

Impact en ACV de l'isolation sur les  
niveaux BEPOS et CO<sub>2</sub>



## Rapport final

Direction	Nathalie Tchang	Date	25/07/2016
Chef de projet	Laurent Mazié	Référence rapport	ET 16/099
		N°version	3
Chargés d'études			
Diffusion	Olivier Servant / Sylvie Charbonnier		

### Membre fondateur de



### Qualification



### Membre des réseaux



# SOMMAIRE

1	Préambule.....	3
1.1	Contexte.....	3
1.2	Contenu de l'étude .....	7
1.3	Méthodologie.....	7
2	Synthèse.....	8
2.1	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 .....	8
2.1.1	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 des composants .....	8
2.1.2	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 global.....	8
2.2	Impact du type d'énergie.....	8
2.3	Impact du solaire photovoltaïque.....	9
2.4	Bilans selon les systèmes énergétiques.....	9
3	Hypothèses.....	10
3.1	Caractéristiques du bâtiment étudié .....	10
3.2	Simulations réalisées.....	11
3.2.1	Impact du niveau d'isolation.....	11
3.2.2	Impact du type de chauffage .....	11
3.2.3	Impact du solaire photovoltaïque.....	11
4	Résultats.....	12
4.1	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 .....	12
4.1.1	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 des composants .....	12
4.1.2	Impact de l'isolation sur le bilan CO2 global.....	13
4.2	Impact du type d'énergie.....	16
4.2.1	Sensibilités à niveau d'isolation équivalent .....	16
4.2.2	Sensibilités pour le niveau RT2012 / Bilanmax .....	18
4.3	Impact du solaire photovoltaïque.....	21

# 1 Préambule

## 1.1 Contexte

Le ministère de l'Ecologie souhaite mettre en place un label environnemental pour les bâtiments neufs. Ce label est destiné à couvrir l'ensemble du cycle de vie du bâtiment. D'un point de vue énergétique, l'ensemble des postes de consommations sont considérés avec un indicateur appelé « Bilan BEPOS ». Cette exigence énergétique se double d'une exigence sur les émissions de gaz à effet de serre à travers un indicateur appelé « Bilan CO2 ».

### Europe

#### Directive Performance Energétique des Bâtiments (2010/31/UE)



##### *Donne une définition du nZEB (art.1)*

- « Un bâtiment qui a des **performances 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 »

##### *Mentionne 2 échéances clés pour la construction de nZEB (art.9)*

- **Après 2018 pour les bâtiments publics** : « Les États membres veillent à ce qu'après le 31 décembre 2018, les nouveaux bâtiments occupés et possédés par les autorités publiques soient à consommation d'énergie quasi nulle. »
- **D'ici à fin 2020 pour tous les bâtiments** : « Les États membres veillent à ce que d'ici au 31 décembre 2020, tous les nouveaux bâtiments soient à consommation d'énergie quasi nulle »

### France

#### Loi Grenelle I (août 2009)



##### *Introduit un objectif de bâtiment à énergie positive pour la fin 2020 (art. 4)*

- « Tous les constructions neuves faisant l'objet d'une demande de permis de construire à compter de la fin 2020, présentent sauf exception, une consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions, notamment le bois énergie »



*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. »*

*Impose de définir l'exemplarité énergétique et environnementale et les bâtiments à énergie positive*

*« 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. »*

*Propose une bonification de gabarit pour les bâtiments faisant preuve d'exemplarité énergétique ou environnementale ou qui sont à énergie positive*



*Introduit l'obligation d'exigences multi critères sur l'ensemble du cycle de vie*

*« Un décret en Conseil d'Etat détermine : pour les constructions nouvelles, en fonction des différentes catégories de bâtiments, leurs caractéristiques et leur performance énergétiques et environnementales, notamment au regard des émissions de gaz à effet de serre, de la consommation d'eau ainsi que de la production de déchets liées à leur édification, leur entretien, leur réhabilitation et leur démolition (...) »*



*Avance à 2018 la prise en compte des GES dans la performance énergétique au périmètre du cycle de vie du bâtiment*

*« 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 »*

Ainsi, les pouvoirs publics ont pour objectifs de publier un texte sur l'étiquetage environnemental afin :

- A court terme, de proposer des labels énergétiques et environnementaux pour les démarches volontaires ; pour les collectivités locales qui souhaiteraient imposer des niveaux plus performants contre la délivrance de permis de construire ; pour réaliser une base de données et un retour d'expérience pour les étapes réglementaires ultérieures ; pour bénéficier de bonus de constructibilité.
- A moyen terme, de s'appuyer sur les retours d'expérience afin de caler la future réglementation énergétique 2018.

Les objectifs annoncés sont les suivants :

- Dynamiser l'ensemble de la filière tout en tenant compte du coût de la construction avec :
  - un **référentiel à plusieurs niveaux** adaptable à chacun
  - une politique de label volontaire associée à un **observatoire** pour **capitaliser**

- Développer et massifier les bâtiments à énergie positive en s'appuyant sur la dynamique des territoires

- **Les grands principes**

Le futur étiquetage environnemental devrait s'appuyer sur plusieurs principes :

- 1 – Répondre à l'objectif énergétique « BEPOS », en renforçant l'incitation à recourir à des énergies renouvelables
- 2 – Intégrer la notion de performance environnementale à travers un calcul d'Analyse du cycle de vie et un indicateur CO2 (exploitation / construction).



➔ Vers une évaluation multi critères des performances d'un bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie



Les niveaux BEPOS devrait s'orienter vers plusieurs niveaux :

- **Un indicateur BEPOS unique :**
  - Unique, simple d'approche pour les acteurs
  - Qui permet de valoriser les efforts en matière de sobriété et d'efficacité énergétique, d'utilisation des ENRetR, en dissociant ce qui est utile au bâtiment de la production exportée
  - Elargi à l'ensemble des consommations du bâtiment, dans un souci de pédagogie

**Bilan =  $\Sigma$**  **Non renouvelable**  $\Sigma$

- Baisser la consommation  
- Renforcer le recours aux EnR embarqués (autoconsommation) ou du réseau local et national

**Production Exportée**

Promouvoir la contribution du bâtiment à la politique locale de l'énergie

**Indicateurs informatifs :**

- Consommation non renouvelable : 
- Production d'énergie exportée : 

\* Les indicateurs RT 2012 : Bbio, Cep, cep hors production restent inchangés

:

- **La fixation d'exigences graduées avec :**
  - des niveaux de recours aux ENR échelonnés
  - un(des) premier(s) niveau(s) accessible(s) à tous les systèmes énergétiques sans recours systématique au PV, un (des) niveau(x) faisant appel à une production d'électricité renouvelable
- **Un BEPOS contextualisé avec :**
  - une exigence mutualisable entre bâtiments à l'échelle du PC ou d'une opération d'aménagement
  - une prescription locale de la production d'électricité renouvelable : les niveaux faisant appel à une production d'électricité renouvelable sont pilotés par les collectivités locales

Les exigences pour la partie environnementale s'appuieraient sur les principes suivants :

**Un indicateur des émissions de GES sur l'ensemble du cycle de vie**

- Calcul ACV multicritère du bâtiment selon référentiel
- Tous les indicateurs sont calculés et capitalisés
- Les exigences portent uniquement sur l'indicateur GES
- Différents niveaux d'exigences

- **Le calage des futures exigences**

Les futures exigences seront calées en fonction :

- Du REX HQE Performance sur la partie ACV
- Des travaux du GT applicateurs qui sont en cours
- Des retours d'expérience et contributions de différents acteurs qui ont des éléments et qui pourront les apporter courant juin.

Dans ce cadre, la présente étude est destinée à déterminer l'impact de certains paramètres sur le Bilan CO2 tout en déterminant les niveaux du bilan BEPOS correspondants. Le paramètre principal étudié dans cette étude est le niveau d'isolation thermique du bâtiment. D'autres impacts seront également étudiés :

- Le type d'énergie pour le chauffage et l'ECS,
- La présence de solaire photovoltaïque.

## 1.2 Contenu de l'étude

Cette étude est divisée en 3 parties distinctes :

- Une synthèse en donne tout d'abord les grandes conclusions,
- Dans le chapitre suivant, les hypothèses détaillées du projet sont présentées,
- Le dernier chapitre est consacré à l'illustration des résultats de l'étude.

Enfin, sont annexés les résultats détaillés pour l'ensemble des simulations réalisées.

## 1.3 Méthodologie

Le logiciel Elodie a été utilisé pour le calcul des impacts environnementaux.

Le moteur de calcul Maestro v7.2.0.0 auto-consommation a été utilisé pour les calculs énergétiques.

## 2 Synthèse

Principaux enseignements de l'étude :

### 2.1 Impact de l'isolation sur le bilan CO2

#### 2.1.1 Impact de l'isolation sur le bilan CO2 des composants

- Impact du niveau d'isolation quasi négligeable sur le bilan CO2 des composants
- Lots GO et CVC largement majoritaires (> 75%)

#### 2.1.2 Impact de l'isolation sur le bilan CO2 global

- Augmentation de l'impact CO2 des composants largement compensée par la diminution des consommations énergétiques sur la plage d'isolation étudiée :

En effet, en passant du 1<sup>er</sup> au 5<sup>e</sup> niveau d'isolation, voici comment évoluent les émissions de CO2 :

	Emissions de CO2 liées aux consommations énergétiques	Emissions de CO2 liées aux composants	Bilan CO2 global
H1b	 17 à 37%	 < 2%	 5 à 14%
H2b	 16 à 37%	 < 2%	 4 à 12%
H3	 13 à 34%	 < 2%	 2 à 8%

Ainsi, le renforcement de l'isolation permet un évitement des émissions de CO2 totales de 5 à 14% en zone H1b, de 4 à 12% en zone H2b, et de 2 à 8% en zone H3.

### 2.2 Impact du type d'énergie

- Impact sur les émissions de CO2 des composants dans la majorité des cas supérieur à 50 ans de consommation tous usages en zone H1b et H2b, et systématiquement en zone H3
- Importante variation des émissions de CO2 totales en fonction du type d'énergie (facteurs respectivement proches de 2 et 1,5 entre chauffage au bois et au gaz collectif en H1b et H3)



Incertitude sur le contributeur composant très importante en raison du nombre important de données manquantes ou inadaptées pour le lot CVC.

## 2.3 Impact du solaire photovoltaïque

- Quelque soit la surface de capteurs solaires photovoltaïques installée, la très faible diminution du contributeur énergie ne compense pas l'augmentation du contributeur composant, quelque soit la zone climatique. Toutefois, l'augmentation du bilan CO2 global est modérée (< 5%) → solution pour chauffage électrique par effet Joule

## 2.4 Bilans selon les systèmes énergétiques

	Bilan CO2	Bilan BEPOS
Chauffage gaz individuel	Défavorable → Optimisation par sur-isolation ou autres possibilités ?	Favorable → renforcement isolation pour niveaux + performants (jusqu'à 0,8)
Chauffage gaz collectif	Défavorable → Optimisation par sur-isolation ou autres possibilités ?	Renforcement isolation + équipements performants nécessaires pour respect Bilanmax
Effet Joule + CET	Très favorable, pas de contrainte particulière	Impossibilité d'atteindre même le premier seuil, même avec PV et niveau maxi d'isolation
RCU vertueux	Très favorable, pas de contrainte particulière (différent si réseau non vertueux)	Très favorable (si réseau vertueux) → peu d'incitation à renforcer les prestations thermiques du bâtiment (isolation, équipements)
Chauffage bois	Très favorable, pas de contrainte particulière	Extrêmement favorable → coefficient $E_{pnr}=0$ , aucune incitation à renforcer le bâti ou les performances des équipements

## 3 Hypothèses

### 3.1 Caractéristiques du bâtiment étudié



Description générale		
Typologie du bâtiment		Immeuble habitation collectif
Bâtiment		Neuf
Nombre d'étages		R+3 et R+4 (duplex)
Année de construction		entre 2012 et 2020
Unités d'analyse		
Surface de plancher SDP	m <sup>2</sup>	1100
Durée de vie programmée	années	50
SHAB	m <sup>2</sup>	1034
Durée d'occupation par an	mois	12
Nombre logements		13
SHON RT	m <sup>2</sup>	1371,4
Contexte		
Zones climatiques		H1b / H2b / H3
Altitude	mètres	<= 400 mètres
Descriptions et commentaires		
Nombre de niveaux de parking		1
Type de parking		souterrain
Hauteur sous plafond		2,50
Système constructif		Voile béton + ITI

## 3.2 Simulations réalisées

### 3.2.1 Impact du niveau d'isolation

5 niveaux d'isolation sont étudiés :

	1 <sup>er</sup> niveau	2 <sup>e</sup> niveau	3 <sup>e</sup> niveau	4 <sup>e</sup> niveau	Meilleur niveau
Murs	R=2	R=3	R=4	R=5	R=6
Plancher bas	R=2	R=3	R=4	R=5	R=6
Toiture terrasse	R=5	R=6	R=7	R=8	R=9
Fenêtres	Double vitrage Uw=1,4	Double vitrage Uw=1,4	Double vitrage Uw=1,4	Double vitrage Uw=1,4	Triple vitrage au nord Uw=1,1

Toutes les autres caractéristiques d'enveloppe du bâtiment sont fixes.

### 3.2.2 Impact du type de chauffage

Pour chacun de ces niveaux d'isolation, plusieurs systèmes de chauffage/ECS sont étudiés afin de déterminer l'impact de leur choix sur le bilan CO<sub>2</sub> :

Chauffage	ECS
Gaz individuel	Gaz individuel
Gaz collectif	Gaz collectif
Effet Joule	Chauffe-eau thermodynamique
RCU vertueux	RCU vertueux
Chaudière bois	Chaudière bois

### 3.2.3 Impact du solaire photovoltaïque

L'impact du solaire photovoltaïque sur le bilan CO<sub>2</sub> des composants ainsi que sur le bilan CO<sub>2</sub> global est déterminé pour le cas du chauffage gaz individuel, pour le meilleur niveau d'isolation, en zones H1b et H3.

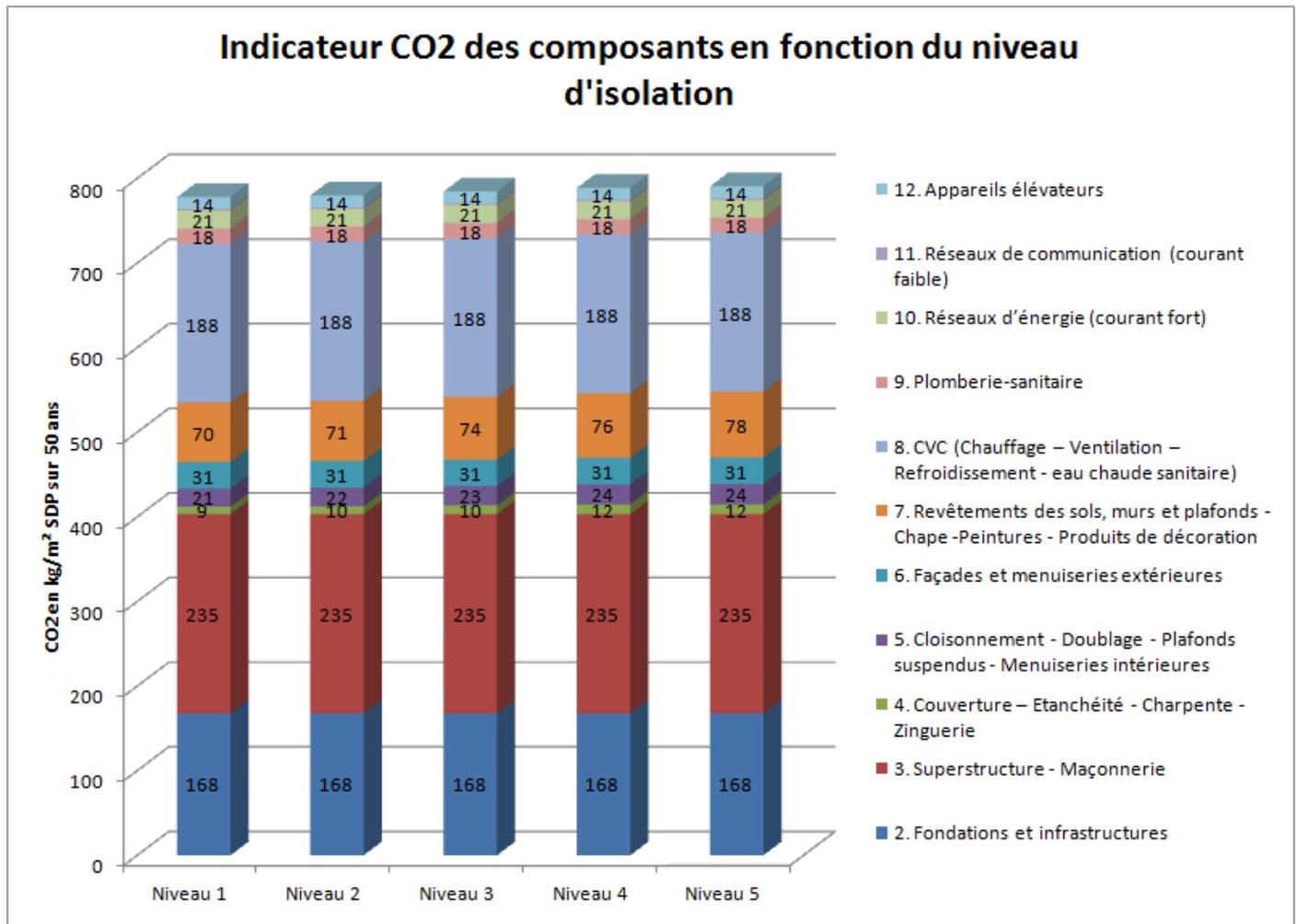
L'impact du m<sup>2</sup> de capteurs solaires n'étant pas linéaire en raison de la différenciation des parts autoconsommée et exportée, différentes surfaces d'installations solaires sont testées :

- 40 m<sup>2</sup>, soit une puissance crête installée de 8,4 kWc,
- 80 m<sup>2</sup>, soit une puissance crête installée de 16,8 kWc,
- 130 m<sup>2</sup> (soit 50% de la surface de toiture disponible), soit une puissance crête installée de 27,3 kWc.

## 4.1 Impact de l'isolation sur le bilan CO2

### 4.1.1 Impact de l'isolation sur le bilan CO2 des composants

L'impact du niveau d'isolation, dont les composants se trouvent dans les lots 4 à 7, est quasi négligeable sur le bilan CO2 des composants ; par exemple, pour le cas du chauffage gaz individuel, on passe d'une valeur de 778,1 à 790,8 kg CO2/m<sup>2</sup> SDP, soit une augmentation de 1,6% :

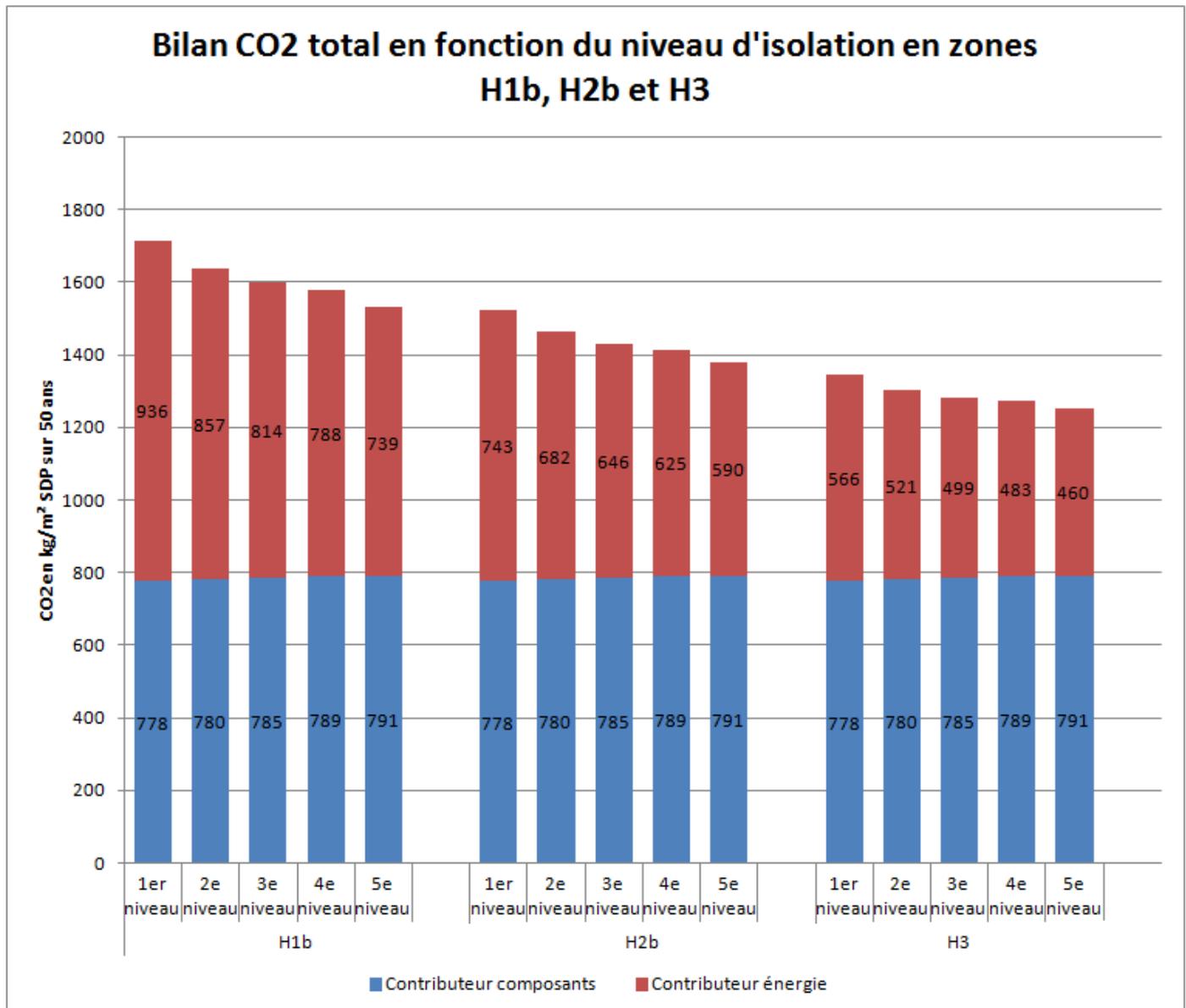


La grande majorité des impacts en CO2 proviennent des lots GO et CVC qui engendrent plus de 75% des émissions de CO2.

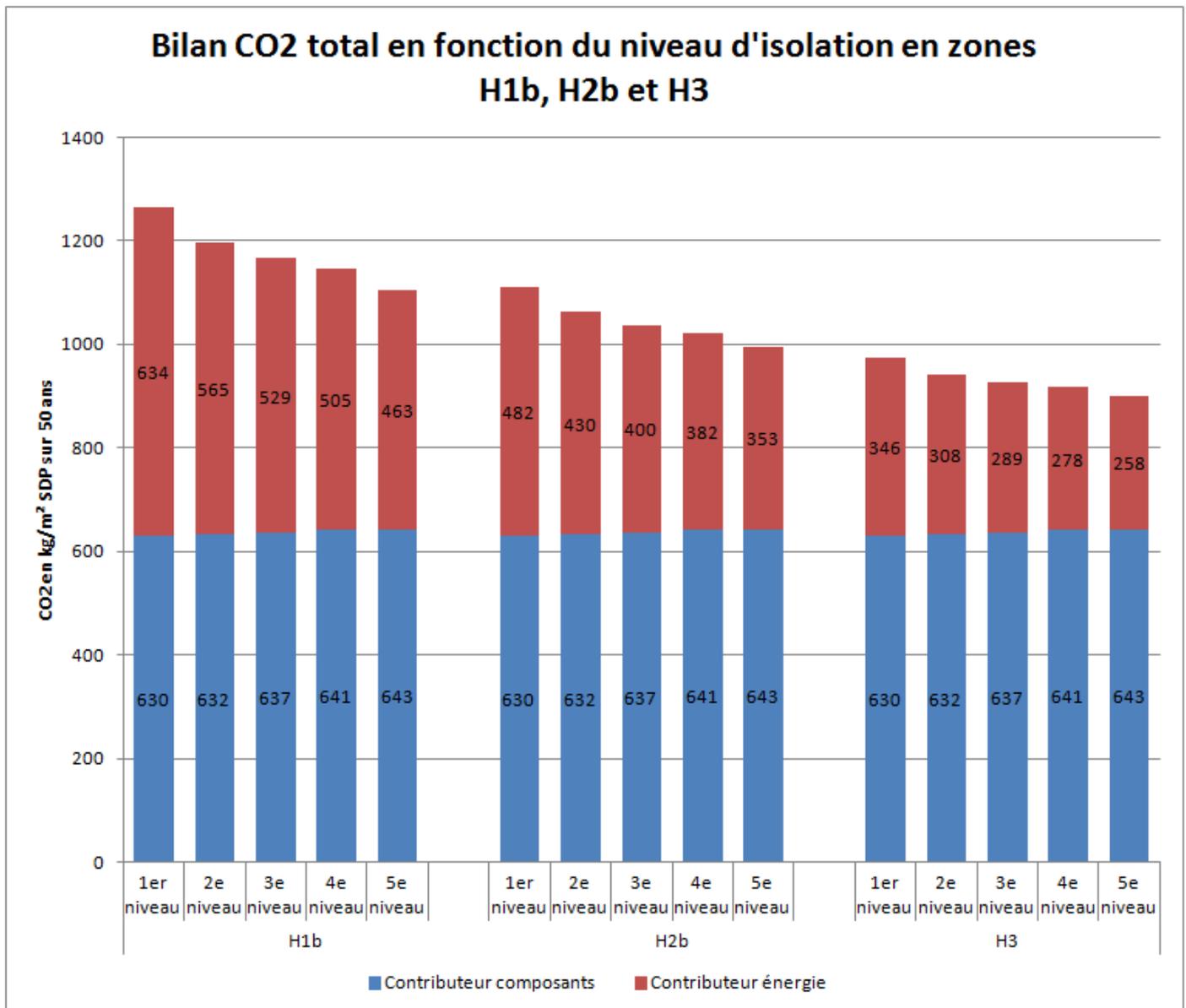
#### 4.1.2 Impact de l'isolation sur le bilan CO2 global

Si l'augmentation du niveau d'isolation a peu d'impact sur le bilan CO2 des composants, il est nécessaire de savoir si ces émissions de CO2 supplémentaires sont compensées ou non durant la phase d'exploitation par des économies d'énergie suffisantes.

- Chauffage gaz individuel



- Chauffage par effet Joule



Ainsi, quelque soit la zone climatique ou le type de chauffage, en renforçant le niveau d'isolation, la très légère augmentation de l'impact CO2 des composants est largement compensée par la diminution des consommations énergétiques sur la plage d'isolation étudiée. En effet, voici par exemple comment évoluent les émissions de CO2 en passant du 1<sup>er</sup> au 5<sup>e</sup> niveau d'isolation :

Cas du chauffage gaz individuel	Emissions de CO2 liées aux consommations énergétiques	Emissions de CO2 liées aux composants	Bilan CO2 global
H1b	↓ 27%	↑ < 2%	↓ 12%
H2b	↓ 26%	↑ < 2%	↓ 10%
H3	↓ 23%	↑ < 2%	↓ 7%

Cas de l'effet Joule	Emissions de CO2 liées aux consommations énergétiques	Emissions de CO2 liées aux composants	Bilan CO2 global
H1b	 37%	 < 2%	 14%
H2b	 37%	 < 2%	 12%
H3	 37%	 < 2%	 8%

Ainsi, le renforcement de l'isolation permet un évitement des émissions de CO2 totales :

- De 7% en zone H3 à 12% en zone H1b pour le cas du chauffage gaz individuel,
- De 8% en zone H3 à 14% en zone H1b pour le cas du chauffage par effet Joule.

## 4.2 Impact du type d'énergie

### 4.2.1 Sensibilités à niveau d'isolation équivalent

Les graphiques suivants présentent les bilans CO<sub>2</sub> des composants et de l'exploitation cumulés pour chaque système de chauffage/ECS étudié pour le cas du 1<sup>er</sup> niveau d'isolation.

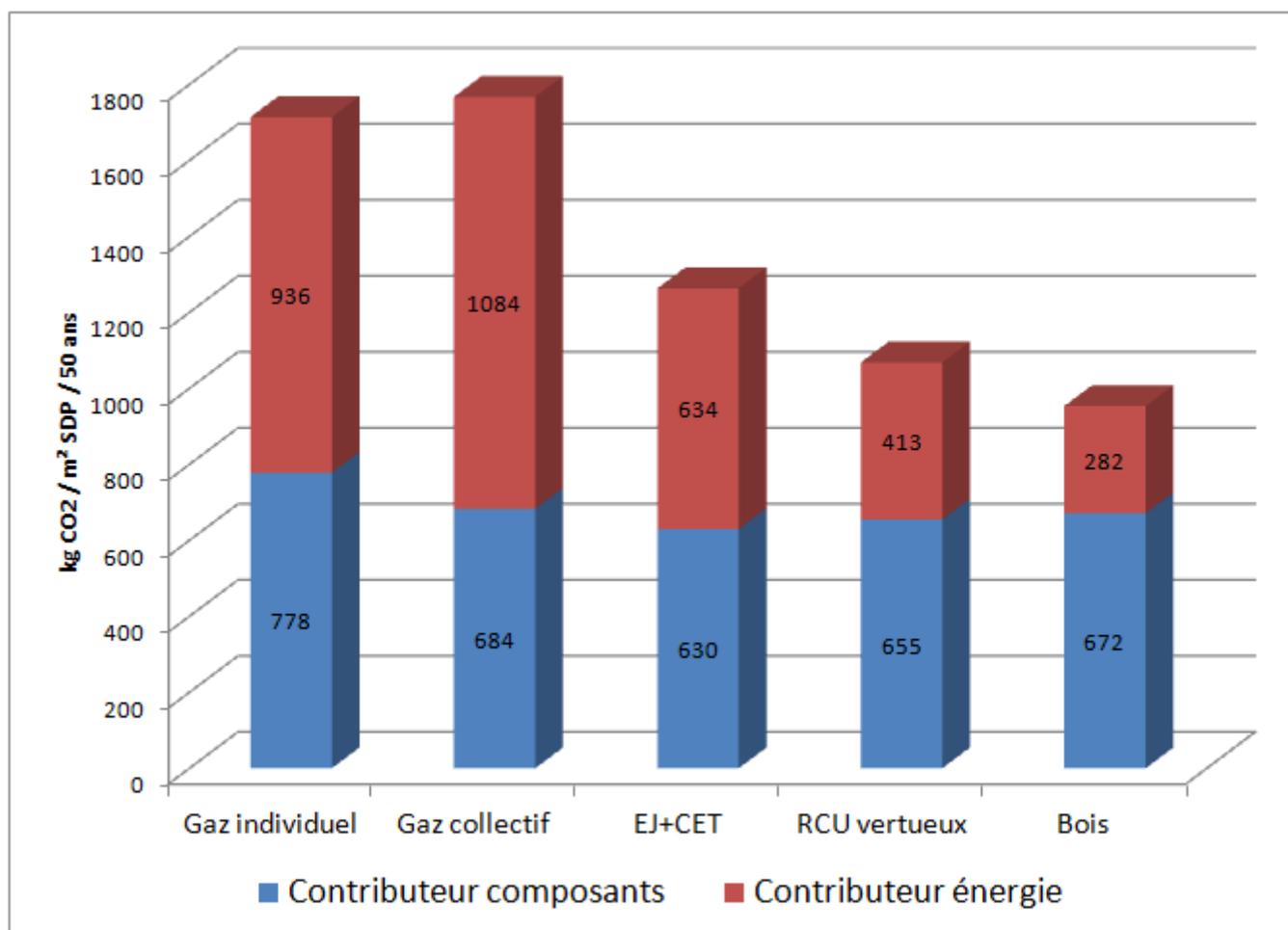


La comparaison des **impacts CO<sub>2</sub> des composants** entre systèmes de chauffage/ECS est à considérer avec précaution en raison du nombre important de données manquantes ou inadaptées pour le lot CVC.

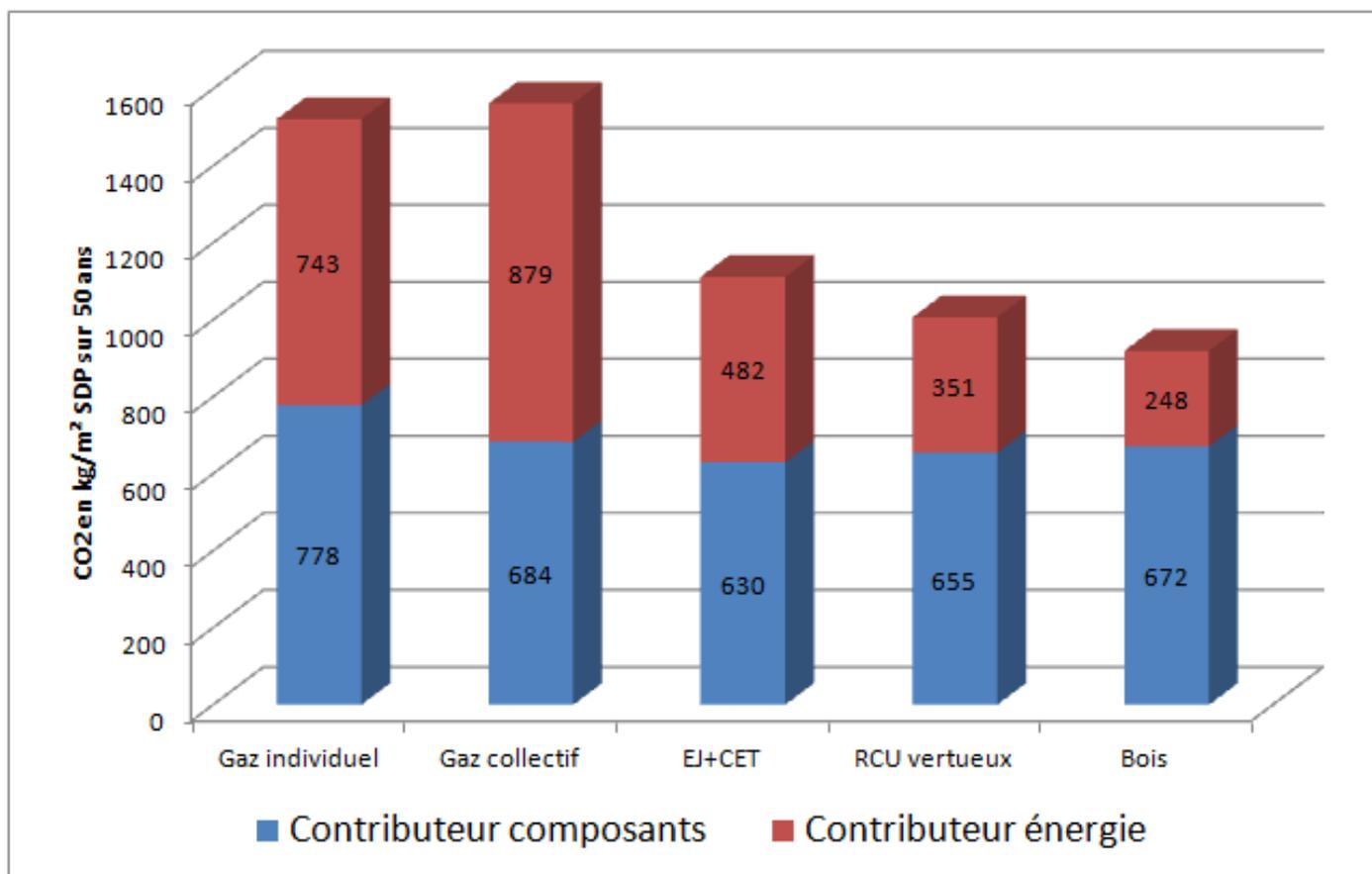


Ces graphiques sont destinés à comparer les émissions de CO<sub>2</sub> entre systèmes énergétiques à niveau d'isolation identique, ils ne présagent pas du respect du Bilanmax et/ou de la RT2012.

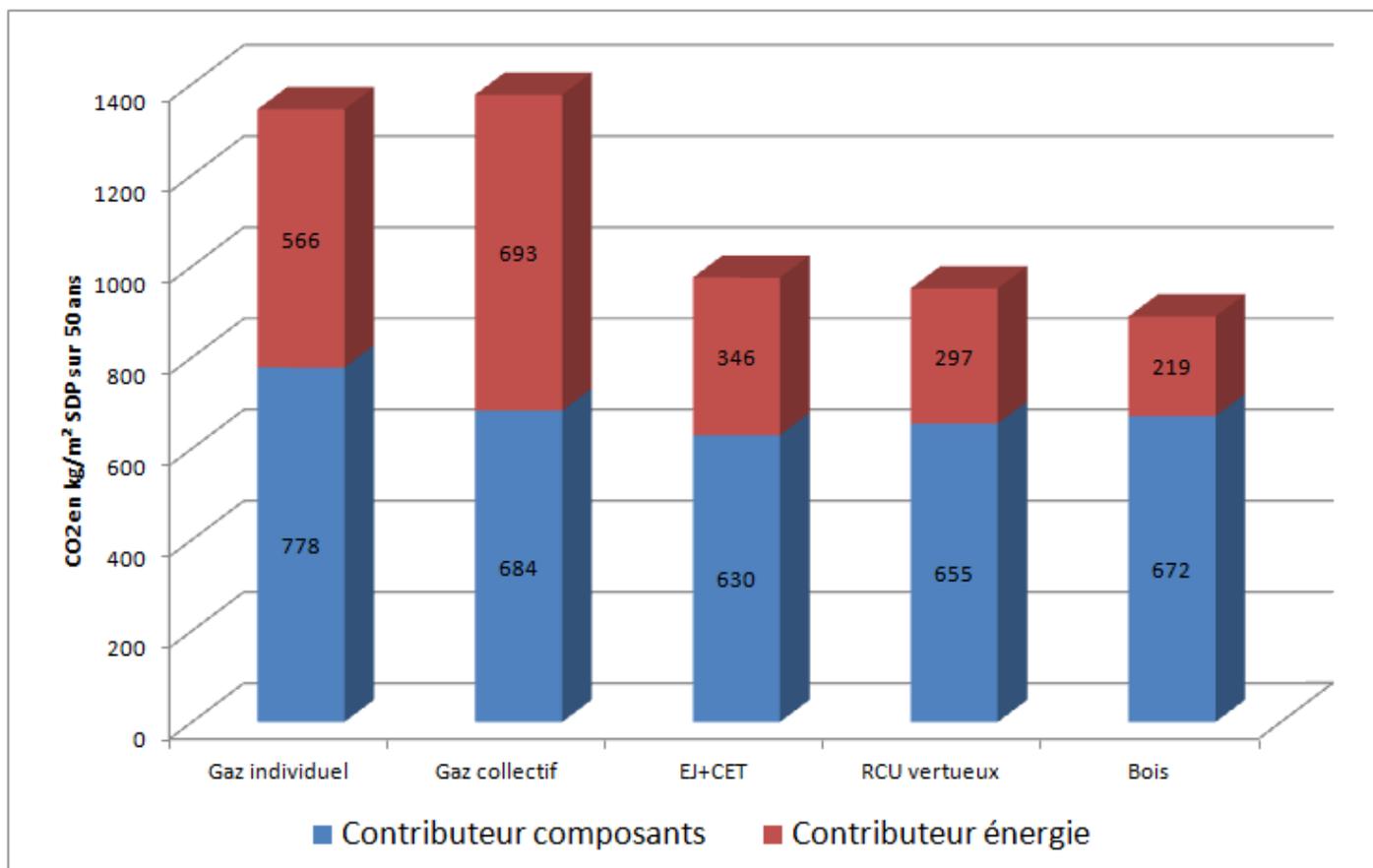
- Zone H1b



- Zone H2b



- Zone H3



Ainsi, l'impact sur les émissions de CO2 des composants est supérieur à 50 ans de consommation tous usages pour :

- les cas du réseau de chaleur vertueux et du chauffage au bois en H1b,
- les cas de l'effet Joule, du réseau de chaleur vertueux et du chauffage au bois en H2b,
- l'ensemble des systèmes sauf le cas du gaz collectif en H3.

Ceci d'autant plus que le lot CVC n'a pu être systématiquement renseigné exhaustivement.

On observe une très importante variation des émissions de CO2 du contributeur énergie, avec un rapport de 1 à 3,5 entre le chauffage au bois et le chauffage au gaz en zone H1b.

On observe au global une importante variation des émissions de CO2 totales en fonction du type d'énergie avec une plus forte variation en climat plus froid (facteurs respectivement proches de 1,85 et 1,55 entre chauffage au bois et au gaz collectif en H1b et H3).

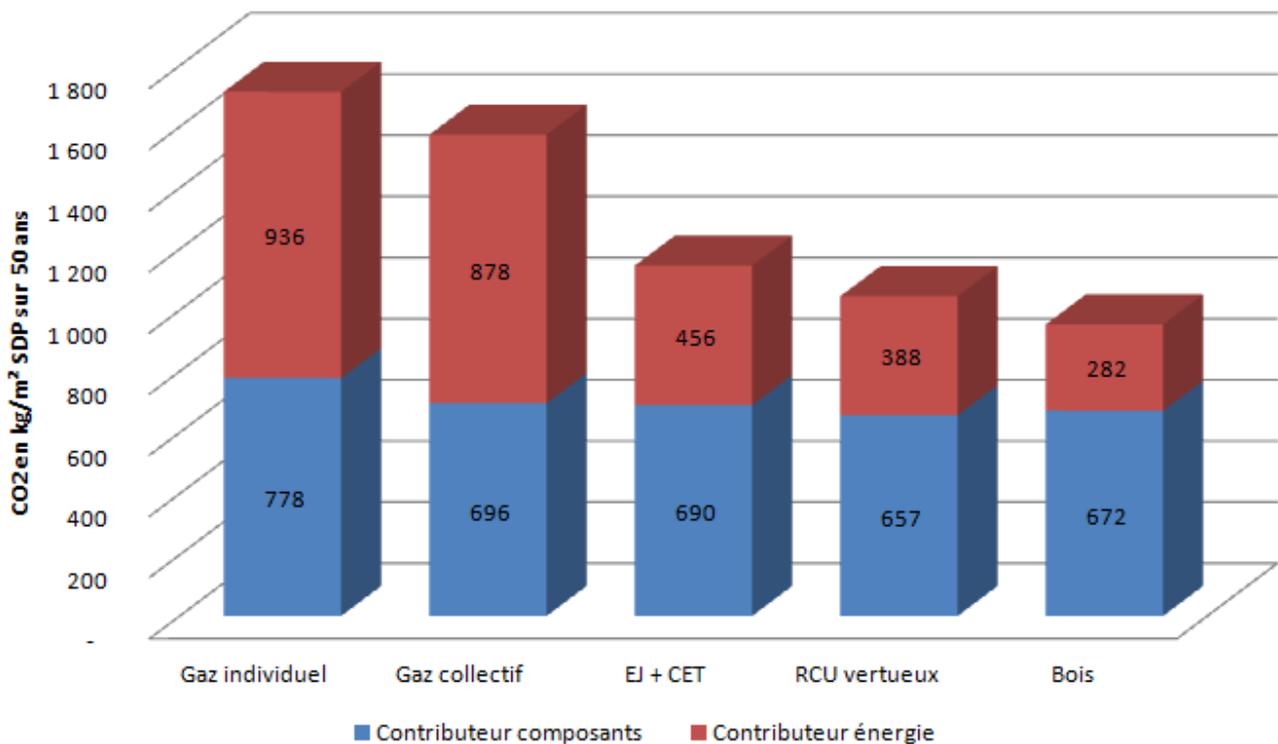


Cette dernière comparaison est à considérer avec précaution en raison du nombre important de données manquantes ou inadaptées pour le lot CVC, d'où des valeurs données pour le contributeur composant très incertaines.

#### 4.2.2 Sensibilités pour le niveau RT2012 / Bilanmax

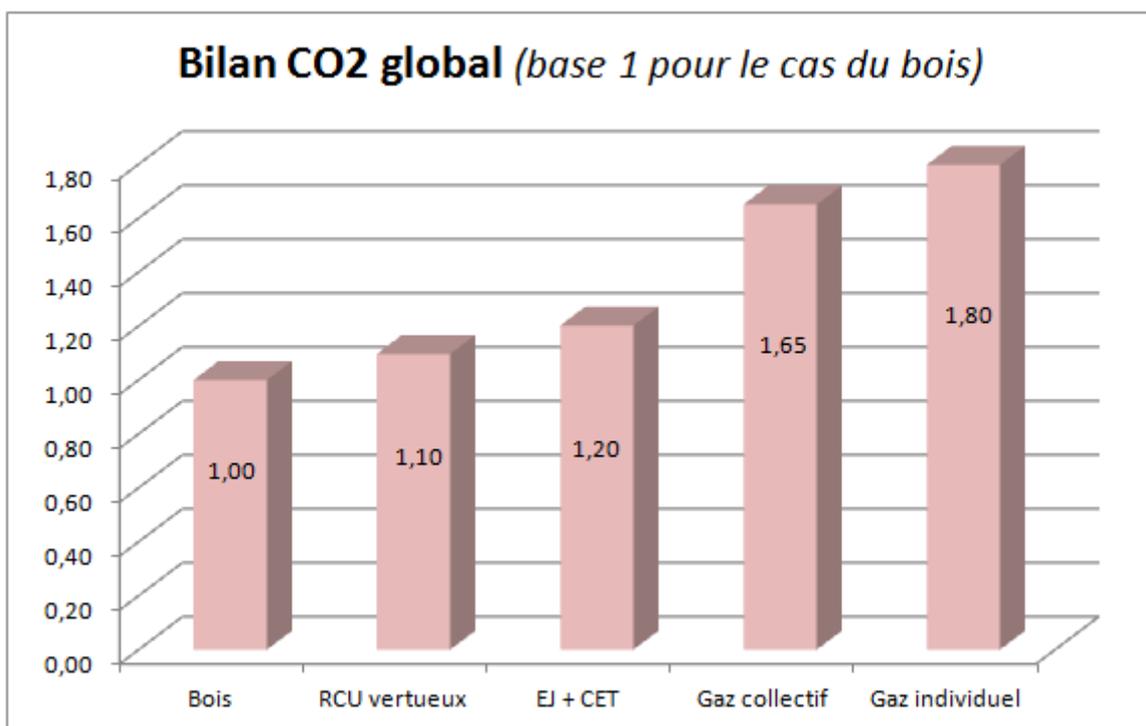
Les variantes présentées dans les sensibilités précédentes ne respectant pas systématiquement la RT2012 et/ou le Bilanmax, nous nous intéressons ici à la comparaison du bilan CO2 global selon le type d'énergie pour des niveaux RT2012 et Bilanmax respectés pour la zone climatique H1b. Le niveau d'isolation correspondant pour chaque type d'énergie est le 1<sup>er</sup> niveau d'isolation respectant à la fois la RT2012 et le Bilanmax. Par exemple, pour le cas du gaz collectif, il s'agit du meilleur niveau d'isolation (*cf annexes*). Pour le cas de l'effet Joule, 60 m<sup>2</sup> de solaire photovoltaïque ont du être intégrés en plus du meilleur niveau d'isolation afin d'atteindre les niveaux escomptés.

## Bilan CO2 global pour un niveau RT2012 / Bilanmax



On remarque que le rapport s'inverse entre le gaz collectif et le gaz individuel par rapport au bilan CO2 à isolation identique. Cela est dû au fait que les consommations électriques (moins émettrices en CO2 que le gaz) auxiliaires pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire sont plus importantes dans le cas du chauffage gaz collectif, de sorte que les consommations de gaz sont moins importantes pour un même niveau RT2012/bilanmax.

Voici le bilan CO2 global illustré en base 1 pour le cas du chauffage au bois :

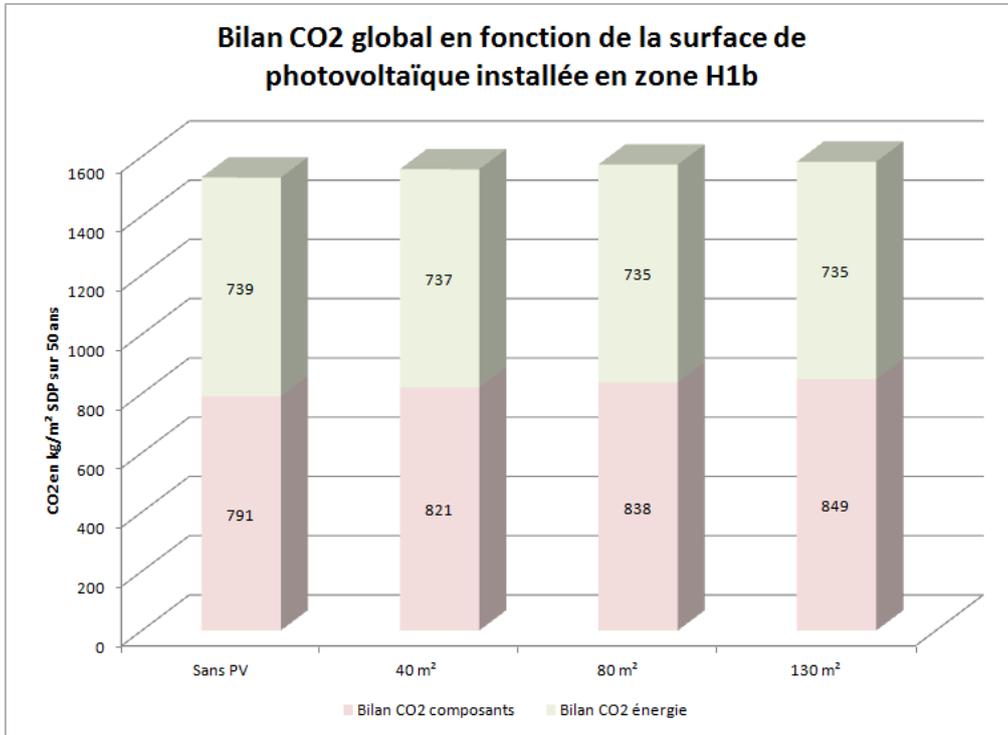


Ainsi, entre les extrêmes (chauffage au bois et gaz individuel), il y a un rapport proche de 2 dans le bilan CO2 global. La solution effet Joule est finalement assez proche des meilleurs niveaux ; compte tenu de l'incertitude pesant sur le lot CVC et de l'absence d'équipements pléthoriques nécessaires dans le cas de l'effet Joule, on peut penser que ce bilan ne pourrait être que consolidé avec des données plus précises sur le lot CVC.

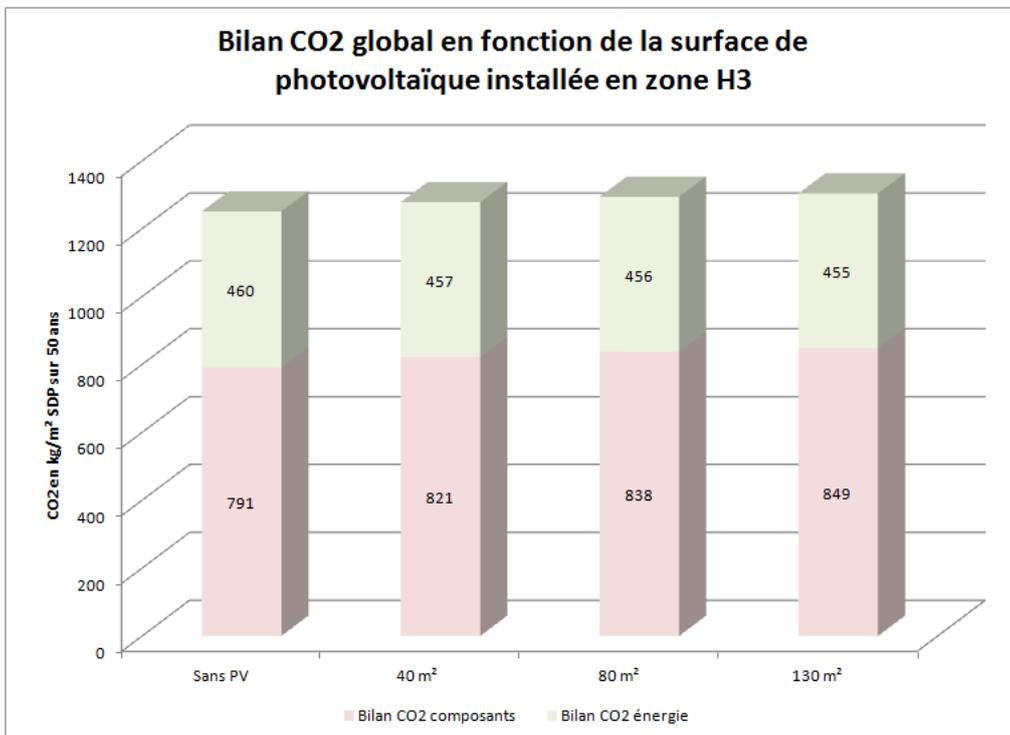
### 4.3 Impact du solaire photovoltaïque

L'impact du solaire photovoltaïque sur le bilan CO<sub>2</sub> global est analysé en zones H1b et H3 afin de couvrir les extrêmes climatiques de la France (*rappel : gaz du chauffage gaz individuel*) :

- Zone H1b



- Zone H3



Quelque soit la surface de capteurs solaires photovoltaïques mise en œuvre, le contributeur énergie ne compense pas l'augmentation du contributeur composant, quelque soit la zone climatique. Toutefois, l'augmentation du bilan CO<sub>2</sub> global est modérée (< 5%).