

## 2. Résultats RE2020

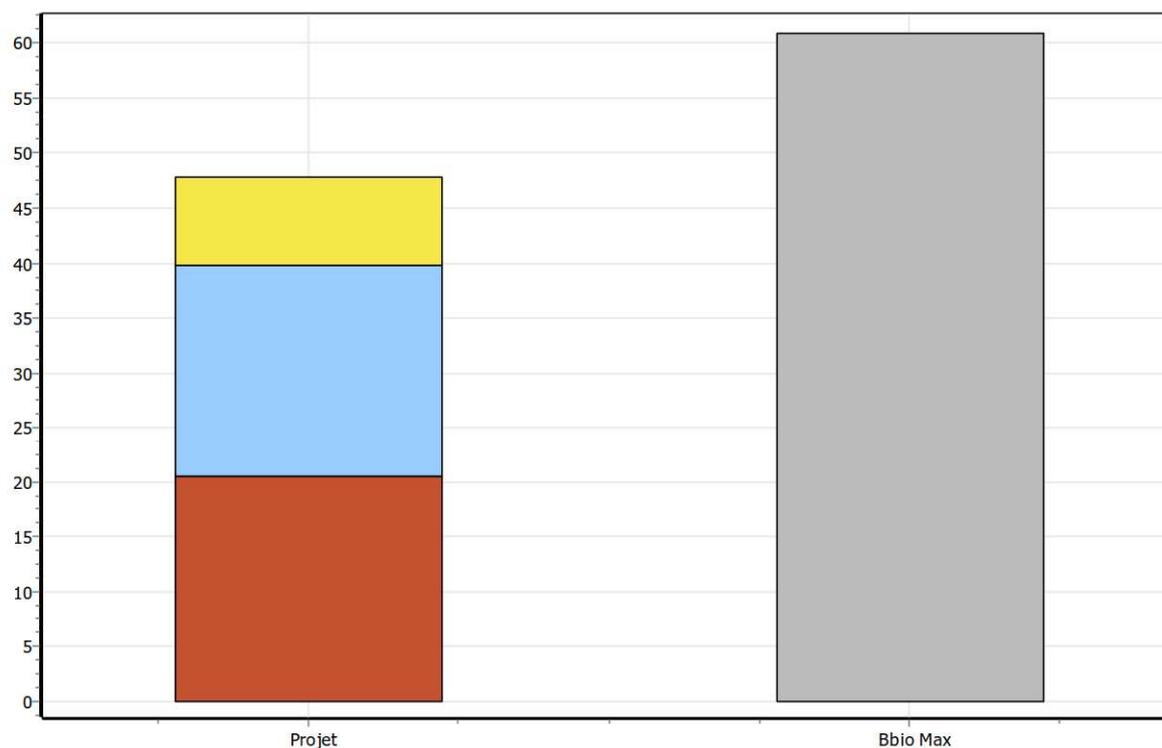
	Respect des exigences de l'arrêté pour le projet	
Bbio	Le coefficient Bbio du bâtiment est inférieur ou égal au coefficient maximal, $Bbio_{max}$	Conforme
Cep	Le coefficient Cep du bâtiment est inférieur ou égal au coefficient maximal, $Cep_{max}$	Conforme
Cepnr	Le coefficient Cep non renouvelable du bâtiment est inférieur ou égal au coefficient maximal, $Cep_{nr_{max}}$	Conforme
Ic énergie	Le coefficient Ic Energie du bâtiment est inférieur ou égal au coefficient maximal, $Ic_{Energie_{max}}$	Conforme
Degrés heures	Pour chaque partie de bâtiment thermiquement homogène, la valeur de l'indicateur DH du bâtiment est inférieure ou égale à la valeur maximale $DH_{max}$	Conforme
Titre III	Les caractéristiques techniques minimales de certains composants ou ensembles de composants des bâtiments soumis au présent arrêté respectent les exigences définies au titre III du présent arrêté.	Conforme

### 2.1. Grande Maison

#### 2.1.1. Exigence de résultat : Bbio

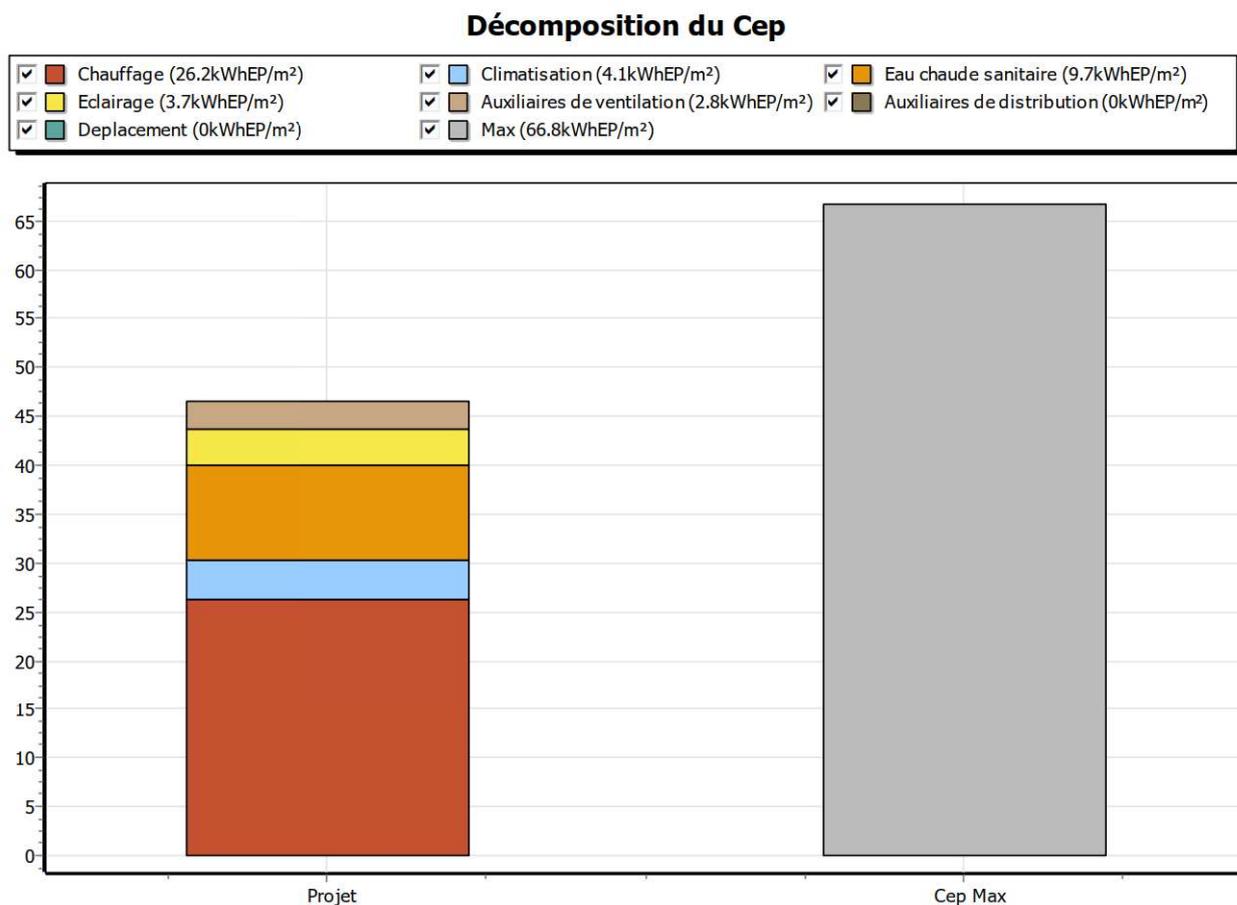
##### Décomposition du Bbio (pts)

Chauffage (20.6pts, 43%) 
  Climatisation (19.2pts, 40%) 
  Eclairage (8pts, 17%) 
  Max (60.9pts)



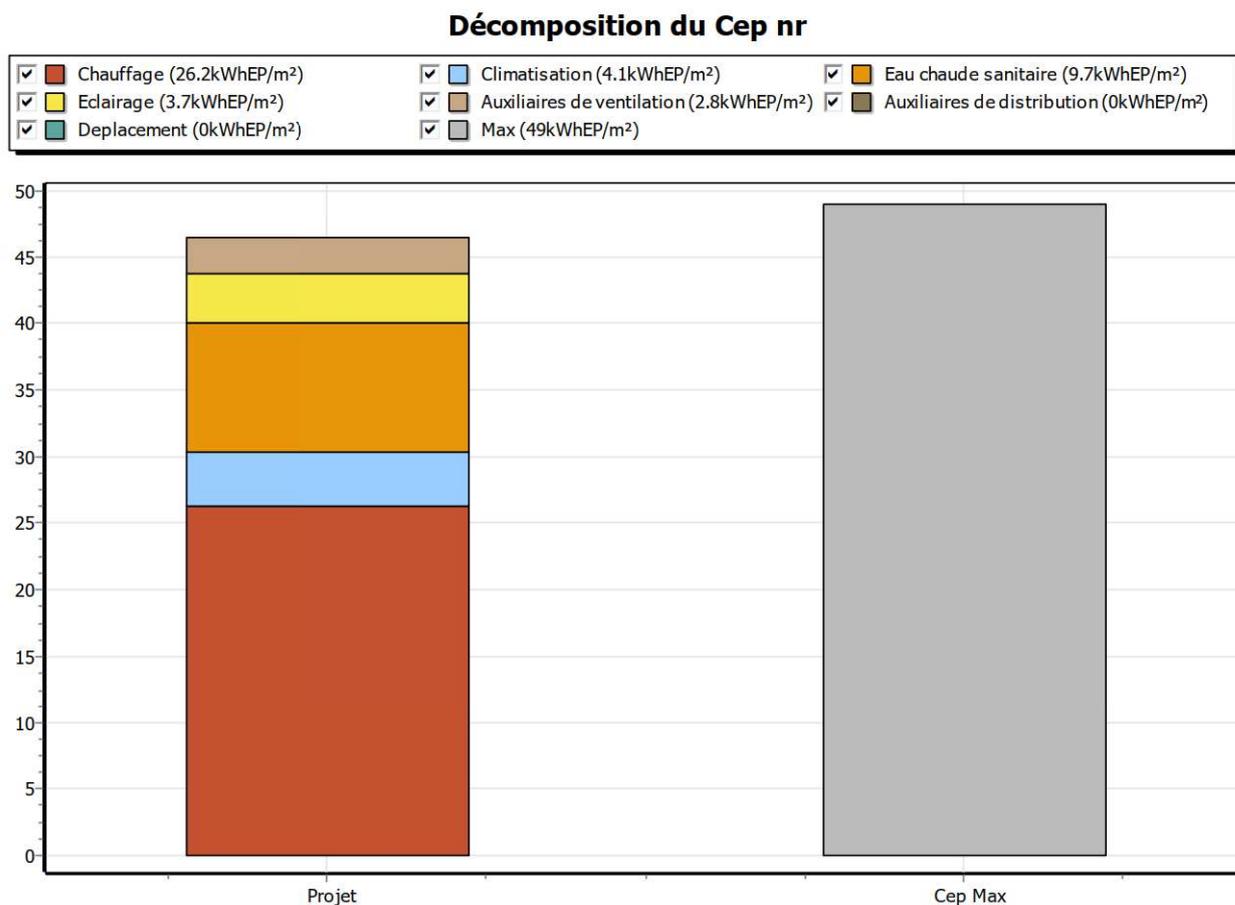
	Projet	Max
Besoins de chauffage	2 x 10,3 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins de climatisation	2 x 9,6 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins d'éclairage	5 x 1,6 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins Bioclimatique	47,9 points	60,9 points

2.1.2. Exigence de résultat : Cep



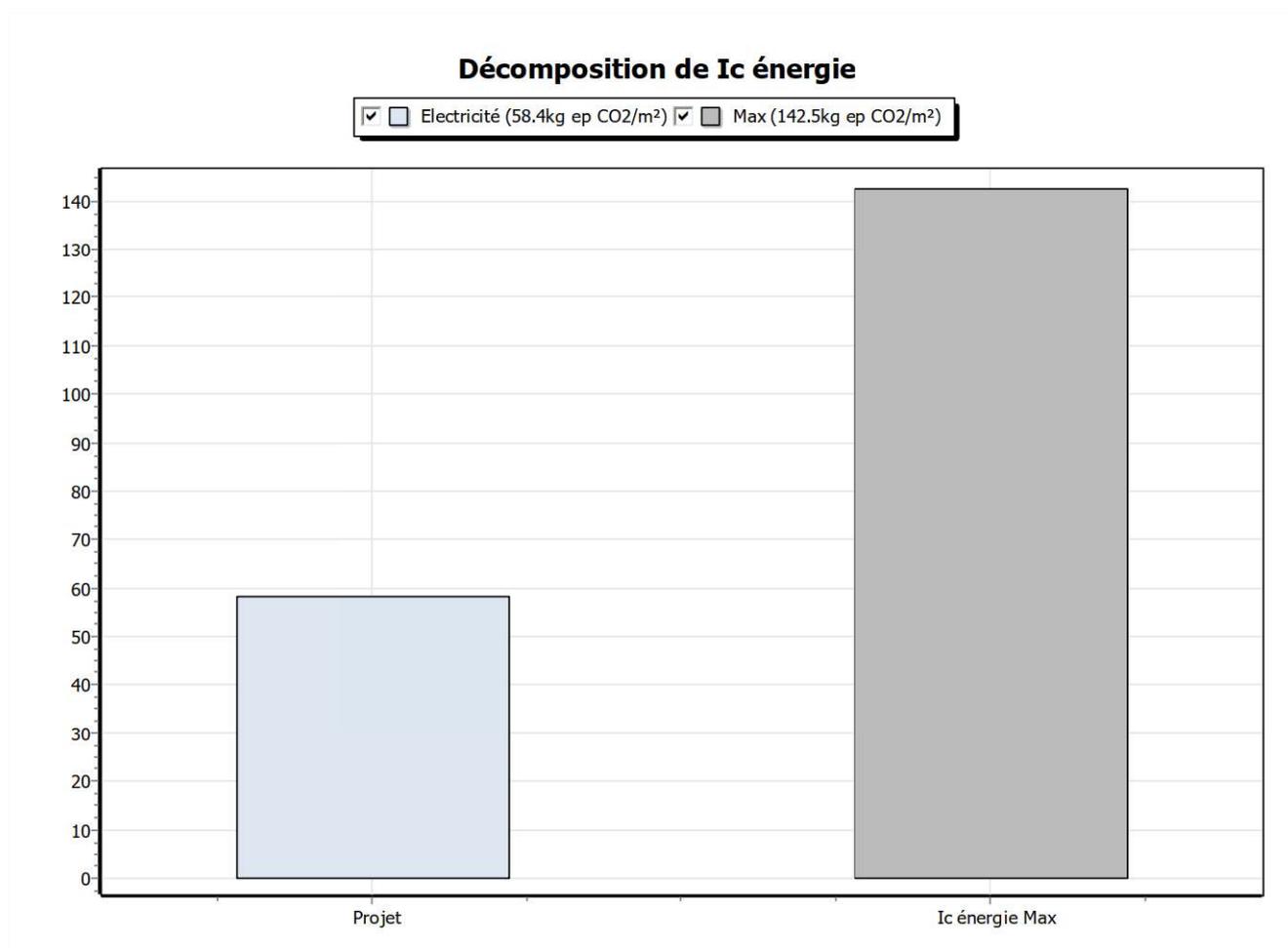
	Projet	Max
Consommations de chauffage	26,22 kWh EP	
Consommations de climatisation	4,14 kWh EP	
Consommations d'ECS	9,66 kWh EP	
Consommations d'éclairage	3,68 kWh EP	
Consommations des auxiliaires de ventilation	2,76 kWh EP	
Consommations des auxiliaires hydrauliques	0 kWh EP	
Consommations de mobilité interne	0 kWh EP	
Consommation énergie primaire	46,5 kWh EP	66,8 kWh EP

### 2.1.3. Exigence de résultat : Cep nr



	Projet	Max
Consommations de chauffage	26,22 kWh EP	
Consommations de climatisation	4,14 kWh EP	
Consommations d'ECS	9,66 kWh EP	
Consommations d'éclairage	3,68 kWh EP	
Consommations des auxiliaires de ventilation	2,76 kWh EP	
Consommations des auxiliaires hydrauliques	0 kWh EP	
Consommations de mobilité interne	0 kWh EP	
<b>Consommation énergie primaire non renouvelable</b>	<b>46,5 kWh EP</b>	<b>49 kWh EP</b>

#### 2.1.4. Exigence de résultat : Ic Energie



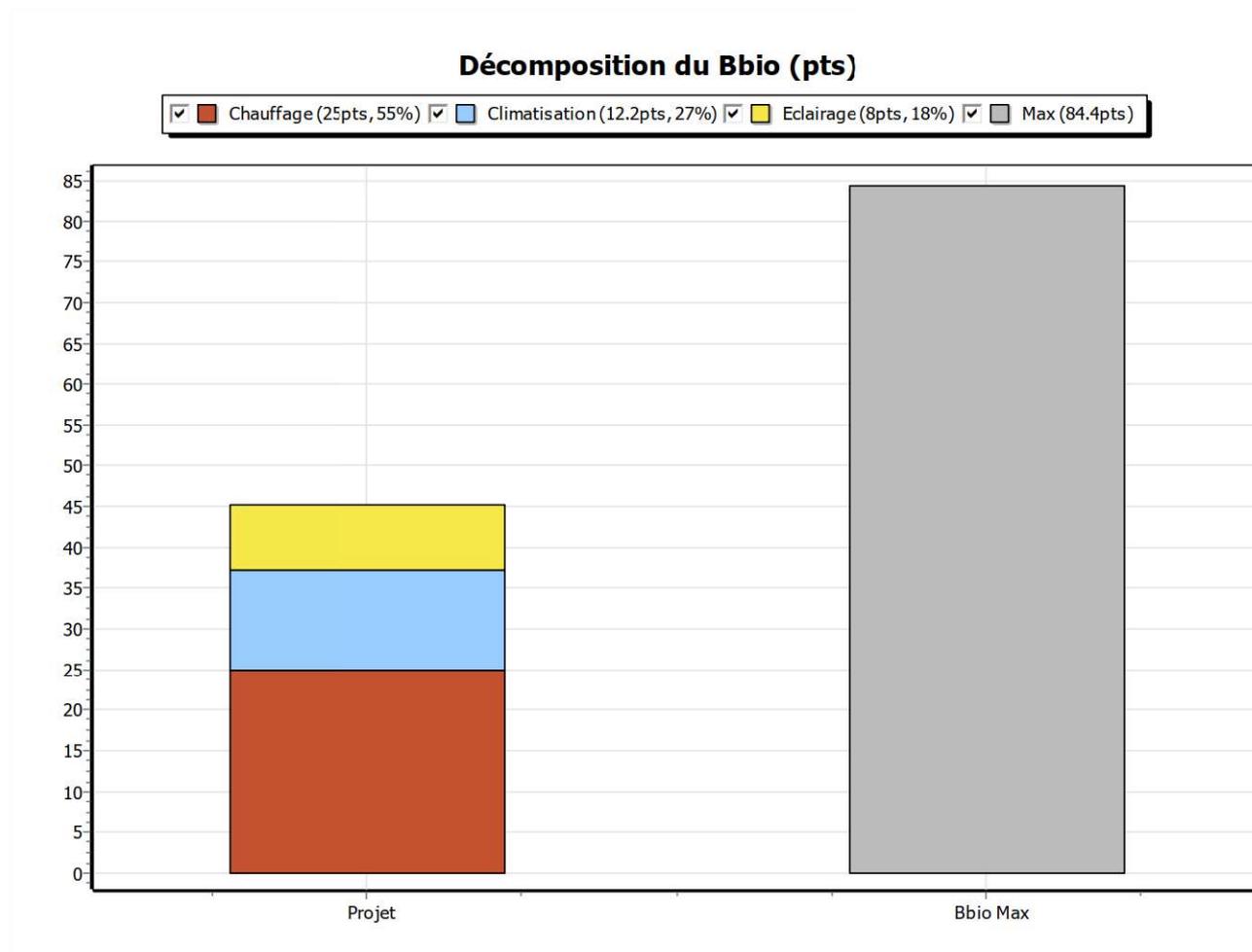
	Projet	Max
IC chauffage	35.61 kg eq. CO2	
IC climatisation	4.56 kg eq. CO2	
IC ECS	10.8 kg eq. CO2	
IC éclairage	4.37 kg eq. CO2	
IC auxiliaires de ventilation	3.04 kg eq. CO2	
IC auxiliaires hydrauliques	0 kg eq. CO2	
IC mobilité interne	0 kg eq. CO2	
Indice Carbone Energie	58.37 kg eq. CO2	142.54 kg eq. CO2

#### 2.1.5. Exigence de résultat : Degrés-Heures

	Projet	Max
Groupe 1	888 °C.h	1250 °C.h

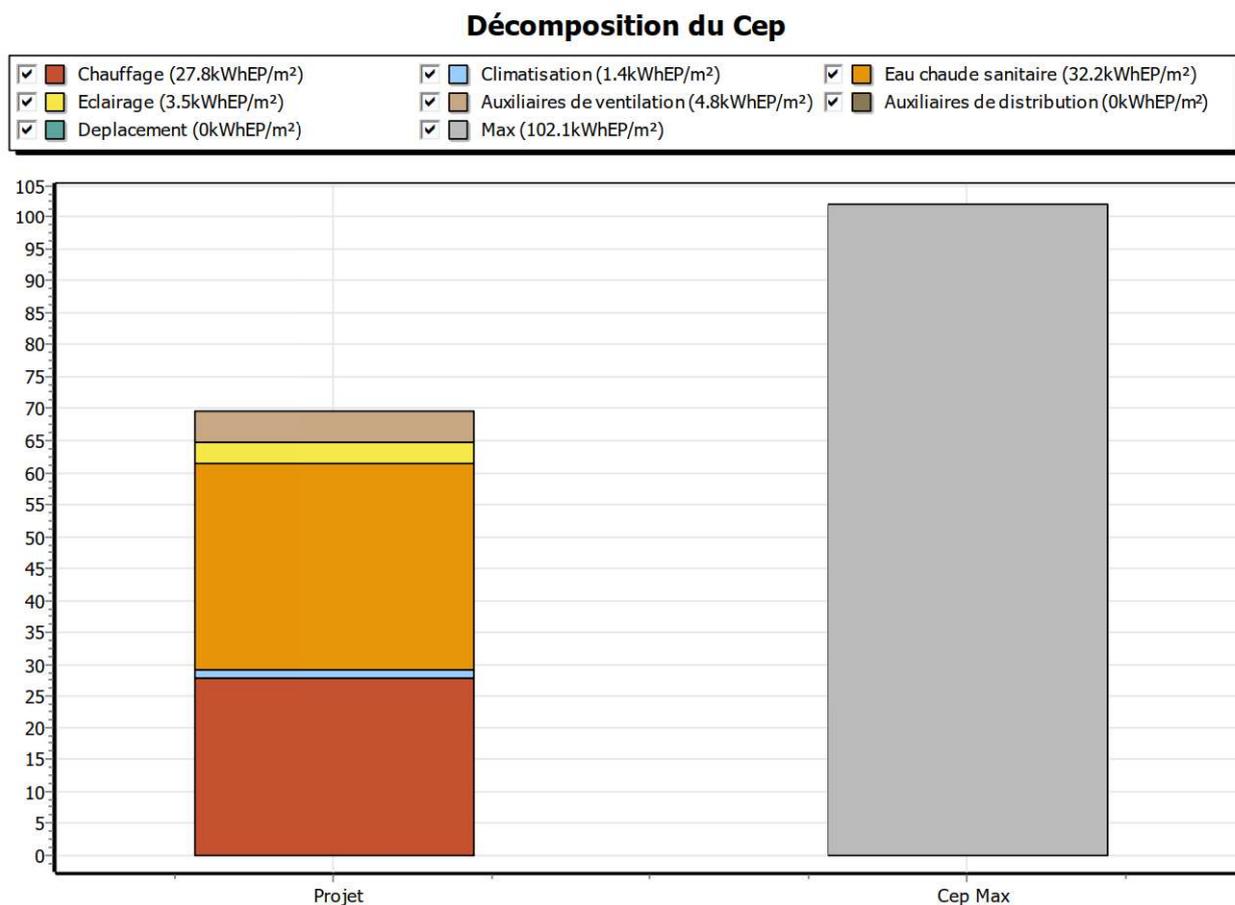
## 2.2 Petite Maison (48,9 m<sup>2</sup>)

### 2.2.1. Exigence de résultat : Bbio



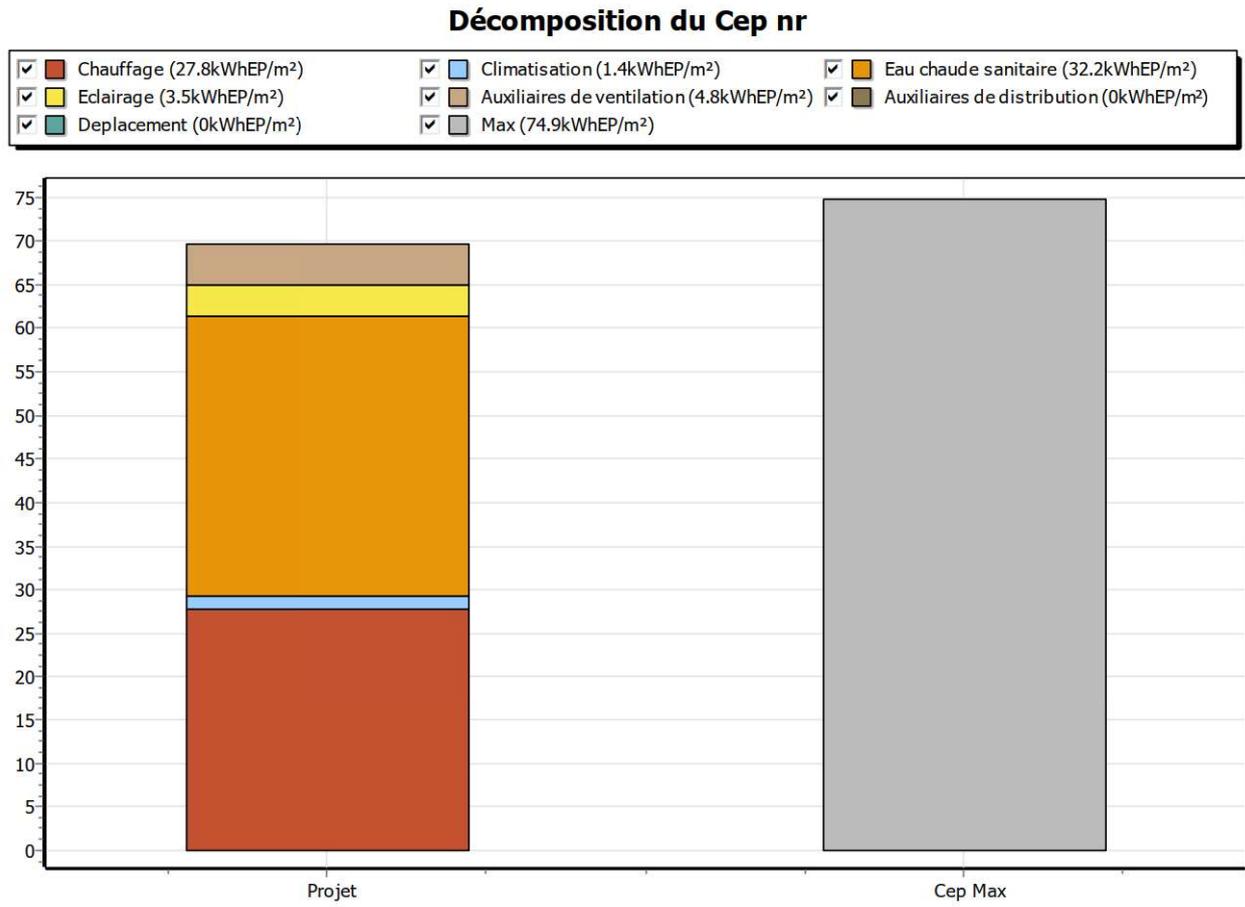
	Projet	Max
Besoins de chauffage	2 x 12,5 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins de climatisation	2 x 6,1 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins d'éclairage	5 x 1,6 kWh/m <sup>2</sup>	
Besoins Bioclimatique	45 points	84,4 points

## 2.2.2. Exigence de résultat : Cep



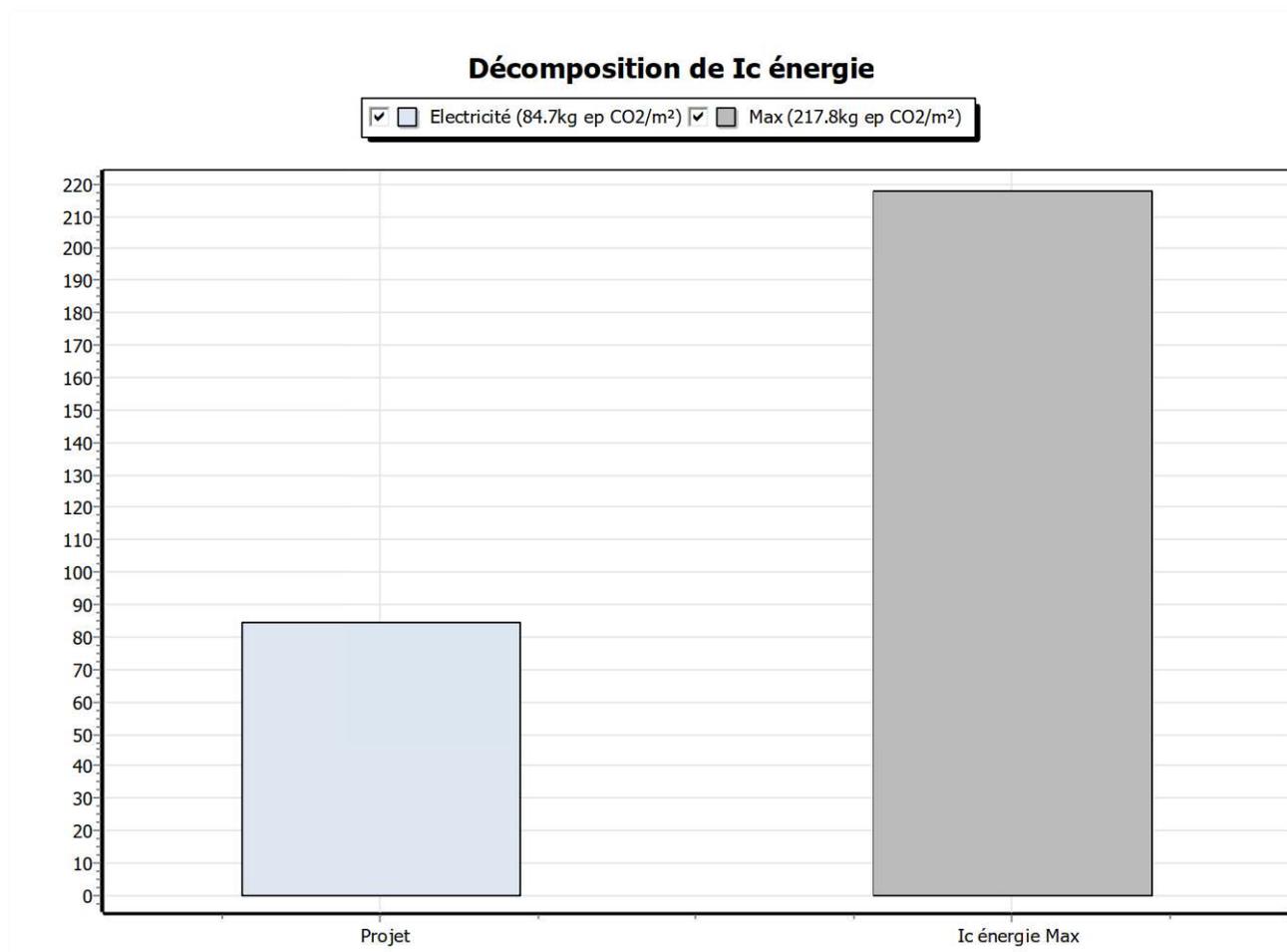
	Projet	Max
Consommations de chauffage	27,83 kWh EP	
Consommations de climatisation	1,38 kWh EP	
Consommations d'ECS	32,2 kWh EP	
Consommations d'éclairage	3,45 kWh EP	
Consommations des auxiliaires de ventilation	4,83 kWh EP	
Consommations des auxiliaires hydrauliques	0 kWh EP	
Consommations de mobilité interne	0 kWh EP	
<b>Consommation énergie primaire</b>	<b>69,9 kWh EP</b>	<b>102,1 kWh EP</b>

2.2.3. Exigence de résultat : Cep nr



	Projet	Max
Consommations de chauffage	27,83 kWh EP	
Consommations de climatisation	1,38 kWh EP	
Consommations d'ECS	32,2 kWh EP	
Consommations d'éclairage	3,45 kWh EP	
Consommations des auxiliaires de ventilation	4,83 kWh EP	
Consommations des auxiliaires hydrauliques	0 kWh EP	
Consommations de mobilité interne	0 kWh EP	
<b>Consommation énergie primaire non renouvelable</b>	<b>69,9 kWh EP</b>	<b>74,9 kWh EP</b>

### 2.2.4. Exigence de résultat : Ic Energie



	Projet	Max
IC chauffage	37.8 kg eq. CO2	
IC climatisation	1.52 kg eq. CO2	
IC ECS	35.98 kg eq. CO2	
IC éclairage	4.09 kg eq. CO2	
IC auxiliaires de ventilation	5.31 kg eq. CO2	
IC auxiliaires hydrauliques	0 kg eq. CO2	
IC mobilité interne	0 kg eq. CO2	
<b>Indice Carbone Energie</b>	<b>84.71 kg eq. CO2</b>	<b>217.82 kg eq. CO2</b>

### 2.2.5. Exigence de résultat : Degrés-Heures

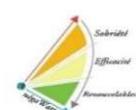
	Projet	Max
Groupe 2	520,8 °C.h	1250 °C.h

### 3. Etude comparatives RE2020

#### 3.1. Hypothèses

Le maître d'ouvrage a souhaité comparer une solution de référence avec 4 scénarios afin de démontrer l'intérêt d'une enveloppe très performante de niveau passif et d'une étanchéité à l'air renforcé.

Le tableau de scénario ci-dessous récapitule les différents paramètres étudiés :



Code Préconisations

X : Préconisation intégrée au scénario

X : Préconisation reprise du scénario précédent

0 - MAISON PASSIVE BEEEP  
1 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP SANS ENR  
2 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC PAC  
3 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC ÉTANCHÉITÉ Q4=0,6  
4 - MAISON PASSIVE BEEEP AVEC AJOUT DE BRISE SOLEIL

			0 - MAISON PASSIVE BEEEP	1 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP SANS ENR	2 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC PAC	3 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC ÉTANCHÉITÉ Q4=0,6	4 - MAISON PASSIVE BEEEP AVEC AJOUT DE BRISE SOLEIL
1-Sobriété	SOB01	Etanchéité Q4 [PM et GM]	0,25	0,25	0,25	0,6	0,25
1-Sobriété	SOB02	Ajouts de brise soleil pour éviter la climatisation fictive [PM et GM]					X
1-Efficacité	EFF01	Chauffage électrique (vitrage chauffant et sèche serviette) [PM et GM]	X	X			
1-Efficacité	EFF02	ECS : Ballon thermodynamique [PM]	X	X	X	X	X
1-Efficacité	EFF03	ECS : Ballon thermodynamique [GM]		X			
1-Efficacité	EFF04	Pompe à chaleur air/eau [PM et GM]			X		
1-Efficacité	EFF05	Ventilation double flux [PM et GM]	X	X	X	X	X
3-Renouvelable	ENR01	Panneaux photovoltaïque [PM et GM]	X			X	X
3-Renouvelable	ENR02	Panneaux solaires [GM]	X			X	X
3-Renouvelable	ENR03	Récupération sur eau grise [GM]	X			X	X

Dans le scénario 0 « MAISON PASSIVE BEEEP », l'accent est mis sur la performance de l'enveloppe et non sur des systèmes de production de chaleur coûteux. Le système constructif BEEEP avec une étanchéité à l'air performante et un chauffage électrique par vitrage chauffant est associé à des systèmes d'énergies renouvelables (solaire thermique, solaire PV).

Dans le scénario 1 « Maison passive BEEEP sans ENR », nous simulons un scénario avec le système constructif BEEEP soit une enveloppe passive avec une étanchéité à l'air performante et un chauffage électrique par vitrage chauffant mais sans systèmes d'énergie renouvelables.

Dans le scénario 2 « Maison passive BEEEP avec PAC », nous simulons un scénario avec le système constructif BEEEP soit une enveloppe passive avec une étanchéité à l'air performante mais nous remplaçons le système de chauffage électrique avec vitrage chauffant par une pompe à chaleur air/eau.

Dans le scénario 3 « Maison passive BEEEP avec une étanchéité Q4=0,6 », nous simulons un scénario avec le système constructif BEEEP soit une enveloppe passive et un chauffage électrique par vitrage chauffant associé à des systèmes d'énergies renouvelables (solaire thermique, solaire PV), mais nous dégradons l'étanchéité à l'air du bâtiment de Q4=0,25 à Q4=0,6.

Dans le scénario 4 « Maison passive BEEEP avec une étanchéité Q4=0,6 », nous simulons un scénario avec le système constructif BEEEP avec une étanchéité à l'air performante et un chauffage électrique par vitrage chauffant

est associé à des systèmes d'énergies renouvelables (solaire thermique, solaire PV). Dans ce scénario, nous traitons l'inconfort d'été (critère DH).

### 3.2. Résultats

Les tableaux ci-dessous récapitulent les notes de chaque paramètres à valider (Bbio, CEP, CEP nr, DH, Ic énergie) en RE2020 pour chaque scénario sur la grande et la petite maison :

		0 - MAISON PASSIVE BEEEP	1 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP SANS ENR	2 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC PAC	3 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC ÉTANCHÉITÉ Q4=0,6	4 - MAISON PASSIVE BEEEP AVEC AJOUT DE BRISE SOLEIL
GRANDE MAISON	Bbio	✓ 47,9 / 60,9 -21,3%	✓ 47,8 / 60,9 -21,5%	✓ 47,8 / 60,9 -21,5%	✓ 50,6 / 60,9 -16,9%	✓ 50,5 / 60,9 -17,1%
	Cep	✓ 46,5 / 66,8 -30,4%	✓ 58,2 / 66,8 -12,9%	✓ 31,5 / 66,8 -52,8%	✓ 50,5 / 66,8 -24,4%	✓ 61,3 / 66,8 -8,2%
	Cep nr	✓ 46,5 / 49,0 -5,1%	✗ 58,2 / 49,0 +18,8%	✓ 31,5 / 49,0 -35,7%	✗ 50,5 / 49,0 +3,1%	✗ 61,3 / 49,0 +25,1%
	DH	✓ 888,0 / 1250,0 -29%	✓ 892,6 / 1250,0 -28,6%	✓ 887,2 / 1250,0 -29,0%	✓ 881,4 / 1250,0 -29,5%	✓ 428,5 / 1250,0 -61,4%
	Ic énergie	✓ 58,4 / 142,5 -59,1%	✓ 94,0 / 217,8 -50,4%	✓ 37,7 / 217,8 -73,5%	✓ 64,0 / 142,5 -55,1%	✓ 79,1 / 142,5 -44,5%

		0 - MAISON PASSIVE BEEEP	1 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP SANS ENR	2 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC PAC	3 - ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC ÉTANCHÉITÉ Q4=0,6	4 - MAISON PASSIVE BEEEP AVEC AJOUT DE BRISE SOLEIL
PETITE MAISON	Bbio	✓ 45,0 / 84,4 -46,7%	✓ 44,9 / 60,9 -46,8%	✓ 50,6 / 60,9 -46,8%	✓ 49,8 / 84,4 -41,0%	✓ 56,9 / 84,4 -32,6%
	Cep	✓ 69,9 / 102,1 -31,5%	✓ 78,1 / 102,1 -23,5%	✓ 50,5 / 102,1 -37,7%	✓ 74,4 / 102,1 -27,1%	✓ 87,1 / 102,1 -14,7%
	Cep nr	✓ 69,9 / 74,9 -6,7%	✗ 78,1 / 74,9 +4,3%	✓ 63,6 / 74,9 -15,1%	✓ 74,4 / 74,9 -0,7%	✓ 87,1 / 74,9 +16,3%
	DH	✓ 520,8 / 1250,0 -58,3%	✓ 513,3 / 1250,0 -58,9%	✓ 513,7 / 1250,0 -58,9%	✓ 518,2 / 1250,0 -58,5%	✓ 73,0 / 1250,0 -94,2%
	Ic énergie	✓ 84,7 / 217,8 -61,1%	✓ 94,0 / 217,8 -56,9%	✓ 64,0 / 217,8 -66,0%	✓ 90,6 / 217,8 -58,4%	✓ 108,6 / 217,8 -50,1%

### 3.3. Analyse des résultats

Le scénario 0 « MAISON PASSIVE BEEEP » permet de répondre à tous les critères de la RE2020 à partir du projet initial de la maison passive BEEEP. Une vigilance est à porter sur le confort d'été avec note DH conforme mais importante, il conviendra de bien ventiler la maison par ouverture de fenêtres.

Le scénario 1 « ENVELOPPE PASSIVE BEEEP SANS ENR » permet de répondre à 5 critères sur 6 de la RE2020. Le critère de consommation en énergie primaire non renouvelable n'est pas respecté du fait de l'absence de production ENR pour baisser la consommation en énergie primaire du bâtiment.

Le scénario 2 « ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC PAC » permet de répondre à tous les critères de la RE2020 à partir du projet initial de la maison passive BEEEP. La mise en place d'une pompe à chaleur permet un gain de 15% par rapport au critère du Cep nr. D'un point de vue économique, ce scénario est le moins intéressant pour une maison passive car il entraîne un surcoût important pour atteindre le respect de la RE2020 mais un gain sur facture limité du fait des faibles consommations énergétiques d'une maison passive.

Le scénario 3 « ENVELOPPE PASSIVE BEEEP AVEC ETANCHEITE Q4=0,6 » permet de répondre à 5 critères sur 6 de la RE2020. Le critère de consommation en énergie primaire non renouvelable n'est pas respecté. Ce scénario permet de mettre en évidence l'importance du choix de l'entreprise qui doit être capable d'assurer une étanchéité à l'air très performante.

Le scénario 4 « MAISON PASSIVE BEEEP AVEC AJOUT DE BRISE SOLEIL » permet de répondre à 5 critères sur 6 de la RE2020. Le critère de consommation en énergie primaire non renouvelable n'est pas respecté. Ce scénario permet de réduire drastiquement l'inconfort d'été, mais pénalise les consommations d'énergie qui augmente à cause du manque d'apport solaire. Ce scénario permet de rappeler l'importance de mettre en place une bonne ventilation par ouverture des fenêtres ou ventilation nocturne par la VMC double flux.

### 3.4. Conclusion

Cette étude nous a permis d'étudier différents scénarios permettant d'étudier l'influence de plusieurs paramètres sur le comportement d'une maison passive « BEEEP » vis-à-vis de la RE2020. Elle nous a notamment permis de :

3. Etudier la nécessité de prévoir des énergies renouvelables (PV, solaire thermique) dans un projet passif
4. Comparer les solutions de chauffage par vitrage chauffant avec une solution PAC
5. Mettre en évidence l'importance d'une bonne mise en œuvre pour la qualité de l'enveloppe et de l'étanchéité à l'air du bâtiment
6. Rappeler que l'étude du confort d'été et des solutions de ventilation est essentiel dans un projet de maison passive