

# Congrès AVNIR / 8 novembre 2018

Construire carbone négatif ?

# Maison particulière en bois à Sèvres / 2009

Première étude du bilan carbone du projet

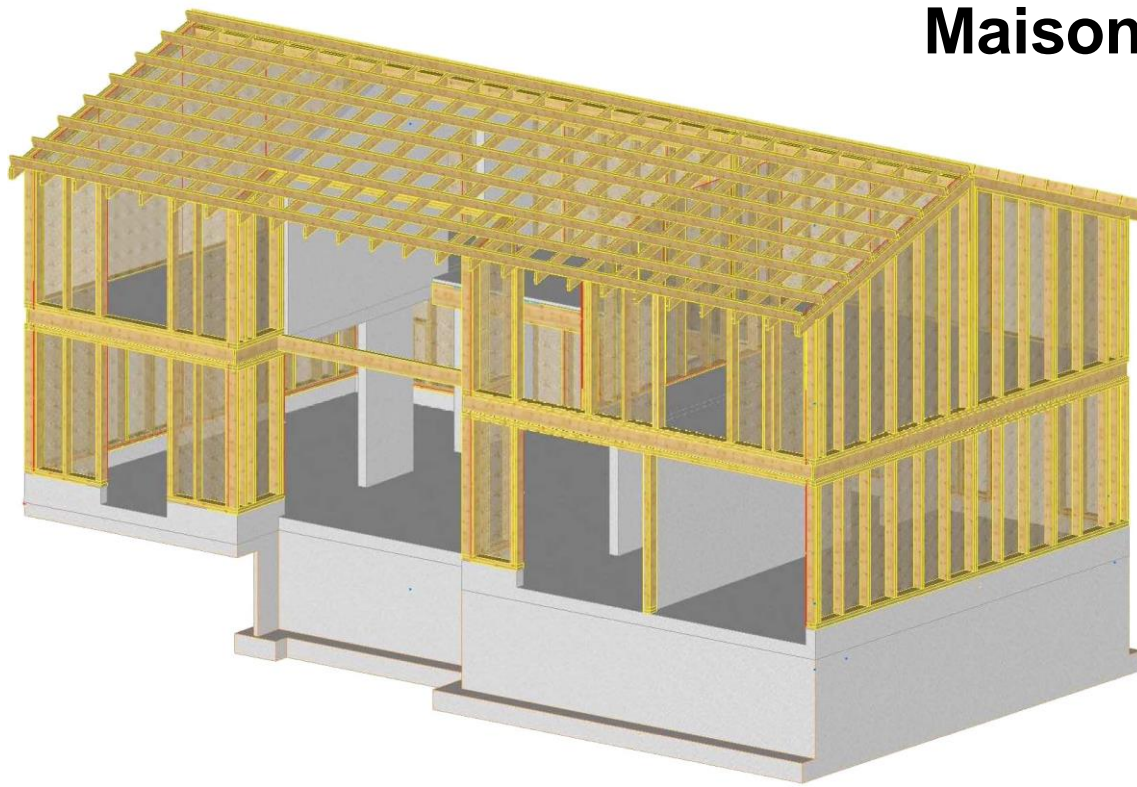
## Maison BBC à Sèvres

temps de calcul => 60 ans		ND=> non déterminé		surface totale (SHON)		148 m <sup>2</sup>		facteur de conversion kWh/m <sup>3</sup> en eq Kg CO <sub>2</sub> => 0,35*					
nature	fonction	matériau	volume (m <sup>3</sup> )	%	surface (m <sup>2</sup> )	épaisseur (m)	Energie grise unitaire (kWh/m <sup>3</sup> )	commentaires	Energie grise totale (kWh)	Equivalent CO <sub>2</sub> (eq Kg CO <sub>2</sub> )	Equivalent CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> (eq Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> )	valeur annuelles Sur 60 an. (eq Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> An) %	
terrassément			ND										
Fondation													
	Longrine BA filante	béton armé	14.84	9.99			1880	valeur générique BA	27 899	9 765	66.0	1.100	23.8
	Mur de sous bassement	bloc de béton pleins	8.9055	6	59.37	0.15	430		3 829	1 340	9.1	0.151	3.27
	isolation	polystyrène extrudé	0.01	0.01			795		8	3	0.0	0.000	0.01
Plancher bas													
	dalle en poutrelle	béton armé	6.23	4.19	89	0.07	1880	valeur générique BA	11 712	4 099	27.7	0.462	9.99
	hourdis à isolation renforcé	polystyrène expansé	9.3	6.28			500		4 650	1 628	11.0	0.183	3.97
VRD			ND										
Mur de refend inerte													
	mur de refend	parpaing	11.4	7.67	76	0.15	275		3 135	1 097	7.4	0.124	2.67
	Finitions	enduit	3.04	2.05	76	0.04	1235		3 754	1 314	8.9	0.148	3.2
Structure bois													
	structure porteuse	BM sapin	5.81	3.91			329		1 911	669	4.5	0.075	1.63
	poutres maitresses	LC sapin	0.77	0.52			2200		1 694	593	4.0	0.067	1.44
	isolation	fibre de bois souple	28.19	19			58		1 635	572	3.9	0.064	1.39
	Par-pluie	Isoroof natur	6.26	4.21			220	valeur approximative	1 377	482	3.3	0.054	1.17
	Par-vapeur	Pavaplan 3F	1.25312	0.84	156.64	0.008	3800	valeur approximative	4 762	1 667	11.3	0.188	4.06
	Bardage	Mélèze	3.1328	2.11	156.64	0.02	329		1 031	361	2.4	0.041	0.88
	Finitions	Fermacell	1.5664	1.05	156.64	0.01	1665		2 608	913	6.2	0.103	2.22
Plancher haut													
	Charpente de couverture	BM sapin	4.14	2.79			329		1 362	477	3.2	0.054	1.16
	isolant	fibre de bois souple	19.82	13.3			58		1 150	402	2.7	0.045	0.98
	Par-pluie	Isoroof natur	0.79	0.53			220	valeur approximative	174	61	0.4	0.007	0.15
	Panneaux de sous-toiture	Pavaplan 3F	0.7208	0.49	90.1	0.008	3800	valeur approximative	2 739	959	6.5	0.108	2.34
	couverture étanche	Zing	0.06307	0.04	90.1	0.0007	180000		11 353	3 973	26.8	0.447	9.68
Plancher intermédiaire													
	solives	BM sapin	2.23	1.5			329		734	257	1.7	0.029	0.63
	panneaux	OSB	0.99	0.67	66	0.015	2500		2 475	866	5.9	0.098	2.11
	isolant	fibre de bois souple	14.52	9.78	66	0.22	58		842	295	2.0	0.033	0.72
	chappe	béton armé	3.3	2.22	66	0.05	1880	valeur générique BA	6 204	2 171	14.7	0.245	5.29
	revetement		ND										
Menuiserie extérieure													
	fenêtres	multiple	0.822	0.55	41.1	0.02	15000	comprend verre et bois	12 330	4 316	29.2	0.486	10.5
	portes	multiple	0.3132	0.21	10.44	0.03	610	comprend toutes les portes et les huisseries.	191	67	0.5	0.008	0.16
Aménagement intérieur													
	Cloisons intérieures		ND										
	doublage murs		ND										
	metallerie	acier	0.128	0.09			60000	esemble des pièces métalliques présentes dans la maison, sans distinction des méthodes de mise en oeuvre.	7 680	2 688	18.2	0.303	6.55
équipement													
	electrique		ND										
	plomberie		ND										
	sanitaires		ND										
	équipement technique		ND										
Total			148.54	100					(kWh/m <sup>3</sup> ) 117 240	(eq Kg CO <sub>2</sub> ) 41 034	(eq Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ) 277.3	(eq Kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> An) 4.621	100

(\*Source "L'énergie grise dans la filière bâtiment et travaux publics de Erik Niemann, chargé de mission auprès de la MGC/DRAST.")

La méthode : un inventaire des matériaux et le calcul du bilan carbone de chaque composant du bâtiment, sur tout son cycle de vie

# Maison BBC en bois à Sèvres / 2009



Un premier constat

déterminant

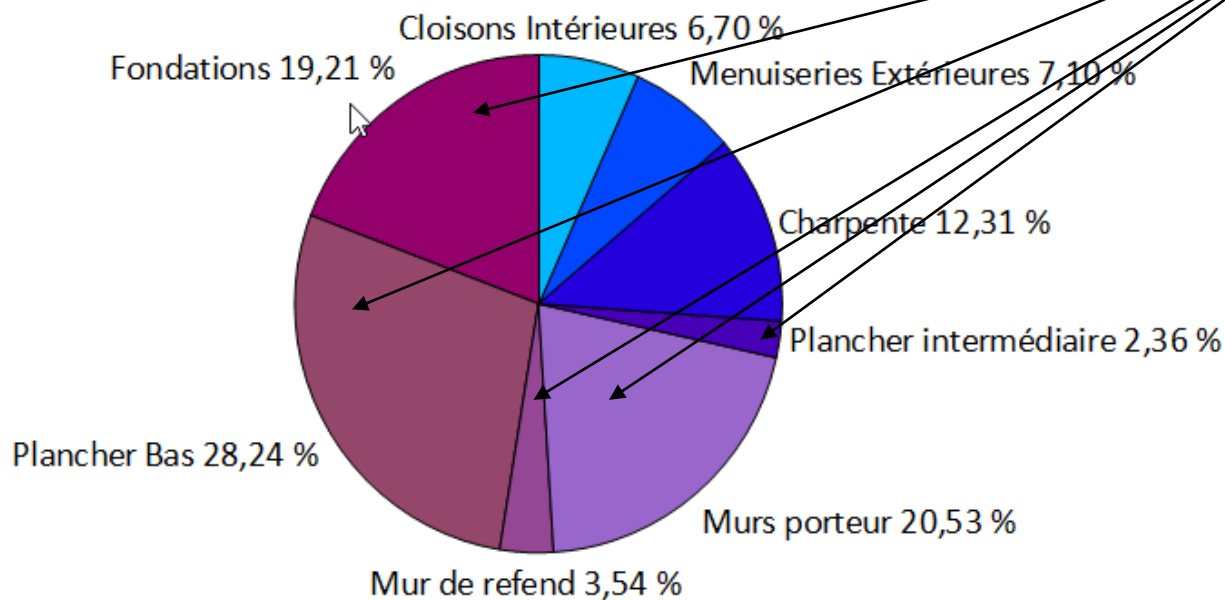
dans notre parcours :

**Le béton** utilisé pour :

- les fondations,
- les murs intérieurs,
- le plancher bas
- les chapes des plancher

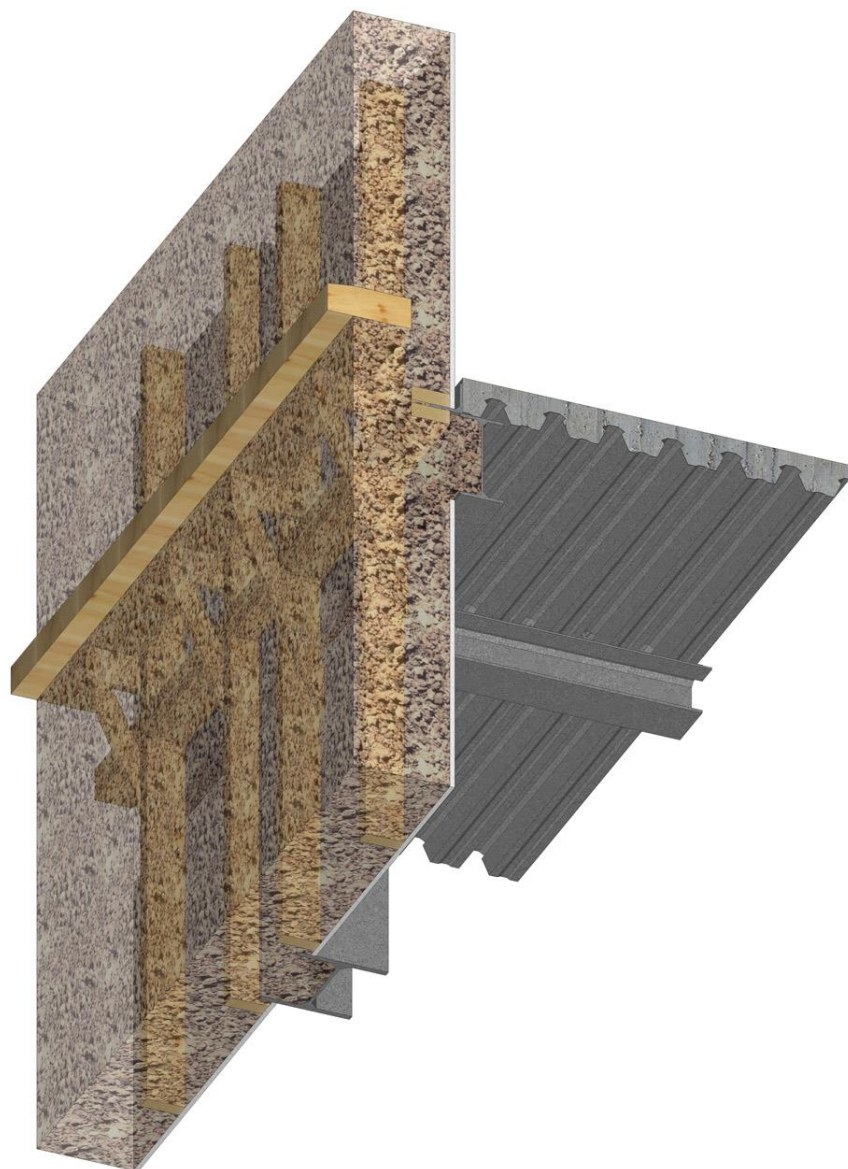
représente les

**3/4 du bilan carbone.**



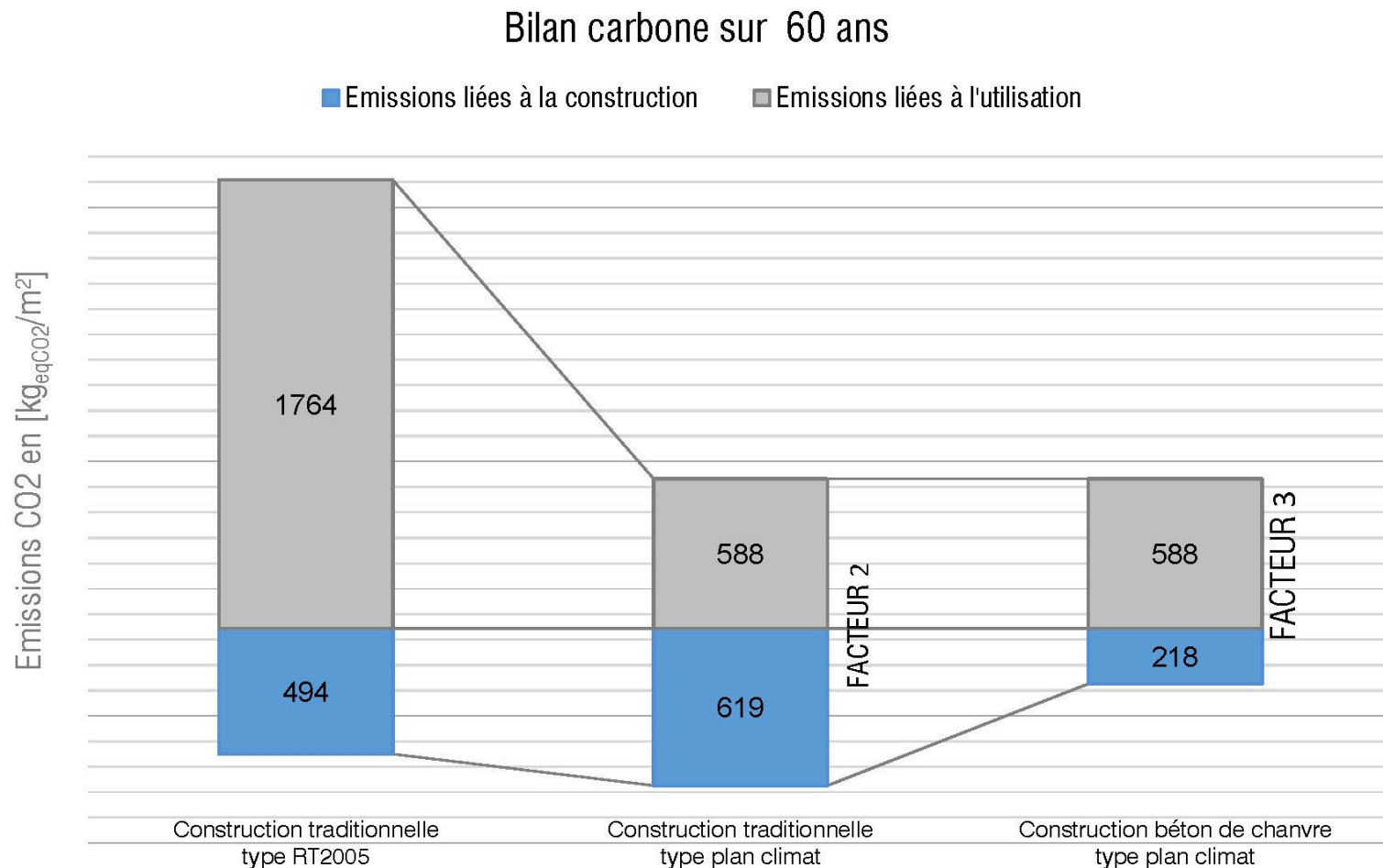
# Immeuble de logements sociaux rue Myrha / 2014

Impact des matériaux biosourcés sur le bilan carbone



# Immeuble de logements sociaux rue Myrha / 2014

Impact des matériaux biosourcés sur le bilan carbone



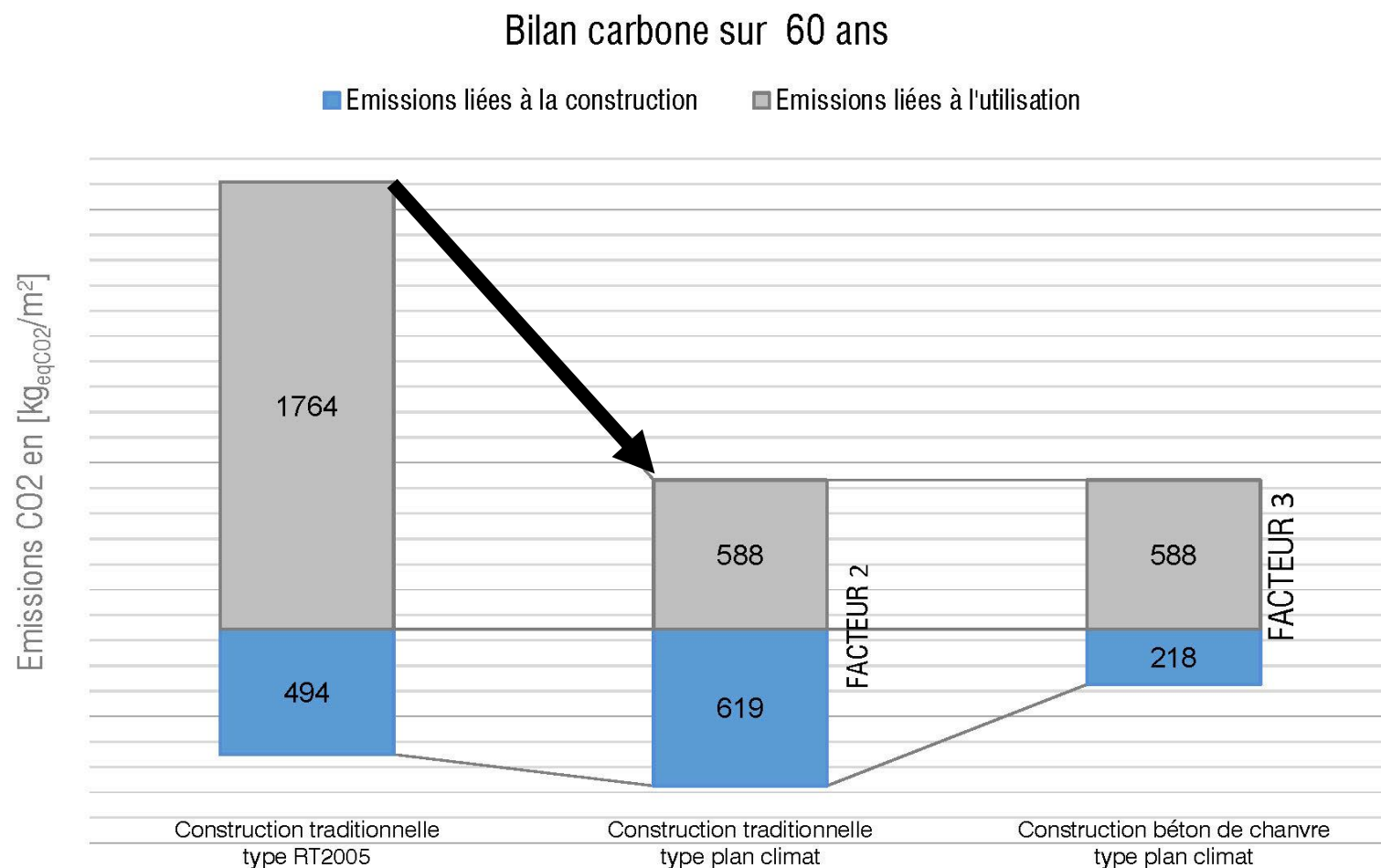
©LM Ingénieur

Analyse comparative de 3 cas :

- 1/ Construction traditionnelle conforme à la RT 2005
- 2/ Construction traditionnelle conforme au label BBC / plan climat ville de Paris
- 3/ Construction BBC en béton de chanvre

# Immeuble de logements sociaux rue Myrha / 2014

Impact des matériaux biosourcés sur le bilan carbone



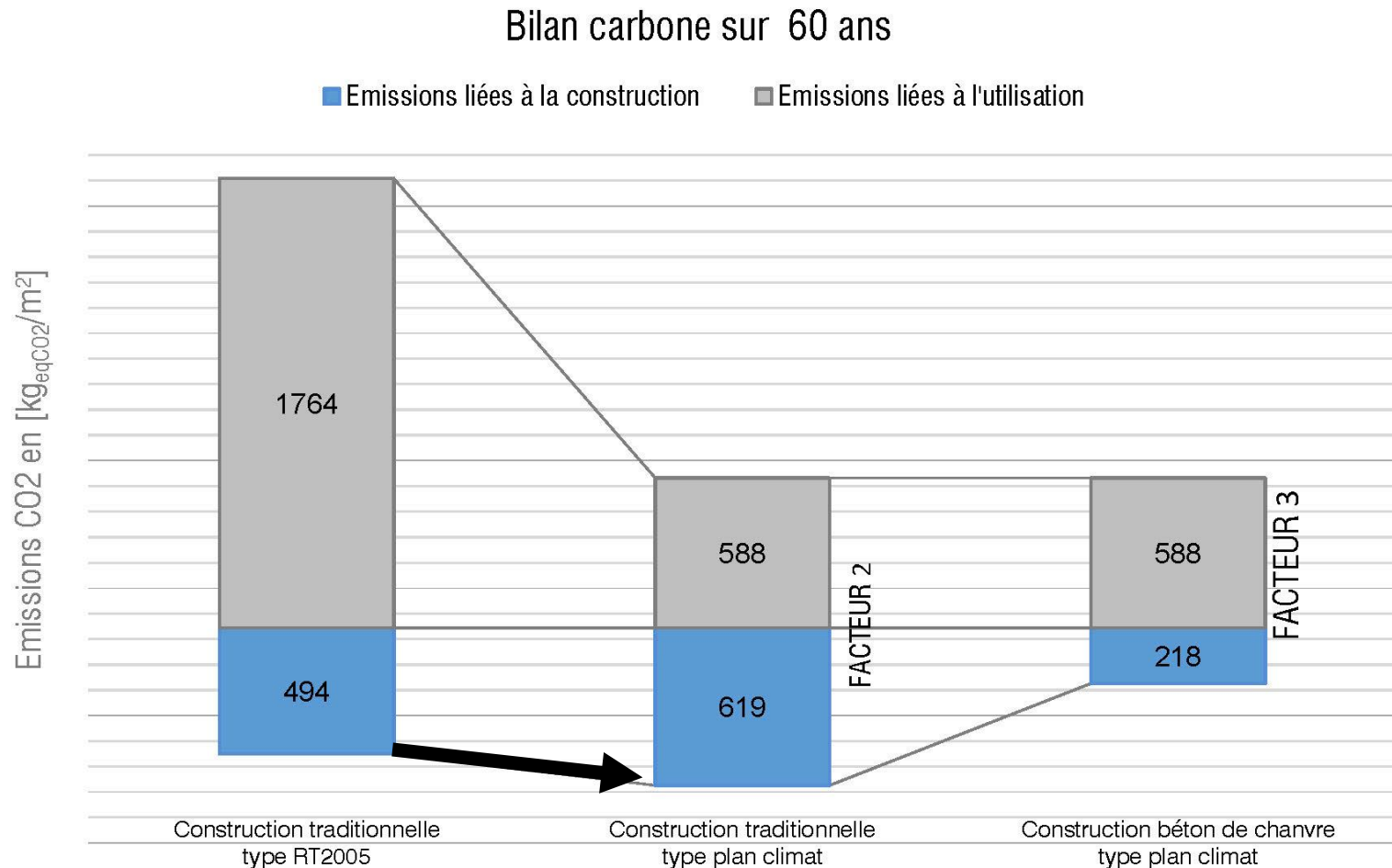
©LM Ingénieur

Passage de la RT 2005 au bâtiment BBC :

> permet une réduction du bilan global d'un facteur 2

# Immeuble de logements sociaux rue Myrha / 2014

Impact des matériaux biosourcés sur le bilan carbone



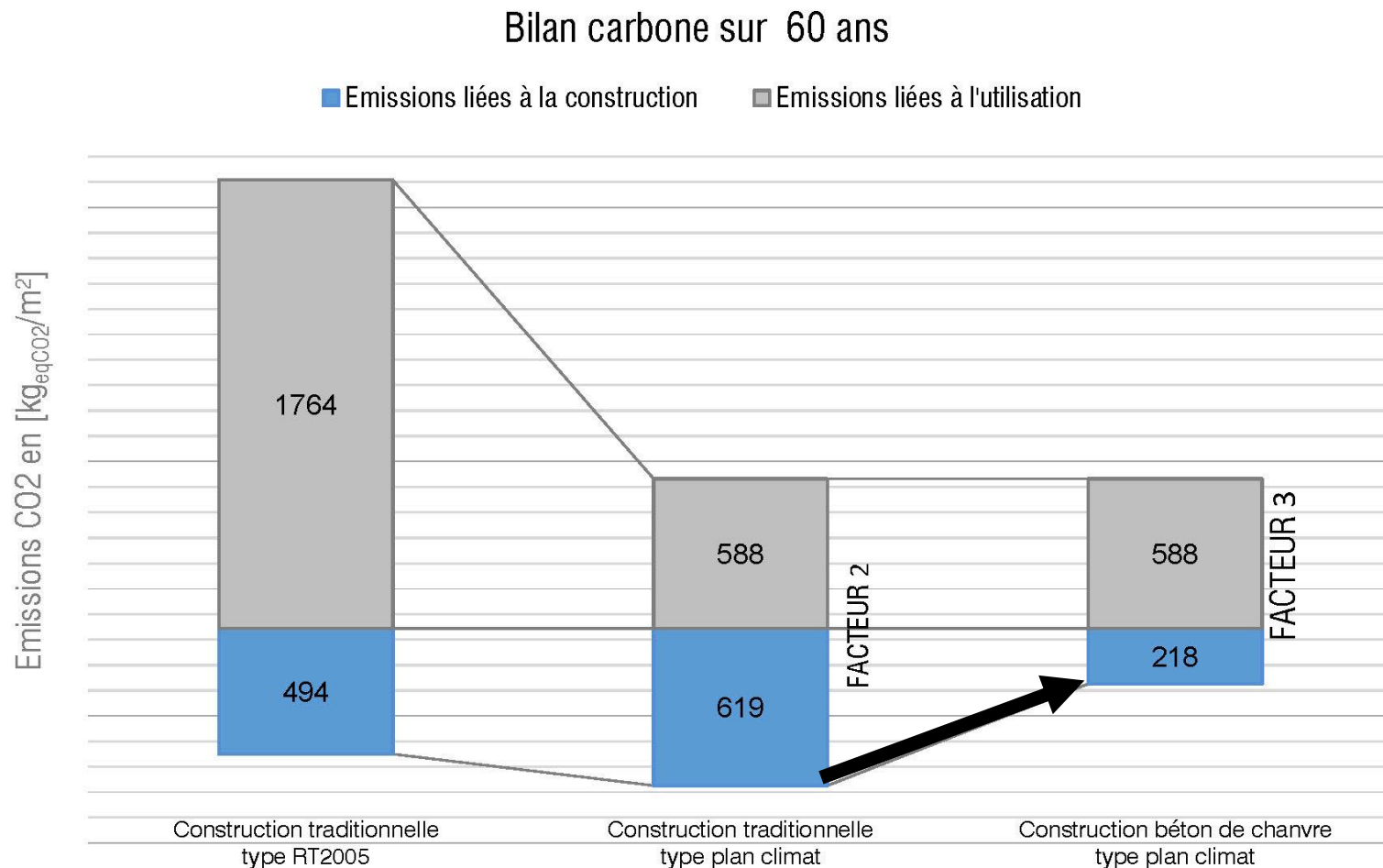
©LM Ingénieur

Mais la performance à un prix :

- > réaliser un bâtiment BBC augmente le bilan de la construction du plus de 20 %
- > est-il pertinent de poursuivre l'effort sur la performance vers le BEPOS ?
- >>> **le bilan de la construction BEPOS ne va-t-il pas annuler les gains ?**

# Immeuble de logements sociaux rue Myrha / 2014

Impact des matériaux biosourcés sur le bilan carbone



©LM Ingénieur

Intérêt de l'emploi de matériaux biosourcés :

>>> le bilan carbone de la construction est divisé par 3

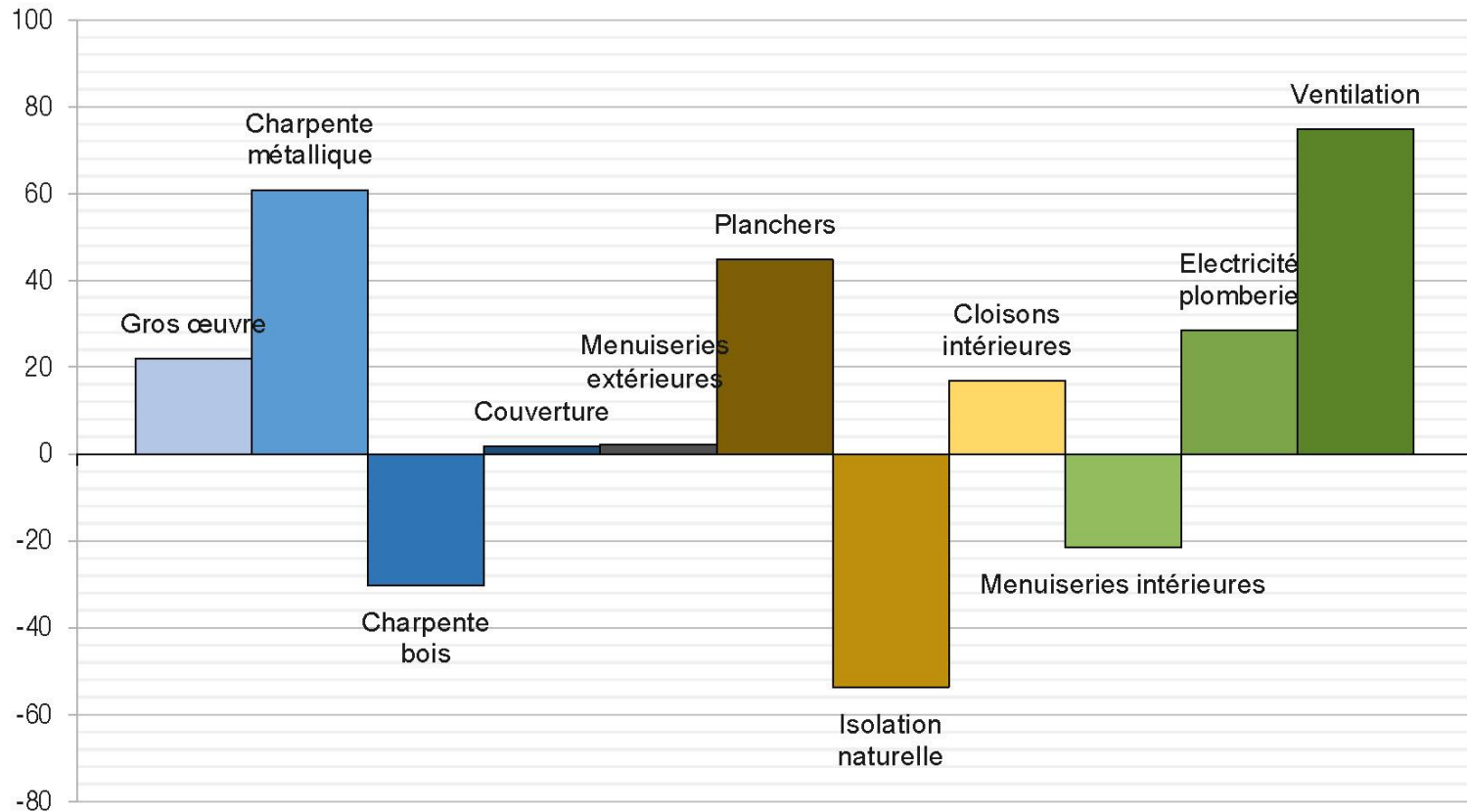
>>> le **bilan carbone global est divisé par 3**, par rapport au bâtiment de 2005



# Immeuble de logement rue de la Huchette / 2015

Une réhabilitation en béton de chanvre

Émissions CO2 en  $[kg_{eqCO2}/m^2]$  par entité



©LM Ingénieur\_2015

On mesure l'impact des lots techniques : Electricité / Plomberie / Chauffage Ventilation

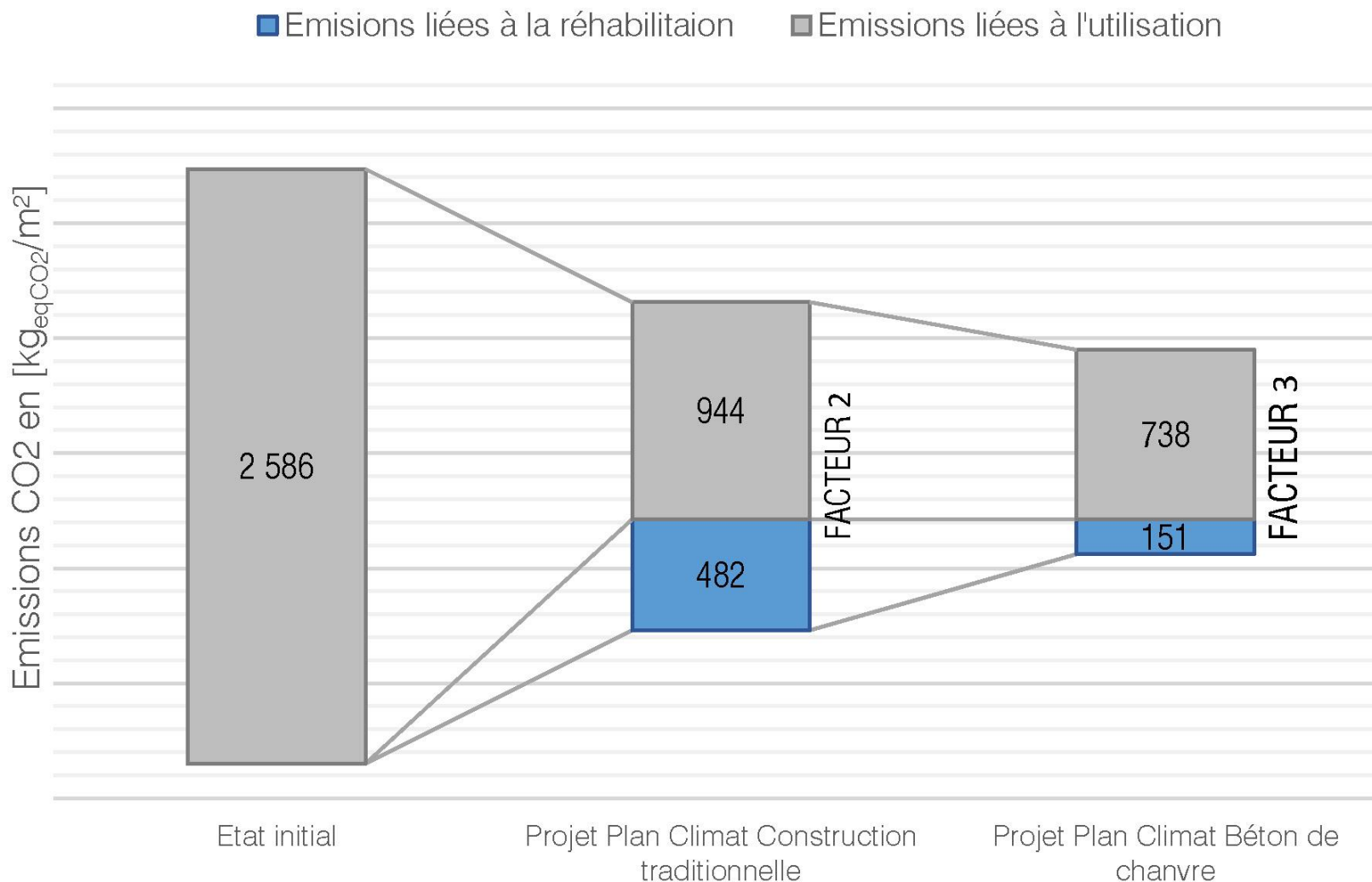
Toutes les installations techniques sont évaluées en quantité de matériaux et équipements.

**Bilan : les installations techniques provoquent un bilan de 100  $kgCO2_{eq} / m^2$**

# Immeuble de logement rue de la Huchette / 2015

Une réhabilitation en béton de chanvre

Bilan carbone sur 60 ans



©LM Ingénieur

**Les installations techniques représentent les 2/3 du bilan carbone de la construction**

# 10 maisons en béton de chanvre / Les loges en Josas / 2016



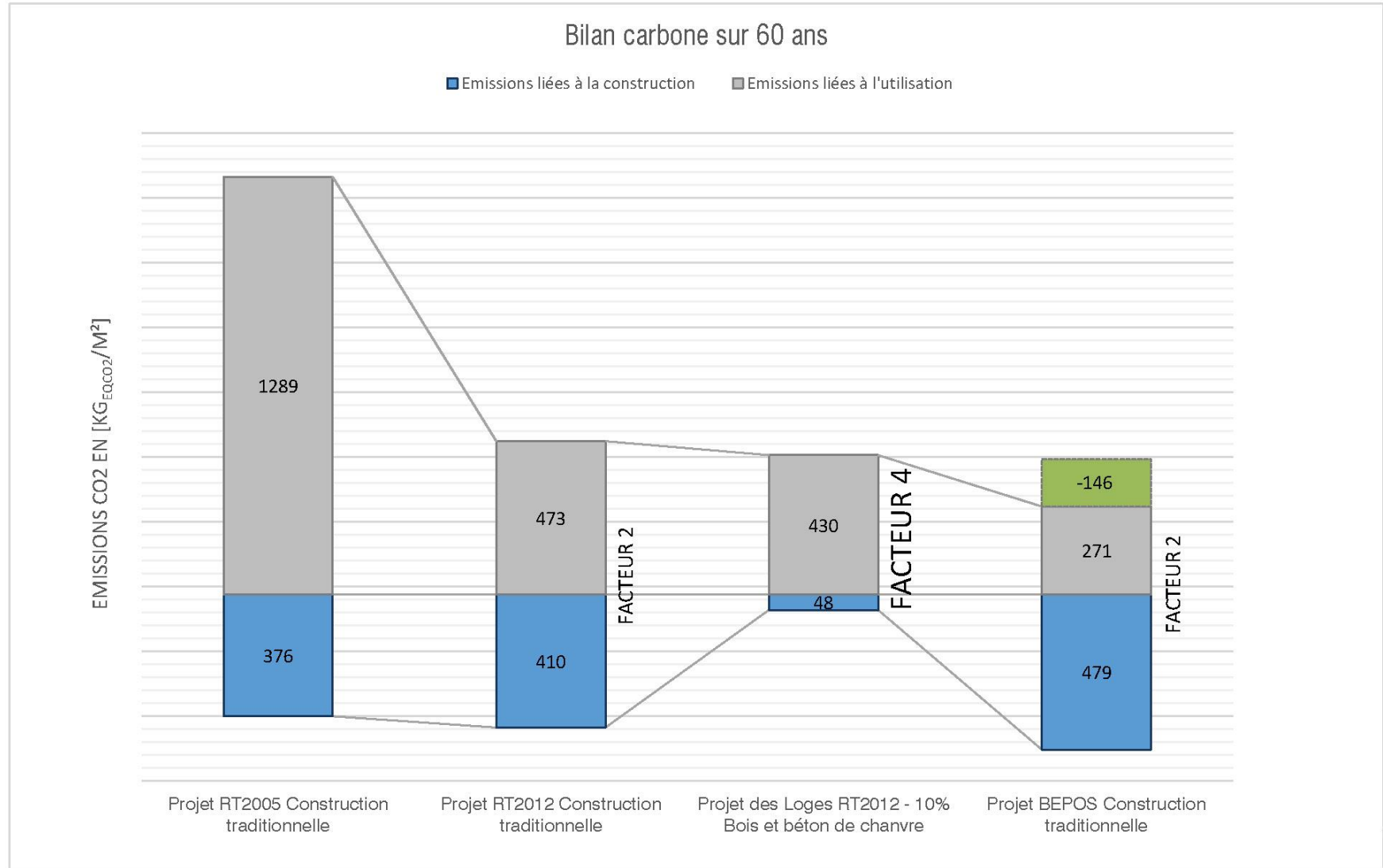
# 10 maisons en béton de chanvre / Les loges en Josas / 2016

Des maisons en ossature bois, charpente bois et béton de chanvre



# 10 maisons en béton de chanvre / Les loges en Josas / 2016

Des maisons en ossature bois, charpente bois et béton de chanvre



Analyse comparative de 4 cas :

1/ Construction traditionnelle conforme à la RT 2005

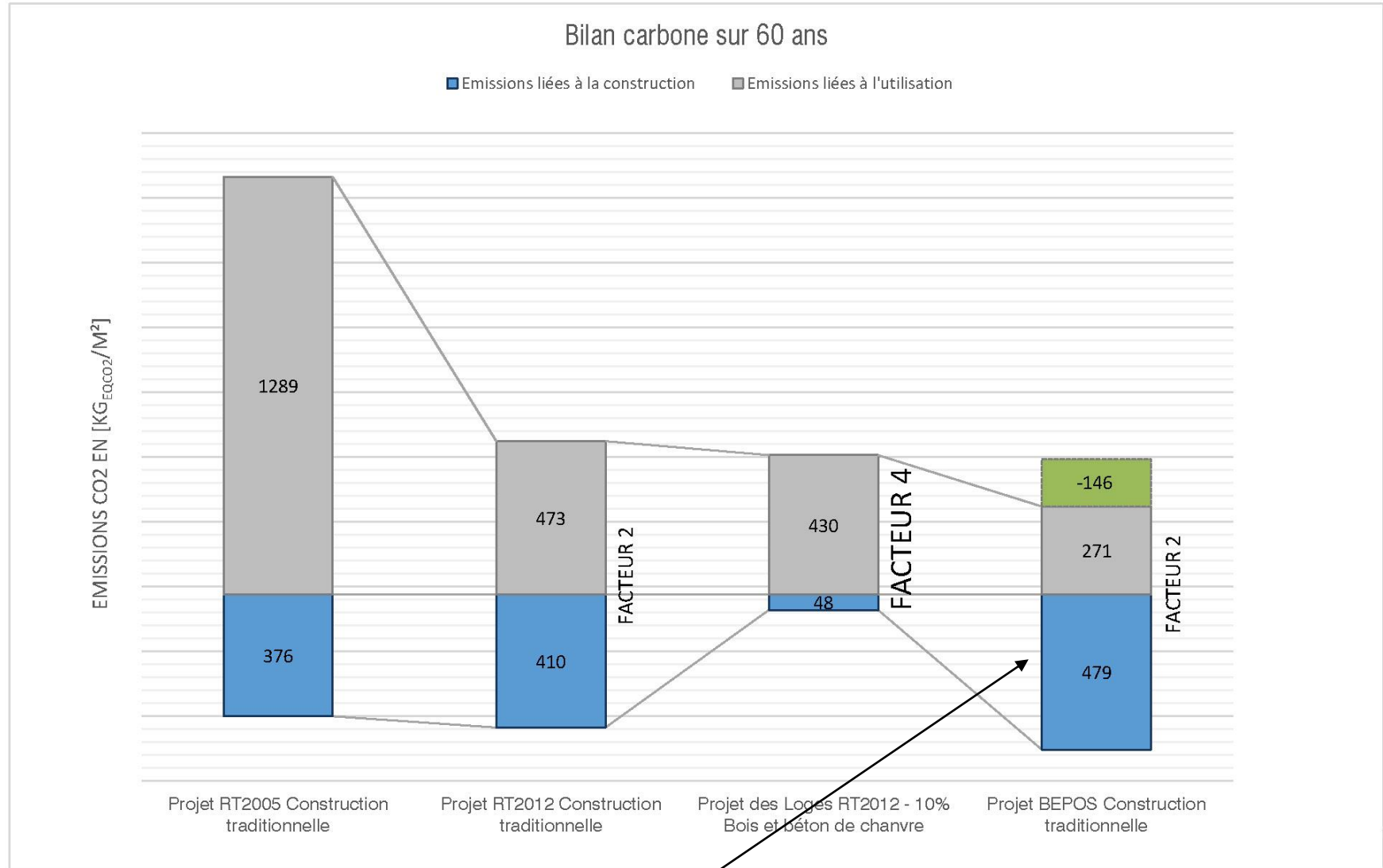
2/ Construction traditionnelle conforme au label BBC / plan climat ville de Paris

3/ Construction BBC en béton de chanvre

4/ Construction traditionnelle conforme au label BEPOS

# 10 maisons en béton de chanvre / Les loges en Josas / 2016

Des maisons en ossature bois, charpente bois et béton de chanvre



Bilan carbone global de la construction :

La construction BBC biosourcée atteint le facteur 4 de réduction des EGES (478 kgCO<sub>2</sub>éq/m<sup>2</sup>)

La construction traditionnelle BEPOS a un bilan global de 750 kgCO<sub>2</sub>ép / m<sup>2</sup>, soit 50 % de plus.

# 10 maisons en béton de chanvre / Les loges en Josas / 2016

Des maisons en ossature bois, charpente bois et béton de chanvre

Entité	Matériaux	Kg CO2/m² Eq	Volume (m³)	Kg CO2 eq	Kg CO2/m² eq (SHON)	%Total
		dans calcul				
Terrassement	Terre végétale	-35	1,00	-35,00	-0,03	
Fondations	Béton lourd armé	325	76,40	24830,00	20,62	43%
Mur de soubassement	Béton lourd armé	325	16,00	5200,00	4,32	9%
Mur de soubassement	Bloc béton (Parpaing de ciment)	75,5	82,40	6221,20	5,17	11%
Mur de soubassement	Feutre bitumeux	3400	0,23	765,00	0,64	1%
Plancher Bas	Béton plein	334	26,96	9004,64	7,48	16%
Plancher Bas	Bloc béton (Parpaing de ciment)	96,25	107,84	10379,60	8,62	18%
Plancher Bas	Luxit EPS 15	156	67,40	10514,40	8,73	18%
Plancher Bas	Béton plein	388	33,70	13075,60	10,86	23%
Mur de refend	Bloc béton (Parpaing de ciment)	75,5	100,80	7610,40	6,32	13%
Mur de refend	Laine de roche en vrac	74	10,08	745,92	0,62	1%
Mur de refend	Plaque de plâtre BA13	135	3,28	442,26	0,37	1%
Mur de refend	Enduit de ciment	432,25	3,78	1633,91	1,36	3%
Cloisons intérieures	Acier inoxydable	37440	0,07	2694,73	2,24	5%
Plancher Intermédiaire	Bois de construction typique CEN	-849	17,87	-15170,31	-12,60	-26%
Plancher Intermédiaire	Acier inoxydable	37440	0,32	12166,08	10,10	21%
Plancher Intermédiaire	Béton plein	388	19,67	7630,02	6,34	13%
Plancher Intermédiaire	Panneaux fibres de bois 450	-273	43,12	-11771,03	-9,78	-20%
Plancher Intermédiaire	Plaque de plâtre BA13	134,62	5,68	764,75	0,64	1%
Plancher Intermédiaire	Bois de construction typique CEN	-849	18,40	-15621,60	-12,97	-27%
Plancher Intermédiaire	Panneaux particules de bois 450	-472,5	12,10	-5717,25	-4,75	-10%
Plancher Intermédiaire	Panneaux fibres de bois 375	-273	56,40	-15397,20	-12,79	-27%
Plancher Intermédiaire	Plaque de plâtre BA13	134,62	7,15	962,50	0,80	2%
Façade	Bois de construction typique CEN	-849	12,51	-10617,81	-8,82	-18%
Façade	Béton de chanvre	-135	379,50	-51232,50	-42,55	-89%
Façade	Enduit de chaux	177	23,00	4071,00	3,38	7%
Façade	Fermacell	588	14,38	8452,50	7,02	15%
Structure	Bois LC	-127	6,50	-825,50	-0,69	-1%
Équipements techniques	Cuivre	22250	0,25	5589,20	4,64	10%
Équipements techniques	Acier	13260	0,10	1326,00	1,10	2%
Charpente	Bois de construction typique CEN	-361	37,13	-13405,13	-11,13	-23%
Couverture	Béton de chanvre	-135	334,20	-45117,00	-37,47	-79%
Couverture	Terre cuite	1430	11,14	15930,20	13,23	28%
Couverture	Fermacell	588	13,93	8187,90	6,80	14%
Cloisons intérieures	Laine de roche en vrac	32,7	25,00	817,50	0,68	1%
Cloisons intérieures	Plaque de plâtre BA13	134,62	13,00	1750,00	1,45	3%
Menuiseries extérieures	Chêne (15% d'humidité)	-849	4,58	-3884,18	-3,23	-7%
Menuiseries extérieures	Verre sodo-calcique (y compris verre flo)	1312,5	3,29	4323,38	3,59	8%
Menuiseries extérieures	Chêne (15% d'humidité)	-849	2,75	-2330,51	-1,94	-4%
Cloisons intérieures	Enduit de chaux	177	18,40	3256,80	2,70	6%
Plancher Bas	Chêne (15% d'humidité)	-630	8,00	-5040,00	-4,19	-9%
Plancher Bas	Pierre artificielle	178	5,00	890,00	0,74	2%
Plancher Intermédiaire	Laine de Coco	11,2	7,20	80,64	0,07	0%
Équipements techniques		0	0,00	84300,00	70,02	147%

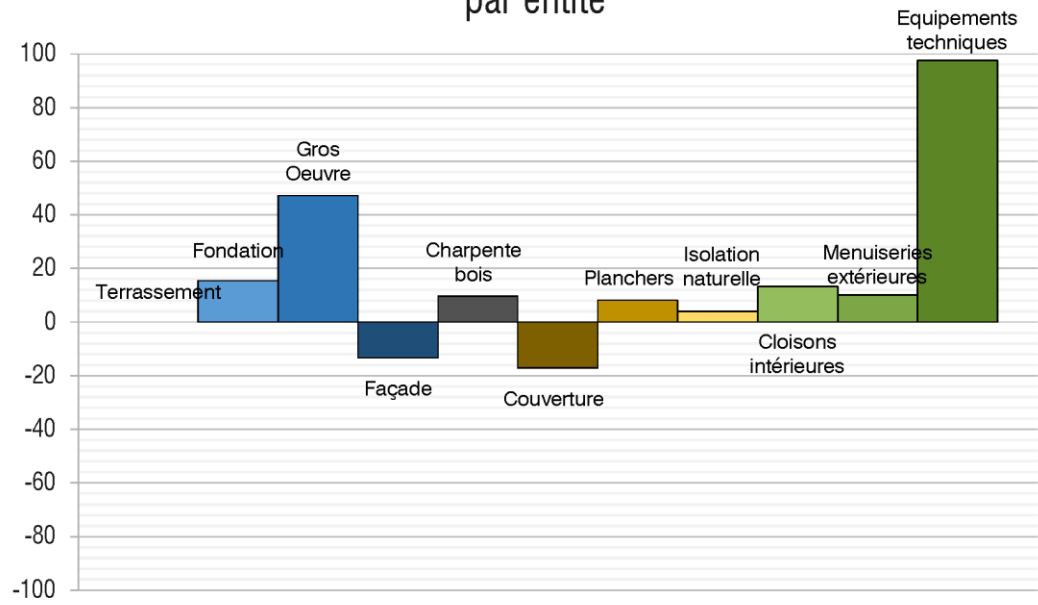
Total Kg eq CO2/m²	47,72
Total Kg eq CO2/m²,ε	0,80

Donnée	Kg CO2/m³ Eq		Kg CO2 eq TOTAL	Kg CO2/m² eq (SHON)	%Total	Variation	Source	Date MaJ			
	UF	m³UF									
29,1	1 m²	0,12 m³	18527,00	15,39	8%	-25%	FDES Collective	08/02/2018			
29,1	1 m²	0,12 m³	3880,00	3,22	2%	-25%	FDES Collective	08/02/2018			
37,8	1 m²	0,25 m³	12458,88	10,35	6%	100%	MDEGD	17/03/2017			
12,6	1 m²	0,015 m³	189,00	0,16	0%	-75%	MDEGD	16/11/2016			
35,9	1 m²	0,25 m³	3871,46	3,22	2%	-57%	FDES Collective	12/01/2018			
37,8	1 m²	0,25 m³	16305,41	13,54	7%	57%	MDEGD	17/03/2017			
15,4	1 m²	0,15 m³	6919,73	5,75	3%	-34%	MDEGD	13/01/2017			
35,9	1 m²	0,25 m³	4839,32	4,02	2%	-83%	FDES Collective	12/01/2018			
37,8	1 m²	0,25 m³	15240,96	12,66	7%	100%	MDEGD	17/03/2017			
<b>Total Doublage</b>											
20,7	1 m²	0,12 m³	2303,91	1,91	1%	-41%					
4,96	1 m²	0,015 m³	1249,92	1,04	1%	-24%	FDES Collective	05/08/2015			
Compris dans doublage							MDEGD	16/11/2016			
-6,27	1 m³	1 m³	-112,04	-0,09	0%	99%	FDES Collective	07/07/2016			
35,9	1 m²	1 m³	705,97	0,59	0%	-91%	FDES Collective	12/01/2018			
7	1 m²	0,12 m³	2515,18	2,09	1%	121%	FDES	13/01/2017 en ligne uniquement			
2,05	1 m²	0,013 m³	895,85	0,74	0%	17%	FDES				
-6,27	1 m³	1 m³	-115,37	-0,10	0%	99%	FDES Collective	07/07/2016			
-3,3	1 m²	0,011 m³	-3630,00	-3,01	-2%	37%	FDES	13/01/2017 en ligne uniquement			
7	1 m²	0,12 m³	3290,00	2,73	2%	121%	FDES	13/01/2017 en ligne uniquement			
2,05	1 m²	0,013 m³	1127,50	0,94	1%	17%	FDES				
-6,27	1 m³	1 m³	-78,41	-0,07	0%	99%	FDES Collective	07/07/2016			
-14,82	1 m²	0,28 m³	-20086,39	-16,68	-9%	61%	FDES Biogénique				
2,64	1 m²	0,015 m³	4048,00	3,36	2%	-1%	MDEGD	17/02/2017 en ligne uniquement			
10,4	1 m²	0,013 m³	11500,00	9,55	5%	36%	MDEGD	16/11/2016			
0,845	1 m³	1 m³	5,49	0,00	0%	101%	MDEGD	16/11/2016			
Compris en forfaitaire							0%				
Compris en forfaitaire							0%				
-6,27	1 m³	1 m³	-232,83	-0,19	0%	98%	FDES Collective	07/07/2016			
-14,82	1 m²	0,24 m³	-20638,85	-17,14	-9%	54%	MDEGD	16/11/2017			
14,3	1 m²	0,02 m³	7965,10	6,62	4%	-50%	FDES Collective	11/01/2018			
7,33	1 m²	0,013 m³	8165,62	6,78	4%	0%	FDES	01/01/2014			
<b>Total Cloison</b>											
20,7		0,1 m³	7866,00	6,53	4%	349%	MDEGD	16/11/2016			
<b>Total Menuiseries (baies)</b>											
46,3	1 m²	0,085 m³	4286,29	3,56	2%	-1%	FDES Collective + biog	01/03/2018			
-1,66	1 m²	0,023 m³	-198,12	-0,16	0%	91%					
2,64	1 m²	0,015 m³	4048,00	3,36	2%	24%	MDEGD	17/02/2017			
-1,66	1 m²	0,023 m³	-577,39	-0,48	0%	89%	FDES Collective	07/10/2018			
50,48	1 m²	0,05 m³	5048,00	4,19	2%	467%	MDEGD	17/03/2017			
							0%				
							117467,69	97,56	54%	39%	Calcul LOGES revu

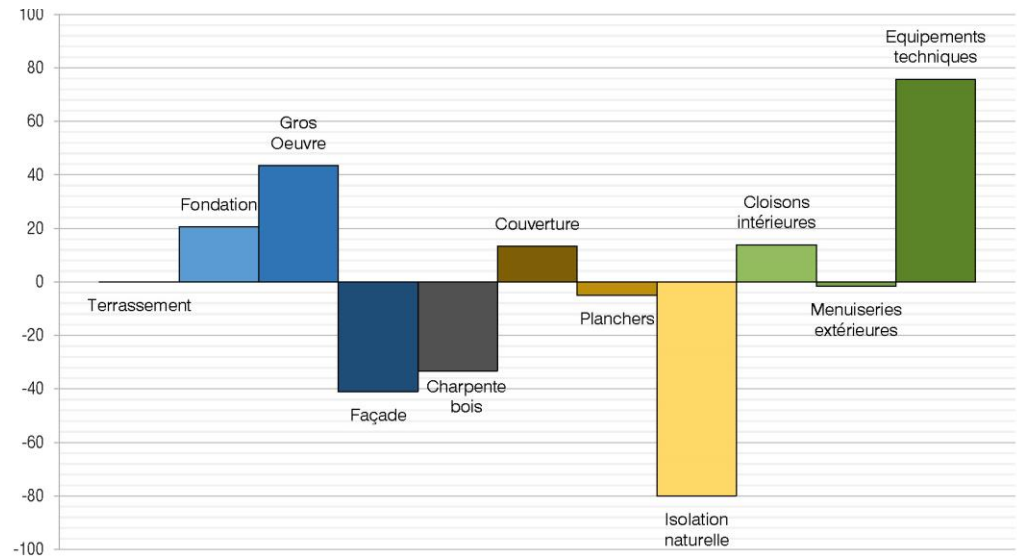
Total Kg eq CO2/m²	181,94
Total Kg eq CO2/m²,an	3,03

# Les loges en Josas / 2016

Emissions CO2 en [kg<sub>eq</sub>CO2/m<sup>2</sup>]  
par entité



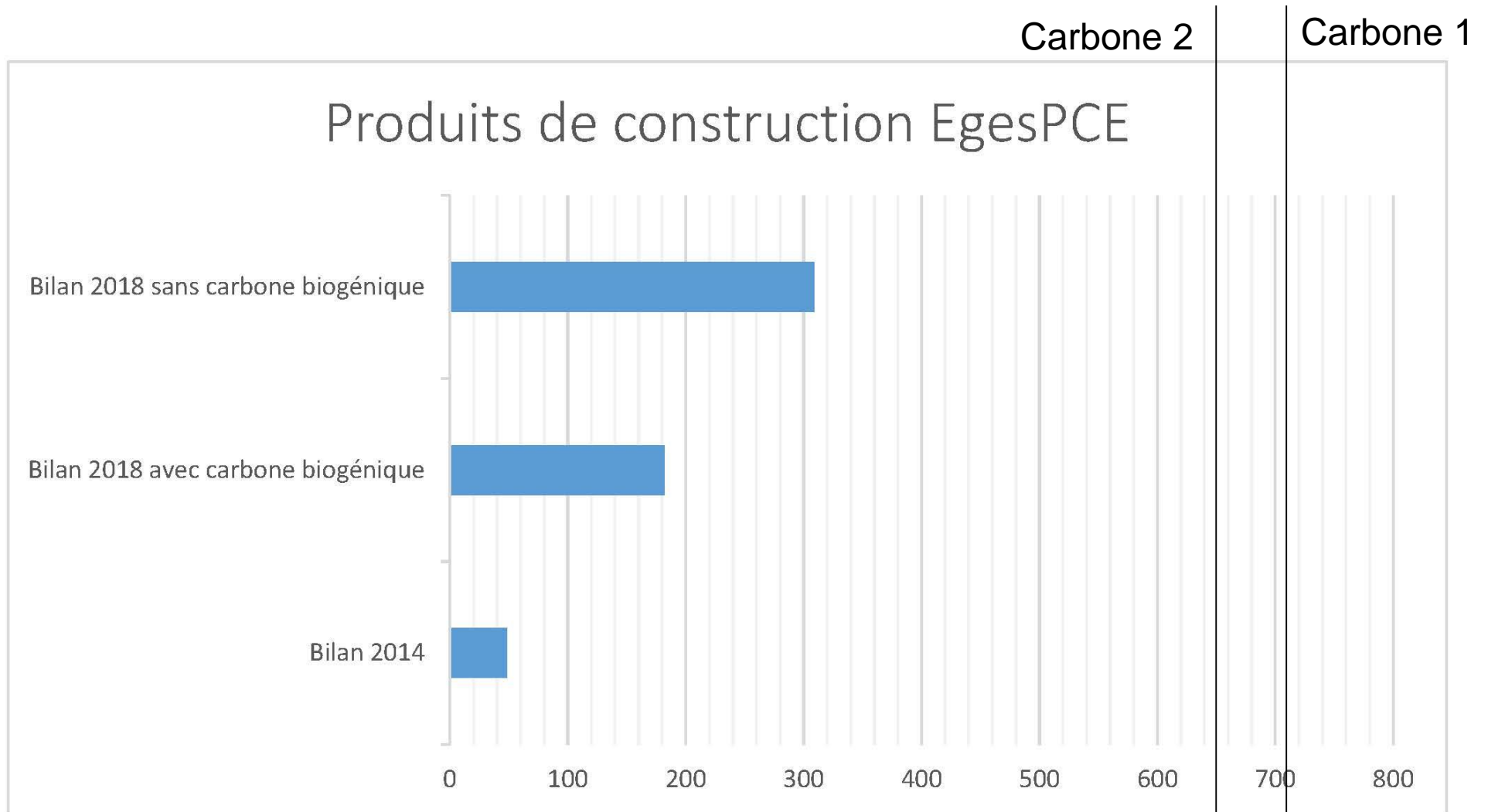
## Etude des impacts par lots - 2018



## Etude des impacts par lots - 2014



# Les loges en Josas / 2016



Etude comparative Contributeur produits et équipements :

EgesPCE 2018 : **309** kgeq CO2/m²SDP (**Sans carbone biogénique**)

EgesPCE 2018 : **182** kgeq CO2/m²SDP

EgesPCE 2014 : **48** kgeq CO2/m²SDP

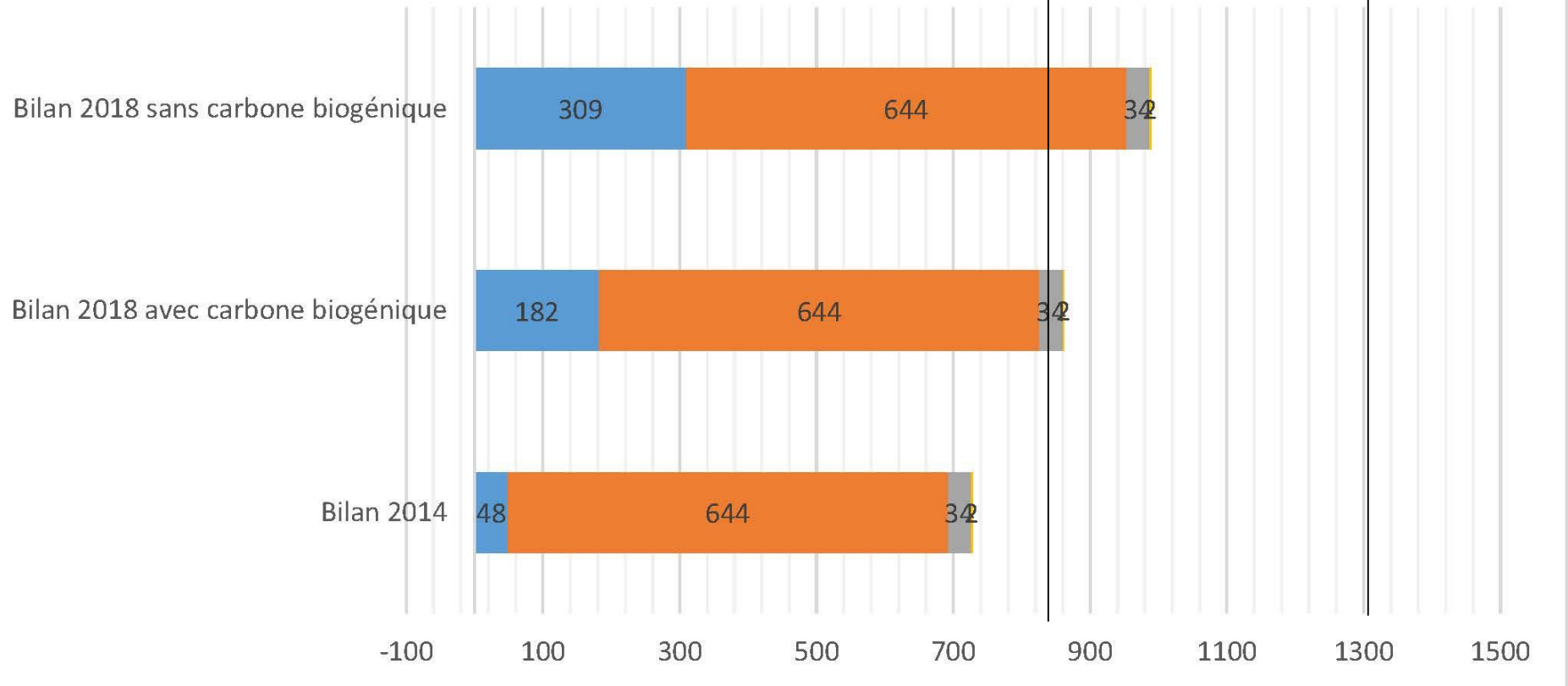
# Les loques en Josas / 2016

Carbone 2

Carbone 1

## Bilan global Eges

■ IPCE ■ ICE ■ ICRE ■ ICHA



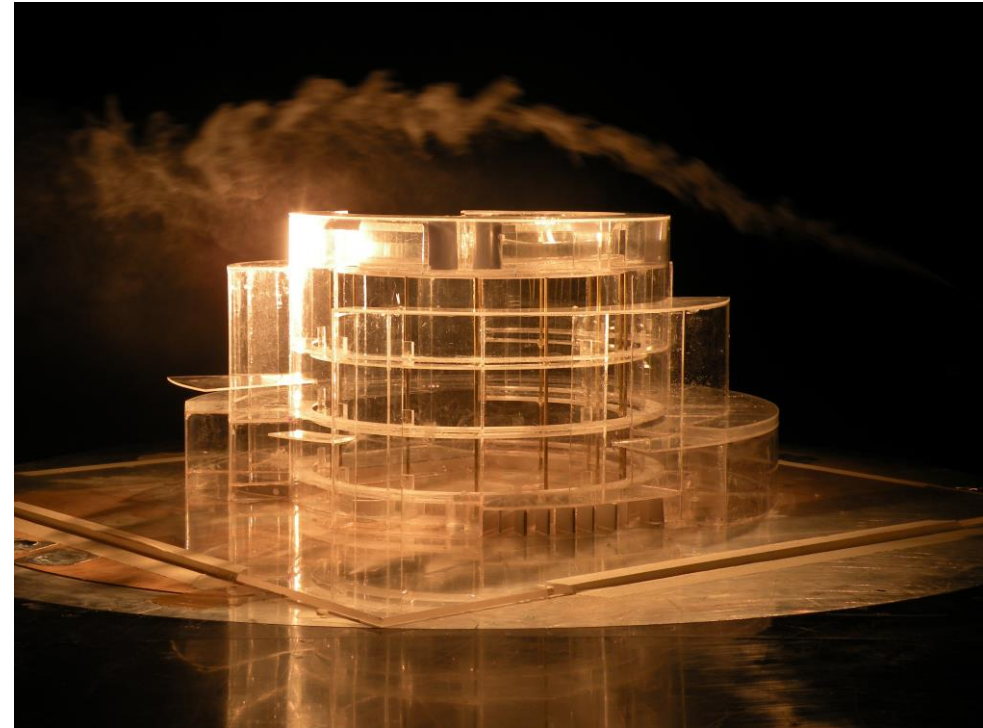
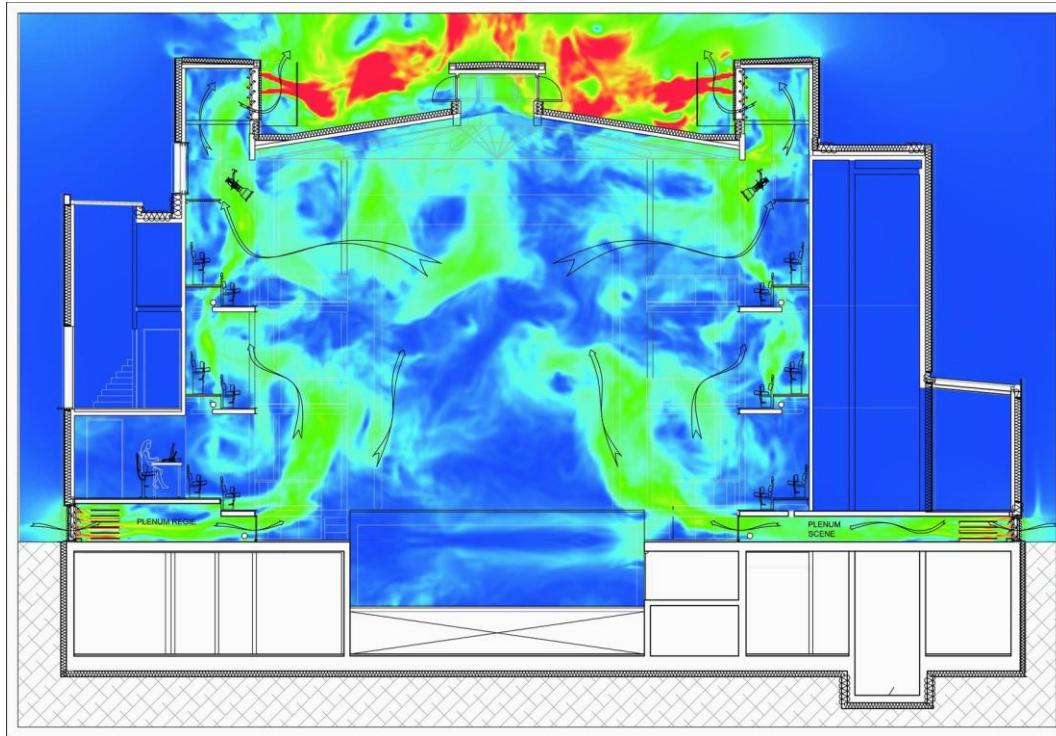
# Le théâtre Hélisabéthain d'Hardelot / Condettes (62) / 2016

Un auditorium ventilé naturellement



# Le théâtre Hélisabéthain d'Hardelot / Condettes (62) / 2016

Un auditorium ventilé naturellement



La diminution des équipements techniques, grâce à la ventilation naturelle, réduit fortement le bilan global de la construction.

EgesPCE du théâtre : entre 50 et 150 kgeq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP

Réduction des EgesPCE des équipement techniques : - 100 à - 200 kgeq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP

Ainsi le bilan global de la construction peut être négatif : - 50 kgeq CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP

# Congrès AVNIR / 8 novembre 2018

Construire carbone négatif ?

Merci de votre attention