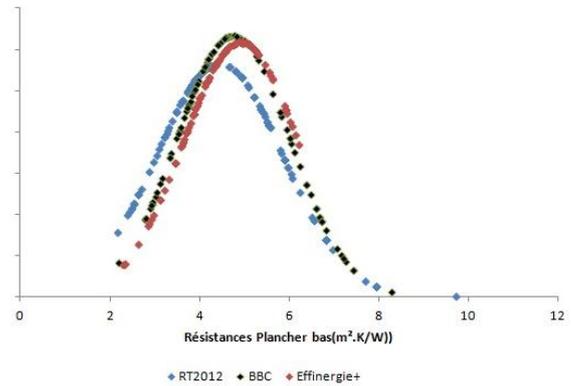


Figure 33 : Distribution des résistances thermiques des planchers bas en zone H1 pour les logements collectifs des lots RT2012, BBC-Effinergie et Effinergie+.

- Le Lot RT2012 permet une analyse statistique sur l'influence de l'énergie de chauffage sur les résistances thermiques de l'enveloppe :

Energie de chauffage et Zone Climatique	Nb	Mur	Plancher bas	Toiture
H1				
Bois	4	5,0	5,0	7,3
Electrique	26	5,0	5,3	7,8
Gaz	680	4,3	4,3	6,0
Réseau de chaleur	67	4,3	5,6	6,9
H2				
Electrique	8	4,5	4,5	6,2
Gaz	106	4,5	4,3	6,5
Réseau de chaleur	10	3,9	4,2	7,4
H3				
Electrique	30	4,3	4,3	6,3
Gaz	24	3,9	3,5	5,6
Total général	955	4,3	4,3	6,2

Figure 34 : Résistances thermiques des projets collectifs du lot RT2012 en fonction de la zone climatique et de l'énergie de chauffage

On constate que 81% des projets du lot RT2012 étudiés se situent en zone H1 et 87% d'entre eux sont chauffés au gaz. Sur les 26 projets

chauffés à l'électricité en zone H1, on constate que les résistances thermiques :

- des murs sont supérieures de 14% par rapport aux bâtiments chauffés au gaz,
- des planchers bas sont supérieures de 20% par rapport aux bâtiments chauffés au gaz,
- des toitures sont supérieures de 25% par rapport aux bâtiments chauffés au gaz.

4. La consommation énergétique

4.1 Principaux résultats

Le niveau de consommation des 5 usages réglementaires, sans prise en compte de la production locale, varie en fonction de différents paramètres (niveaux énergétiques, zones climatiques, énergie de chauffage, ...)

ZC	Niveau Energie	Nb	Cep sans PV	Cep avec PV	Cep max	Gain (%)
H1	RT2012	761	65,2	64,9	73,8	12%
	E2	47	50,8	49,7	71,1	30%
	Effinergie+	206	56,0	54,1	81,4	33%
	E3	28	57,8	36,1	81,1	59%
	Bepos Effinergie 2013	17	54,46	14,2	84,4	85%
H2	RT2012	113	53,3	53,3	59,2	10%
	E2	28	42,2	42,2	60,0	30%
	Effinergie+	53	44,0	40,0	61,6	35%
	E3	15	48,3	7,8	67,5	96%
	Bepos Effinergie 2013	12	39,0	-37,1	60,9	154%
H3	RT2012	49	46,5	45,4	49,6	8%
	E2	4	49,4	41,5	57,6	28%
	Effinergie+	8	39,0	37,0	53,7	31%
	Bepos Effinergie 2013	6	48,2	-29,6	65,5	166%

Tableau 24 : Consommation (kWhep/m².an) des 5 usages réglementaires pour les lots de logements collectifs

Les principaux enseignements sur la consommation énergétique avec la prise en compte de la production locale d'électricité :

- Elle atteint 62,4 kWhep/m².an pour les projets RT2012, soit un gain de 11,6% par rapport à l'exigence réglementaire. Elle varie de
 - 64,9 kWhep/m².an en zone H1 pour un Cep max de 73,8 kWhep/m².an,
 - 53,3 kWhep/m².an en zone H2 pour un Cep max de 59,2 kWhep/m².an,
 - 45,4 kWhep/m².an en zone H3 pour un Cep max de 49,6 kWhep/m².an.

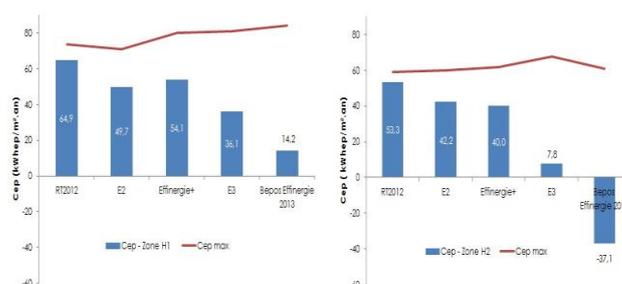


Figure 35 : Consommation énergétique par niveau énergétique et zone climatique pour les lots avec des logements collectifs

- Les projets de l'expérimentation E+C-, Effinergie+ et Bepos Effinergie 2013 ont une consommation à minima inférieure de 30% par rapport au Cep max réglementaire. Seuls les projets Bepos-Effinergie 2013 en zone H2 et H3 ont des consommations inférieures à zéro.

Le lot RT2012 permet une analyse statistique sur l'impact de l'énergie de chauffage.

On constate une prédominance de logements collectifs dans le lot RT2012 chauffés au gaz. Ils représentent 85% du panel étudié. En parallèle, 8% des projets sont raccordés à un réseau de chaleur et 6% sont chauffés à l'électricité. Enfin, seulement 1% sont chauffés au bois.

Les consommations énergétiques avec et sans production locale d'électricité varient de 1% (Gaz/Electrique en zone H3) à 4% (Gaz/Electrique en zone H1) suivant l'énergie de chauffage au sein d'une même zone climatique, à l'exception :

- des bâtiments raccordés au réseau de chaleur en zone H2 (+10% par rapport aux bâtiments chauffés au gaz),

- des bâtiments chauffés au bois en zone H1 (+27% par rapport aux bâtiments chauffés au gaz).

ZC et énergie de chauffage	Nb	Cep	Cep max	Gain %	Cep sans PV
H1					
Bois	4	89,2	93,6	5	89,2
Electrique	26	67,6	75,0	13,6	63,3
Gaz	664	64,9	73,4	11,6	65,0
Réseau de chaleur	67	62,5	75,9	17,6	62,4
H2					
Electrique	5	52,6	58,8	9,4	52,6
Gaz	100	52,0	57,5	9,4	52,0
Réseau de chaleur	9	65,5	76,4	14,4	65,5
H3					
Electrique	25	47,8	50,7	5,6	45,6
Gaz	24	42,9	48,2	11,0	42,9
Total général	926	62,4	70,5	11,5	62,7

Tableau 25 : Consommation (kWhep/m².an) par zones climatiques et énergies de chauffage pour les logements collectifs du lot RT2012

Les principaux enseignements sur la consommation énergétique sans la prise en compte de la production locale d'électricité

85% des projets RT2012 étant chauffés au gaz, l'analyse ne portera que sur cette énergie de chauffage. On constate que :

- Les consommations des projets RT2012 sont les plus élevées. Elles sont en moyenne supérieures de 14% (zone H2) à 18% (zone H1) aux consommations des projets E+C- et Effinergie.
- Les consommations des projets de l'expérimentation E+C- et Effinergie sont relativement similaires.

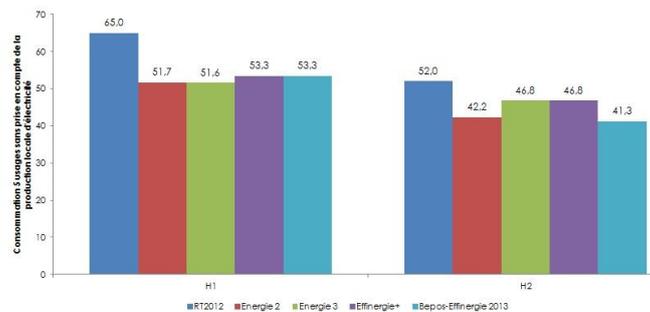


Figure 36 : Consommations énergétiques sans prise en compte de la production locale d'électricité en zone H1 et H2 pour les logements collectifs chauffés au gaz

5. Conclusion

Comme pour les logements individuels, les logements collectifs issus du lot RT2012 présentent un Bbio moyen nettement inférieur à l'exigence réglementaire (-18%). Il est fortement corrélé à la compacité du bâtiment. En conséquence, il semble pertinent de proposer et de demander d'abaisser le seuil du Bbio max et d'introduire une modulation du Bbio max en fonction de la compacité dans la future réglementation.

En parallèle, les déperditions (Ubat) des projets BBC Effinergie, équivalentes aux projets visant des niveaux E2, sont inférieures à celles des projets issus du lot RT2012. Cela se traduit concrètement par des résistances thermiques des parois opaques plus faibles dans les projets issus du lot RT2012 que dans les bâtiments BBC Effinergie.

Les niveaux de Psi global et Psi 9, pour les projets issus du lot RT2012 sont largement inférieurs à l'exigence réglementaire (gain de 30%). En conséquence, il semble indispensable d'améliorer la prise en compte de l'ensemble des ponts thermiques dans les études et d'abaisser l'exigence réglementaire.

Enfin, les consommations énergétiques, sans prise en compte de la production locale d'électricité, des projets issus du lot RT2012 sont supérieures de 14% par rapport aux consommations des projets E+C- et Effinergie.

Le tertiaire



1. Les échantillons de référence

Les analyses des bâtiments tertiaires ont été réalisées sur la base du

- Lot « Effinergie » : 75 opérations de bureau (n=41) et d'éducation (n=34) certifiés dans le cadre des labels Effinergie+, Bepos Effinergie 2013 et Effinergie 2017. Ces projets sont issus de l'Observatoire BBC : www.observatoirebbc.org.

Avant-propos : Dans certains analyses, les résultats sont communiqués à titre informatif au regard de la taille des lots étudiés.

2. Le coefficient Bbio

2.1 Une vision d'ensemble

Le Bbio des bâtiments de bureaux issus de l'Observatoire BBC varie en fonction du niveau énergétique visé (Effinergie+ ou Bepos Effinergie 2013), de la zone climatique et de la présence d'un système de refroidissement actif (catégorie CE1 ou CE2).

Froid	ZC	Niveau Énergétique	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
Non CE1	H1	Effinergie+	5	72,5	91,5	21,2%
		Bepos Effinergie 2013	12	55,1	82,6	33,1%
	H2	Bepos Effinergie 2013	4	37,1	77,3	40,2%
Oui CE2	H1	Effinergie+	7	85,6	138,5	38,1%
		Bepos Effinergie 2013	7	93,4	138,3	32,5%
	H2	Bepos Effinergie 2013	7	92,5	146,4	37,7%
		Effinergie+	3	114,4	181,9	37%
	H3	Bepos Effinergie 2013	2	92,2	168	45,1%

Tableau 26 : Bbio et Bbiomax des bureaux suivant le niveau énergétique, la zone climatique et la catégorie de froid

Principaux enseignements :

- La valeur du Bbio max varie de 80 points pour les projets sans système de refroidissement actif à plus de 150 points pour les bâtiments refroidis.
- L'exigence des labels Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013 sur le Bbio (-20% par rapport au Bbio max) est facilement atteinte sur l'ensemble des projets.

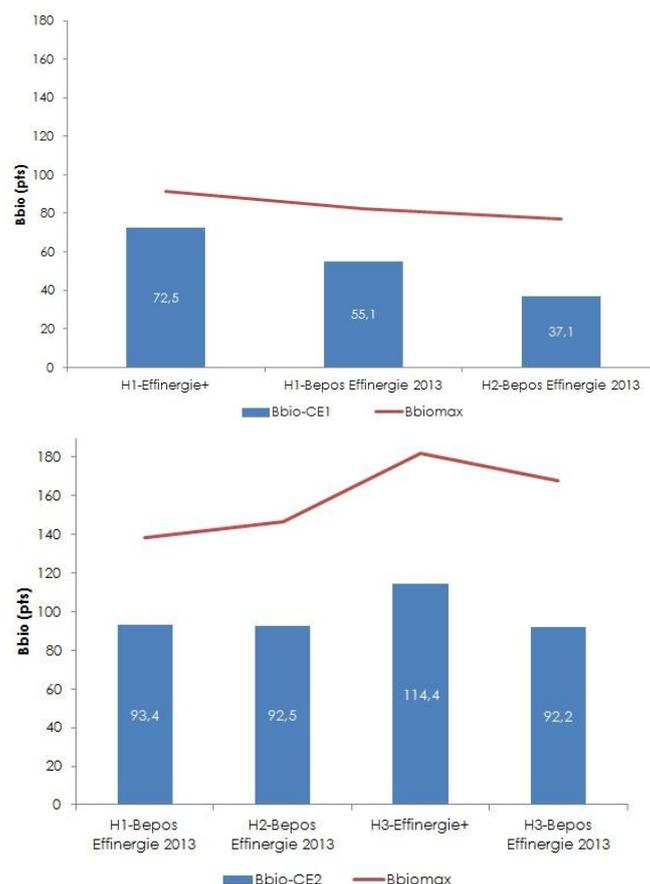


Figure 37 : Performance et Bbiomax des bureaux suivant le niveau énergétique du projet et la zone climatique

En parallèle, les bâtiments d'éducation (n=34) étudiés ne sont pas équipés de système de refroidissement actif et présente un Bbio de **49,4 pts** en moyenne.

Usage	ZC	Niveau Énergétique	Nb	Bbio (pts)	Bbio max (pts)	Gain (%)
Ecole primaire	H1		18	60,2	90,3	33,8%
	H2	Effinergie	3	46,9	72,5	35,0%
	H3		5	37,6	56,2	33,2%
Secondaire	H1	Effinergie	6	37,8	55,7	31,8%
	H2		2	34	50,8	33,1%

Tableau 27 : Bbio et Bbiomax des bâtiments d'éducation

Le Bbio semble varier en fonction de l'usage du bâtiment (école primaire, collège, université) et de la zone climatique. Pour la suite de l'étude, seules les 27 écoles primaires seront étudiées

l'échantillon de bâtiments d'enseignement secondaire étant trop faible.

3. L'enveloppe du bâtiment

3.1 Les déperditions du bâtiment

Froid	Zones Climatiques	Usage	Nb	Ubat [W/(m².K)]
Non CE1	H1		17	0,330
	H2	Bureau	5	0,329
	H3		0	-

Oui CE2	H1		14	0,722
	H2	Bureau	7	0,879
	H3		5	0,553

Tableau 28 : Déperditions pour les bureaux suivant les zones climatiques et leur catégorie de froid

Principaux enseignements :

- Les déperditions moyennes sont plus importantes pour les bâtiments équipés d'un système de refroidissement actif par rapport aux bâtiments sans système de refroidissement actif.
- Les déperditions moyennes des bâtiments de bureaux sans systèmes de refroidissement actif sont équivalentes au sein des zones climatiques H1 et H2.
- Les déperditions moyennes des écoles primaires (n=23) et collèges (n=7) semblent être supérieures à celles des bureaux.

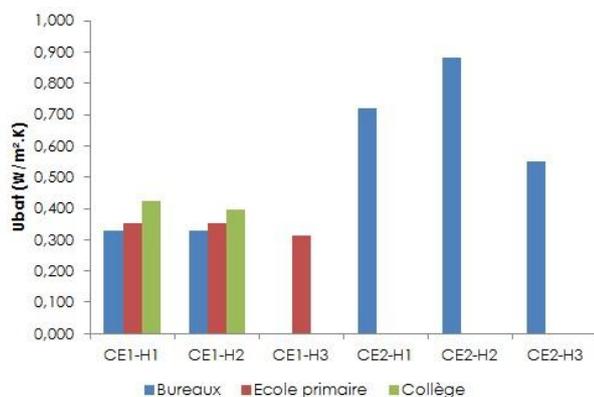


Figure 39 : Déperditions moyennes suivant l'usage du bâtiment, la zone climatiques et la présence ou l'absence d'un système de refroidissement actif

- Les déperditions moyennes des bâtiments Effinergie+ sont légèrement supérieures à celles des bâtiments Bepos-Effinergie 2013.

Froid	ZC	Usage	Niveau Energétique	Nb	Ubat [W/(m².K)]
Non CE1	H1	Bureau	Bepos Effinergie 2013	12	0,318
			Effinergie+	5	0,367
	H1	Enseignement primaire	Bepos Effinergie 2013	13	0,306
			Effinergie+	5	0,460

Tableau 29 : Déperditions suivant la présence d'un système de refroidissement actif, l'usage du bâtiment et la zone climatique

- Dans les bâtiments de bureaux et d'écoles primaires, les pertes thermiques par les baies vitrées représentent 45% des déperditions totales du bâtiment.

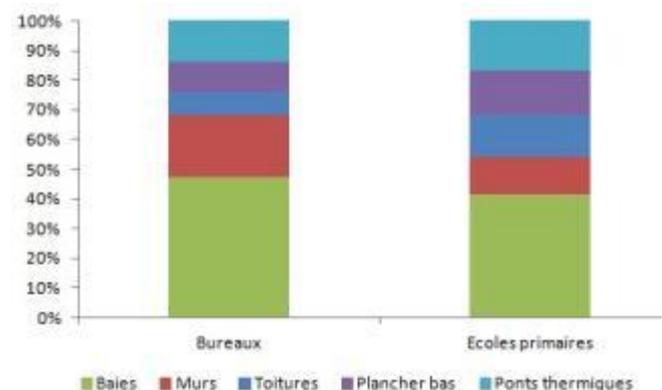


Figure 38 : Répartition des déperditions des bâtiments de bureaux et d'éducation.

En parallèle, les pertes par les ponts thermiques pèsent de 14% (Bureaux) à 17% (Ecoles primaires) des déperditions totales. Par ailleurs, leurs poids relatifs ont tendance à augmenter avec le nombre de niveaux du bâtiment. Ainsi, les pertes par ponts thermiques pour les écoles de 3 étages représentent 22% des déperditions totales, alors qu'elles ne sont que de 15% pour les écoles de plain-pied et de 18% pour les groupes scolaires en R+1.

3.2 Les ponts thermiques

Ratio de transmission thermique linéique moyen global (Psi global)

Les niveaux du ratio de transmission thermique linéique moyen global (Psi moyen) semblent être similaires dans les bureaux (0,106 W/m².K) et les bâtiments d'éducation (0,112 W/m².K). Plus précisément :

- 90% des projets de bureaux et d'éducation ont un Psi moyen inférieur à 0,21 W/m².K,
- 50% des projets de bureaux et d'éducation ont un Psi moyen inférieur à 0,09 W/m².K.

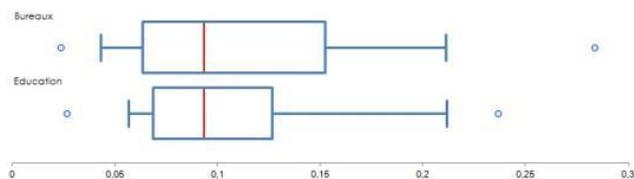


Figure 39 : Psi global (Médiane, Quartile et Décile) des projets tertiaires du lot Effinergie

Coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi9)

Le coefficient de transmission thermique linéaire moyen (Psi 9) est plus performant de 12% dans les bâtiments de bureaux (Psi 9 : 0,168 W/ml.K) que dans les bâtiments d'éducation (Psi 9 : 0,231 W/ml.K).

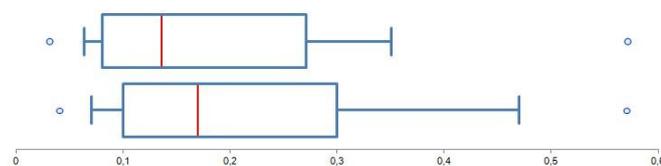


Figure 40 : Psi 9 (Médiane, Quartile et Décile) des projets tertiaires du lot Effinergie

Principaux enseignements :

- Les niveaux de Psi moyen et Psi9 sont bien en deçà des exigences réglementaires. En effet, les projets tertiaires étudiés présentent des gains de :
 - 60% par rapport à l'exigence réglementaire du Psi moyen (0,28 W/m².K),

- 72% (Bureaux) à 62% (Education) par rapport l'exigence réglementaire du Psi9 (0,6 W/ml.K).
- Le traitement des ponts thermiques des planchers intermédiaires est plus efficace avec une isolation par l'extérieur.

	Nb	Psi moyen W/m ² .K	Nb	Psi 9 W/ml.K
Bureaux	34	0,10	28	0,19
ITE	20	0,11	19	0,16
ITI	14	0,10	9	0,25
Enseignement - école primaire	18	0,12	12	0,30
ITE	8	0,10	4	0,24
ITI	10	0,14	8	0,33
Total général	52	0,11	40	0,22

Tableau 30 : Valeur Psi 9 et Psi moyen par systèmes constructifs pour les lots tertiaires

3.3 Les résistances thermiques des parois opaques

Froid	ZC	Usages	Nb	Ubat	Mur	P.bas	Toit
Non CE1		Bureaux	17	0,329	6,2	7,0	8,7
	H1	Primaire	18	0,354	6,4	7,3	8,3
		Collège	5	0,424	4,4	6,0	8,4
	H2	Bureaux	5	0,337	5,6	6,0	9,6
		Primaire	3	0,354	4,5	6,1	9,1
Oui CE2	H3	Primaire	5	0,312	5,0	5,7	8,8
	H1	Bureaux	14	0,722	5,3	5,1	8,0
	H2	Bureaux	7	0,879	3,1	4,3	7,5
	H3	Bureaux	5	0,553	4,4	4,7	6,3

Tableau 31 : Résistances thermiques des parois opaques par niveau énergétique visé pour les lots tertiaires

Principaux enseignements :

- Les résistances thermiques des parois mises en œuvre dans les projets équipés d'un système de refroidissement actif sont moins performantes que pour les projets en catégorie CE1 (dans système de refroidissement actif).
- Les résistances thermiques des projets Bepos Effinergie 2013 sont généralement supérieures à celles mises en œuvre dans les projets Effinergie+.

4. La consommation énergétique

Principaux enseignements :

- Le niveau de consommation énergétique en tertiaire est impacté par de nombreux paramètres : usages du bâtiment, zone climatique, présence d'un système de refroidissement actif, niveau énergétique visé et énergie de chauffage. En conséquence, au regard de la taille de l'échantillon étudié, les informations communiquées ci-dessous n'ont pas de valeurs statistiques.

Sur la consommation des 5 usages réglementaires, sans prise en compte de la production locale d'électricité

- La consommation des écoles se situe entre 63 à 70 kWhep/m².an en zone H1 et H2. Elle diminue en zone H3 autour de 48 kWhep/m².an. Les écoles Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013 présentent une consommation énergétique moyenne inférieure de 39% (Effinergie+) à 47% (Bepos-Effinergie 2013) par rapport au Cepmax de la réglementation thermique 2012.

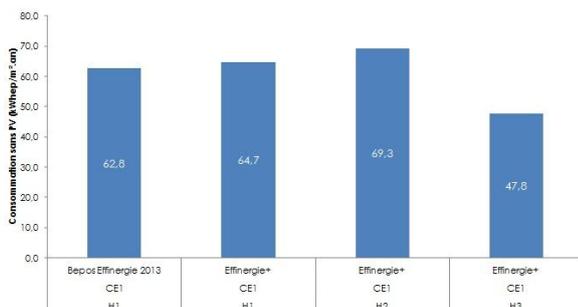


Figure 41 : Consommation sans prise en compte de la production locale d'électricité pour les écoles

- Les bâtiments de bureaux Bepos-Effinergie 2013 ont une consommation, sans prise en compte de la production locale d'électricité, inférieure ou égale aux bâtiments Effinergie+ à zones climatiques et catégorie de froid identiques. (Cf. flèche rouge sur figure 40).
- Ce résultat traduit la volonté de minimiser les consommations en vue de les

compenser par une production locale d'électricité.

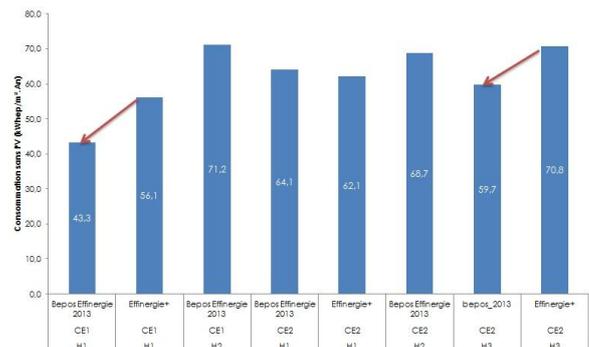


Figure 42 : Consommation sans prise en compte de la production locale d'électricité pour les bureaux

- Les bureaux Effinergie+ et Bepos-Effinergie 2013 présentent une consommation énergétique moyenne inférieure de 44% par rapport au Cepmax de la réglementation thermique 2012.

Sur la consommation des 5 usages réglementaires, avec prise en compte de la production locale d'électricité

- Les niveaux des consommations des projets Effinergie+ diminuent de 8% pour les bureaux et de 30% pour les bâtiments d'éducation. Cette différence s'explique d'une part par un taux d'installation photovoltaïque plus important pour les projets d'éducation (25% au lieu de 19% pour les bureaux), et d'autre part par le dimensionnement des installations photovoltaïques qui sont principalement situées en zone H3.

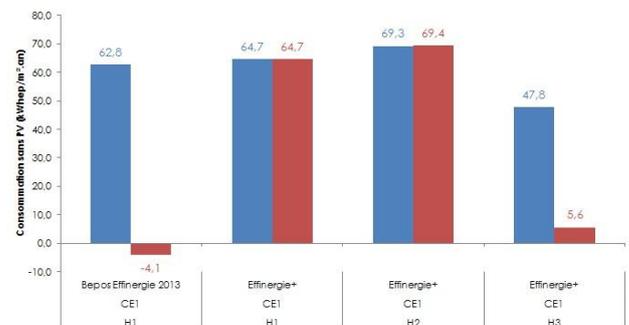


Figure 43 : Consommation avec et sans prise en compte de la production locale d'électricité pour les écoles

- Dans 40% des bâtiments de bureaux, la production locale d'électricité ne compense pas les consommations énergétiques des 5 usages réglementaires. Ces bâtiments se caractérisent par une compacité plus forte (1 au lieu de 1,75 pour les autres bâtiments) et un nombre d'étages plus important (5 au lieu de 2 pour les autres bâtiments) ne favorisant pas l'installation de production locale d'électricité en toiture

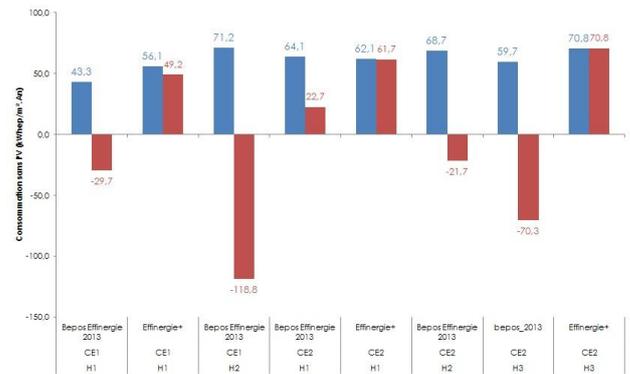


Figure 44 : Consommation avec et sans prise en compte de la production locale d'électricité pour les bureaux

Usage	ZC	Système de Refroidissement	Niveau énergétique	Nb	Cep projet sans PV (kWhep/m ² .an)	Cep projet avec PV (kWhep/m ² .an)	Cep max (kWhep/m ² .an)	Gain (%)
Bureaux	H1	CE1	Bepos Effinergie 2013	12	43,3	-29,7	86,8	135,0
	H2	CE1		3	71,2	-118,8	100,2	296,5
	H1	CE2		7	64,1	22,7	113,8	80,9
	H2	CE2		7	68,7	-21,7	130,8	115,7
	H3	CE2		2	59,7	-70,3	133,6	151,9
	H1	CE1	Effinergie+	5	56,1	49,2	90,4	45,8
	H1	CE2		7	62,1	61,7	118,7	48,2
	H3	CE2		2	70,8	70,8	145,8	51,6
Ecole	H1	CE1	Bepos Effinergie 2013	13	62,8	-4,1	113,9	105,2
	H1	CE1	Effinergie+	5	64,7	64,7	115,5	44,5
	H2	CE1		2	69,3	69,4	100,0	30,7
	H3	CE1		5	47,8	5,6	81,9	92,6

Tableau 32 : Consommations par zones climatiques, présence d'un système de refroidissement et niveaux énergétiques pour les lots tertiaire.

Annexe 1

Interprétation d'un graphique Décile-Quartile-Médiane

Soit un échantillon composé de X valeurs. On cherche à caractériser cet échantillon.

- Le trait rouge correspond à la médiane : 50% des données de l'échantillon sont inférieures à la valeur médiane. En parallèle, 50% des données sont supérieures à cette médiane.
- Les deux points extrêmes correspondent au minimum et maximum de l'échantillon
- 50% des valeurs de l'échantillon s sont comprises dans le rectangle
- 90% des valeurs de l'échantillon s sont comprises entre les deux traits verticaux

