

Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Définition d'ordres de grandeur. Traitement statistique.

Rapport Final

LEBERT Alexandra, CHEVALIER Jacques, ESCOFFIER Faustine, LASVAUX Sébastien, BERTHIER Eymeric, NIBEL Sylviane, HANS Julien

Vérificateurs : CHEVALIER Jacques, NIBEL Sylviane

**Université Paris-Est, Centre scientifique et Technique du Bâtiment,
Département Energie, Santé, Environnement**

Décembre 2011
Ref : DESE/ENV - 11.070

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent document, faite sans l'autorisation du CSTB est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

Toute citation d'extraits ou reproduction doit obligatoirement faire apparaître la référence de ce document sous la forme : CSTB. Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Définition d'ordres de grandeur. Traitement statistique, 2011, 166 pages.

Résumé

Dans un contexte d'essor de la démarche d'évaluation des performances environnementales des bâtiments, deux projets, l'un porté par le Ministère de l'Ecologie, du développement durable, des transports et du logement et l'autre porté par l'Association HQE (« HQE Performance », opération 2010 – testez vos bâtiments neufs) ont permis de tester sa faisabilité à grande échelle, auprès des acteurs de la construction.

Dans ce cadre, 74 bâtiments ont été modélisés et les résultats de ces évaluations ont été capitalisés et analysés. Ce présent rapport, présente des ordres de grandeur des impacts environnementaux des bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie et propose des échelles de performance environnementales.

Les équipes de conception des bâtiments (AMO, BE, maîtrise d'ouvrage ou maîtrise d'œuvre), les CETE et le CSTB, ont modélisé sous ELODIE, logiciel d'ACV bâtiment développé par le CSTB, leurs projets avec l'accompagnement - pour la moitié- de l'Association HQE et des certificateurs à la démarche HQE (Cequami, Certivéa et Cerqual). Le CSTB a capitalisé et traité les résultats des modélisations via un outil statistique dédié.

La norme expérimentale XP P01-020-3 est la norme de référence pour le calcul des impacts environnementaux des bâtiments. L'annexe technique HQE Performance, qui s'appuie sur cette norme et en précise les conventions d'application constitue le document cadre pour ces modélisations. La performance environnementale est exprimée sous la forme d'un ensemble d'indicateurs d'impacts environnementaux résultant de différents contributeurs, (produits et matériaux de construction, consommation d'énergie, consommation d'eau...).

Les résultats sont donnés par typologie de bâtiment pour une durée de vie programmée de l'ouvrage de 50 et 100 ans. L'ensemble des résultats est présenté dans ce rapport pour l'ensemble des contributeurs et pour tous les indicateurs avec les valeurs clefs et les éléments d'interprétation nécessaires (dispersion, ...). On retiendra que pour les indicateurs énergétiques, il est nécessaire d'optimiser le contributeur consommations d'énergie spécifique et que pour l'indicateur changement climatique le contributeur produits et matériaux de construction est prépondérant.

Enfin, le rapport propose des recommandations visant à:

- Améliorer l'opérationnalité et la fiabilité des évaluations environnementales de bâtiments basées sur l'analyse de cycle de vie.
- Favoriser l'appropriation de la démarche et faciliter sa diffusion au plus grand nombre

Sommaire

INTRODUCTION	11
GLOSSAIRE & SIGLES UTILISES	13
A. LE CADRE DE L'ETUDE	15
1. OBJECTIFS DES PROJETS HQEE ET HQE PERFORMANCE	16
1.1. LES OBJECTIFS	16
1.2. DEROULEMENT	16
2. REALISER UNE ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) BATIMENT DANS LE CADRE D' HQE PERFORMANCE	17
2.1. DOCUMENTS CADRES : LA NORME XP P01-020-3 ET L'ANNEXE TECHNIQUE « HQE PERFORMANCE »	18
2.1.1. LES CONTRIBUTEURS CONSIDERES	18
2.1.2. LES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX CONSIDERES	19
2.2. LE LOGICIEL D'ACV UTILISE : ELODIE	20
2.3. LES DOCUMENTS ANNEXES	21
2.4. DUREES DE VIE PROGRAMMEES (DVP) DES BATIMENTS	21
3. PRECISIONS METHODOLOGIQUES	22
3.1. CONVERSION ENERGIE FINALE/ ENERGIE PRIMAIRE	22
3.2. VALORISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SOUS ELODIE	22
4. ETAPES PREPARATOIRES A L'ETUDE STATISTIQUE	24
4.1. DEROULEMENT CHRONOLOGIQUE	24
4.2. INVESTISSEMENT EN TEMPS, DE LA MODELISATION AUX POST-TRAITEMENTS	26
5. L'OUTIL STATISTIQUE ELODIE STATS	27
B. LES RESULTATS DE L'ETUDE	28
1. PRESENTATION DES BATIMENTS MODELISES ET INTEGRES A L'ETUDE	29
1.1. UN ECHANTILLON DE BATIMENTS MODELISES PAR DES ACTEURS MULTIPLES	29
1.2. UN ECHANTILLON COMPRENANT DIFFERENTES TYPOLOGIES DE BATIMENTS :	30
1.3. UN ECHANTILLON COMPRENANT DIFFERENTS MODES CONSTRUCTIFS :	31
1.4. DES BATIMENTS PERFORMANTS ENERGETIQUEMENT	31
1.5. DES MODELISATIONS AUX FRONTIERES HETEROGENES	32
1.6. DES MODELISATIONS JUGEES INEGALES	32
2. ANALYSE GLOBALE DES CINQ CONTRIBUTEURS, IDENTIFICATION DES MEDIANES :	34
2.1. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE	35
2.2. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE	38
2.3. INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE	41

2.4.	INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS INERTES	44
2.5.	INDICATEURS PRODUCTION DE DECHETS NON DANGEREUX.....	47
2.6.	INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS DANGEREUX	49
2.7.	INDICATEUR CONSOMMATIONS D'EAU.....	51
3.	ANALYSE DES CONTRIBUTEURS :	53
3.1.	PRESENTATION D'UNE BOXPLOT	53
3.2.	ANALYSE DES RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION PAR TYPOLOGIE, ECHANTILLON CONSOLIDE RECONSTITUE	54
3.2.1.	INDICATEUR CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE TOTALE	54
3.2.2.	INDICATEUR CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE.....	58
3.2.3.	INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE	62
3.2.4.	INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS INERTES	65
3.2.5.	INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS NON DANGEREUX.....	68
3.2.6.	ANALYSE GENERALE DES RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION	71
3.3.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ENERGIE POSTES REGLEMENTAIRES	74
3.3.1.	INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE	74
3.3.2.	INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE RENOUVELABLE	75
3.3.3.	INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	77
3.3.4.	CONCLUSIONS POUR LE CONTRIBUTEUR ENERGIE – POSTES RT.....	77
3.4.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ENERGIE – USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE	78
3.5.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION ET REJET D'EAU.....	83
3.6.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CHANTIER	87
4.	CALCUL SPECIFIQUE DE L'INDICATEUR BIODIVERSITE.....	88
5.	DONNEES SPECIFIQUES A LA CONSOMMATION DE FONCIER.....	90
6.	PROPOSITIONS D'ECHELLES DE PERFORMANCE	93
7.	DISCUSSION DES RESULTATS.....	94
7.1.	EVALUATION DE L'ECHANTILLON D'ETUDE.....	94
7.2.	EVALUATION DE LA QUALITE DES MODELISATIONS.....	95
7.2.1.	LES DONNEES RELATIVES AU BATIMENT	95
7.2.2.	LES DONNEES ENVIRONNEMENTALES.....	96
7.2.3.	LE PROCESS DE MODELISATION :	97
8.	RECOMMANDATIONS	98
	CONCLUSION.....	103
	BIBLIOGRAPHIE :.....	105
	ANNEXE 1 : ANNEXE TECHNIQUE HQE PERFORMANCE	107
	ANNEXE 2 : ECHANTILLON CONSIDERE.....	116

ANNEXE 3 : BATIMENTS PREBAT, FIABILITE DES CONSOMMATIONS CONVENTIONNELLES RT 124	
ANNEXE 4 : ANALYSE GLOBALE DES CINQ CONTRIBUTEURS POUR LES AUTRES INDICATEURS POUR UNE DVP DE 50 ANS ET 100 ANS, IDENTIFICATION DES MEDIANES.	126
ANNEXE 5 : BOX PLOTS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION POUR LES AUTRES INDICATEURS POUR UNE DVP DE 50 ET 100 ANS.....	137
ANNEXE 5 : ECHELLES DE PERFORMANCE	159
INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE	159
INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUEVELABLE.....	160
INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	161
INDICATEUR DECHETS NON DANGEREUX.....	162
ANNEXE 6 : METHODOLOGIE BILAN CARBONE ET HQE PERFORMANCE	163
ANNEXE 7 : RETOURS DES EXPERIMENTATEURS D’HQE PERFORMANCE	165

Table des illustrations

Figure 1 Méthodologie du logiciel d'ACV ELODIE	20
Figure 2 Déroulement chronologique de l'étude statistique	25
Figure 3 Répartition des bâtiments retenus dans l'analyse statistique selon le groupe d'acteurs (HQE Performance, CETE, CSTB) considéré.....	29
Figure 4 Répartition de l'échantillon selon la typologie.....	30
Figure 5 Répartition de l'échantillon selon le mode constructif.	31
Figure 6 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire totale (kWh/m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans (échantillon consolidé reconstitué).....	35
Figure 7 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire totale (kWh/m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	36
Figure 8 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable (kWh/m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.	38
Figure 9 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable (kWh/m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.	39
Figure 10 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur changement climatique (kgéqCO ₂ /m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.	41
Figure 11 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur changement climatique (kgéqCO ₂ /m ² shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.	42
Figure 12 Représentation de la médiane pour l'indicateur déchets inertes (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.....	44
Figure 13 Représentation de la médiane pour l'indicateur déchets inertes (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.....	45
Figure 14 Représentation de l'indicateur déchets non dangereux (kg/m ² shon/an) – médianes- pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	47
Figure 15 Représentation de l'indicateur déchets non dangereux (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	48

Figure 16 Représentation de l'indicateur déchets dangereux (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	49
Figure 17 Représentation de l'indicateur déchets dangereux (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	50
Figure 18 Représentation de l'indicateur consommation d'eau (L/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	51
Figure 19 Représentation de l'indicateur consommation d'eau (L/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	52
Figure 20 Signification d'un boxplot, ou boîte à moustaches.....	53
Figure 21 : Représentation du même échantillon selon un nuage de points puis d'une boxplot .	53
Figure 22 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans	54
Figure 23 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.....	56
Figure 24 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans	58
Figure 25 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.....	60
Figure 26 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans	62
Figure 27 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans	63
Figure 28 Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans	65
Figure 29 Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans	66
Figure 30 Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans	68
Figure 31 Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans	69
Figure 32 Représentation (relative) des médianes obtenues pour tous les indicateurs en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 50 ans (échantillon consolidé reconstitué).	71
Figure 33 Représentation (relative) des 5 indicateurs considérés en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 50 ans.	72
Figure 34 Représentation (relative) des médianes obtenues pour tous les indicateurs en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 100 ans.....	73
Figure 35 Représentation (relative) des 5 indicateurs considérés en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 100 ans.....	73
Figure 36 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.....	75
Figure 37 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.....	76
Figure 38 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie – Postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.....	77
Figure 39 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments.	80
Figure 40 Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments	80

Figure 41 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments	81
Figure 42 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments	81
Figure 43 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments.....	84
Figure 44 Boxplots représentant l'indicateur consommations d'eau pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments.....	85
Figure 45 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments.....	86
Figure 46 Nuage de points correspondant à l'indicateur biodiversité $I = (S2-S1) / S$	88
Figure 47 Indicateur consommation de foncier, surface et type d'emprise « au sol » à l'état initial puis final pour les 11 maisons individuelles	91
Figure 48 : Indicateur consommation de foncier, surface et type d'emprise « au sol » à l'état initial puis final pour les bâtiments autre que maisons individuelles.	91
Figure 49 : schéma de principe du passage des résultats statistiques aux classes de performances.....	93
Figure 50 Représentation de l'indicateur énergie renouvelable (kWh/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	126
Figure 51 Représentation de l'indicateur énergie renouvelable (kWh/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	127
Figure 52 Représentation de l'indicateur épuisement des ressources (kg éq. Antimoine/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	128
Figure 53 Représentation de l'indicateur épuisement des ressources (kg éq. Antimoine/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.....	128
Figure 54 Représentation de l'indicateur déchets radioactifs (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	129
Figure 55 Représentation de l'indicateur déchets radioactifs (kg/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	129
Figure 56 Représentation de l'indicateur acidification atmosphérique (kg éq SO ₂ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	130
Figure 57 Représentation de l'indicateur acidification atmosphérique (kg éq SO ₂ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	131
Figure 58 Représentation de l'indicateur pollution de l'air (m ³ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	131
Figure 59 Représentation de l'indicateur pollution de l'air (m ³ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	132
Figure 60 Représentation de l'indicateur pollution de l'eau (m ³ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	133
Figure 61 Représentation de l'indicateur pollution de l'eau (m ³ /m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.	133
Figure 62 Représentation de l'indicateur formation d'ozone photochimique (kg éq éthylène/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	134
Figure 63 Représentation de l'indicateur formation d'ozone photochimique (kg éq éthylène/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.....	134
Figure 64 Représentation de l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg éq CFC R11/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.	135
Figure 65 Représentation de l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg éq CFC R11/m ² shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.....	135

Figure 66 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans137

Figure 67 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans138

Figure 68 Boxplots représentant l'indicateur épuisement des ressources pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans139

Figure 69 Boxplots représentant l'indicateur épuisement des ressources pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans ..140

Figure 70 Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans141

Figure 71 Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans ..142

Figure 72 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans143

Figure 73 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans144

Figure 74 Boxplots représentant l'indicateur déchets radioactifs pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans145

Figure 75 Boxplots représentant l'indicateur déchets radioactifs pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans146

Figure 76 Boxplots représentant l'indicateur acidification atmosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans147

Figure 77 Boxplots représentant l'indicateur acidification atmosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans ..148

Figure 78 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'air pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans149

Figure 79 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'air pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans150

Figure 80 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'eau pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans151

Figure 81 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'eau pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans152

Figure 82 Boxplots représentant l'indicateur formation d'ozone photochimique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans153

Figure 83 Boxplots représentant l'indicateur formation d'ozone photochimique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.....154

Figure 84 Boxplots représentant l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans155

Figure 85 Boxplots représentant l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans156

Figure 86 Boxplots représentant l'indicateur eutrophisation pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans157

Figure 87 Boxplots représentant l'indicateur eutrophisation pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans158

Table des tableaux

Tableau 1 Les contributeurs et leur niveau de prise en compte (annexe technique HQE Performance)19

Tableau 2 : Identification du nombre de lots retenus pour l'analyse du contributeur produits et matériaux de construction.	33
Tableau 3 : Identification des contributeurs analysés dans ce rapport	34
Tableau 4 : Echantillon considéré pour l'étude du contributeur consommations d'énergie spécifique.	78
Tableau 5 Echantillon considéré pour l'étude du contributeur consommations et rejets d'eau. ..	83
Tableau 6 Détermination des surfaces occupées par différentes typologies d'espace en vue de calculer l'indicateur consommation de foncier.	90
Tableau 7 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire totale en kWh/m²shon/an , contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans).....	159
Tableau 8 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire totale en kWh/m²shon/an , contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans).....	160
Tableau 9 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, en kWh/m²shon/an , contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans).....	160
Tableau 10 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, en kWh/m²shon/an , contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)	161
Tableau 11 Définition des classes pour l'indicateur changement climatique, contributeur, en kg-eq CO₂/m²SHON/an , produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans)	161
Tableau 12 Définition des classes pour l'indicateur changement climatique, , en kg-eq CO₂/m²SHON/an , contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)	162
Tableau 13 Définition des classes pour l'indicateur déchets non dangereux en kg/m ² SHON/an, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans).....	162
Tableau 14 Définition des classes pour l'indicateur déchets non dangereux kg/m ² SHON/an, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans).....	162
Tableau 15 Comparaison de l'étude HQE Performance et Bilan Carbone.....	164

INTRODUCTION

La démarche d'évaluation des performances environnementales d'un bâtiment, engagée depuis près de 20 ans par les acteurs du secteur de la construction se situe actuellement dans une importante phase de transition. Elle connaît un changement de paradigme en s'orientant vers une évaluation de plus en plus performancielle, multicritère et basée sur le cycle de vie complet du bâtiment. Ainsi, l'évaluation environnementale des bâtiments doit **reconstruire un système d'évaluation complet adapté à cette transformation** : méthodologie de calcul, outils de calcul, échelles de référence.

Deux projets ont concouru à cet objectif :

- Les modélisations de bâtiments basse consommation issus du PREBAT réalisées dans la perspective de la mise en place d'un label de haute performance énergétique et environnementale (projet animé par la DHUP avec le concours de l'ADEME,)
- Les modélisations de bâtiments certifiés BBC et ou HQE réalisées dans le cadre d'HQE Performance - opération 2010 – Testez vos bâtiments neufs (opération menée par l'Association HQE)

Le CSTB dans le cadre de ces projets a animé le GT Indicateurs Environnementaux de l'Association HQE chargé de définir le cahier des charges des expérimentations (mise en place de documents de référence pour cadrer les modélisations sur ses différents volets) qui a permis la rédaction de l'Annexe Technique HQE Performance.

Ces projets avaient pour ambition de répondre aux interrogations suivantes :

- Le calcul de la performance environnementale sous son nouveau format est-il **réalisable par les équipes de conception** ?
- Quels sont **les ordres de grandeur des impacts** sur l'environnement des bâtiments suivant ce nouveau système d'évaluation ?
- Quels sont les **enjeux** de l'amélioration de la performance des bâtiments ?

Le CSTB, dans le cadre de ses missions au sein de ces projets, a également mené les actions suivantes :

- Formation de différents acteurs non experts ACV à l'ACV bâtiment (démarche HQE Performance) et à l'utilisation d'un outil de QEB : ELODIE
- Assistance aux équipes de conception dans la réalisation des calculs avec ELODIE et interlocuteur des certificateurs (CertivéA, Cequami et Cerqual) pour les aider dans leur accompagnement des acteurs inscrits dans le test 2010 d'HQE Performance
- Réalisation des calculs sur un certain nombre d'ouvrages
- Capitalisation de l'ensemble des expérimentations
- Expertise sur les calculs réalisés par les équipes
- Création et développement d'un outil statistique pour traiter les données collectées
- Construction de premiers ordres de grandeur.

La première partie de ce rapport « Cadre de l'étude » présente tout d'abord le projet et ses composantes avant de préciser la méthodologie retenue pour l'évaluation des bâtiments puis elle décrit le déroulement de l'étude.

La seconde partie de l'étude présente les principaux résultats obtenus pour les différents **contributeurs** analysés :

- Produits et matériaux de construction
- Consommation d'énergie pendant la vie en œuvre (postes RT et usages spécifiques de l'électricité)
- Consommation et rejets d'eau
- Chantier

Les lois Grenelle orientant la filière construction vers certains enjeux environnementaux, cette partie présentera les résultats pour les indicateurs suivants :

- consommation d'énergie primaire totale,
- consommation d'énergie primaire non renouvelable,
- changement climatique,
- consommation d'eau
- production de déchets (non dangereux, inertes et dangereux),

Les résultats pour les autres indicateurs issus d'une approche Analyse de Cycle de Vie seront disponibles en annexe.

Ce rapport présente des premiers ordres de grandeur permettant de constituer une première grille d'analyse des résultats d'une évaluation des performances.

Cette partie présentera également rapidement les résultats obtenus pour les indicateurs biodiversité et consommation de foncier.

En annexe, sont disponibles les informations sur l'ensemble des bâtiments modélisés.

Glossaire & Sigles utilisés

BDD : Base de données

DES : Déclaration Environnementale de Service

Dans notre vocabulaire, une EPD est le terme générique pour toute déclaration environnementale de type III. Ensuite, ce qui n'est pas une FDES ou une fiche générique (contributeur produit et matériaux de construction) ou une PEP est nommé sous ELODIE une DES.

On trouve les DES dans les BDD associées aux modules énergie, eau, chantier, transport du logiciel ELODIE. Concernant les contributeurs consommation d'énergie et consommation d'eau, une DES pourra exprimer, par exemple les impacts de :

- la mise à disposition d'une quantité d'énergie ou d'une d'eau ou
- le traitement d'une quantité d'eau ou de déchet ou
- le transport d'une personne sur une distance donnée
- etc.

ELODIE : Evaluation à L'échelle de l'Ouvrage Des Impacts Environnementaux [7]

Logiciel développé par le CSTB, il s'agit d'un outil d'Analyse de Cycle de Vie (ACV) des bâtiments. ELODIE est relié à la base de données INIES et utilise les Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES) pour passer de l'échelle « produits » à celle « d'ouvrage ». A la contribution des matériaux et produits de construction aux impacts environnementaux d'un bâtiment sont notamment adjointes celles des consommations d'énergie et d'eau, ainsi que celles des rejets d'eau de l'ouvrage en exploitation.

Energie primaire totale :

Pour rappel, selon la norme NF P01-010 :

« [L'énergie primaire totale] représente la somme de toutes les sources d'énergie qui sont directement puisées dans les réserves naturelles telles que le gaz naturel, le pétrole, le charbon, le minerai d'uranium, la biomasse, l'énergie hydraulique, le soleil, le vent, la géothermie.

L'énergie primaire totale est divisée en énergie non renouvelable et énergie renouvelable d'une part ; et en énergie procédé et énergie matière d'autre part. »

FDES : Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire

Une FDES est une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire. Cette déclaration est établie sous la responsabilité des fabricants (ou syndicat professionnel) du produit. La norme NF P01-010 fournit la méthode d'obtention et le format de déclaration des informations environnementales et sanitaires. Renseigner une FDES implique de disposer d'une analyse du cycle de vie (ACV) du produit (il s'agit d'un bilan environnemental très détaillé) et d'informations sanitaires résultant souvent d'essais spécifiques.

[Source : FAQ de la base de données INIES, www.inies.fr, consulté 10/08/2011]

Les FDES sont pour l'essentiel disponible sur la base de données INIES.

INIES [8]:

La base de données INIES est la base de données nationale de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des matériaux et produits de construction. INIES met à la disposition des acteurs des FDES de produits de construction fournies par les fabricants ou syndicats professionnels au format de la norme NF P01-010. Le fonctionnement de la base INIES est assuré par un conseil de surveillance et un comité technique. Le conseil de surveillance présidé par la DHUP veille à l'éthique et à la déontologie de fonctionnement de la base INIES. Le comité technique veille à la collecte et au traitement des données ainsi qu'à l'actualisation du contenu de la base.

[Source : FAQ de la base de données INIES, www.inies.fr, consulté 10/08/2011]

PEP : Profil Environnemental Produit

Il s'agit d'une déclaration pour un produit ou une catégorie de produits décrivant ses caractéristiques environnementales et son impact sur l'environnement tout au long du cycle de vie.

Le PEP (Profil Environnemental Produit) enregistré au titre du Programme PEPEcopassport est une déclaration environnementale de type III au sens de la norme ISO 14025. Il est spécifique aux équipements électriques, électroniques et de génie climatique.

[Source : www.pep-ecopassport.org consulté 30/08/2011]

Sigles utilisés pour les différentes typologies de bâtiment :

MI : maisons individuelles

MIG : maisons individuelles groupées

Les maisons individuelles groupées sont par exemple des maisons en bande, avec présence de murs mitoyens, etc.

IC : immeubles collectifs,

BB : bâtiments de bureaux

BA : bâtiments administratifs

Il peut s'agir de bâtiments avec ou sans accueil du public tels des mairies, des cabinets de professions libérales, des bâtiments militaires, des bureaux rattachés à des équipements collectifs, des tribunaux, etc.

BER : bâtiments d'enseignement ou de recherche

Etablissements d'enseignement (enseignement primaire, secondaire, etc.), des bâtiments d'accueil de la petite enfance, des bâtiments accueillant de la formation continue, des laboratoires universitaires, etc.

A. LE CADRE DE L'ETUDE

1. OBJECTIFS DES PROJETS HQEE ET HQE PERFORMANCE

Deux projets menés en partenariat entre le CSTB, la DHUP, l'Association HQE, l'ADEME, les organismes de certification environnementale des bâtiments (CERQUAL, CEQUAMI, CERTIVEA) et les CETE ont permis la réalisation de cette étude par la modélisation et la capitalisation de modélisations.

1.1. LES OBJECTIFS

Action DHUP : « Mise en place du label HQEE »

Les études précédentes menées pour la DHUP (e.g. Etiquetage et affichage environnemental des produits de construction) et sur la cotation environnementale des bâtiments ont montré le besoin de disposer de valeurs de référence pour les impacts environnementaux des ouvrages.

L'action avait donc pour objectif l'établissement de valeurs établies par type d'ouvrage. Ces valeurs devaient être construites à partir de modélisations effectuées par les CETE et le CSTB.

L'opération HQE Performance « Opération 2010 : testez vos bâtiments neufs » :

HQE Performance s'est donné pour objectif de construire « un nouveau cadre de référence pour évaluer dans une perspective de développement durable (environnement, énergie, économie, santé), la performance de tous les types de bâtiments en neuf, en rénovation, comme en exploitation. »

L'objectif de ces études est de quantifier les impacts environnementaux des bâtiments sur l'ensemble de leur cycle de vie. Pour pouvoir obtenir des ordres de grandeur, il est nécessaire de modéliser un grand nombre de bâtiments et d'effectuer des analyses statistiques.

1.2. DEROULEMENT

L'action DHUP : « **Mise en place du label HQEE** » devait se tenir essentiellement sur l'année 2010 (formation des acteurs, définition du cahier des charges de l'expérimentation, modélisation des bâtiments). Les résultats des modélisations étaient initialement attendus pour fin 2010 et le CSTB devait rendre les résultats de son étude en avril 2011. Les échéances ont été décalées pour permettre une meilleure synergie et une capitalisation commune des résultats avec le projet HQE Performance.

L'opération **HQE Performance « Opération 2010 : testez vos bâtiments neufs »** avait pour dates clefs les événements suivants :

- L'appel à tests « HQE Performance » a été lancé en décembre 2010 à l'occasion des 7^{èmes} Assises HQE
- En février 2011 les différents acteurs ont été formés à HQE Performance et à l'outil ELODIE
- Fin mars 2011 les participants devaient remettre leur dossier test HQE performance
- Le 12 mai 2011 s'est tenue une réunion d'échanges avec les participants
- Le 5 juillet 2011 a eu lieu la réunion de présentation des résultats aux participants à l'expérimentation
- Fin août 2011 est attendue la remise du rapport en version provisoire.

- Fin septembre 2011 est attendue la remise du rapport dans sa version définitive.

2. REALISER UNE ANALYSE DE CYCLE DE VIE (ACV) BATIMENT DANS LE CADRE D' HQE PERFORMANCE

Pour réaliser une ACV bâtiment les acteurs avaient à leur disposition **une boîte à outils** constituée des éléments suivants :

- **Des documents cadres**
 - L'annexe technique HQE performance [11]
 - La norme expérimentale XP P01-020-3 [1], sur laquelle l'annexe technique s'appuie
- **Des Bases De Données (BDD)**
 - La BDD principale est la base de données INIES [8], qui regroupe les FDES en France.
 - L'outil ELODIE [7] comporte une BDD interne avec des valeurs par défaut qui permettent de venir compléter la base INIES.
 - Les acteurs pouvaient également aller chercher des données issues de la littérature, utiliser des FDES absentes d'INIES, récupérer des données de BDD génériques telles qu'Ecolnvent, utiliser les profils environnementaux produits (PEP) etc.
- **Un outil d'ACV bâtiment :**
 - L'outil ELODIE, développé par le CSTB a été mis à disposition des acteurs, qui ont bénéficié d'une journée de formation à celui-ci (bien que très fortement recommandée, pour faciliter le traitement des résultats, l'utilisation d'ELODIE n'était pas obligatoire).
- **Des Documents d'aide à la modélisation :**
 - Le CSTB avait initié un guide de modélisation des bâtiments sous ELODIE (document de travail) qu'il a mis à disposition de l'ensemble des acteurs.

Les rendus attendus :

Pour mener cette capitalisation de données, il était nécessaire que les rendus soient les plus homogènes possibles, l'annexe technique HQE Performance a donc formulé un certain nombre **d'exigences quant aux modélisations et aux rendus**, notamment :

- La liste des données de documentation du projet et des résultats nécessaires,
- L'utilisateur ELODIE devait transmettre au CSTB **le fichier XML du projet et un export Excel** des résultats (fichier généré par ELODIE). Le fichier xml permet au CSTB d'ouvrir et de modifier le projet si nécessaire (correction d'erreurs de saisie, d'incohérences de données environnementales avec les composants...) et de régénérer un fichier excel.
- Les expérimentateurs avaient pour consigne d'effectuer les évaluations pour les **durées d'étude du bâtiment de 50 ans puis de 100 ans.**

L'une des exigences sur laquelle le CSTB a insisté, était l'importance d'assurer la plus grande transparence possible sur les hypothèses considérées pour la modélisation des projets. Le CSTB demandait à ce que chaque projet intègre une documentation solide sur ce qui a été considéré et modélisé ; l'utilisateur pouvait à cette fin remplir les champs ad hoc à sa disposition dans l'outil ELODIE.

2.1. DOCUMENTS CADRES : LA NORME XP P01-020-3 ET L'ANNEXE TECHNIQUE « HQE PERFORMANCE »

La norme de référence pour le calcul des impacts environnementaux d'un bâtiment est la norme expérimentale XP P01-020-3 [2]. Ce document propose une méthode pour l'évaluation quantitative de la qualité environnementale des bâtiments neufs et existants. « Le résultat de l'évaluation quantitative de la qualité environnementale est présenté par un ensemble de valeurs d'indicateurs environnementaux. La méthode comprend la définition d'un ensemble d'indicateurs environnementaux et leurs règles de calculs associées. Elle est basée sur des approches de cycle de vie permettant de couvrir la durée de vie du bâtiment et chacune des phases du cycle de vie du bâtiment (construction/réhabilitation, exploitation, fin de vie). »

L'annexe technique HQE Performance [11] reprend les passages de cette norme et explique comment les appliquer.

2.1.1. LES CONTRIBUTEURS CONSIDERES

La norme XP P01-020-3 définit l'analyse à l'échelle du bâtiment comme étant la somme de l'évaluation de différents contributeurs, qui sont repris par l'annexe technique HQE Performance, spécifiant le niveau d'exigence pour chacun d'eux :

Contributeur	Niveau de prise en compte
Consommations d'énergie couvertes par la réglementation thermique (éclairage, chauffage, production d'eau chaude sanitaire, ventilation, refroidissement et auxiliaires associés)	Obligatoire
Autres consommations d'énergie liées au bâti (non pris en compte par la réglementation thermique) = usages spécifique de l'électricité	Optionnel
Consommations d'énergie liées à l'activité ¹ = usages spécifique de l'électricité	Optionnel
Consommations de produits et matériaux de construction	Obligatoire
Chantiers ² (hors contribution produits)	Obligatoire
Consommation d'eau	Obligatoire
Production et gestion des déchets d'activité ¹	Optionnel

¹ Par homogénéité, si l'un de ces contributeurs lié à l'activité est calculé, les autres doivent l'être aussi.

² Non mentionné dans la Norme XP P01-020-3 car il était normalement couvert par le contributeur « consommations de produits et matériaux de construction. »

Rejets liquides (hors rejets liés à l'activité) ¹	Obligatoire
Consommation de matières liées à l'activité	Optionnel
Transport des usagers	Optionnel

Tableau 1 Les contributeurs et leur niveau de prise en compte (annexe technique HQE Performance)

Le détail des exigences pour chacun des contributeurs est disponible dans l'Annexe technique HQE Performance placée en Annexe 1 de ce rapport.

2.1.2. LES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX CONSIDERES

L'annexe technique HQE Performance spécifie que les indicateurs environnementaux suivants doivent obligatoirement être calculés (issus de la norme XP P01-020-3 ou NF P01-010) :

- Consommation de ressources énergétiques
 - Énergie primaire totale (kWh)
 - Énergie primaire non renouvelable (kWh)
 - Énergie primaire renouvelable (kWh)
- Épuisement de ressources non énergétiques (kg équivalent Sb)
- Biodiversité (selon norme XP P01-020-3)
- Consommation de foncier (m²)
- Consommation d'eau (m³)
- Déchets solides éliminés – Déchets dangereux (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets radioactifs (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets non dangereux (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets inertes (t)
- Déchets valorisés (t)
- Changement climatique (kg équivalent CO₂)
- Acidification atmosphérique (kg équivalent SO₂)
- Pollution de l'air (m³)
- Pollution de l'eau (m³)

Le corps de ce rapport présentera dans le détail les résultats pour les indicateurs fléchés comme prioritaires par le code de la construction et de l'habitation (articles L111-9 et L111-10), notamment :

- Consommation d'énergie primaire totale,
- Consommation d'énergie primaire non renouvelable,
- Changement climatique,
- Consommation d'eau
- Production de déchets (non dangereux, inertes et dangereux),

Les autres indicateurs seront présentés en annexe.

Les indicateurs biodiversité et consommation de foncier ne sont aujourd'hui pas calculés par le logiciel ELODIE. Cependant, ces deux indicateurs ont parfois été calculés indépendamment par les acteurs et leurs résultats seront exposés dans le corps du présent rapport.

2.2. LE LOGICIEL D'ACV UTILISE : ELODIE

Le logiciel ELODIE est un outil d'analyse de cycle de vie (ACV) à l'échelle du bâtiment, développé par le CSTB. ELODIE permet de prendre en compte plusieurs contributeurs, notamment les produits et matériaux de construction, les consommations d'eau et d'énergie en exploitation et le contributeur chantier.³

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, ELODIE utilise essentiellement les FDES présentes sur la base de données française INIES. En affectant une quantité (métré, masse, unités...) au produit et en lui associant une FDES adaptée (ou PEP pour les équipements) ELODIE permet l'assemblage de produits pour constituer le bâtiment et donc l'agrégation des données environnementales « produit » pour calculer l'impact environnementale du contributeur « produits et matériaux de construction ».

Concernant les contributeurs consommation d'énergie et consommation d'eau, ELODIE permet de quantifier les impacts à l'échelle de l'ouvrage en associant une DES ou fiche énergie conventionnelle à chaque quantité renseignée (consommation d'eau ou d'énergie annuelle du bâtiment). Les DES sont produites pour exprimer les impacts de la « mise à disposition » d'une quantité d'énergie (ainsi que les impacts de la combustion pour les combustibles), la mise à disposition ou l'assainissement d'une quantité d'eau.

Le schéma de principe du logiciel ELODIE est présenté ci-après sur la Figure 1.

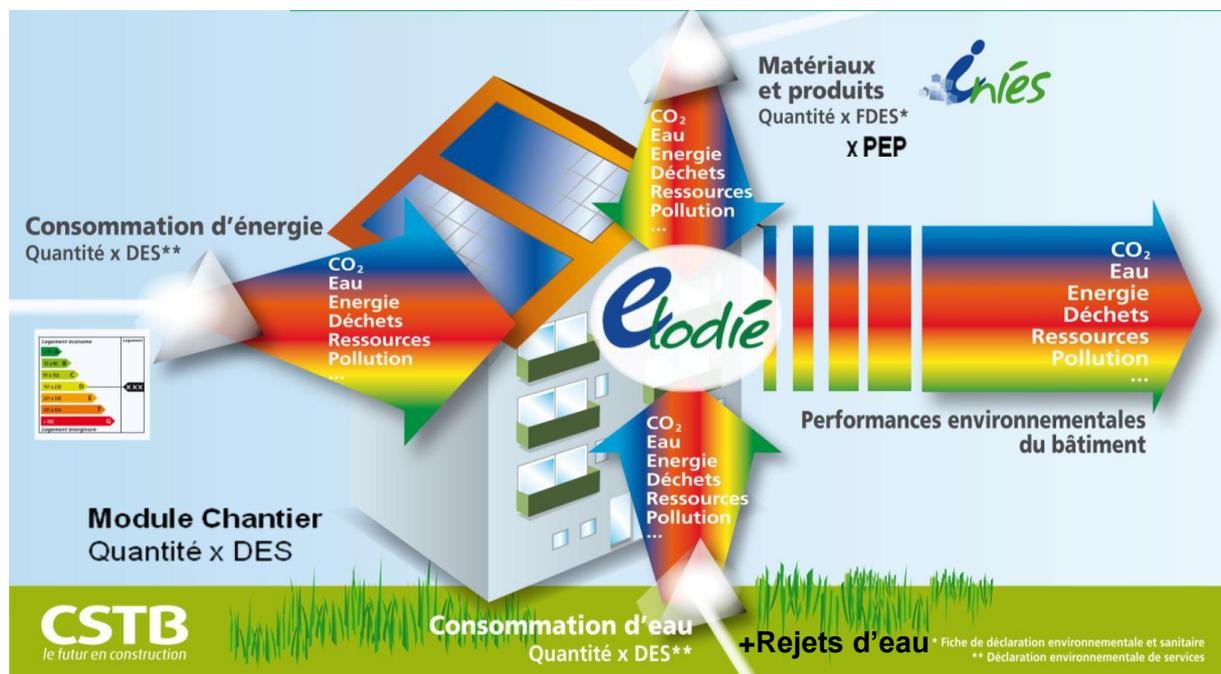


Figure 1 Méthodologie du logiciel d'ACV ELODIE

³ ELODIE n'intègre pas encore tous les contributeurs, le module transport et entretien-maintenance seront intégrés au logiciel prochainement.

2.3. LES DOCUMENTS ANNEXES

La réalisation d'une ACV bâtiment par le biais d'outils tels qu'ELODIE est dépendante des choix méthodologiques et de l'interprétation de l'expérimentateur. Les normes et autres documents cadres lui laissent beaucoup de liberté dans l'étude. L'expérimentateur doit se positionner, faire des choix et justifier ceux-ci. Sont sources d'interprétation : les hypothèses effectuées quant à l'identification des quantitatifs, les choix des données environnementales adaptées, l'établissement des métrés, le choix des frontières, etc. (voir également partie 7).

Le CSTB a donc créé et diffusé plusieurs documents afin de limiter ces degrés de liberté, de clarifier les attentes quant aux modélisations et d'homogénéiser celles-ci pour permettre une meilleure capitalisation ultérieure des données.

- **L'annexe technique HQE Performance** est bien évidemment le premier de ces documents. Elle présente les indicateurs et les contributeurs à prendre en compte et elle fixe un certain nombre d'hypothèses générales, dont les frontières d'étude.
- Afin d'homogénéiser les pratiques de modélisation le CSTB a élaboré un document de travail, présenté sous forme de glossaire qui répertorie les principaux éléments constitutifs du bâtiment. Pour chacun d'entre eux, lorsqu'il y a absence de données de métré ou de données environnementales spécifique, une proposition est faite. Ce document devra être partagé et enrichi par l'ensemble des acteurs au fur et à mesure que la démarche se développera.

2.4. DUREES DE VIE PROGRAMMEES (DVP) DES BATIMENTS

Dans la réalisation d'une ACV bâtiment, les impacts du bâtiment sont calculés sur une période de temps donnée et par commodité sont souvent exprimés par annuité comme les consommations d'énergie en usage des bâtiments.

La durée de vie programmée (DVP) d'un bâtiment ou d'un ouvrage (norme XP P01-020-3) est la durée de vie définie par le maître d'ouvrage et le concepteur. Celle-ci a pu être définie en fonction de critères fonctionnels, économiques, performanciers, sociaux, etc.

Cette durée est de fait la durée d'étude retenue lorsque l'ACV est réalisée : cette valeur se justifie par des scénarios d'entretien du bâtiment adaptés et induit – dans le calcul - des renouvellements des produits de construction.

Or cette DVP étant rarement définie lors de la conception du bâtiment, le cahier des charges de l'expérimentation exigeait pour cette opération un double calcul avec une étude menée pour une durée de 50 ans puis de 100 ans.

Recommandation : le CSTB recommande de ne plus utiliser le terme durée de vie programmée ou prescrite mais durée de vie d'étude pour la durée de vie choisie dans la modélisation.

3. PRECISIONS METHODOLOGIQUES

Certains aspects méthodologiques sont encore difficilement appréhendables pour les utilisateurs d'ELODIE. Cette partie précise donc les hypothèses générales retenues pour :

- la conversion en énergie primaire des consommations exprimées en énergie finale
- la comptabilité des énergies renouvelables produites sur site dans les calculs

3.1. CONVERSION ENERGIE FINALE/ ENERGIE PRIMAIRE

Afin de renseigner le module énergie du logiciel ELODIE, les valeurs des consommations doivent être renseignées en énergie finale. Il convient donc de transposer les résultats obtenus par les logiciels de calcul thermique en énergie finale (si ce n'est pas déjà le cas), en utilisant les ratios énergie primaire/énergie finale des conventions retenues pour la réglementation thermique. Les ratios énergie primaire/énergie finale utilisés dans les ACV sont différents de ceux de la réglementation thermique (ou ceux utilisés pour les DPE etc.). Ces ratios conventionnellement fixés dans la RT à 2,58 pour l'électricité, 1 pour les énergies fossiles deviennent dans les ACV des valeurs plus proches de 3,08 pour l'électricité, de 1,0 à 1,18 pour les énergies fossiles (FD-01-015 d'AFNOR utilisé pour produire les FDES). A l'heure actuelle les données ACV et RT ne sont pas compatibles. L'ACV est cependant considérée par les pouvoirs publics comme l'outil de référence pour évaluer les impacts environnementaux, ainsi les coefficients de conversion utilisés dans ELODIE sont bien ceux issus d'ACV.

Prenons par exemple un bâtiment dont les consommations seraient, selon les conventions retenues pour la réglementation thermique, de **50 kWh/m²SHON/an** et qui n'utiliserait que de l'électricité pour répondre aux besoins de ses différents postes. Ces 50 kWh d'énergie primaire/m²SHON/an correspondent alors à 50/2,58, soient 19,4 kWh d'énergie finale. Si à cette consommation d'énergie finale, on affecte un profil environnemental pour l'électricité française avec, notamment, un ratio énergie primaire/énergie finale de 3,13, on obtient **60,6 kWh d'énergie primaire par m² de SHON par an**.

Un bâtiment BBC fonctionnant uniquement avec de l'électricité du réseau a donc une consommation de **60,6 kWh/m²SHON/an**.

Les pouvoirs publics devront donc gérer à terme le décalage entre la réglementation thermique et l'état de l'art de l'ACV, notamment en matière de systèmes énergétiques.

3.2. VALORISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SOUS ELODIE

A l'échelle du bâtiment, il existe un indicateur énergie primaire renouvelable. Pour calculer la part imputable au contributeur consommation d'énergie pendant la vie en œuvre du bâtiment, il est nécessaire de prendre en compte :

- La part renouvelable de l'électricité (déjà intégrée à la DES électricité)
- La production locale d'énergie du bâtiment et de sa parcelle.

Avertissement : S'il y a production locale d'énergie, cela signifie qu'il y a présence d'éléments producteurs d'énergie. Il convient aussi de prendre en compte les impacts des produits et matériaux de construction correspondant à ces éléments : par exemple si le bâtiment est pourvu de panneaux photovoltaïques et d'un chauffe-eau solaire thermique, ces éléments doivent être pris en compte dans le module composant et les FDES/PEP adaptées

doivent leur être associés. Si les équipements sont mutualisés entre plusieurs ouvrages, une affectation au prorata des besoins couverts doit être réalisée.

Comment calcule-t-on aujourd'hui l'énergie renouvelable à l'échelle du bâtiment ?

La consommation d'énergie renouvelable calculée à l'échelle du bâtiment est aujourd'hui comptabilisée comme la quantité d'énergie finale d'origine renouvelable consommée.

Ainsi, par exemple, si un bâtiment nécessite 10 kWh d'énergie finale pour ses besoins en eau chaude sanitaire et qu'il utilise des panneaux solaires, on comptabilisera 10 kWh d'énergie finale renouvelable et donc 10 kWh d'énergie primaire renouvelable (ratio de 1). Le rendement de production n'intervient donc pas dans cette comptabilité.

Deuxième exemple : pour un bâtiment utilisant sa production photovoltaïque pour couvrir ses besoins d'électricité estimés à 30 kWh d'énergie finale, on comptera 30 kWh d'énergie primaire d'origine renouvelable.

Pourquoi prendre en compte cette énergie renouvelable ?

Les calculs réglementaires de consommation d'énergie considèrent les consommations d'énergie renouvelables sur site comme se déduisant des consommations conventionnelles calculées. Ainsi seules les énergies renouvelables liées au réseau sont prises en compte dans la valeur finale d'énergie primaire (part renouvelable de l'électricité française, inclus dans le ratio 2,58).

Or le calcul de l'indicateur énergie non renouvelable dans une ACV bâtiment permet de donner des indications :

- sur la performance énergétique du bâtiment et
- sur l'épuisement des ressources énergétiques d'origine renouvelable.

Il est donc essentiel de faire « remonter » à l'échelle bâtiment les consommations d'énergie renouvelable pendant la phase vie en œuvre de celui-ci.

Comment affecte-t-on les productions d'énergie renouvelable sur site aux différents usages ?

Lorsqu'il s'agit de production d'eau chaude solaire, la consommation est logiquement affectée au poste eau chaude sanitaire. Par contre, lorsqu'on utilise une production photovoltaïque d'électricité, en première convention, on affectera cette production (directement assimilée à une consommation d'énergie renouvelable) aux postes réglementaires en priorité (sans hiérarchisation plus précise). Puis l'excédent pourra être affecté aux consommations d'électricité spécifique.

Et si le bâtiment produit plus qu'il ne consomme, comment faire ?

Si la production locale d'énergie dépasse les besoins (exemple production photovoltaïque dépassant les besoins en électricité), cette surproduction n'est, à ce jour, pas valorisée dans le module énergie d'ELODIE.

Toutefois, conformément au projet de norme EN15978, s'il y a vente d'électricité au réseau, les impacts des produits liés à cette production d'énergie peuvent être répartis au prorata entre le bâtiment lui-même et le réseau qui reçoit l'électricité produite.

La prise en compte des énergies renouvelables dans les calculs de performance environnementale soulève nombre d'écueil méthodologique qu'il faudra traiter.

4. ETAPES PREPARATOIRES A L'ETUDE STATISTIQUE

4.1. DEROULEMENT CHRONOLOGIQUE

A la suite de la réception des modélisations, le déroulement de l'étude a été le suivant :

- Premier post traitement (validation des dossiers),
- Second post traitement
- Etude statistique

Premier post-traitement : des modélisations brutes à l'échantillon consolidé

Le premier échantillon, « échantillon des modélisations brutes » (reçues telles quelles par le CSTB) a été traité de telle sorte à **supprimer les valeurs aberrantes**, pour les modules composants et énergie. Les modélisations des bâtiments ont été examinées les unes après les autres, un certain nombre de points étant vérifiés (ordre de grandeur des résultats à l'échelle du bâtiment puis des différents modules, part relative des différents modules, part relative des différents lots à l'échelle du module composants pour différents indicateurs). Cette lecture matricielle a permis de corriger un certain nombre de valeurs considérées comme incohérentes. Cet « échantillon consolidé » a été étudié via le logiciel ELODIE Stats. Les premiers résultats correspondent à des valeurs à l'échelle du bâtiment pour les 74 bâtiments de l'échantillon consolidé.

Second post-traitement : redistribution du module composant, évaluation de la qualité du module composant, retraitement des lots de qualité insuffisante.

Afin de réaliser une étude plus précise à l'échelle du bâtiment, le CSTB a choisi un **découpage lot par lot** et l'a appliqué à tous les bâtiments de manière homogène (jusqu'ici, les expérimentateurs choisissaient leur propre découpage). Tous les bâtiments de l'échantillon consolidé ont donc été repris et le module composant a été redécoupé selon les 17 lots suivants :

- | | |
|---|--|
| 1. Réseaux divers | 11. Chape - Revêtements intérieurs des sols et murs - Peintures - Produits de décoration |
| 2. Aménagement extérieur et Voirie | 12. Equipements de production de chaleur et de froid et Ventilation |
| 3. Fondations et Infrastructure | 13. Equipements sanitaires |
| 4. Structure – Maçonnerie – Gros-Œuvre – Verticale | 14. Solutions pour installations électrique et domotique |
| 5. Structure – Maçonnerie – Gros-Œuvre – Horizontale | 15. Equipement de transport internes et Escaliers (Int et ext) |
| 6. Toiture : Charpente – Couverture – Etanchéité | 16. Equipement de production locale d'électricité |
| 7. Cloisonnement – Plafonds suspendus – Menuiseries intérieures | 17. Autre |
| 8. Isolation | |
| 9. Finition de façades | |
| 10. Menuiseries extérieures | |

Ensuite, tous les projets ont été exportés pour une DVP de 50 ans puis de 100 ans.

Devant l'inégalité de la qualité des modélisations, **une note binaire (0 ou 1) a été attribuée à chaque lot** de chaque modélisation considérant la complétude du lot, l'adéquation des données environnementales choisies avec les composants et la qualité des renseignements fournis (justification des calculs, des hypothèses), etc.

A partir des médianes identifiées pour chacun des lots retenus (note =1), un nouvel échantillon a été créé en remplaçant lot par lot les valeurs non fiables par la médiane du lot correspondant (pour la typologie de bâtiment considérée) : il s'agit de l'échantillon « consolidé reconstitué ». On le nommera indifféremment « consolidé reconstitué » ou « reconstitué » dans la suite du document.

Le déroulement est résumé par la figure suivante :

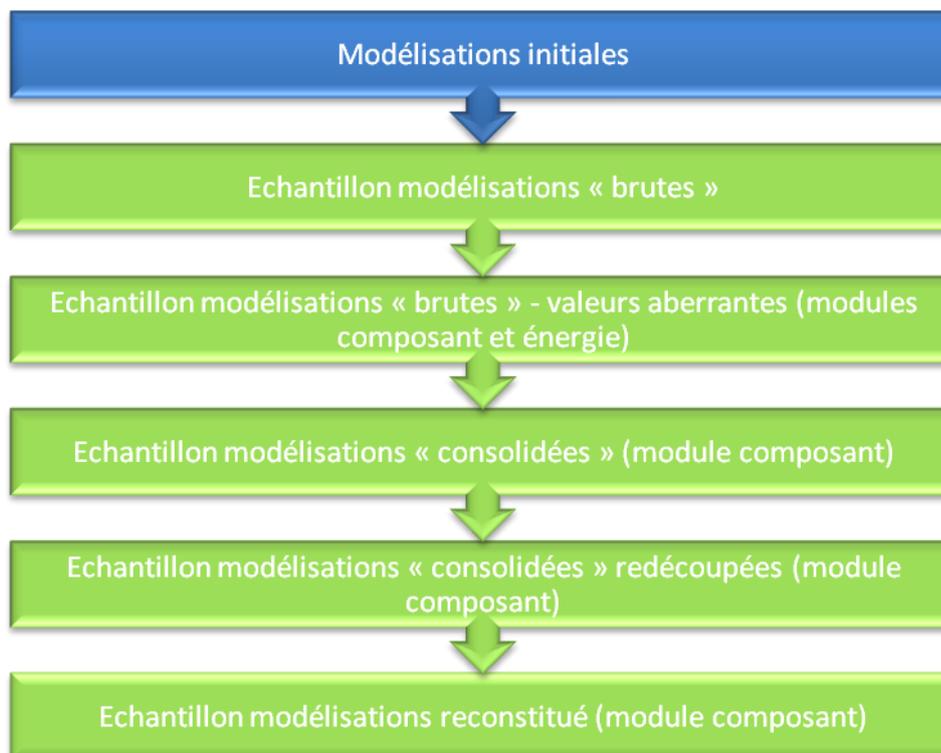


Figure 2 Déroulement chronologique de l'étude statistique

Recommandation : pour la suite des expérimentations HQE performance, pour permettre des modélisations de bâtiment homogènes (dans le rendu et dans les périmètres), le CSTB recommande l'usage du découpage lot par lot proposé dans ce rapport. Un « modèle de bâtiment » dont le module composant est ainsi prédécoupé est mis à disposition dans ELODIE.

4.2. INVESTISSEMENT EN TEMPS, DE LA MODELISATION AUX POST-TRAITEMENTS

L'un des principaux reproches fait par les différents acteurs à l'expérimentation HQE Performance est l'investissement en temps induit par l'étude environnementale. Ce temps d'étude est voué à diminuer avec la formation des acteurs (pour beaucoup, il s'agissait de leur première modélisation), avec la maturation de l'évaluation (nous sommes clairement dans une phase de diagnostic, à quand une évaluation simplifiée ?), la diffusion de nouvelles FDES, etc.

Cependant, pour ces expérimentations, voici les « temps de parcours » relevés pour la phase modélisation et les phases « post-traitement » et « traitement statistique » :

La modélisation par les divers acteurs des bâtiments sous ELODIE a duré, selon les cas de figure (complexité du bâtiment, qualité des documents, disponibilité des données environnementales), entre 1 et 15 jours. .

Les acteurs, formés pendant une journée par le CSTB à HQE Performance et au logiciel ELODIE ont bénéficié d'un accompagnement et d'un contrôle de la part des certificateurs pour les projets rentrant dans le cadre de l'expérimentation HQE Performance et du CSTB pour les autres projets (action DHUP Mise en place du label HQEE). Cet accompagnement et ce contrôle se sont traduits par la vérification de la cohérence de la modélisation avec les documents cadre, de l'adéquation des produits mis en œuvre avec les FDES choisies et par la validation des hypothèses émises. Cet accompagnement se chiffre entre une demi-journée à une journée selon les cas.

Suite à la collecte des données (document XML, Excel, Word) a eu lieu toute l'étape de validation par le CSTB et du premier post-traitement. Ce premier post-traitement a duré de 1h à 5h par projet et a été suivi du second post-traitement, qui a demandé entre 1h et 5h de travail par projet.

La phase de post-traitement a été longue et parfois difficile à mener pour diverses raisons, notamment le manque de transparence des modélisations (absence de justification des calculs ou des choix de données environnementales, suppression des composants en l'absence de données environnementales plutôt qu'un affichage des « trous »).

Recommandations :

Pour diminuer l'investissement en temps de ces modélisations, il faudra nécessairement :

- Former les acteurs
- Spécifier un plus grand nombre de contraintes dans l'Annexe technique HQE pour éviter les hésitations des expérimentateurs (quant aux frontières, au découpage en lots, etc.)
- Améliorer les documents d'aide (notamment le document de travail sur le choix des FDES, ...)

Et enfin :

- Améliorer l'ergonomie des logiciels de QEB
- Mettre à disposition des modèles de bâtiment (sous ELODIE il est possible de pré-remplir des bâtiments pour faciliter la saisie par les expérimentateurs)
- Etc.

5. L'OUTIL STATISTIQUE ELODIE STATS

Le CSTB a développé un outil statistique afin de faciliter le traitement des données et la sortie des résultats pour cette étude. Il s'agit d'un outil Excel (via des macros en VISUAL BASIC) permettant, à partir des exports Excel d'ELODIE, de capitaliser un ensemble donné de fichiers en rapatriant toutes les caractéristiques des bâtiments modélisés, pour pouvoir - sur une feuille Excel- consulter toutes les données pour chaque bâtiment.

L'outil ELODIE Stats permet les fonctionnalités suivantes :

- Visualiser les caractéristiques générales des bâtiments
- Visualiser les valeurs des indicateurs environnementaux pour chaque contributeur
- Déterminer les statistiques descriptives pour chaque indicateur environnemental
- Pouvoir ventiler et trier les bâtiments par typologie
- Pouvoir ventiler et trier les bâtiments par système constructif
- Obtenir des graphiques (boxplots) pour comparer les typologies ou les systèmes constructifs
- Pouvoir découper le module composant des bâtiments selon les 17 lots par deux méthodes différentes :
 - Echantillon traité comme tel : la note attribuée au lot est 0, dans ce cas ELODIE Stats considère que la case est vide et ne génère le calcul qu'avec les cases remplies
 - Echantillon reconstitué : la note attribuée au lot est 0, ELODIE Stats reconstitue l'échantillon en remplissant la case vide par la médiane du lot préalablement calculée.
- Obtenir des graphiques lot par lot.

B. LES RESULTATS DE L'ETUDE

Avertissement : Seules les informations les plus significatives et les indicateurs jugés les plus représentatifs sont présentés dans le corps de ce rapport. De nombreuses informations additionnelles sont disponibles en annexe.

1. PRESENTATION DES BATIMENTS MODELISES ET INTEGRES A L'ETUDE

Dans le cadre du présent projet, le CSTB à analysé statistiquement **74 bâtiments**.

1.1. UN ECHANTILLON DE BATIMENTS MODELISES PAR DES ACTEURS MULTIPLES

Ces bâtiments ont été modélisés d'un côté par différents acteurs de la construction dans le cadre de l'expérimentation HQE Performance (bureaux d'études, AMO, AMO HQE, maîtres d'œuvre, etc.), et de l'autre par les Centres d'Etudes Techniques de l'Equipement (CETE), et le CSTB dans le cadre de la mise en place du label HQEE. Le nombre de bâtiments modélisés par chaque groupe d'acteurs est précisé par la figure ci-dessous.

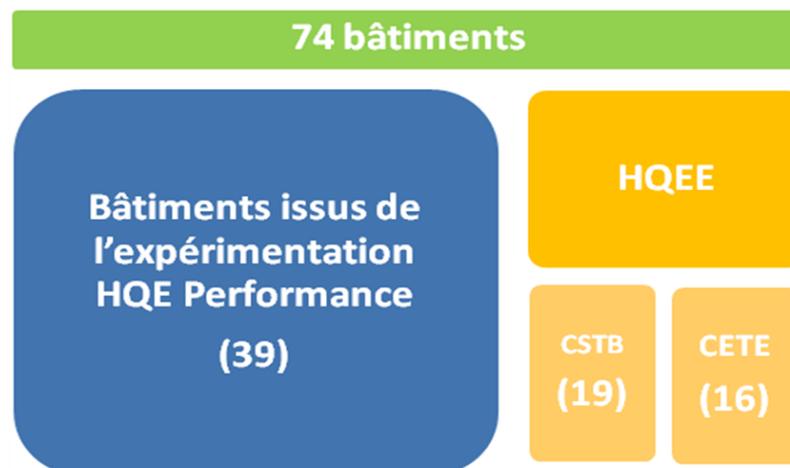


Figure 3 Répartition des bâtiments retenus dans l'analyse statistique selon le groupe d'acteurs (HQE Performance, CETE, CSTB) considéré

Pour la liste complète des bâtiments modélisés se référer à l'annexe 2 du présent rapport.

Sur les 81 bâtiments reçus seuls **74 ont été intégrés à l'étude statistique**. Dans un contexte de mise en place de valeurs de référence ou de construction d'ordre de grandeurs, nos exigences de qualité n'étaient pas atteintes par les 7 autres modélisations de bâtiments.

1.2. UN ECHANTILLON COMPRENANT DIFFERENTES TYPOLOGIES DE BATIMENTS :

Ces 81 bâtiments se différencient par leur typologie et leur système constructif.

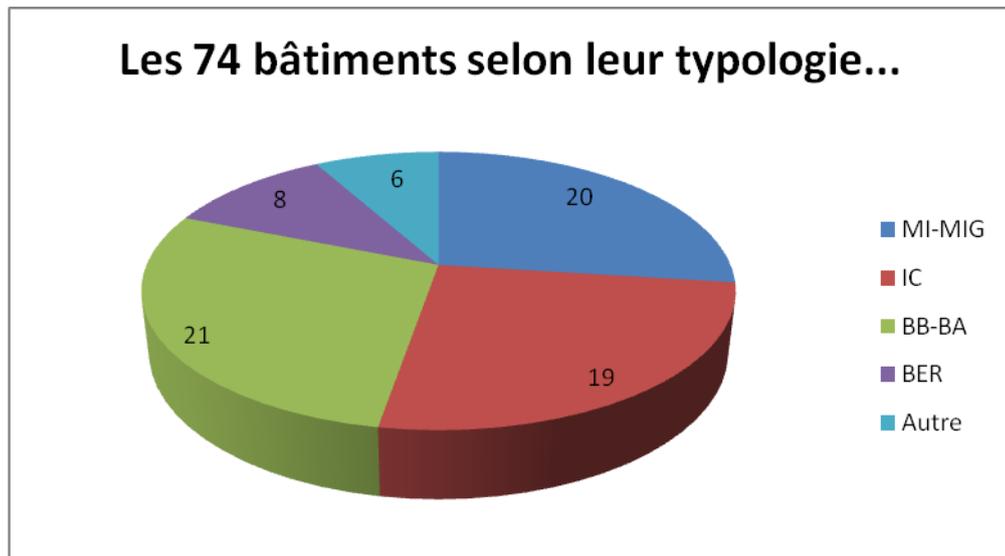


Figure 4 Répartition de l'échantillon selon la typologie.

Considérant la typologie du bâtiment, les 74 bâtiments retenus pour l'étude se répartissent ainsi :

- 18 maisons individuelles (MI) et 2 maisons individuelles groupées (MIG) que nous avons regroupées, soit 20 MI-MIG,
- 19 immeubles collectifs (IC),
- 16 bâtiments de bureaux (BB) et 5 bâtiments administratifs (BA) que nous avons regroupés, soit 21 BB-BA,
- 8 bâtiments d'enseignement ou de recherche (BER)
- 6 bâtiments correspondant à d'autres typologies : bâtiments à vocation industrielle, commerces, bâtiments à vocation sanitaire et sociale. Ces bâtiments étant en nombre trop peu importants, leurs résultats ont été exploités dans l'étude statistiques mais ils n'ont pas été exploités individuellement ou dans un groupe de typologie.

1.3. UN ECHANTILLON COMPRENANT DIFFERENTS MODES CONSTRUCTIFS :

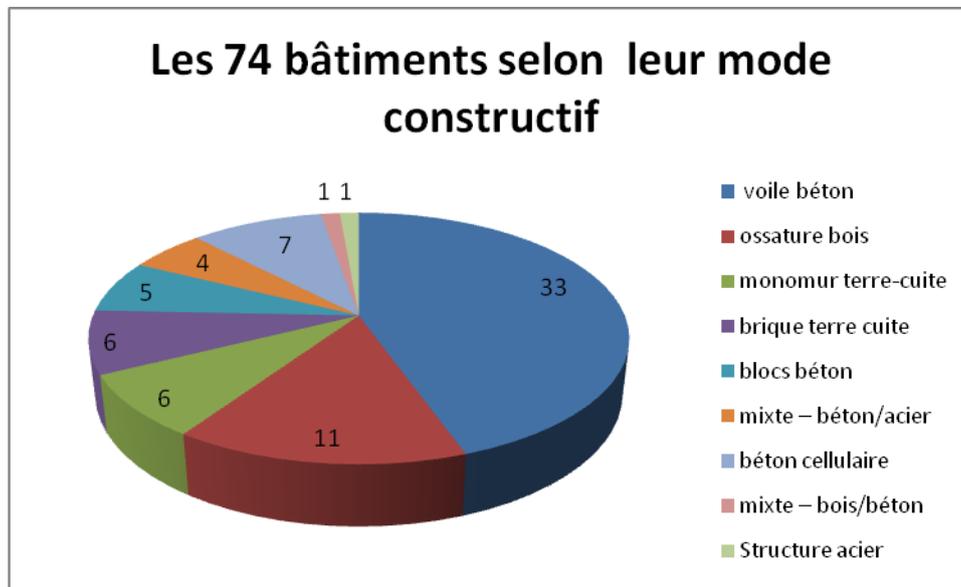


Figure 5 Répartition de l'échantillon selon le mode constructif.

Considérant le système constructif du bâtiment, notre échantillon de 74 bâtiments est composé de la façon suivante :

- 33 bâtiments en construits en voile béton
- 11 bâtiments de structure bois
- 7 bâtiments construits en béton cellulaire
- 6 bâtiments construits en monomur terre-cuite (ou brique alvéolée)
- 6 bâtiments construits en brique terre-cuite
- 5 bâtiments construits en blocs béton (parpaings)
- 4 bâtiments de structure mixte béton/acier
- 1 bâtiment de structure mixte bois/béton
- 1 bâtiment de structure acier

1.4. DES BATIMENTS PERFORMANTS ENERGETIQUEMENT

Parmi les bâtiments modélisés :

- 32 ont le label BBC 2005,
- 10 autres sont de niveau BBC et
- 29 sont des projets PREBAT et dont les études énergétiques ont été contrôlées par les bureaux d'étude LBM Energie et TRIBU Energie. Certaines de ces opérations sont aussi des opérations BBC.

Les projets sont majoritairement des bâtiments très performants énergétiquement.

1.5. DES MODELISATIONS AUX FRONTIERES HETEROGENES

Dans cette étude les contributeurs n'ont pas été aussi bien renseignés selon les modélisations. Il apparaît que sur les 74 bâtiments finalement étudiés :

- **100%** des modélisations intègrent le contributeur **consommations de produits et matériaux de construction**. A noter que ce contributeur est lui-même plus ou moins bien renseigné selon la modélisation (OBLIGATOIRE dans l'annexe technique)
- **99%** (73 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **consommations d'énergie couvertes par la RT** (OBLIGATOIRE)
- **8%** (6 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **autres consommations d'énergie liée au bâti** (OPTIONNEL)
- **13%** (10 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **consommations d'énergie liées à l'activité** (OPTIONNEL)
- **35%** (36 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **chantier**
 - o (soit 15% de l'ensemble des bâtiments intègrent le poste énergie, 15% le poste eau, 9% le transport et 3% l'immobilisation) (OBLIGATOIRE)
- **59 %**(44 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **consommations d'eau** (OBLIGATOIRE)
- **51%** (38 bâtiments) des modélisations intègrent le contributeur **rejets liquides** (OBLIGATOIRE)

NB : Environ **80%** des bâtiments font appel à de la production locale d'énergie (**énergies renouvelables**), intégrée dans leur modélisation.

1.6. DES MODELISATIONS JUGEES INEGALES

Pour le contributeur Produit et matériaux de construction, chaque bâtiment a été découpé en 17 lots (Voir 4.1 Déroulement chronologique). Pour chacun des lots et chacun des bâtiments, une note (1 ou 0) a été affectée au lot pour en caractériser la qualité. Le tableau ci-dessous identifie le nombre de lots conservés pour l'étude statistique menée lot par lot ayant permis la « reconstitution » du contributeur produit et matériaux de construction.

Lot	Nb de lots retenus
1. Réseaux divers	58
2. Aménagement extérieur et Voirie	34
3. Fondations et Infrastructure	67
4. Structure – Maçonnerie – Gros-Œuvre – Verticale	69
5. Structure – Maçonnerie – Gros-Œuvre – Horizontale	70

6. Toiture : Charpente – Couverture – Etanchéité	56
7. Cloisonnement – Plafonds suspendus – Menuiseries intérieures	68
8. Isolation	70
9. Finition de façades	60
10. Menuiseries extérieures	65
11. Chape - Revêtements intérieurs des sols et murs - Peintures - Produits de décoration	67
12. Equipements de production de chaleur et de froid et Ventilation	32
13. Equipements sanitaires	55
14. Solutions pour installations électrique et domotique	35
15. Equipement de transport internes et Escaliers (Int et ext)	40
16. Equipement de production locale d'électricité	26
17. Autre	

Tableau 2 : Identification du nombre de lots retenus pour l'analyse du contributeur produits et matériaux de construction.

2. ANALYSE GLOBALE DES CINQ CONTRIBUTEURS, IDENTIFICATION DES MEDIANES :

Bien que l'Annexe Technique HQE Performance distingue dix contributeurs, nous ne présenterons les résultats que pour cinq d'entre eux. Sont identifiés en vert foncé, dans le tableau suivant, les contributeurs analysés et définis comme obligatoires dans l'annexe et en vert clair, les contributeurs analysés et défini comme facultatifs dans l'annexe technique HQE Performance.

Contributeur	Résultats présentés dans ce rapport et appellation(s) utilisée(s)
Consommations d'énergie couvertes par la réglementation thermique (éclairage, chauffage, production d'eau chaude sanitaire, ventilation, refroidissement et auxiliaires associés)	OUI, « postes RT »
Autres consommations d'énergie liées au bâti (non pris en compte par la réglementation thermique) = énergie spécifique	OUI, « énergie spécifique ».
Consommations d'énergie liées à l'activité ⁴	
Consommations de produits et matériaux de construction	OUI
Chantiers ⁵ (hors contribution produits)	OUI, données partielles (postes énergie, eau, immobilisation, déplacements), « module chantier »
Consommation d'eau	OUI, fusionné en un seul contributeur. « module eau »
Rejets liquides (hors rejets liés à l'activité)	
Production et gestion des déchets d'activité	NON, données non récoltées sous ELODIE, données non traitées
Consommation de matières liées à l'activité	NON, données non récoltées sous ELODIE, données non traitées
Transport des usagers	NON, données non récoltées sous ELODIE, données non traitées

Tableau 3 : Identification des contributeurs analysés dans ce rapport

Avertissement :

Sur l'ensemble des résultats **la médiane est considérée comme ordre de grandeur** de l'impact environnemental pour l'indicateur considéré. La médiane a été préférée à la moyenne pour l'expression d'un ordre de grandeur car celle-ci est plus « robuste » que la moyenne lorsque les distributions des résultats ne sont pas symétriques et lorsqu'il y a présence de valeurs extrêmes.

⁴ Par homogénéité, si l'un de ces contributeurs est calculé, les autres doivent l'être aussi.

⁵ Non mentionné dans la Norme XP P01-020-3 car il était normalement couvert par le contributeur « consommations de produits et matériaux de construction. »

2.1. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

Les figures suivantes présentent pour l'ensemble des bâtiments étudiés, les médianes calculées pour les cinq contributeurs considérés, pour **l'indicateur énergie primaire totale**, exprimé en **kWh/m²SHON/an**. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) **de 50 ans puis de 100 ans**. Sur l'axe des abscisses figurent la typologie ainsi que le nombre de bâtiments considérés.

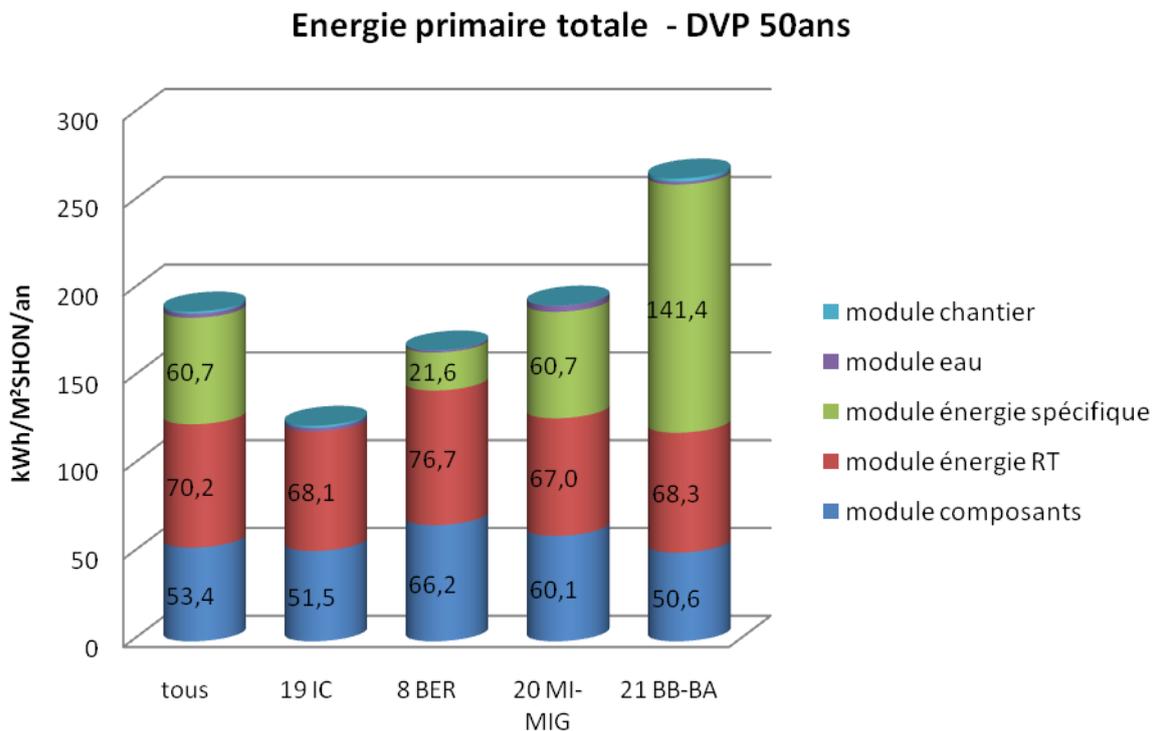


Figure 6 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire totale (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans (échantillon consolidé reconstitué).

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs, pour l'indicateur énergie primaire totale, sont de l'ordre de :

- **190 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **>120 kWh/m²shon/an pour les immeubles collectifs (hors énergie spécifique)**
- **>165 kWh/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche (énergie spécifique partiellement prise en compte)**
- **190 kWh/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **260 kWh/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Toujours pour une durée d'étude de 50 ans, et pour des maisons individuelles très performantes énergétiquement, le contributeur produit et matériaux de construction représente près de **30 %** des impacts totaux (5 contributeurs) alors qu'il ne représente que **20 %** dans le cas des bâtiments de bureaux.

Energie primaire totale - DVP 100 ans

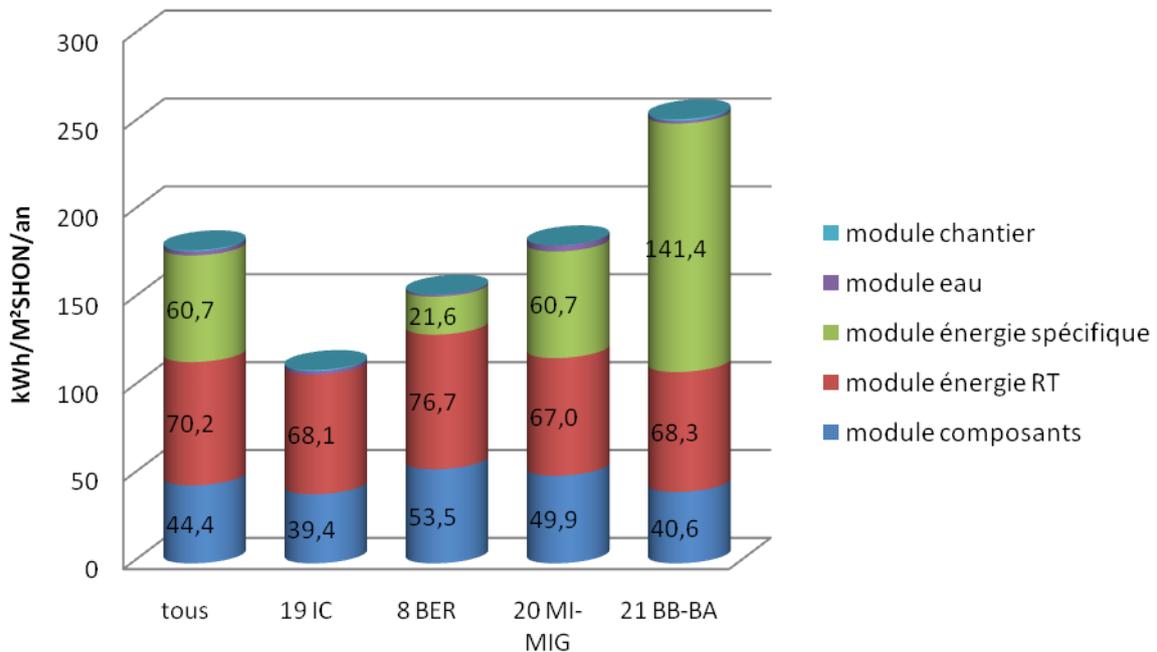


Figure 7 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire totale (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **>175 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **>110 kWh/m²shon/an pour les immeubles collectifs (hors énergie - usages spécifique de l'électricité, qui représenterait environ 80 kW supplémentaires)**
- **>150 kWh/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche (énergie spécifique partiellement prise en compte)**
- **180 kWh/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **250 kWh/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Toujours pour une durée d'étude de 100 ans et pour les maisons individuelles, le contributeur produit et matériaux de construction représente plus de **25 %** des impacts alors qu'il ne représente plus que **16 %** dans le cas des bâtiments de bureaux.

Conclusion commune pour 50 ou 100 ans :

Attention : les faibles valeurs affichées pour les contributeurs chantier, consommation et rejet d'eau et énergie spécifique pour certaines typologies reflètent différentes situations :

- Au regard des données collectées (et des données environnementales disponibles), pour l'indicateur énergie primaire totale, les contributeurs chantier (dans l'état des connaissances) et consommation et rejet d'eau ne semblent pas être des leviers d'action.
- Par contre, les **consommations d'énergie spécifique** sont un véritable enjeu. Et lorsque la valeur est nulle ou faible (typologie des immeubles collectifs et bâtiments enseignement et recherche), il s'agit a priori d'un **manque ou d'une absence totale de données des projets**. (Généralement, l'énergie spécifique est calculée pour valoriser la production d'électricité sur site).. Attention, de part les données collectées, le graphique n'est donc pas homogène ! (Voir partie 3.4 sur le contributeur énergie spécifique)

Les figures précédentes illustrent que :

- **Le contributeur produit et matériaux de construction est un contributeur relativement impactant pour l'indicateur énergie primaire totale.**
- Au regard des médianes calculées typologie par typologie par rapport à la médiane globale, les consommations d'énergie primaire totale dues au contributeur produit et matériaux de construction varient :
 - o Faiblement pour les typologies BA-BB (écart de 5% à 50 ans et de 8,5% à 100 ans)⁶ et IC (écart de 3% à 50 ans et de 11% à 100 ans)
 - o De façon plus importante pour la typologie MI-MIG: écart de 13%,
 - o De façon significative pour la typologie BER pour 50 ans et 100 ans : écart de 20% environ.
- Les typologies IC et BB-BA semblent les moins consommatrices d'énergie primaire pour le contributeur produits et matériaux de construction.
- Le contributeur consommation d'énergie pour les postes RT connaît des variations selon la typologie, dues aux performances énergétiques des bâtiments modélisés (l'échantillon des BER regroupe plus de bâtiments non labélisés BBC que les autres typologies) et au choix des vecteurs énergétiques selon la typologie. L'écart observé est de l'ordre de 10% pour la typologie BER par rapport à la médiane obtenue toutes typologies confondues.
- **Doubler la durée de vie d'un bâtiment ne diminue que marginalement (entre 5% et 10%) ses consommations d'énergie primaire exprimées par m² et par an.**

⁶ Les pourcentages indiqués correspondent à l'écart relatif d'une médiane calculée pour une typologie spécifique par rapport à la médiane toute typologie.

2.2. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

Les figures suivantes présentent pour l'ensemble des bâtiments étudiés, les médianes calculées pour les 5 contributeurs retenus pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, exprimé en kWh/m²shon/an. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de **50 ans puis de 100 ans**.

Energie non renouvelable - DVP 50 ans

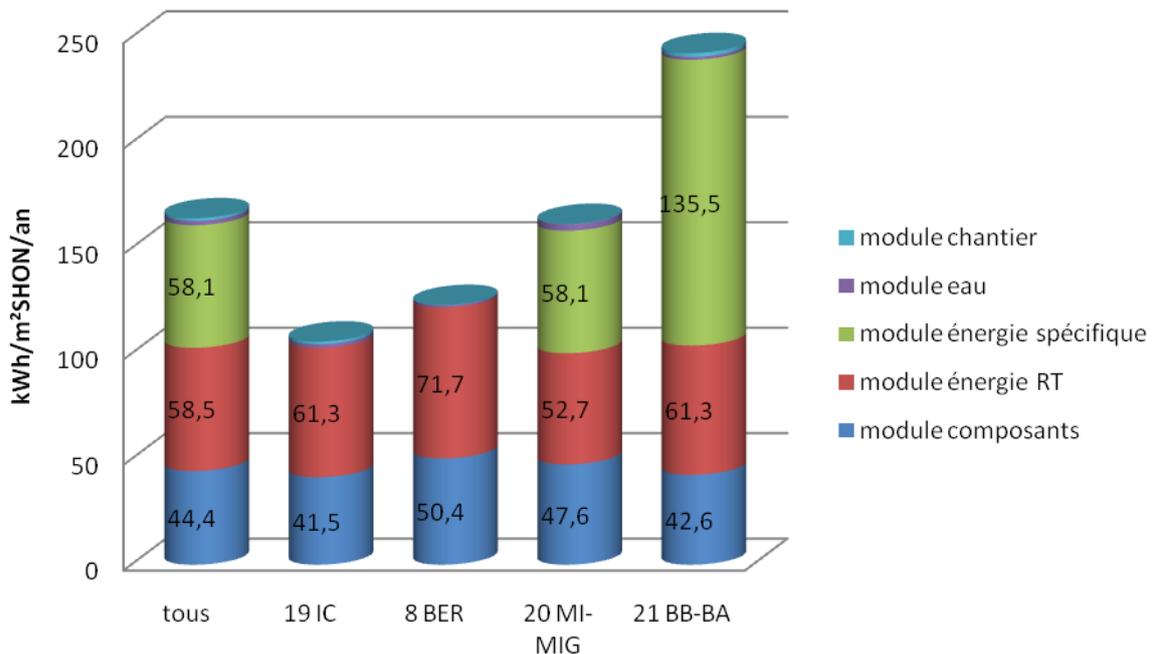


Figure 8 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Attention : les faibles valeurs affichées pour les contributeurs chantier, consommation et rejet d'eau et énergie spécifique pour certaines typologies reflètent les différentes situations préalablement expliquées.

Aucune consommation d'énergie non renouvelable n'apparaît pour la typologie BER pour le contributeur énergie spécifique alors que celui-ci impacte sur le contributeur énergie primaire totale. Cela signifie que les BER pour lesquels des données ont été collectés n'utilisent que des énergies renouvelables comme vecteur pour ce contributeur.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **160 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **> 105 kWh/m²shon/an pour les immeubles collectifs (hors énergie spécifique)**
- **>120 kWh/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche (énergie spécifique partiellement prise en compte)**
- **160 kWh/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **240 kWh/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Pour les maisons individuelles (DVP = 50 ans), le contributeur produit et matériaux de construction représente près de **30 %** des impacts alors qu'il ne représente plus que **18 %** dans le cas des bâtiments de bureaux et administratifs.

Energie non renouvelable - DVP 100 ans

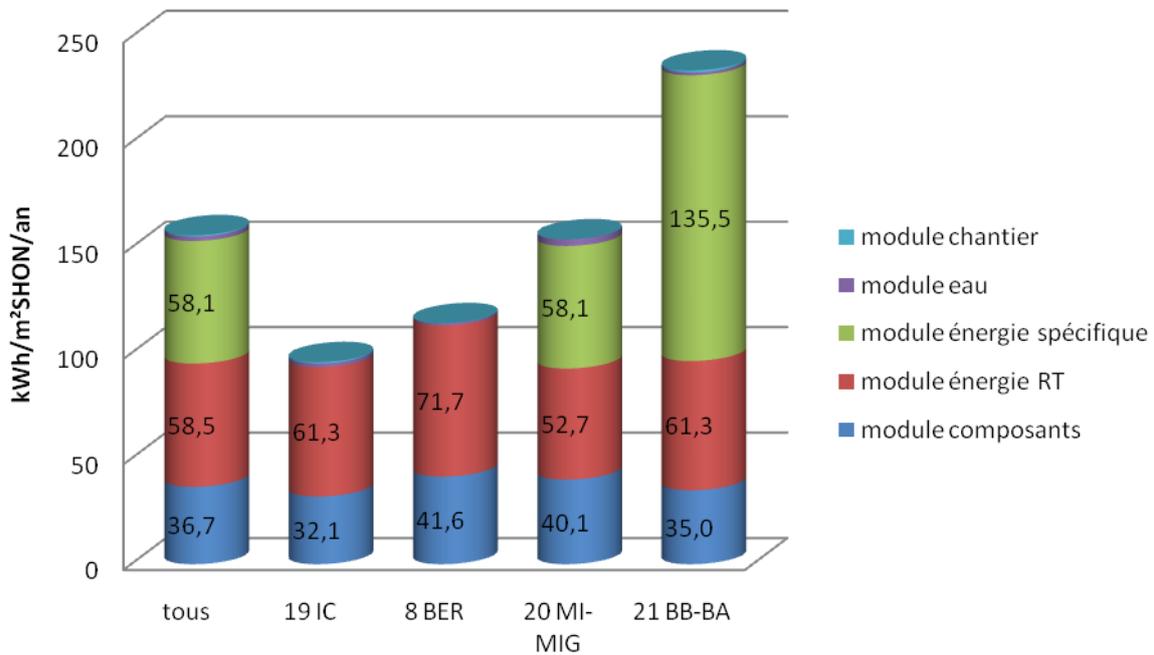


Figure 9 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **155 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **> 95 kWh/m²shon/an pour les immeubles collectifs (hors énergie spécifique)**
- **> 115 kWh/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche (énergie spécifique partiellement prise en compte)**
- **155 kWh/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **230 kWh/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Pour les maisons individuelles (DVP = 100 ans), le contributeur produit et matériaux de construction représente près de **26 %** des impacts alors qu'il ne représente plus que **15 %** dans le cas des bâtiments de bureaux.

Pour le contributeur Produits et Matériaux de construction, c'est la typologie bâtiments d'enseignement et de recherche (BER) qui fait le plus appel (relativement) à des énergies renouvelables (environ 23%, DVP 100).

On remarque cependant que pour le contributeur énergie postes RT, la typologie BER est la plus impactante (+ 23% par rapport à la médiane toutes typologies) et correspond à celle qui fait le moins appel (en relatif) à des énergies renouvelables pour subvenir à ses besoins

(moins de 8%). (Attention, l'énergie renouvelable est en priorité affectée aux usages RT dans la comptabilité HQE Performance, ce qui ne constitue pas une réalité pratique).

Pour le contributeur Consommation d'énergie – postes RT, proportionnellement, c'est la typologie MI qui fait le plus appel à des énergies renouvelables (> 20%).

2.3. INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur changement climatique en $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ pour les 5 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans puis de 100 ans.

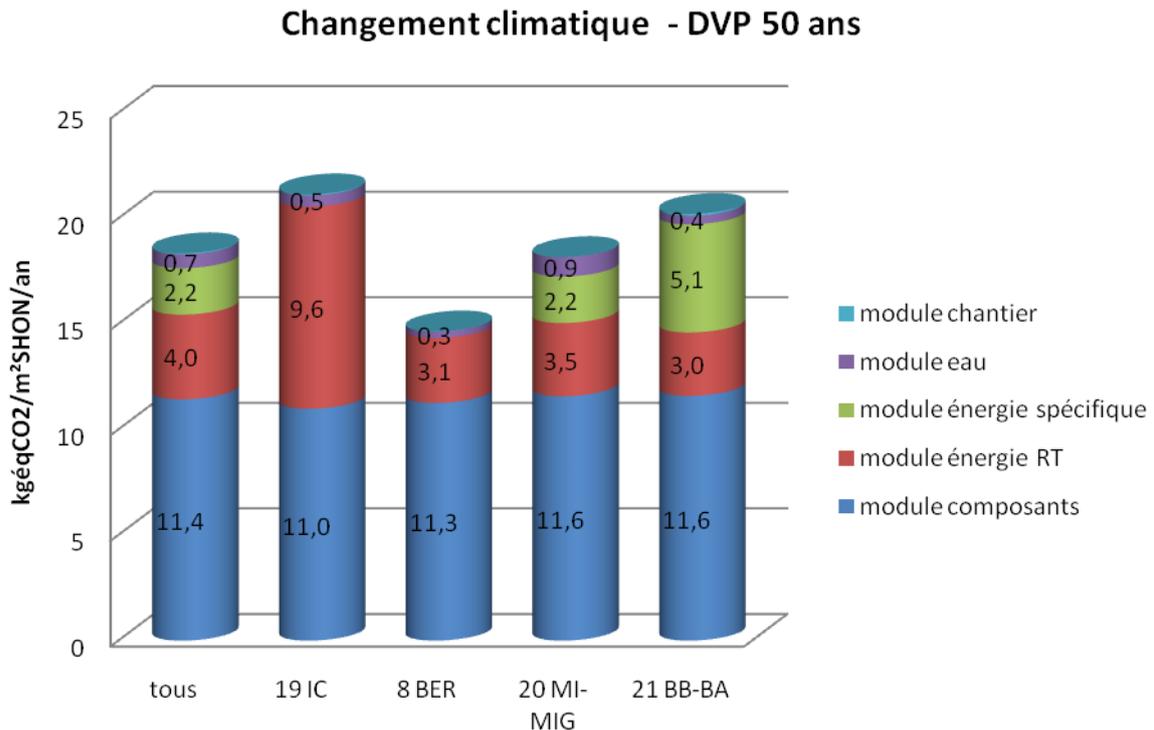


Figure 10 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur changement climatique ($\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Attention : les faibles valeurs affichées pour les contributeurs chantier, consommation et rejet d'eau et énergie spécifique pour certaines typologies reflètent les différentes situations préalablement expliquées.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **18 $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ toutes typologies confondues**
- **> 20 $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ pour les immeubles collectifs**
- **> 15 $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ pour les bâtiments d'enseignement et de recherche**
- **18 $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ pour les maisons individuelles**
- **20 $\text{kgéqCO}_2/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Pour les maisons individuelles ou les bâtiments de bureaux, **le contributeur produit et matériaux de construction représente approximativement 60 % des émissions de gaz à effet de serre** (57% pour la typologie BB-BA et 64% pour la typologie MI-MIG).

Le graphique illustre également que :

- **Pour le contributeur Produits et Matériaux de Construction, l'indicateur changement climatique reste varie peu en fonction de la typologie considérée (-2% à +4% par rapport à la médiane toutes typologies).**
- La typologie IC semble la plus productrice de CO2 pour le module énergie des postes RT, le vecteur électricité du réseau est-il moins présent pour cette typologie que pour les autres ? (faible poids CO2 de l'électricité française)

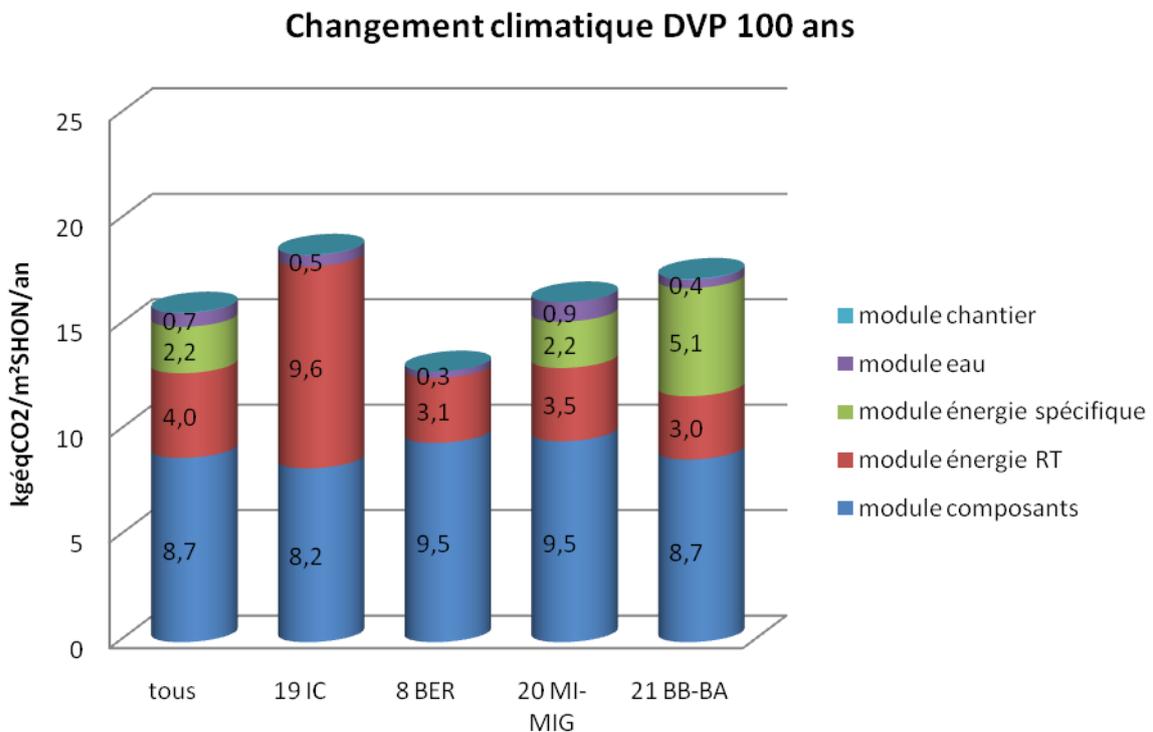


Figure 11 Représentation des médianes exprimées pour les 5 contributeurs pour l'indicateur changement climatique (kgéqCO2/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **16 kgeqCO₂/m²shon/an** toutes typologies confondues
- > 18 kgeqCO₂/m²shon/an pour les immeubles collectifs
- > 13 kgeqCO₂/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche
- **16 kgeqCO₂/m²shon/an** pour les maisons individuelles
- **17 kgeqCO₂/m²shon/an** pour les bâtiments de bureaux et administratifs.

Pour les maisons individuelles **le contributeur produit et matériaux de construction représente encore 60 % des émissions de gaz à effet de serre** et pour les bâtiments de bureaux ou administratifs ce pourcentage est de 50%.

Pour le contributeur Produits et Matériaux de Construction, l'indicateur changement climatique varie plus mais reste toujours assez stable en fonction de la typologie considérée (-6% à +10% par rapport à la médiane toutes typologies).

Le contributeur produits et matériaux de construction n'est pas un facteur déterminant dans les différences observées pour chaque typologie mais considérant le poids qu'il représente en termes d'émissions de CO₂, ce contributeur tient une place importante. Il serait intéressant d'analyser l'importance d'autres facteurs éventuels tels que le système constructif afin de pouvoir conforter nos résultats.

2.4. INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS INERTES

Attention : L'essentiel des déchets liés au cycle de vie de des produits et matériaux de construction sont intégrés au Module composant, par le biais des FDES. Le module chantier ne regroupe que les déchets qui n'auraient pas été comptés dans les FDES, ce qui est relativement rare. Le découpage en 5 contributeurs est donc biaisé pour cet indicateur, car la phase Chantier provoque une part conséquente de la production de déchets, invisible dans ce découpage avec un contributeur chantier (calculé par le module chantier), différencié du contributeur produits et matériaux de construction.

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets inertes en kg/m²shon/an pour les 5 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans puis de 100 ans.

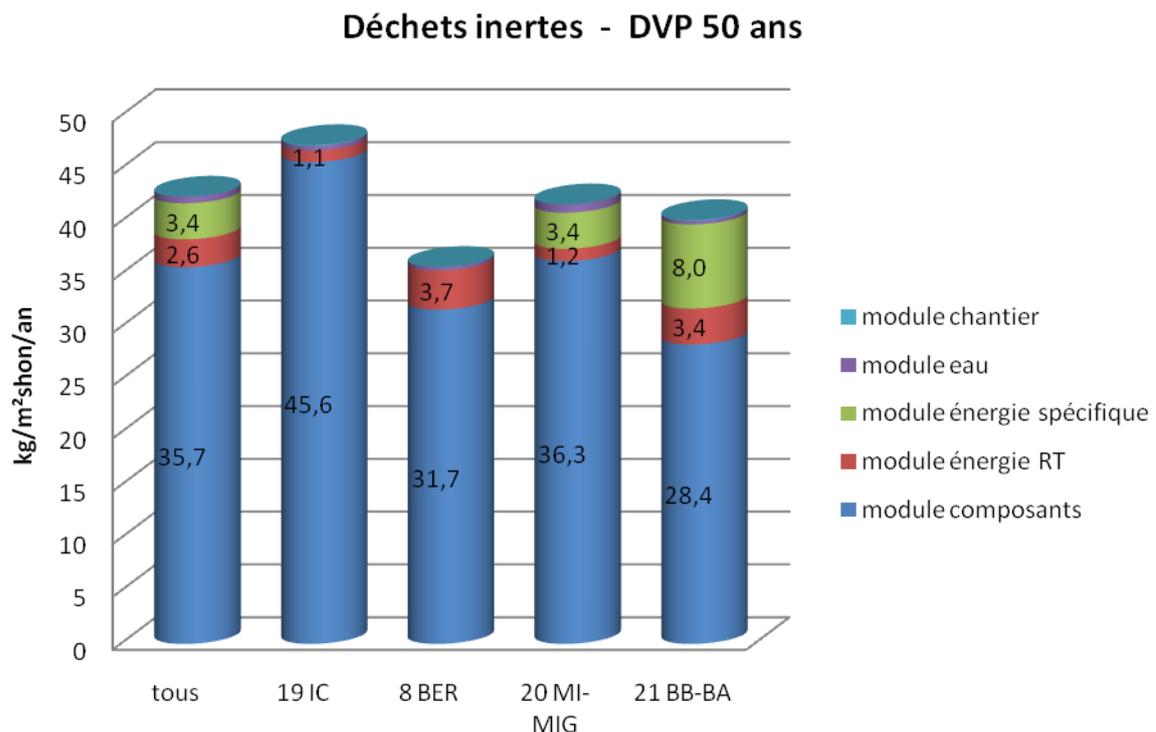


Figure 12 Représentation de la médiane pour l'indicateur déchets inertes (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **40 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **>50 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs**
- **>35 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche**
- **40 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **40 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Déchets inertes - DVP 100 ans

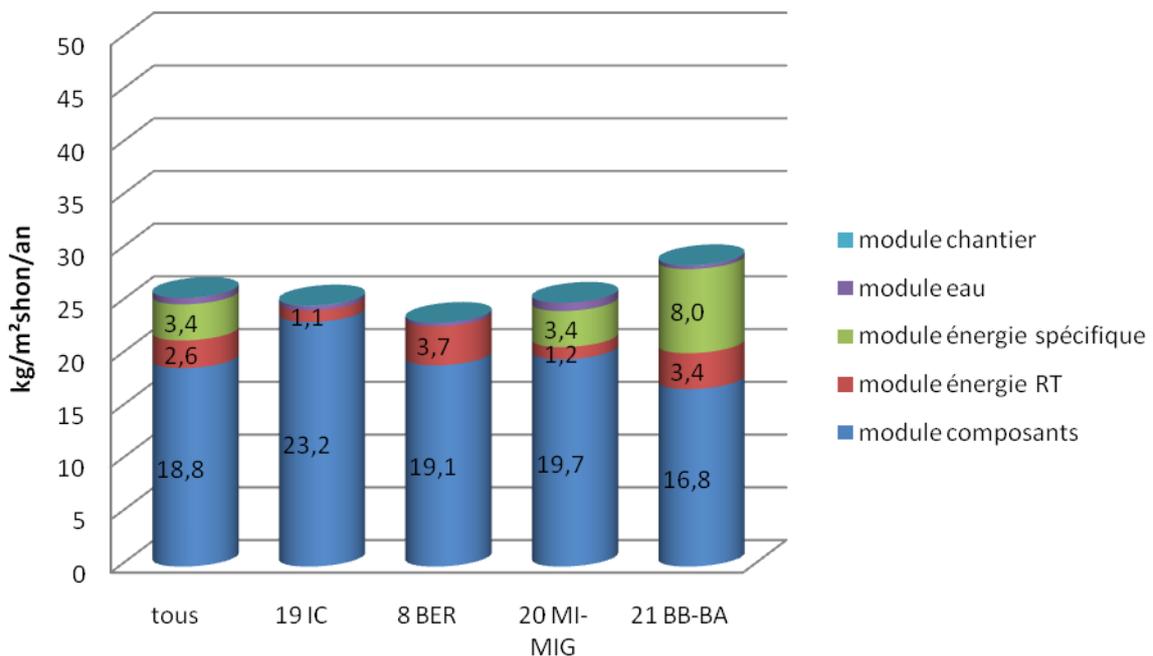


Figure 13 Représentation de la médiane pour l'indicateur déchets inertes (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **25,5 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- **>25 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs**
- **>25 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche**
- **25 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles**
- **30 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.**

Attention : les faibles valeurs affichées pour les contributeurs chantier, consommation et rejet d'eau et énergie spécifique pour certaines typologies reflètent les différentes situations préalablement expliquées.

Le graphique nous confirme que :

- Très évidemment, le **contributeur produits et matériaux** de construction est un levier d'action essentiel pour travailler sur cet indicateur. Ce contributeur représente au minimum **70% des impacts en termes de production de déchets inertes**.
- Les impacts sont très nettement diminués pour une DVP de 100 ans (réduction de + de 35%). Les déchets inertes proviennent essentiellement des matériaux de structure (béton), et pour une DVP de 100 ans ces matériaux n'étant pas renouvelés l'impact est donc très nettement diminué.

- L'indicateur production de déchets inertes du contributeur produits et matériaux de construction varie en fonction de la typologie, de -20% à +30% (IC) au maximum par rapport à la médiane toutes typologies (50 ans).
- Les consommations d'énergie sont également source de déchets inertes, mais en plus faible proportion.
- Doubler la durée de vie du bâtiment permet de diminuer significativement l'indicateur de quantités de déchets inertes générés rapportés par m² et par an (de l'ordre de 40% toutes typologies).

2.5. INDICATEURS PRODUCTION DE DECHETS NON DANGEREUX

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets non dangereux en kg/m²shon/an pour les 5 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans puis de 100 ans.

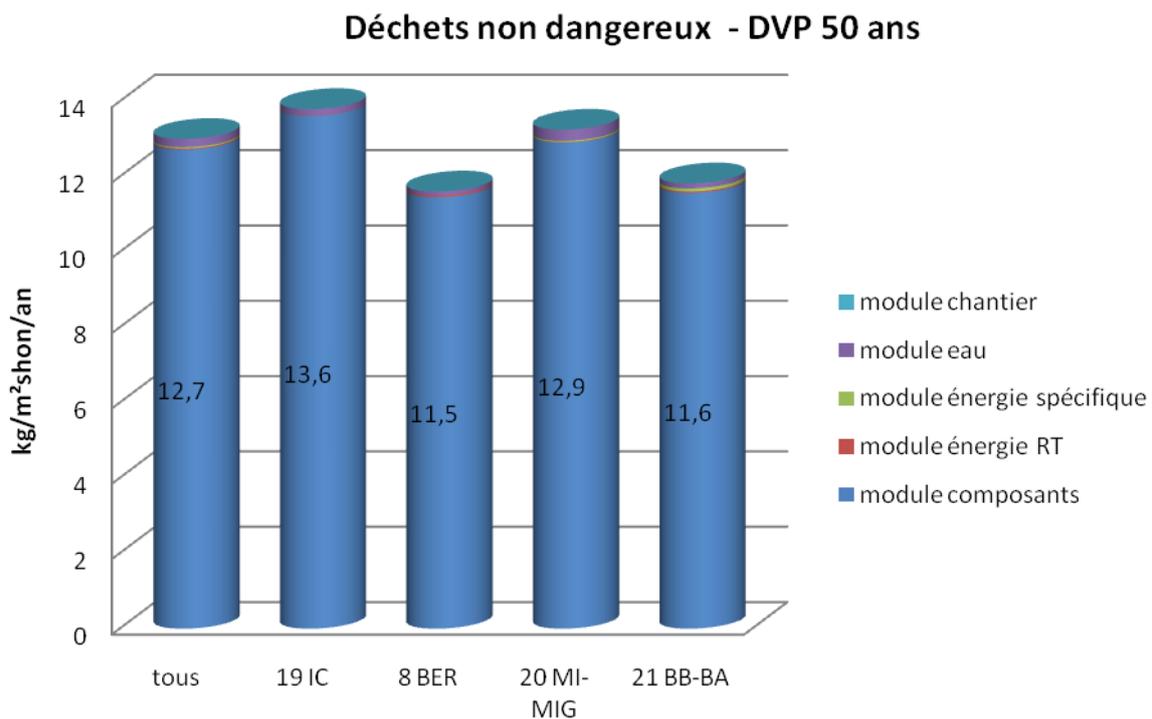


Figure 14 Représentation de l'indicateur déchets non dangereux (kg/m²shon/an) – médianes- pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **13 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- 14 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs
- 11,6 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche
- 13 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles
- 12 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.

Déchets non dangereux DVP 100 ans

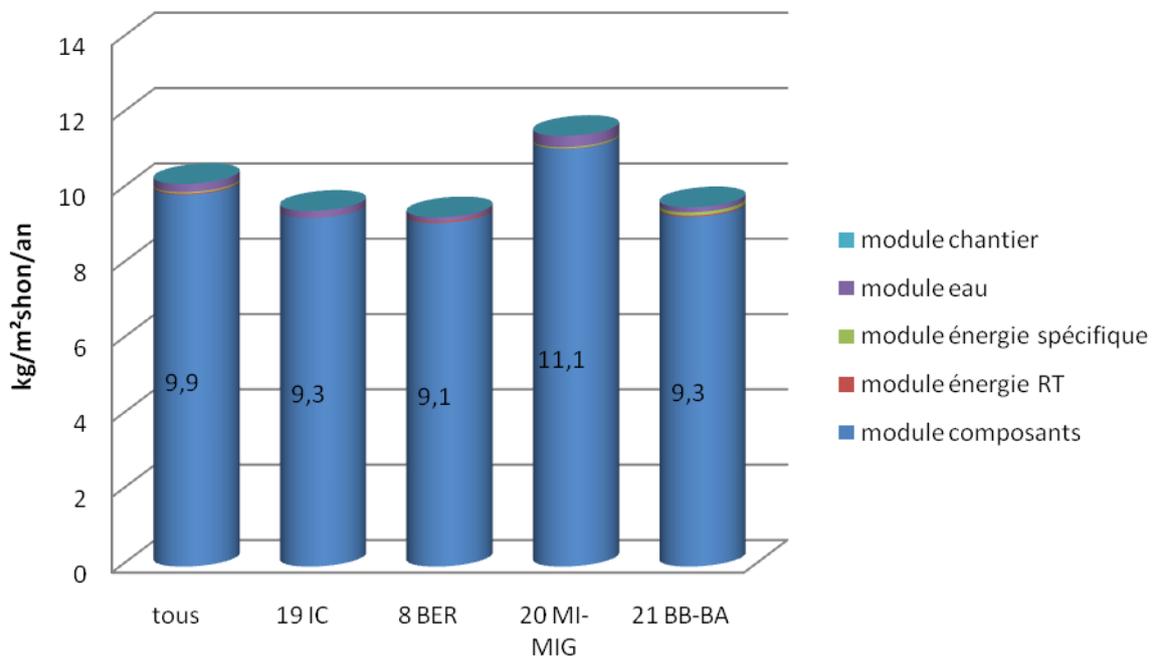


Figure 15 Représentation de l'indicateur déchets non dangereux (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **10 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- 9,5 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs
- 9 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche
- 11,5 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles
- 9,5 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.

Le graphique illustre que :

- Le **contributeur produits et matériaux de construction** est potentiellement le seul levier d'action, il est responsable de la quasi totalité (> **97%**) de la production de déchets non dangereux.
- L'indicateur production de déchets non dangereux varie peu (au maximum +15% pour MI-MIG -100 ans- par rapport à la médiane toutes typologies) en fonction de la typologie.

La place du plus important contributeur (produits et matériaux de construction) doit être mise en regard de la production de déchets d'activité des occupants. Selon l'ADEME⁷, en 2006, chaque français a produit 354 kg de déchets ménagers. Si on se place dans le cas où 150m² sont occupés par 5 personnes (on retient 31m² par personne⁸) cela revient à une production d'environ 12 kg de déchets d'activités/m²shon/an. Les ordres de grandeurs des déchets non

⁷ www.ademe.fr [21/07/2010]

⁸ JACQUOT. INSEE Première. N°885- Février 2003.

dangereux sont donc du même ordre de grandeur que les déchets ménagers par m² de SHON.

2.6. INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS DANGEREUX

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets dangereux en kg/m²shon/an pour les 5 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans puis de 100 ans.

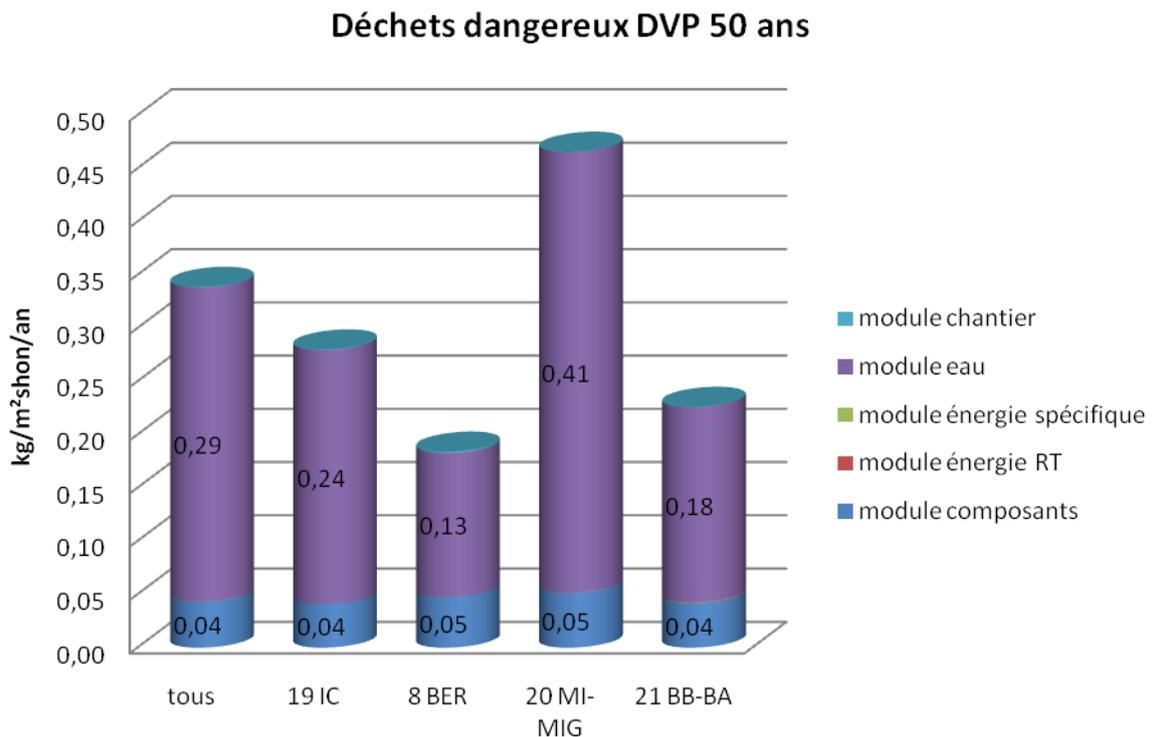


Figure 16 Représentation de l'indicateur déchets dangereux (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **0,34 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- 0,28 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs
- 0,18 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche
- 0,47 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles
- 0,23 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.

Déchets dangereux DVP 100 ans

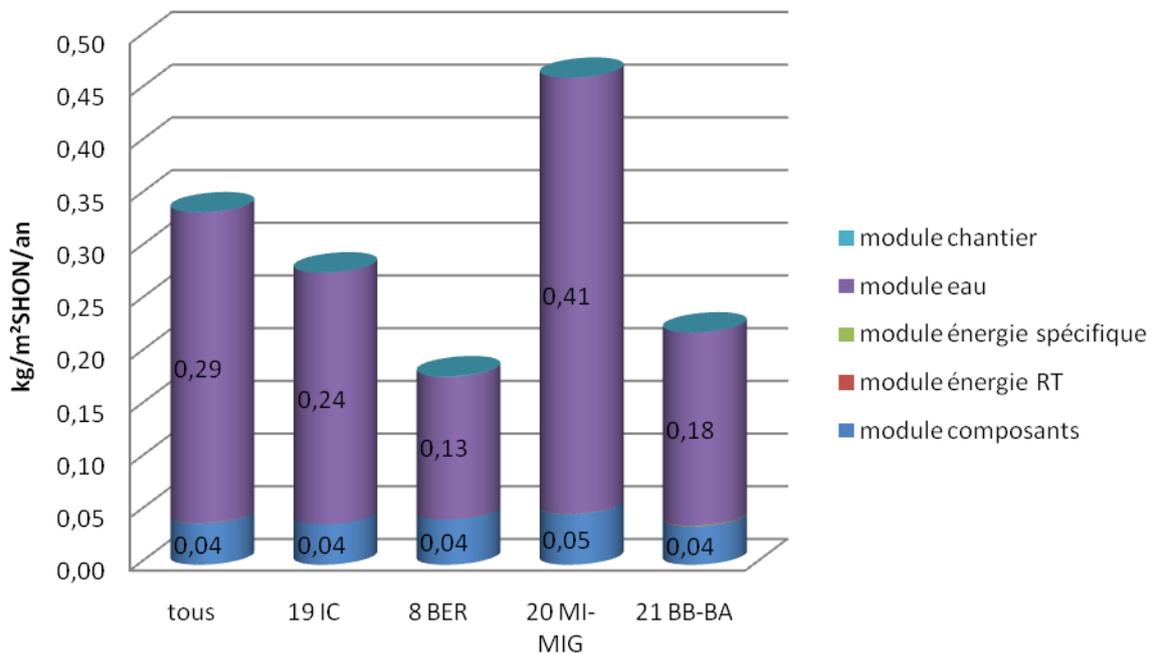


Figure 17 Représentation de l'indicateur déchets dangereux (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des cinq contributeurs sont de l'ordre de :

- **0,33 kg/m²shon/an toutes typologies confondues**
- 0,28 kg/m²shon/an pour les immeubles collectifs
- 0,18 kg/m²shon/an pour les bâtiments d'enseignement et de recherche
- 0,46 kg/m²shon/an pour les maisons individuelles
- 0,22 kg/m²shon/an pour les bâtiments de bureaux et administratifs.

Le graphique illustre que :

- La majorité des déchets dangereux proviennent du module eau [ce point sera étudié dans la partie 3.5]
- Diminuer la durée de vie ne permet pas de diminuer l'indicateur production de déchets dangereux exprimé par m² de SHON et par an.

2.7. INDICATEUR CONSOMMATIONS D'EAU

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur consommation d'eau en L/m²shon/an pour les 5 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans puis de 100 ans.

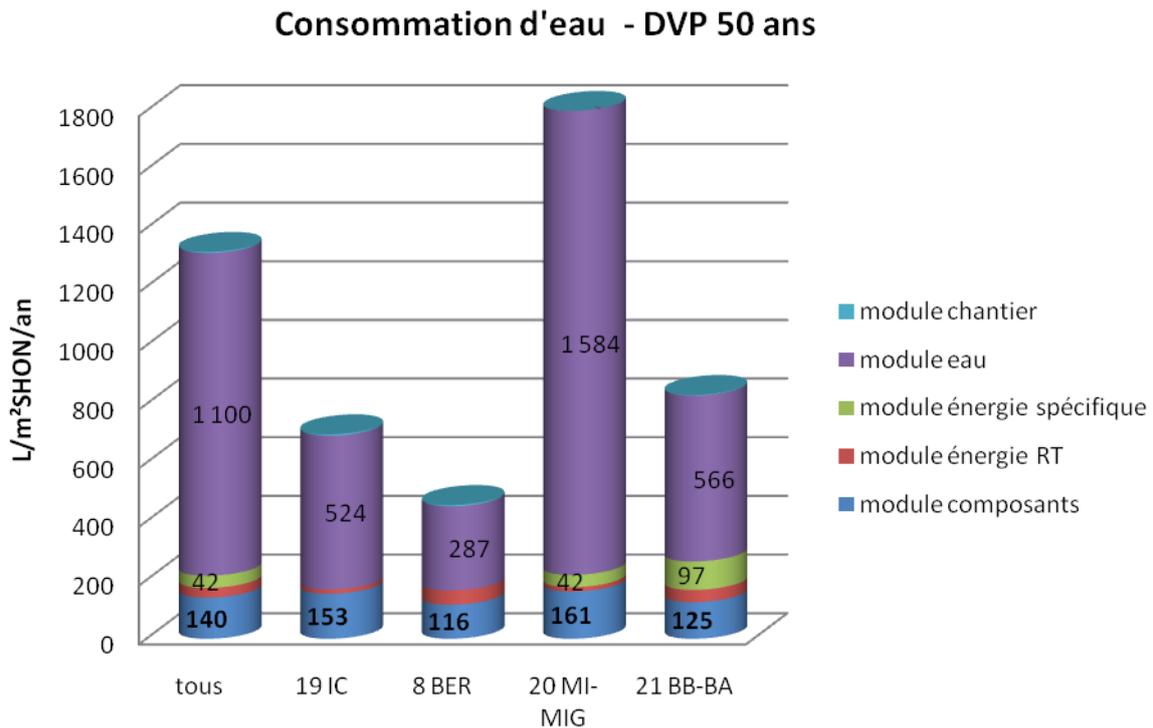


Figure 18 Représentation de l'indicateur consommation d'eau (L/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Consommation d'eau - DVP 100 ans

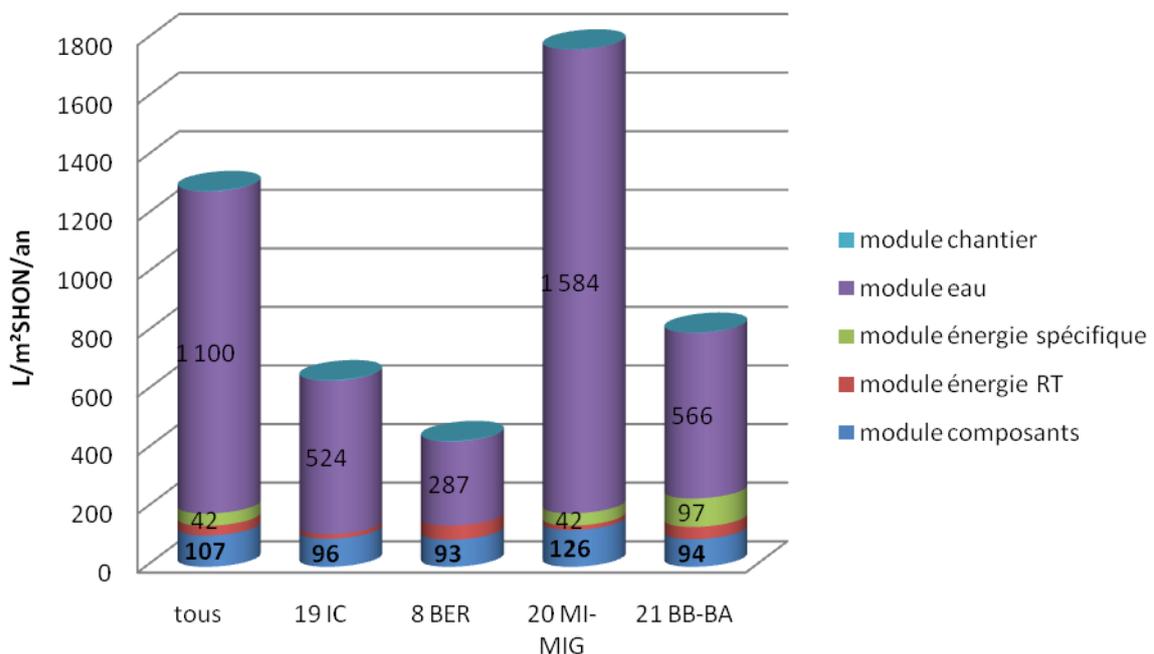


Figure 19 Représentation de l'indicateur consommation d'eau (L/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Données de consommations d'eau : Nous n'avons pas examiné précisément les données d'entrée utilisées par les expérimentateurs pour renseigner le « module eau » d'ELODIE. Celui-ci a été conçu initialement pour aider les utilisateurs d'ELODIE à estimer les consommations d'eau des bâtiments résidentiels, mais son fonctionnement est plus adapté aux maisons individuelles. Pour les typologies de bâtiment tertiaire, ELODIE propose depuis peu un canevas similaire pour permettre également une estimation des consommations. Il nous est difficile de savoir si les expérimentateurs ont utilisé cette aide, des ratios ou leurs propres outils d'estimation.

Ainsi, au regard des données dont nous disposons, nous pouvons seulement avancer le fait que :

- **Les consommations d'eau sont principalement dues aux consommations d'eau pendant la vie en œuvre du bâtiment.** Sur l'échantillon étudié, le module composant représente moins de 11% des impacts en termes de consommation d'eau pour toutes typologies confondues. Ces chiffres sont à consolider, notamment pour les typologies non résidentielles.

- **Pour les maisons individuelles** (les modélisations des maisons utilisent généralement l'outil ELODIE pour estimer les consommations), l'impact dû aux **produits et matériaux de construction** devient **inférieur à 10%**. Les données d'entrée (consommations d'eau en phase d'exploitation) sont considérées comme les plus fiables pour cette typologie.

3. ANALYSE DES CONTRIBUTEURS :

3.1. PRESENTATION D'UNE BOXPLOT

Il convient maintenant d'aller plus loin dans l'étude et d'analyser plus dans les détails les **différents contributeurs**. L'outil statistique ELODIE Stats a permis de sortir des résultats sous forme de graphiques appelés boxplots. La figure suivante présente la signification des paramètres d'une boxplot.

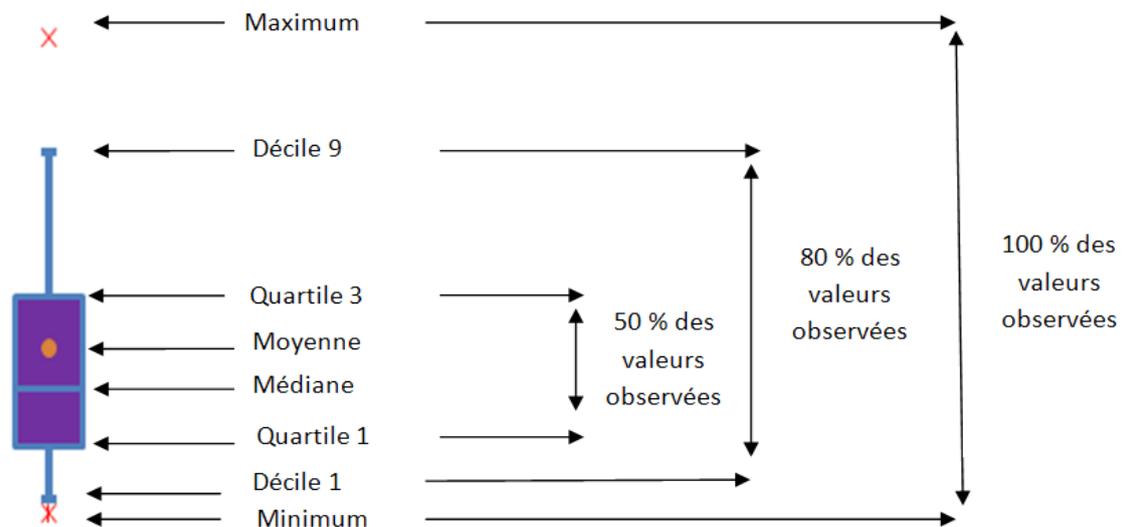


Figure 20 Signification d'un boxplot, ou boîte à moustaches

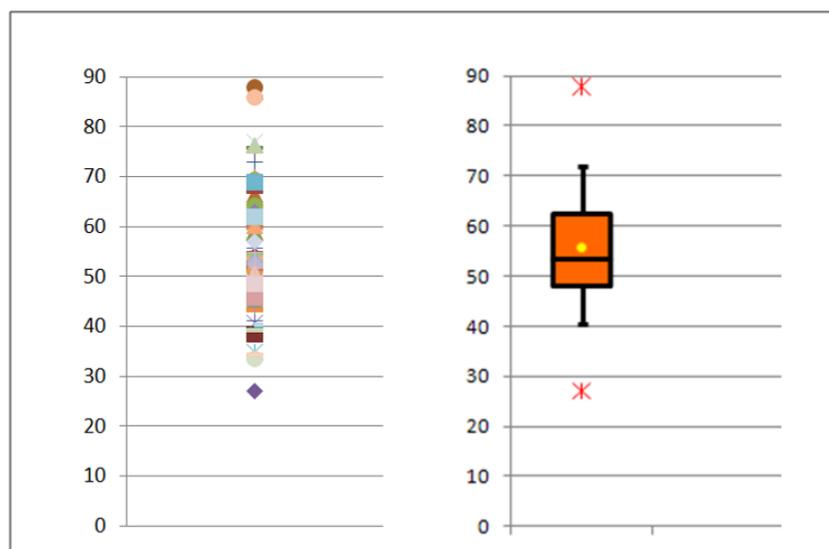


Figure 21 : Représentation du même échantillon selon un nuage de points puis d'une boxplot

3.2. ANALYSE DES RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION PAR TYPOLOGIE, ECHANTILLON CONSOLIDE RECONSTITUE

Les boxplots ont été tracées pour chaque indicateur pour le contributeur produits et matériaux de construction. Sont représentées sur chaque graphique, une boxplot pour l'ensemble des bâtiments, puis quatre autres pour quatre typologies différentes. Certaines valeurs correspondant à des bâtiments n'appartenant pas à ces quatre typologies ne se retrouvent donc que dans la première boxplot.

3.2.1. INDICATEUR CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

Pour 50 ans :

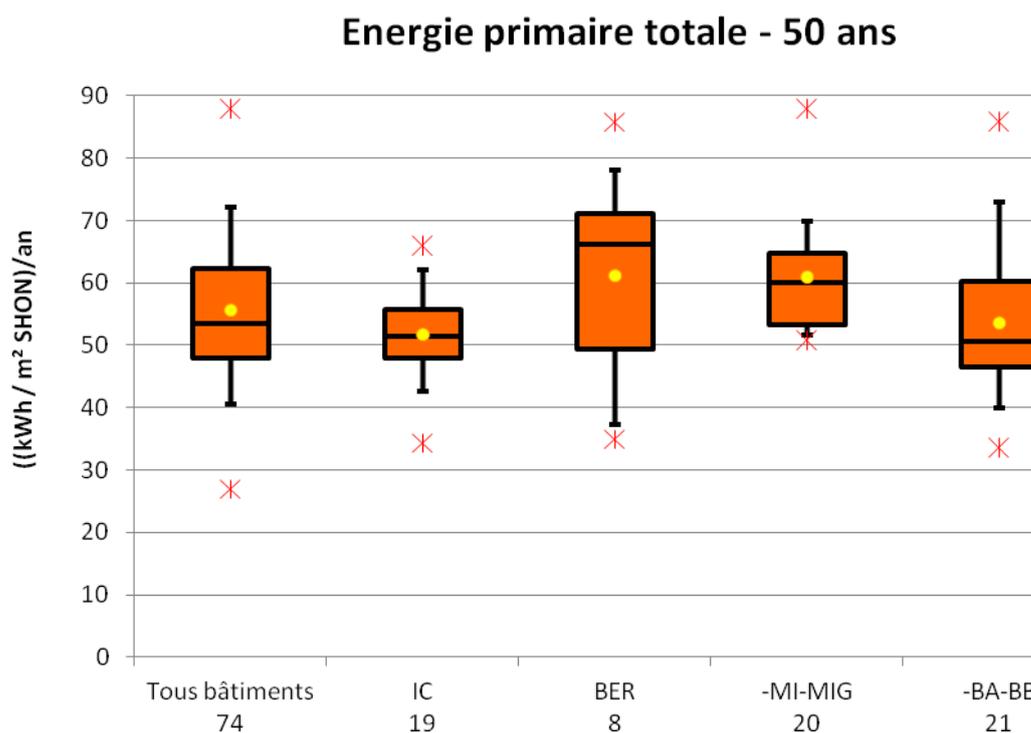


Figure 22 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, les ordres de grandeur de l'indicateur consommation d'énergie primaire totale sont les suivants :

La valeur en gras est la médiane, (entre parenthèses est donnée la plage de distribution de 50 % des valeurs)

53,5 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues

- **51,5 kWh/m²shon/an** pour un immeuble collectif [47 – 56]
- **66 kWh/m²shon/an** pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [49 – 72]
- **60 kWh/m²shon/an** pour une maison individuelle (ou MIG) [53 – 65]
- **50,5 kWh/m²shon/an** pour un bâtiment administratif ou de bureau [46 – 61]

- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 48 et 62 kWh/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 40 à 73 kWh/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- Si on exprime la dispersion de l'échantillon par l'écart interquartile qui englobe 50% des valeurs ou par l'écart inter décile qui en englobe 80%, on observe que les dispersions sont variables en fonction de la typologie. La typologie IC présente un aspect symétrique. Les typologies de type résidentiel présentent des dispersions réduites relativement aux autres typologies (BER et BA-BB).
- Les résultats pour les typologies de type résidentiel semblent donc plus robustes (faible dispersion et échantillon de taille plus importante).
- Les écarts entre la médiane toute typologie et les médianes par typologie sont relativement importants (environ 23% d'écart pour la typologie BER).
- Pour une DVP de 50 ans, on note des différences significatives entre les médianes par typologie, que l'on pourrait résumer ainsi :
 - La typologie BA-BB est en général moins impactante que la typologie BER
 - La typologie BA-BB est en général moins impactante que la typologie MI-MIG
 - La typologie IC est en général moins impactante que la typologie BERLes autres différences entre typologies sont considérées comme non significatives, au regard des différences entre les médianes inférieures à 20%

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 26 à 88 kWh/m²shon/an. Au regard des boxplots par typologie, le bâtiment ayant le plus faible impact en termes de consommation d'énergie primaire totale est un bâtiment d'une typologie 'autre' (bâtiment à vocation industrielle dans ce cas).

Pour 100 ans :

Energie primaire totale - 100 ans

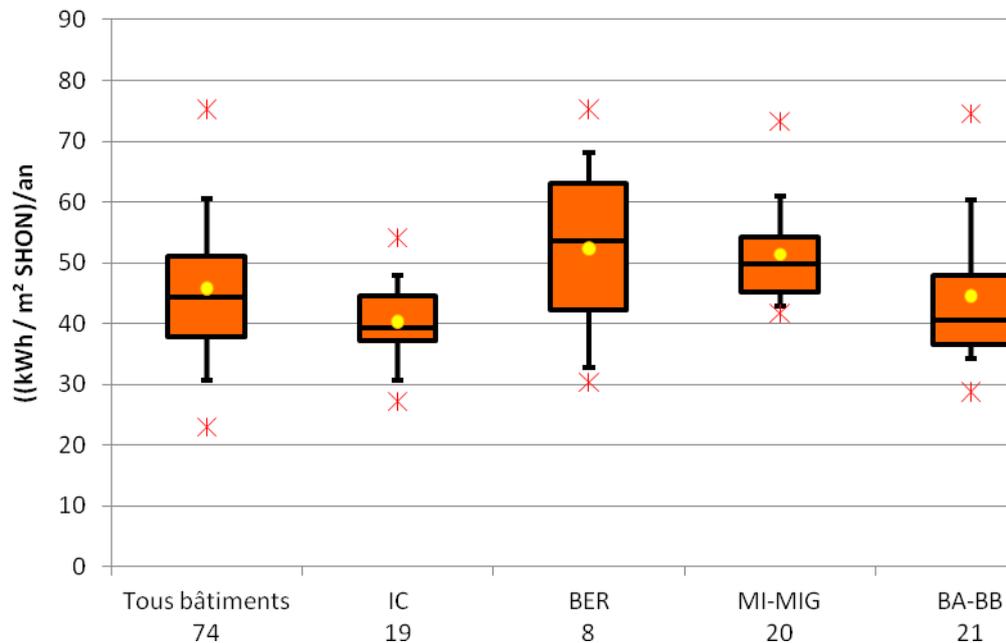


Figure 23 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, les ordres de grandeur de l'indicateur consommation d'énergie primaire totale sont les suivants :

44 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues

- 39 kWh/m²shon/an pour un immeuble collectif [37 – 45]
- 53,5 kWh/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [42 – 64]
- 50 kWh/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [45 – 55]
- 40,5 kWh/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [36 – 48]

- Le passage des DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de près de 18% de la valeur de la médiane – toutes typologies - pour l'indicateur énergie primaire totale. Cette diminution s'explique assez logiquement par l'amortissement du gros œuvre sur une plus grande durée.
- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 37 et 52 kWh/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 33 à 62 kWh/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.

- Les dispersions sont différentes selon la typologie. Comparativement au graphique pour une DVP de 50 ans, les dispersions sont plus réduites en termes de valeurs.
- Pour une DVP de 100 ans, on note des différences significatives par typologie, que l'on pourrait résumer ainsi :
 - o La typologie IC est en général moins impactante que la typologie BER ou MI-MIG
 - o La typologie BA-BB est en général moins impactante que la typologie BER.
 - o Les autres différences entre typologies sont considérées comme non significatives, au regard des différences entre les médianes (par rapport à la médiane toutes typologies confondues) inférieures à 20%

Remarques sur les valeurs extrêmes

- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 22 à 76 kWh/m²shon/an.

3.2.2. INDICATEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

Pour 50 ans :

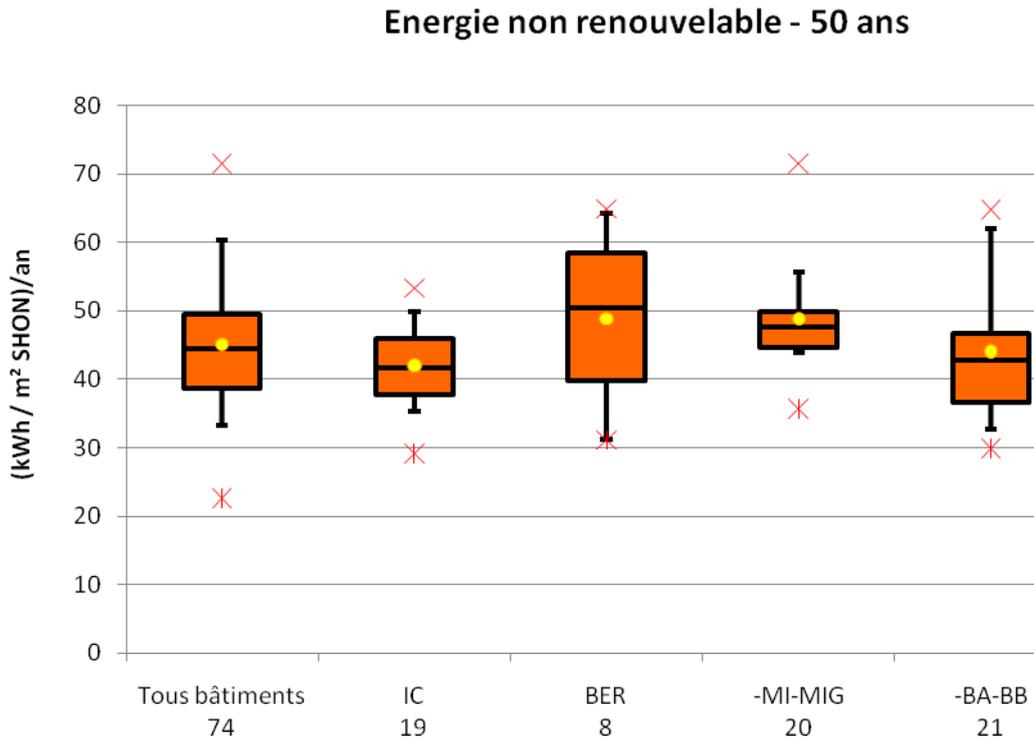


Figure 24 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, les ordres de grandeur de l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable sont les suivants :

44,5 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues

- 41,5 kWh/m²shon/an pour un immeuble collectif [37 – 46]
- 50 kWh/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [39 – 59]
- 47,5 kWh/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [44 – 50]
- 42,5 kWh/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [36 – 47]

- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 38 et 50 kWh/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 33 à 61 kWh/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 22 à 72 kWh/m²shon/an.

- Les dispersions sont variables en fonction de la typologie. Là encore la typologie IC présente un aspect symétrique. Les typologies de type résidentiel présentent des dispersions réduites relativement aux autres typologies (BER et BA-BB). **Il est important de noter la très faible dispersion de la typologie MI-MIG, 80% des valeurs étant comprises entre 43 et 56 kWh/m²shon/an.**
- Les résultats pour les typologies de type résidentiel semblent donc plus robustes (faible dispersion et échantillon de taille importante).
- La valeur de la médiane reste assez stable en fonction de la typologie, avec un écart de 12% au maximum par rapport à la médiane toutes typologies.
- Au regard des médianes, la typologie IC semble en général la moins impactante, mais la différence entre sa médiane et celle des autres typologies ne montre une différence significative qu'avec la typologie BER.

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- Au regard des boxplots par typologie, le bâtiment ayant le plus faible impact en termes de consommation d'énergie primaire non renouvelable est un bâtiment d'une typologie autre (le même que pour l'indicateur énergie primaire totale).

Pour 100 ans :

Energie non renouvelable - 100 ans

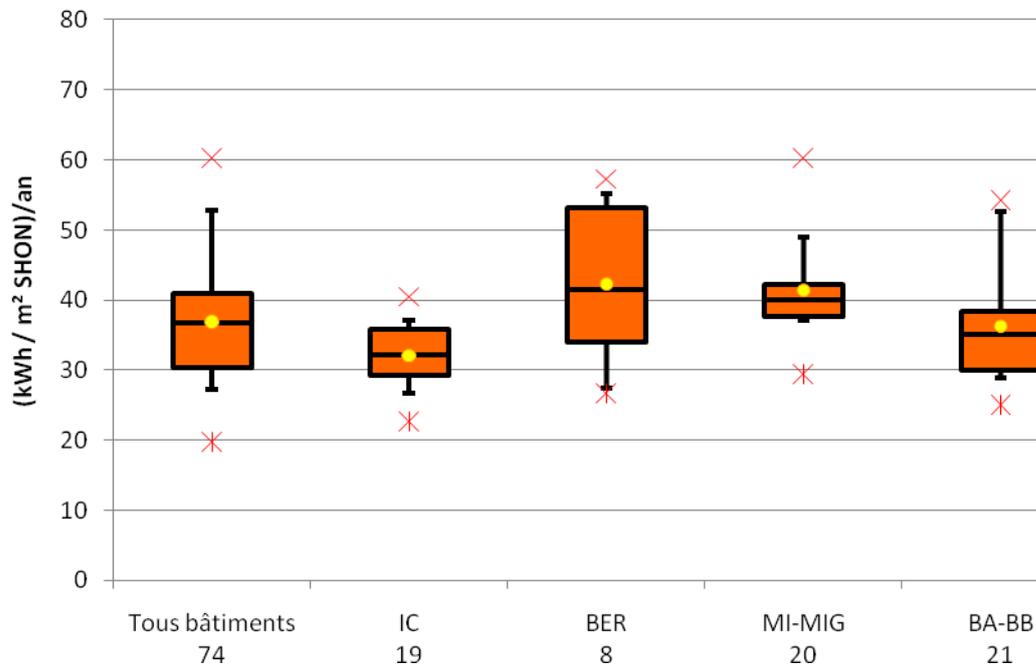


Figure 25 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, les ordres de grandeur de l'indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable sont les suivants :

37 kWh/m²shon/an toutes typologies confondues

- 32 kWh/m²shon/an pour un immeuble collectif [29 – 36]
- 41,5 kWh/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [34 – 54]
- 40 kWh/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [37 – 43]
- 35 kWh/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [29 – 39]

- Le passage des DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de près de 17% de la valeur de la médiane – toutes typologies - pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable. L'explication est la même que l'énergie primaire totale (amortissement du gros œuvre).
- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 30 et 41 kWh/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 27 à 53 kWh/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.

- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 19 à 61 kWh/m²shon/an.
- Pour une DVP de 100 ans, c'est la typologie IC qui semble en général la moins impactante, mais la différence entre sa médiane et celle des autres typologies ne montre une différence significative que pour BER et MI.

3.2.3. INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

Pour 50 ans :

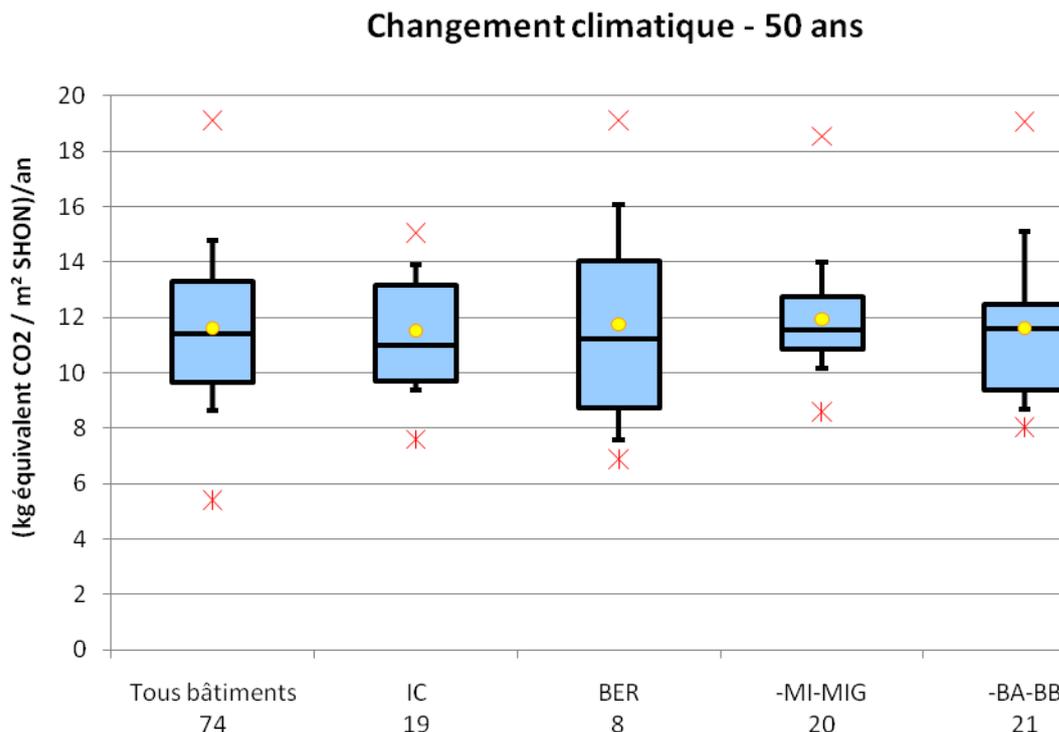


Figure 26 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur changement climatique est de :

11,5 kgéqCO₂/m²shon/an toutes typologies confondues

- 11 kgéqCO₂/m²shon/an pour un immeuble collectif [9 – 14]
- 11 kgéqCO₂/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [8 – 15]
- 11,5 kgéqCO₂/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [10 – 13]
- 11,5 kgéqCO₂/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [9 – 13]

- La valeur de la médiane reste très stable en fonction de la typologie, il semblerait que la typologie ne soit pas un facteur discriminant pour l'indicateur changement climatique.
- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 9 et 14 kgéq/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 8 à 15 kgéq/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.

- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 5 à 20 kg_{éq}/m²shon/an.
- Les valeurs sont plus ou moins dispersées selon la typologie mais les dispersions restent relativement réduites. Les typologies de type résidentiel présentent des dispersions très réduites (écart interdécile) relativement aux autres typologies (BER et BA-BB). La très faible dispersion de la typologie MI-MIG (hors valeurs extrêmes) semble apporter un ordre de grandeur robuste de l'indicateur changement climatique pour cette typologie.

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- Au regard des boxplots par typologie, le bâtiment ayant le plus faible impact en termes de consommation d'énergie primaire non renouvelable est un bâtiment d'une typologie autre (le même que pour l'indicateur énergie primaire totale).

Pour 100 ans :

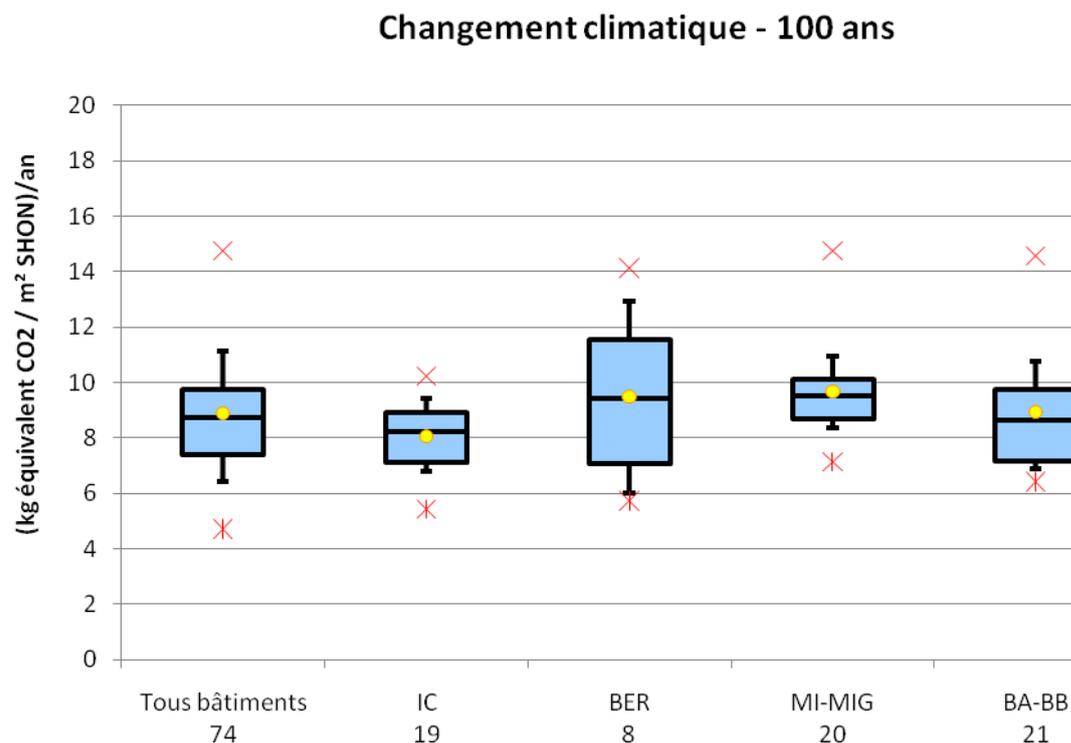


Figure 27 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur changement climatique est de :

8,7 kgéqCO₂/m²shon/an toutes typologies confondues

- 8,2 kgéqCO₂/m²shon/an pour un immeuble collectif [7 – 9]
- 9,5 kgéqCO₂/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [7 – 12]
- 9,5 kgéqCO₂/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) (8 – 11)
- 8,5 kgéqCO₂/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [7 – 10]

- Le passage des DVP de 50 à 100 ans entraine une diminution de près de 25 % de la valeur de la médiane – toutes typologies - pour l'indicateur changement climatique.
- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre les 7 et 10 kgéq/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 6 à 11 kgéq/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 4 à 15 kgéq/m²shon/an.
- Les dispersions sont plus réduites que pour une DVP de 50 ans, mais globalement la médiane varie plus en fonction de la typologie (par rapport à une DVP de 50 ans). Ceci pourrait signifier que la source de variabilité se situe dans le choix du second œuvre/équipements/ finition pour cet indicateur.
- Pour une DVP de 100 ans, aucune différence entre les différentes typologies n'est considérée comme significative, même si la stabilité des médianes est moins importante.

3.2.4. INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS INERTES

Avertissement : Concernant les déchets, nous n'exposerons ici que les déchets inertes et les déchets non dangereux. La quantité de déchets dangereux et radioactifs due au contributeur produits et matériaux de construction étant très faible (quasi nulle, respectivement de l'ordre de 0.04 kg/m²shon/an et 0.001 kg/m²shon/an toutes typologies confondues) son exploitation est reportée en Annexe.

Pour 50 ans :

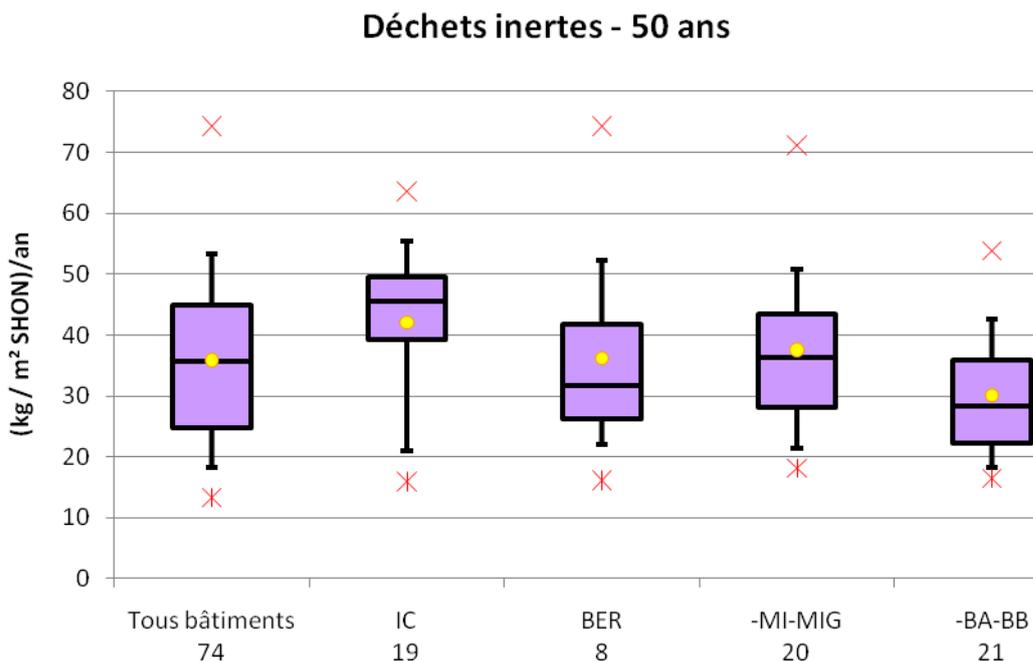


Figure 28 Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur production de déchets inertes est de :

36 kg/m²shon/an toutes typologies confondues

- 45,5 kg/m²shon/an pour un immeuble collectif [39 – 50]
- 31,5 kg/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [26 – 42]
- 36 kg/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [28 – 44]
- 28 kg/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [22 – 36]

- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 24 et 45 kg/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 18 à 54 kg/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- L'étendue ou la plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 13 à 75 kg/m²shon/an.

- Les dispersions sont variables en fonction de la typologie et elles sont relativement importantes. Alors que l'écart interquartile pour la typologie IC est assez faible, l'écart inter décile est lui très important, dépassant les écarts inter décile des autres typologies. Il est donc difficile de conclure quant à la robustesse des résultats.
- La valeur de la médiane est variable en fonction de la typologie (+ 26% pour un IC par rapport à la médiane toute typologie).
- Au regard des médianes, la typologie IC semble nettement la plus grosse productrice de déchets inertes (différence significative avec toutes les autres typologies). Logiquement, l'indicateur déchets inertes est très dépendant du système constructif (base bois, minéral ou métallique) et dans la typologie IC, les structures bétons sont fortement représentées.

Remarques sur les valeurs extrêmes

- Au regard des boxplots par typologie, le bâtiment ayant le plus faible impact en termes de production de déchets inertes est un bâtiment d'une typologie « autre » (Halle industrielle, PIC Rennes).

Pour 100 ans :

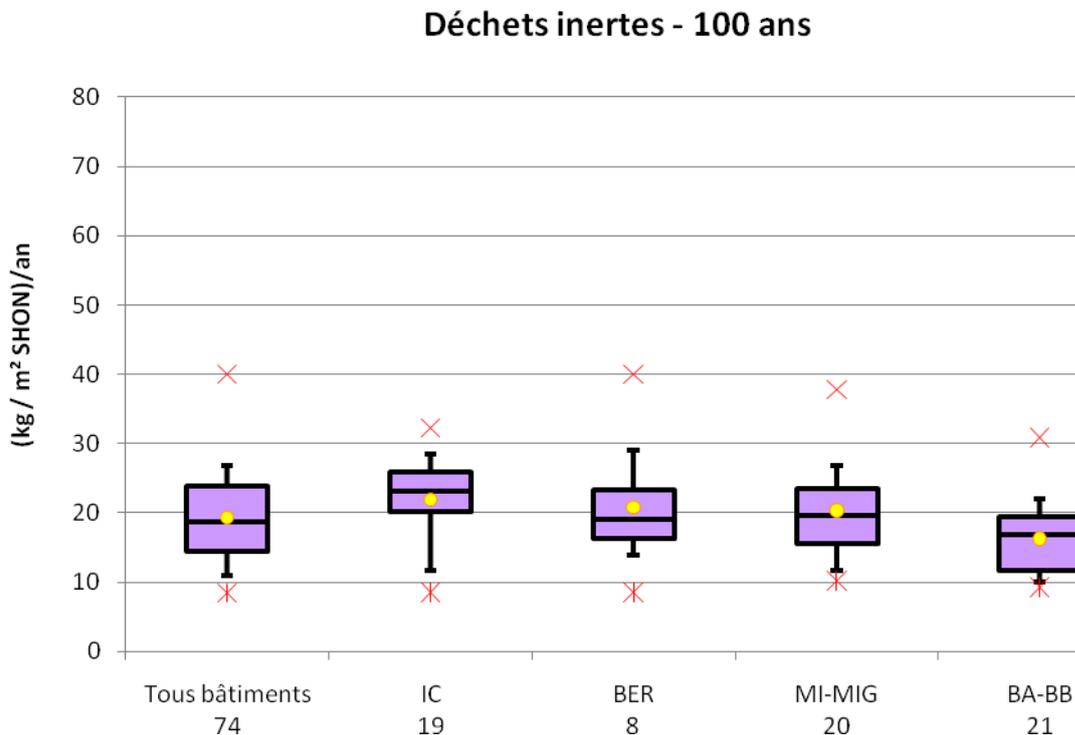


Figure 29 Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur production de déchets inertes est de :

19 kg/m²shon/an toutes typologies confondues

- 23 kg/m²shon/an pour un immeuble collectif [20 – 26]
- 19 kg/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche [16 – 24]
- 20 kg/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) [15 – 24]
- 17 kg/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau [11 – 20]

- Le passage des DVP de 50 à 100 ans entraine une diminution de près de 50 % de la valeur de la médiane – toutes typologies - pour l'indicateur déchets inertes. Ce qui est logique, puisque cet indicateur est très dépendant du choix du gros œuvre.
- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 14 et 24 kg/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 10 à 28 kg/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- La plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 8 à 40 kg/m²shon/an.
- Les dispersions sont nettement réduites par rapport à une DVP de 50 ans et la variation des médianes de chaque typologie par rapport à la médiane toutes typologies est moins importante.
- Pour une DVP de 100 ans, c'est la typologie IC qui semble la plus impactante (différence significative avec les typologies BER et BA-BB, et dans une moindre mesure avec MI).

3.2.5. INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS NON DANGEREUX

Pour 50 ans :

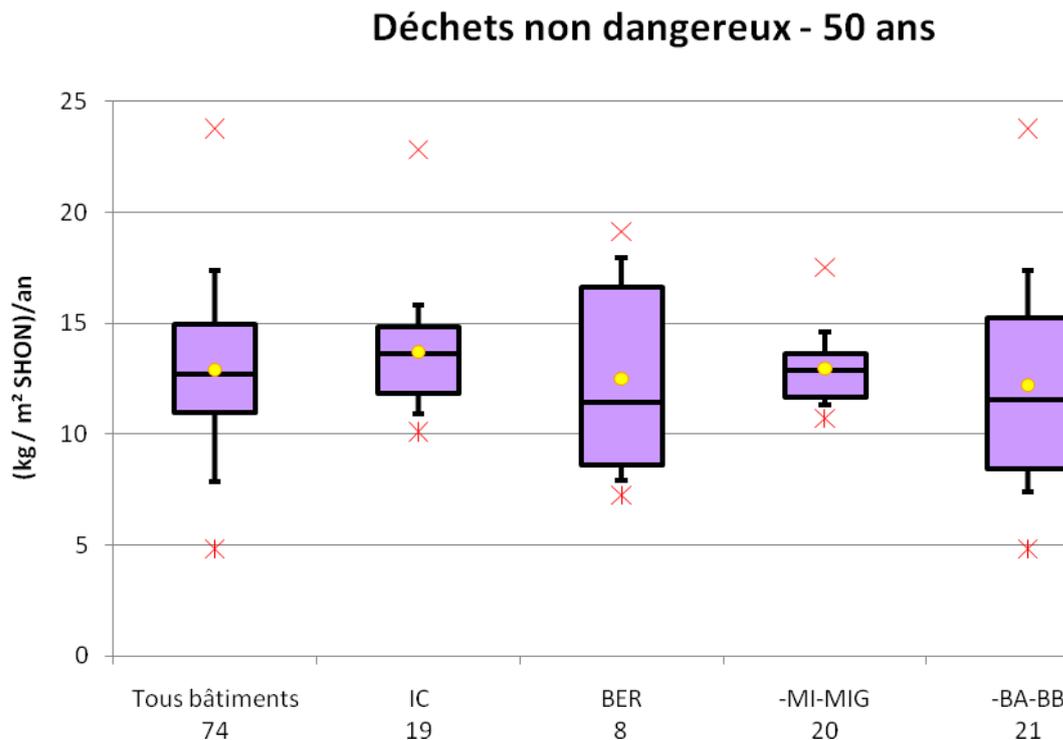


Figure 30 Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur production de déchets non dangereux est de :

13 kg/m²shon/an toutes typologies confondues

- 13,5 kg/m²shon/an pour un immeuble collectif (11 – 15)
- 11,5 kg/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche (8 -17)
- 13 kg/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) (11 – 14)
- 11,5 kg/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau (8 – 16)

- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre 11 et 15 kg/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 7 à 18 kg/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- La plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 4 à 24 kg/m²shon/an.

- Les dispersions sont variables en fonction de la typologie et sont plus importantes pour les typologies BER et BA-BB dont l'écart inter décile s'étend de 7 à 18 kg/m²shon/an. Au regard de la faible dispersion interquartile et inter décile les résultats pour les typologies MI-MIG et IC semblent robustes.
- La valeur de la médiane est stable en fonction de la typologie (au maximum 12% d'écart avec la médiane toutes typologies).

Pour 100 ans :

Déchets non dangereux - 100 ans

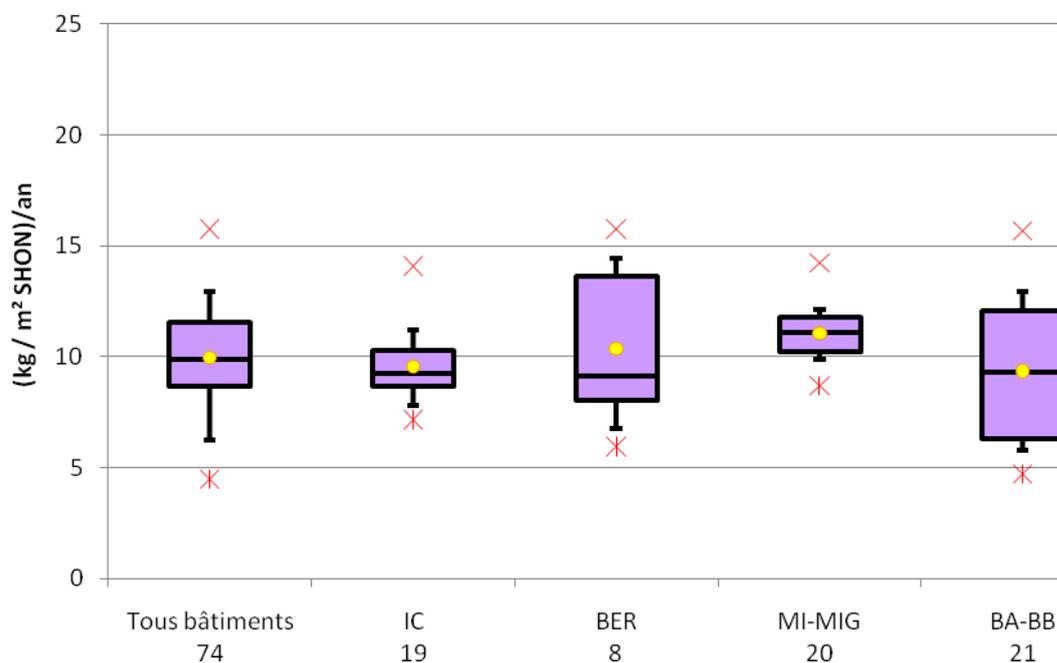


Figure 31 Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Pour le contributeur produits et matériaux de construction, un ordre de grandeur de l'indicateur production de déchets non dangereux est de :

10 kg/m²shon/an toutes typologies confondues

- 9 kg/m²shon/an pour un immeuble collectif (8 – 11)
- 9 kg/m²shon/an pour un bâtiment d'enseignement ou de recherche (8 -14)
- 11 kg/m²shon/an pour une maison individuelle (ou MIG) (10 – 12)
- 9 kg/m²shon/an pour un bâtiment administratif ou de bureau (6 – 13)

- Le passage des DVP de 50 à 100 ans entraine une diminution de près de 25 % de la valeur de la médiane – toutes typologies - pour l'indicateur déchets non dangereux.

- Toutes typologies confondues, 50% des valeurs de l'échantillon sont comprises entre les 8 et 12 kg/m²shon/an. Cette plage de valeurs s'étend de 6 à 14 kg/m²shon/an pour 80% des valeurs de l'échantillon.
- La plage de distribution de l'ensemble des valeurs (toutes typologies confondues) s'étend de 4 à 16 kg/m²shon/an.
- La valeur de la médiane reste relativement stable en fonction de la typologie.

3.2.6. ANALYSE GÉNÉRALE DES RÉSULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Le graphique radar permet de visualiser rapidement des résultats. La **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** représente les impacts annualisés pour les quatre typologies retenues (Immeubles collectifs, bâtiments d'enseignement et de recherche, maisons individuelles, et ensemble bâtiments administratifs et de bureaux) pour le contributeur produits et matériaux de construction (résultats basés sur l'échantillon consolidé reconstitué). Les indicateurs sont normalisés entre zéro et la valeur la plus élevée identifiée pour chaque indicateur.

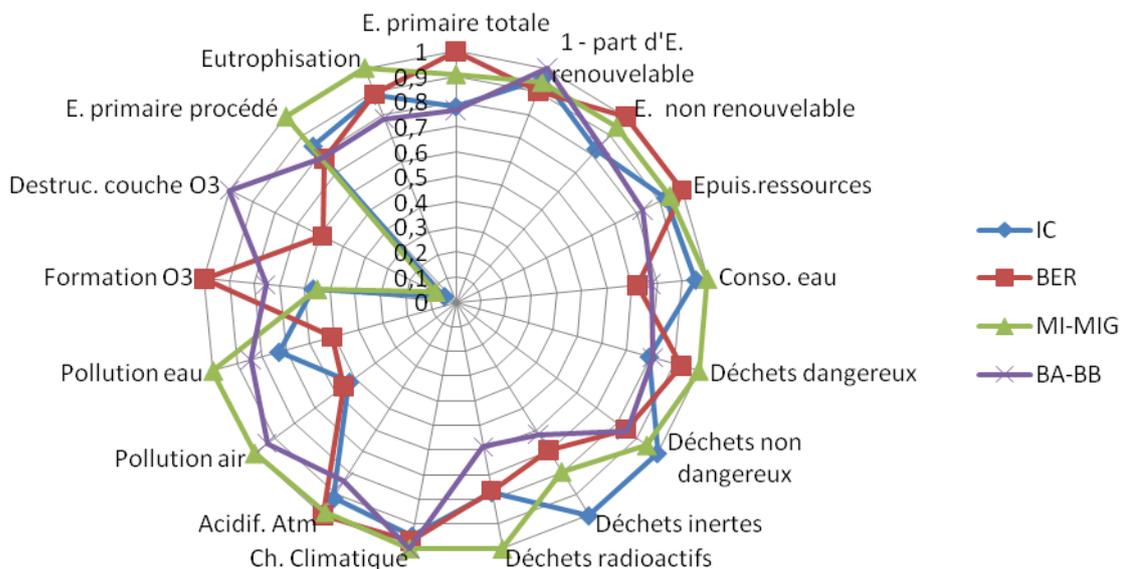


Figure 32 Représentation (relative) des médianes obtenues pour tous les indicateurs en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 50 ans (échantillon consolidé reconstitué).

Avertissement : le graphique ci-dessus montre les résultats de l'ensemble des indicateurs calculés sous le logiciel ELODIE excepté l'indicateur énergie renouvelable qui est représenté ici comme (1-part d'Énergie renouvelable)». En effet étant donné le mode de représentation (de 0 le moins impactant à 1 le plus impactant) il a semblé judicieux de considérer le ratio énergie non renouvelable / énergie primaire totale comme part d'énergie renouvelable pour faciliter la lecture du graphique. (Plus on est près du centre, moins il y a d'impacts sur l'environnement).

Ce graphique illustre les éléments suivants :

- **Aucune typologie n'est meilleure sur tous les critères** : sans pondération des résultats il est impossible de départager les différentes typologies.

- Les écarts entre les médianes obtenues pour différentes typologies sont parfois très importants. C'est notamment le cas des indicateurs suivants : destruction de la couche d'ozone stratosphérique, pollution de l'eau, pollution de l'air et formation d'ozone photochimique. Ces variations proviennent potentiellement des problèmes de robustesse de calcul de ces indicateurs à l'échelle produit. Leur interprétation est donc difficile à l'échelle bâtiment et ne sera donc pas faite à cette échelle dans ce rapport.
- Pour les autres indicateurs, l'échantillon est plus homogène et les écarts entre les minima et les maxima sont de l'ordre de 40% ou moins.
- Considérant à dire d'expert que **des écarts de résultats d'ACV inférieurs à 20% ne sont pas significatifs**, à plus de 20% de différence il semble possible de tirer des enseignements. Notamment pour : les indicateurs déchets inertes, déchets radioactifs et énergie primaire totale voire consommations d'eau. Pour les autres indicateurs, les différences étant inférieures à 20%, il sera impossible de conclure à des différences.
- Pour l'indicateur changement climatique les valeurs des médianes sont très proches (au maximum + 4% d'écart par rapport à la médiane toutes typologies). **Les différences ne sont pas significatives entre les différentes typologies pour l'indicateur changement climatique.**
- Les indicateurs énergie primaire procédé et eutrophisation ne sont calculés que partiellement et dans l'état actuel des données environnementales, aucun enseignement ne peut être tiré de leur analyse.

Graphique simplifié aux 5 indicateurs prioritaires

Ce même graphique a été tracé pour les 5 indicateurs qui ont été étudiés avec plus de précisions dans le cadre de l'étude. Les résultats sont reportés sur la

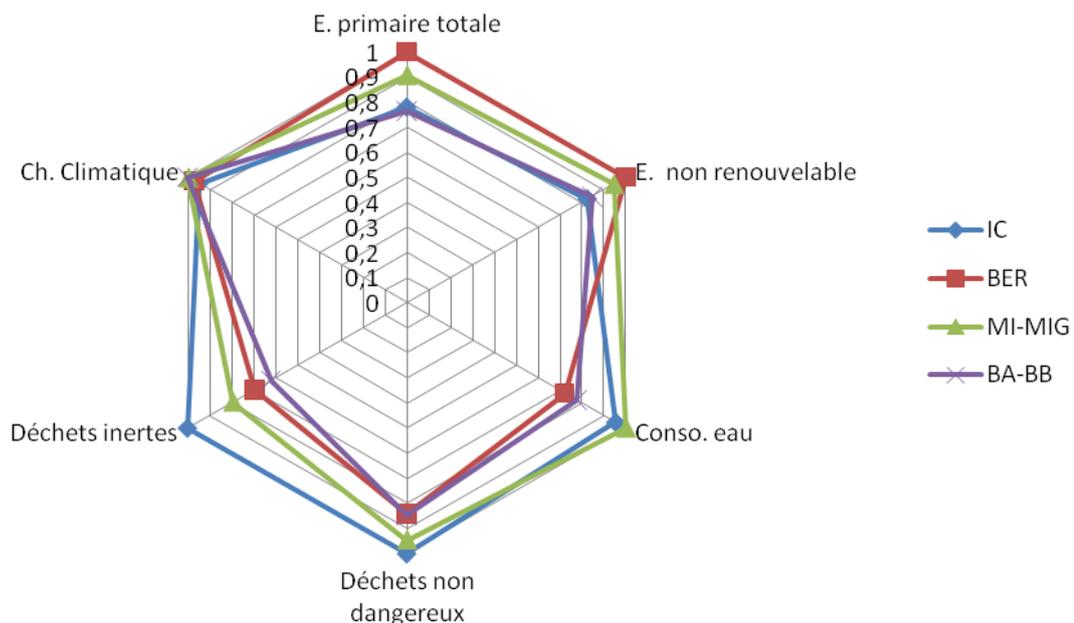


Figure 33 Représentation (relative) des 5 indicateurs considérés en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 50 ans.

Si les mêmes graphiques sont tracés pour des DVP de 100 ans :

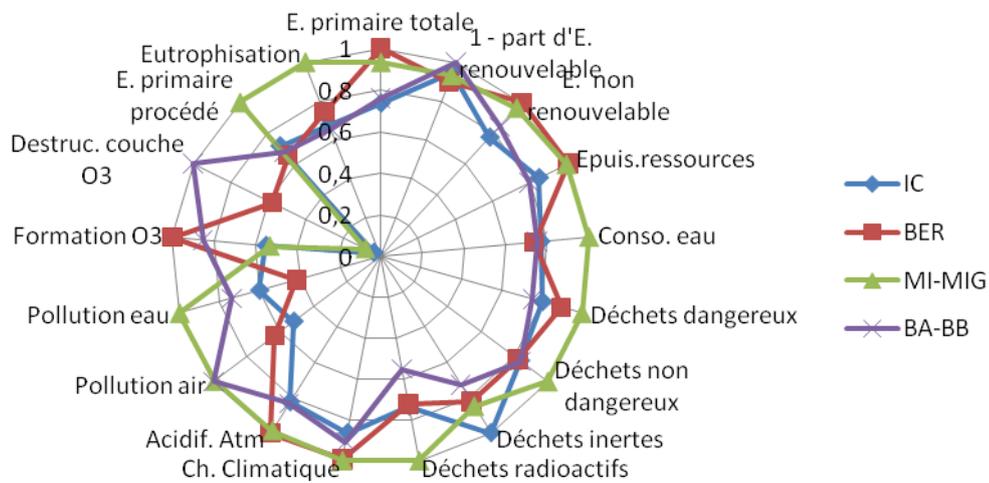


Figure 34 Représentation (relative) des médianes obtenues pour tous les indicateurs en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 100 ans.

La typologie IC apparaît comme étant la plus sensible au changement de durée de vie, avec des valeurs d'impacts globalement plus faibles pour tous les indicateurs, relativement aux autres typologies.

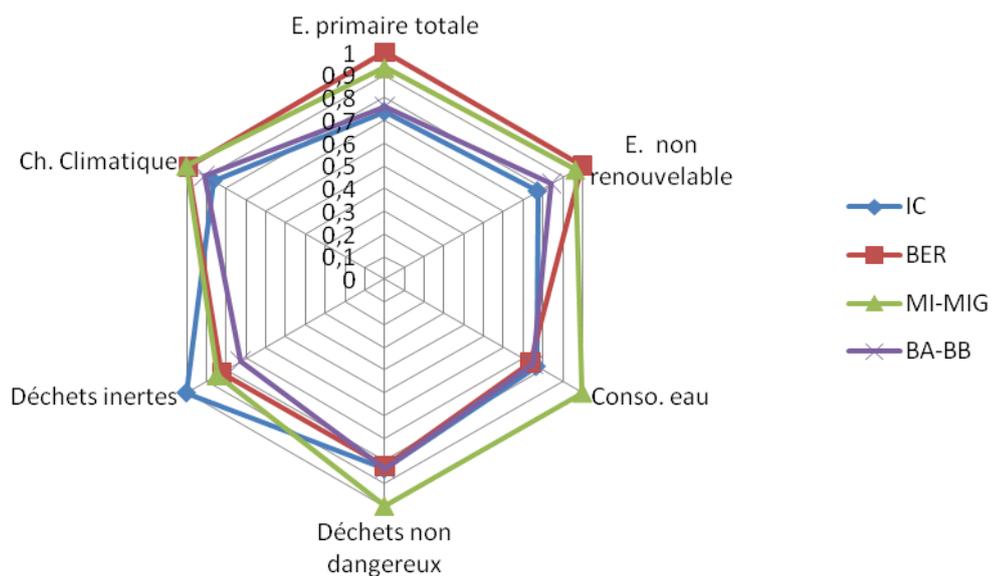


Figure 35 Représentation (relative) des 5 indicateurs considérés en fonction de la typologie du bâtiment, pour le contributeur produits et matériaux de construction, pour une durée de vie de 100 ans.

3.3. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ENERGIE POSTES REGLEMENTAIRES

Pour rappel, le contributeur *consommations d'énergie, pendant la vie en œuvre du bâtiment, restreintes aux postes réglementaires* est lié à la valeur de consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment (Cep selon la méthode de calcul RT 2005). Cette consommation regroupe les consommations pour :

- le chauffage,
- le refroidissement,
- la ventilation,
- les auxiliaires,
- la production d'eau chaude sanitaire,
- l'éclairage des locaux

Ce contributeur n'a été étudié que par le biais du découpage typologie par typologie. Les autres découpages n'étant pas considérés comme pertinents ici.

Les données d'entrée pour ce contributeur sont essentiellement des sorties des logiciels de calcul RT, seuls quelques rares expérimentateurs ont utilisé les sorties de logiciels de simulation thermique dynamique.

L'essentiel des bâtiments sont des bâtiments labellisés ou de niveau BBC. Mais d'autres bâtiments, s'ils sont performants énergétiquement, n'atteignent pas les mêmes exigences.

L'échantillon reste identique à celui utilisé auparavant (excepté un seul bâtiment pour lequel le contributeur n'avait pas été pris en compte).

3.3.1. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

Pour les constructions résidentielles BBC : l'objectif de consommation maximale en énergie primaire est fixé à **50 kWh/m².an**, à moduler selon la zone climatique et l'altitude.

$$\text{Cep} \leq 50 \times (\text{a}+\text{b})$$

Avec b compris entre 0 et 0,2 et a compris entre 0,8 et 1,3. Ainsi, un bâtiment BBC a des consommations comprises au maximum entre 40 et 75 kWh/m²SHON/an.

Le passage en convention ACV peut décaler cet intervalle vers des valeurs plus élevées (hypothèse tout électricité avec un coefficient de conversion en énergie primaire de 3,13 : 48 – 90 kWh/m²SHON/an).

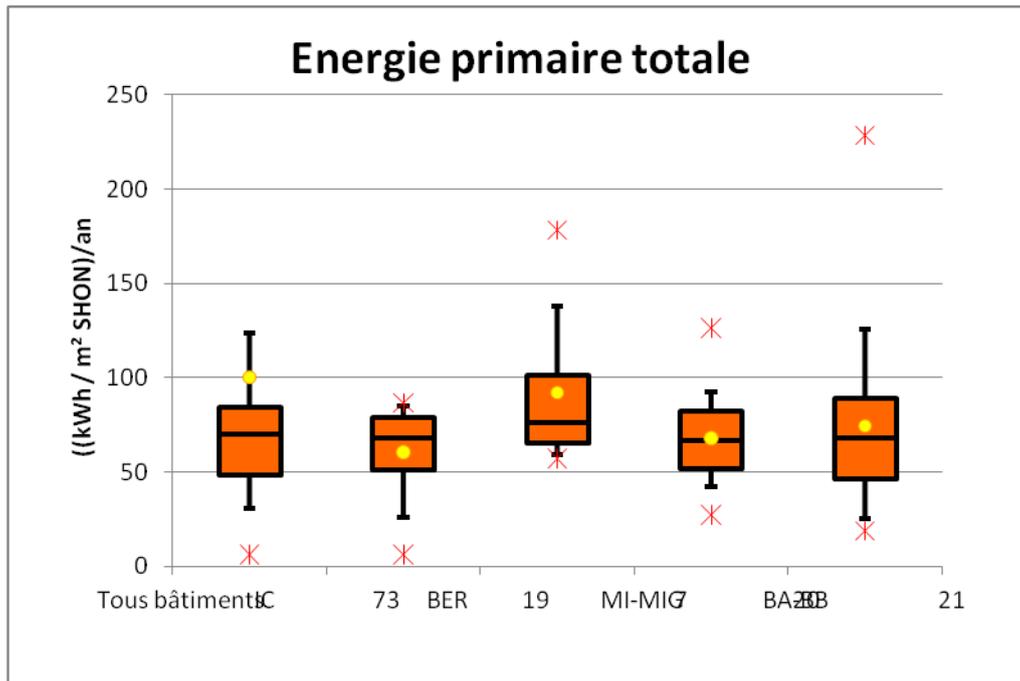


Figure 36 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT en fonction de la typologie des bâtiments

Pour les bâtiments résidentiels, les consommations liées aux postes RT, exprimées en énergie primaire totale, sont en dessous de la barre de 50 kWh/m² SHON/an pour seulement 25% des bâtiments modélisés. Les bâtiments résidentiels offrent des plages de variations (50% ou 80 % des valeurs) plus faibles que les autres typologies.

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- L'ensemble des bâtiments (toutes typologies confondues) voit sa moyenne grimper à 100 kWh/m² SHON/an, à cause de la valeur maximale de l'échantillon, qui est la consommation d'un bâtiment de commerce (projet de bâtiment commercial) dont la consommation a été évaluée à 1462 kWh/m² SHON/an (résultats issus d'une simulation énergétique, vérification impossible).
- La valeur minimale de l'échantillon est relative aux consommations d'un immeuble collectif dont les impacts du chauffage n'ont pu être pris en compte car il s'agissait d'un immeuble rattaché au réseau urbain (pas de données environnementales disponibles).

3.3.2. INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE RENOUVELABLE

L'indicateur énergie primaire renouvelable est sensible :

- Au profil de l'électricité du réseau. Si l'utilisateur du bâtiment a choisi un contrat avec plus ou moins d'énergie renouvelable (ex : contrat 100% énergie renouvelable chez Enercoop, par exemple), il peut le valoriser via le profil environnemental affecté à l'électricité du réseau. Par défaut, c'est le profil de l'électricité française qui est proposé.

- A la production d'énergie renouvelable sur site. Via ELODIE, les expérimentateurs ont comptabilisé les consommations d'énergie renouvelables des bâtiments comme élément de substitution de l'électricité du réseau.

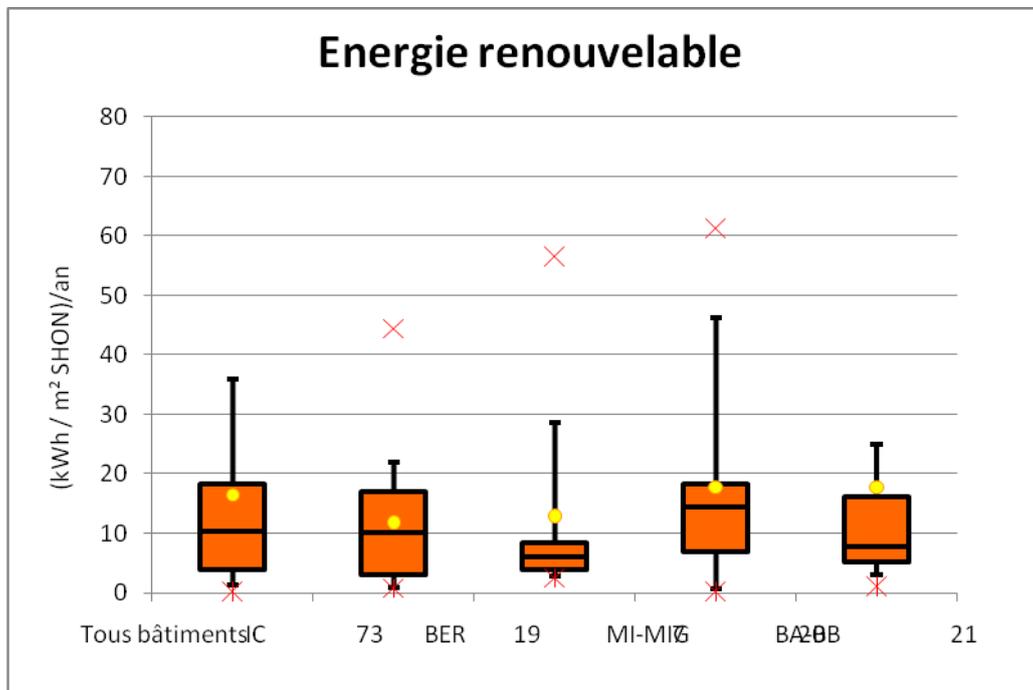


Figure 37 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT en fonction de la typologie des bâtiments

Au regard de la figure précédente, nous pouvons considérer la maison individuelle comme la typologie pour laquelle on retrouve :

- le plus fréquemment une production locale d'énergie
- la médiane de consommation d'énergie renouvelable la plus élevée : 14,5 kWh/m²/an contre 10,3 toutes typologies confondues
- de très forts potentiels (dispersion élevée pouvant illustrer les variations selon les choix effectués de puissance installée).

Toutes typologies confondues, en moyenne 15% de l'énergie primaire consommée est issue d'énergie renouvelable. (Si on calcule le rapport médiane EnR / médiane EPT on obtient 10,3/70,2 soit 15%)

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- La valeur maximale observée (et non représentée sur la figure précédente) est de 171 kWh/m²/an pour un bâtiment administratif (projet d'un pôle déchet disposant de plus de 100 m² de panneaux photovoltaïques).

3.3.3. INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

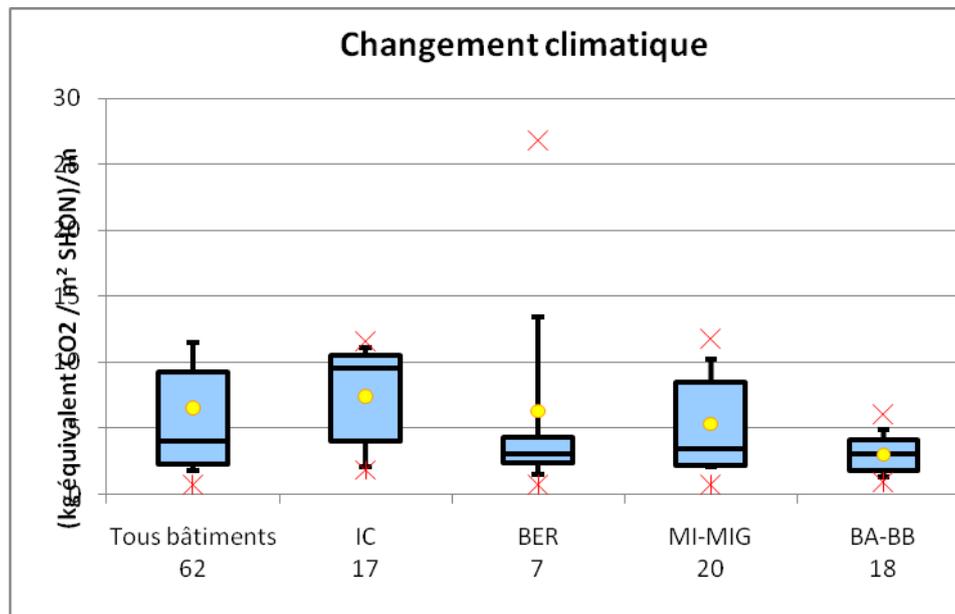


Figure 38 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie – Postes RT en fonction de la typologie des bâtiments

La dispersion pour l'indicateur changement climatique est très différente selon la typologie considérée.

- Pour la typologie BER, de par la faiblesse de l'échantillon, la dispersion exprimée par la plage de variation de 50% des valeurs est faible alors que celle exprimée par l'écart interdécile est beaucoup plus étendue.
- Pour des échantillons plus conséquents, des cas de figure différents se présentent : l'ensemble BB-BA montre une faible dispersion comparée à la typologie MI. Les choix des vecteurs énergétiques influent beaucoup sur ces valeurs.

La dispersion des échantillons est à l'image de la diversité des vecteurs énergétiques.

Remarques sur les valeurs extrêmes

- La valeur maximale observée (et non représentée sur la figure précédente) est de 52,9 kg_{éq} CO₂/m²/an, pour un centre commercial.
- La valeur maximale observée pour la typologie BER (environ 27 kg_{éq}CO₂/m²/an) correspond à une école primaire.

3.3.4. CONCLUSIONS POUR LE CONTRIBUTEUR ENERGIE – POSTES RT

Comme escompté, l'observation de différences entre les typologies de bâtiments n'est pas directement fonction de la typologie, mais bien de la performance thermique et des vecteurs énergétiques choisis.

Les études thermiques collectées avec les bâtiments n'ont pu être analysées. Il ne nous a pas été possible d'analyser l'échantillon selon cette grille d'analyse.

3.4. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE – USAGES SPECIFIQUES DE L'ELECTRICITE

L'échantillon considéré pour étudier le contributeur « consommations d'énergie spécifique » est plus restreint que l'échantillon initial de par le caractère facultatif de sa prise en compte dans l'évaluation HQE Performance. Pour cette analyse nous avons retenu 19 bâtiments.

Le tableau suivant présente le nombre de bâtiments modélisés par typologie, ceux incluant le contributeur énergie spécifique et ainsi que ceux, parmi ces derniers, qui utilisent de l'énergie renouvelable pour répondre à ces besoins d'énergie spécifique.

Nombre de bâtiments pour lesquels les informations sont disponibles, par typologie :	MI-MIG	IC	BER	BB-BA
Echantillon avec prise en compte du Contributeur « Energie spécifique »	10	1	2	6
Echantillon avec prise en compte du Contributeur « Energie spécifique » + Production Locale d'Energie	10	1	2	6
<i>Echantillon initial (pour mémoire)</i>	20	19	8	21

Tableau 4 : Echantillon considéré pour l'étude du contributeur consommations d'énergie spécifique.

Avant de donner des éléments statistiques sur les données collectées, il est important de noter la vision biaisée de ce contributeur. **Seuls les bâtiments utilisant de l'énergie renouvelable pour compenser les consommations d'énergie spécifique sont représentés dans cet échantillon**, même si ces consommations sont faibles. Ces bâtiments ne sont vraisemblablement pas représentatifs de l'ensemble des bâtiments précédemment étudiés et encore moins de ceux actuellement construits en France.

Par ailleurs, il faut noter **l'absence de méthode conventionnelle de calcul des consommations d'énergie spécifique**. Les consommations sont donc calculées de manière hétérogène (calculs spécifiques ou ratios provenant de retours d'expérience ou de travaux menés à l'échelle française et européenne, telles les études menées par Enertech).

Les résultats de l'analyse de ce contributeur ne seront donnés qu'au travers de quatre indicateurs : trois indicateurs énergétiques (énergie primaire totale, énergie primaire non renouvelable et énergie primaire renouvelable) et l'indicateur de changement climatique.

Les résultats étant identiques pour 50 et 100 ans (les consommations sont considérées stables au cours du temps), les graphiques ne portent pas d'indications quant à la durée de vie du bâtiment.

Attention, les deux premiers graphiques sont représentés avec une échelle allant de 0 à 180 kWh/m²/an alors que le graphique pour l'indicateur énergie renouvelable a une échelle allant de 0 à 8 kWh/m²/an.

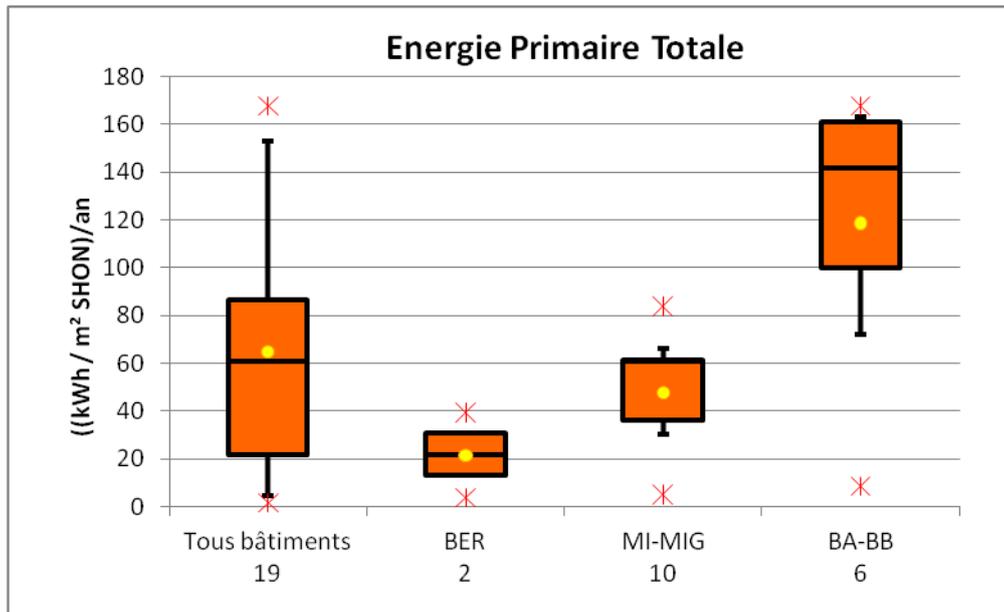


Figure 39 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments.

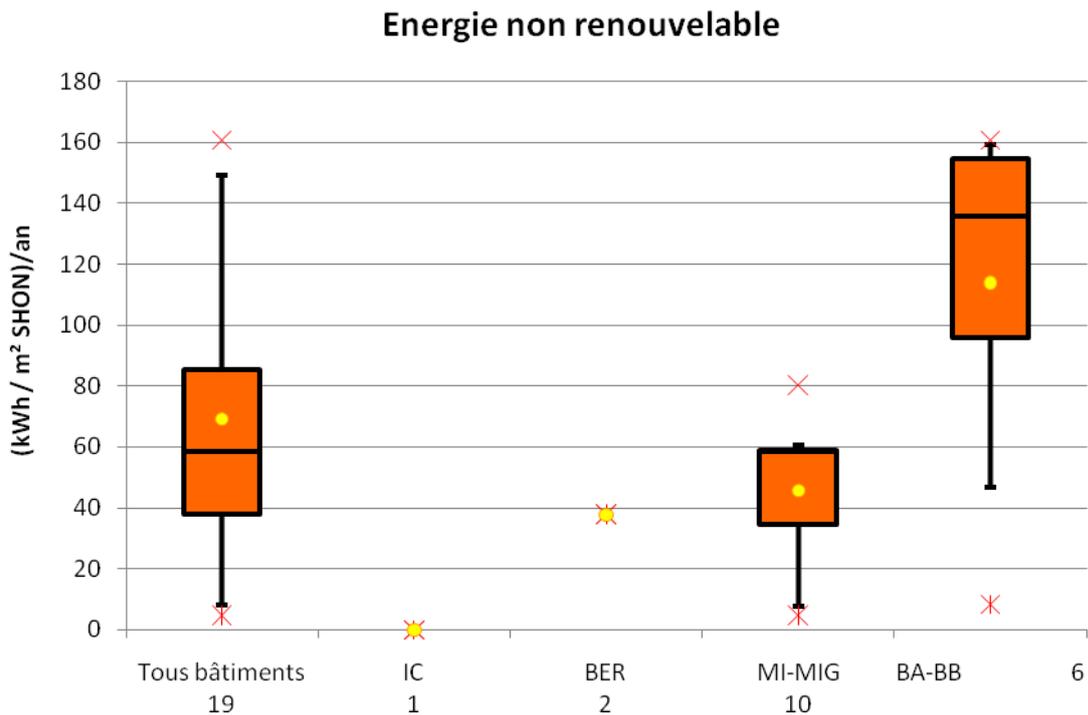


Figure 40 Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments

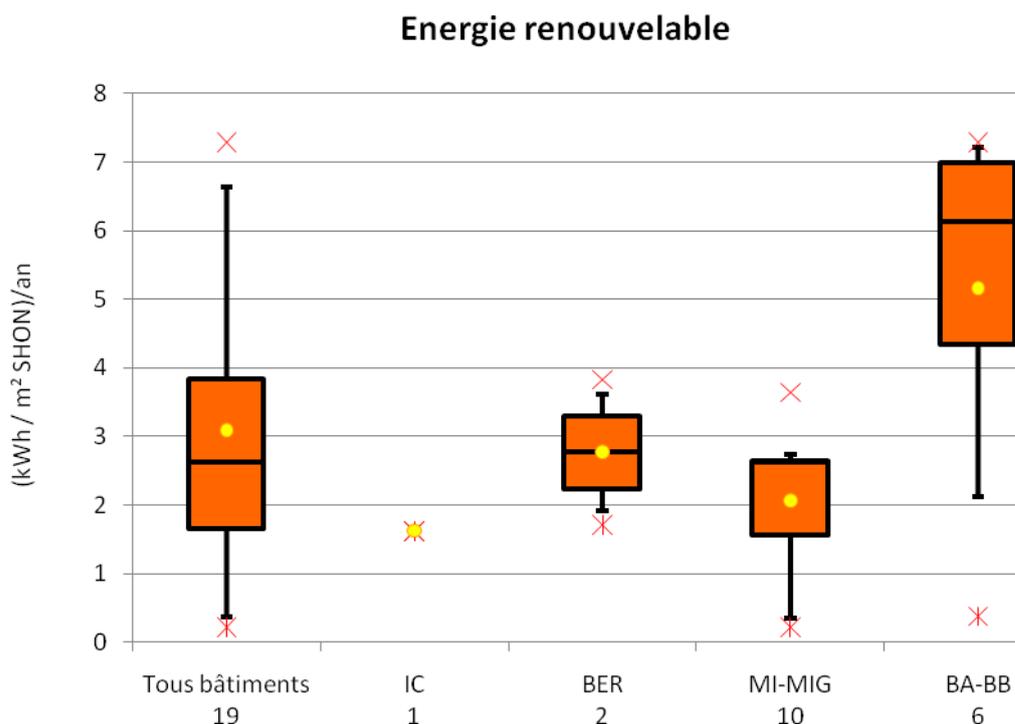


Figure 41 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments

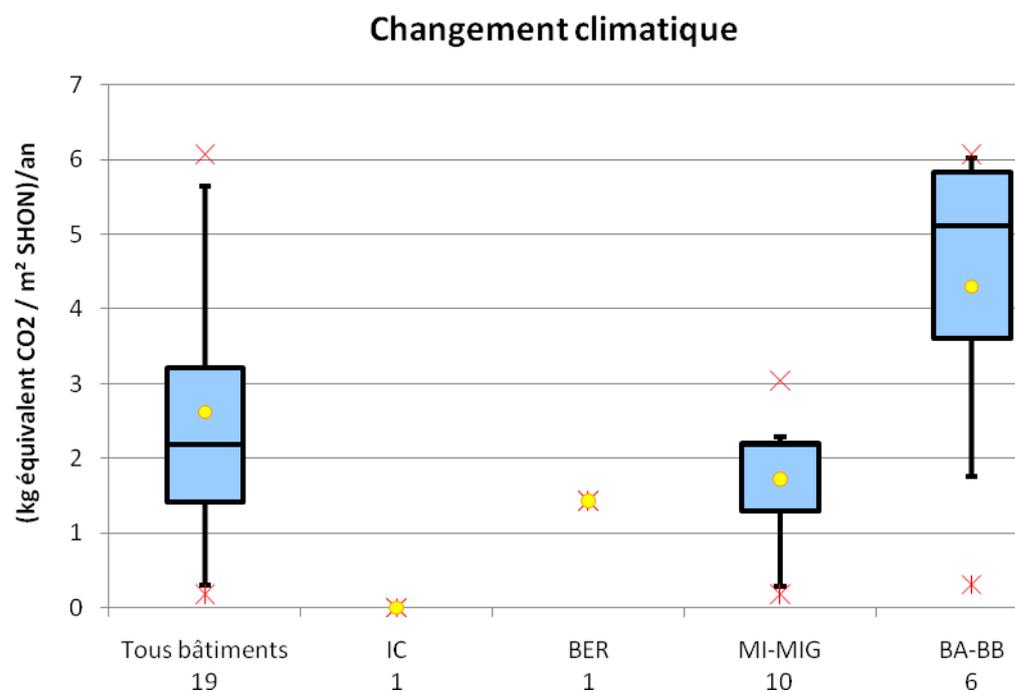


Figure 42 Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie – énergie spécifique en fonction de la typologie des bâtiments

La liberté laissée aux expérimentateurs, de par l'absence de méthodes conventionnelles de calcul et de par l'absence de définition précise des sous-contributeurs pris en compte, se traduit par une très grande diversité dans les valeurs obtenues pour les modélisations.

L'observation des trois graphiques de manière concomitante :

- Nous confirme que les consommations d'énergie spécifique ne sont pas du même ordre de grandeur entre les bâtiments résidentiels et les bâtiments de bureaux (médiane de l'ordre du double des MI).
 - o L'observation de la répartition entre consommations spécifiques liées au bâti et non liées au bâti n'apporte aucun élément supplémentaire. La distinction entre ces deux sous-contributeurs semble confuse pour les expérimentateurs.
- Nous confirme que bien que tous les bâtiments représentés dans les graphiques précédents font appel à de la PLE, l'usage de celle-ci ne couvre qu'une toute petite partie des consommations : moins de 5% pour les typologies BB et MI. (BER : 12% mais l'échantillon est trop faible pour retenir cette valeur)

Remarques sur les valeurs extrêmes :

- La promiscuité entre médiane, 3^e quartile et 9^e décile pour la typologie maison individuelle est induite par l'usage de ratios identiques pour 5 des 10 maisons (projets affiliés à Maisons de Qualité).
- La valeur unique pour la typologie immeuble collectif est faible mais non nulle ; ce cas est à ignorer.
- Pour l'indicateur énergie renouvelable, la symétrie parfaite de la box plot pour la typologie BER s'explique par le très faible échantillon, soient 2 bâtiments, dont 1 consomme 100 % d'énergie renouvelable pour ce contributeur.

A l'avenir pour pouvoir analyser ce contributeur, nous avons besoin :

- D'avoir des **méthodes** et des outils **pour évaluer les consommations d'énergie spécifiques** liées et non liées au bâtiment, pour le résidentiel et pour le tertiaire
- De rendre son **évaluation obligatoire** dans HQE Performance
- De former les acteurs à ces deux notions, parfois difficiles à distinguer l'une de l'autre
- De mettre à disposition des expérimentateurs plus de **DES** et de meilleure qualité.

3.5. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION ET REJET D'EAU

L'échantillon considéré pour étudier le contributeur « consommations d'eau » est plus restreint que l'échantillon initial malgré le caractère obligatoire de sa prise en compte dans l'évaluation HQE Performance.

Le contributeur « Consommations d'eau » englobe les impacts

- des consommations d'eau ainsi que
- des rejets liquides du bâtiment pendant sa vie en œuvre.

Le tableau suivant présente :

- le nombre de bâtiments modélisés par typologie,
- ceux incluant des consommations d'eau et ainsi que
- ceux, incluant des consommations d'eau et spécifiant des impacts environnementaux des consommations et des rejets.

Nombre de bâtiments pour lesquels les informations sont disponibles, par typologie	Total	MI-MIG	IC	BER	BB-BA
A minima consommations d'eau renseignées	51	19	11	4	13
DES associée (profil complet)	41	17	5	4	11
Echantillon initial	74	20	19	8	21

Tableau 5 Echantillon considéré pour l'étude du contributeur consommations et rejets d'eau.

Les expérimentateurs peuvent sous l'outil ELODIE :

- Renseigner directement des valeurs pour une consommation et/ou les rejets.
- Ou utiliser l'outil ELODIE pour estimer leurs consommations et rejets (possible pour les bâtiments résidentiels et tertiaires).

Puis affecter à ces valeurs de consommation et de rejets des impacts environnementaux exprimés sous le format de DES.

Si aucune DES n'est affectée, seul l'indicateur consommation d'eau à l'échelle bâtiment voit sa valeur modifiée par cette consommation pendant la phase d'utilisation du bâtiment.

Dans la suite de cette partie, seuls trois indicateurs sont présentés, l'indicateur énergie primaire totale (pour lequel le contributeur eau a été identifié comme négligeable à l'échelle du bâtiment), l'indicateur consommations d'eau totales et l'indicateur déchets dangereux.

Les consommations étant annuelles et considérées comme fixent au cours du temps, les résultats sont identiques pour 50 et 100 ans.

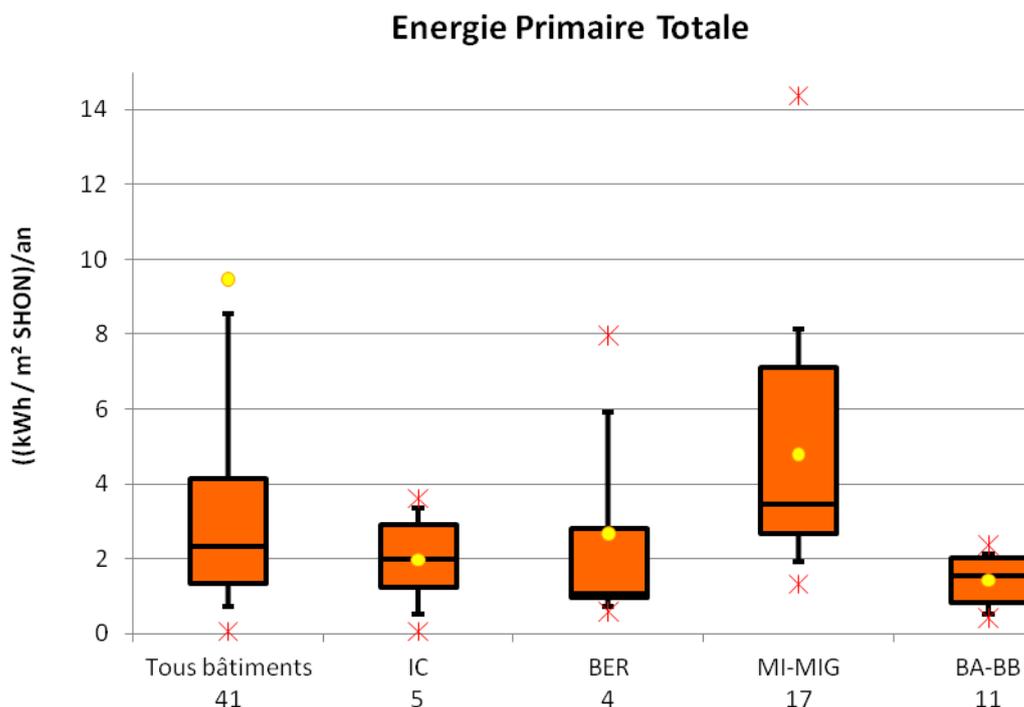


Figure 43 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments

Remarques sur les valeurs extrêmes pour l'indicateur énergie primaire totale :

La valeur maximale de l'échantillon, observée pour un bâtiment à usage commercial est complètement « hors norme » par rapport au reste de l'échantillon, soit une valeur de 132 kWh/m²/an. Cette valeur n'est pas représentée sur la figure ci-dessus.

Consommation d'eau totale

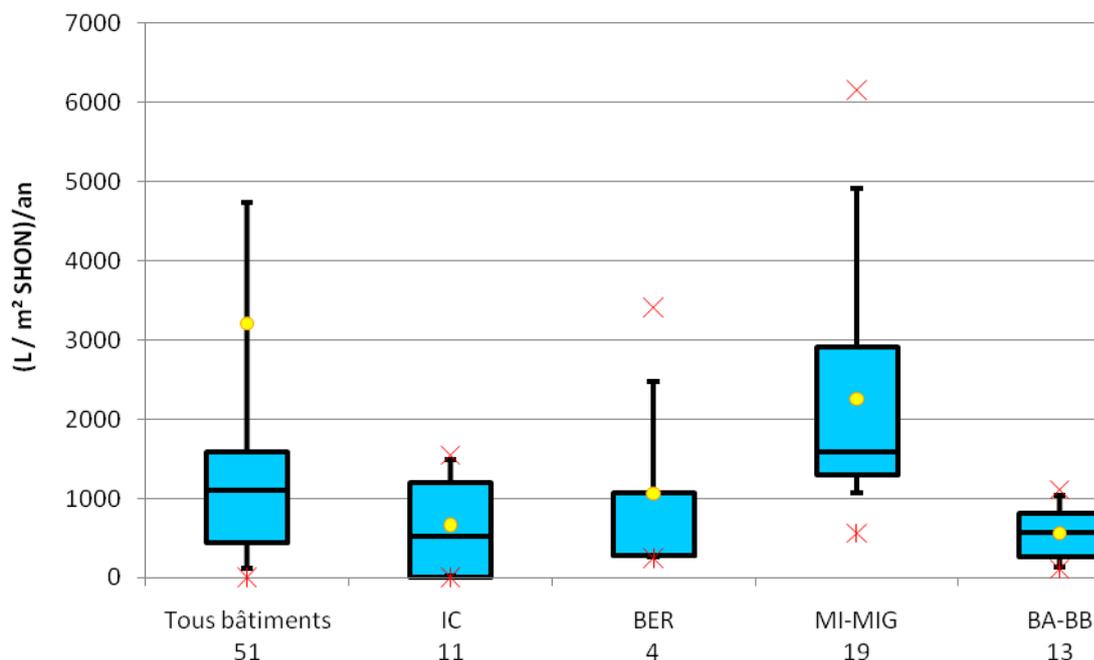


Figure 44 Boxplots représentant l'indicateur consommations d'eau pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments

Remarques sur les valeurs extrêmes pour l'indicateur consommation d'eau :

La valeur maximale de l'échantillon, observée pour un bâtiment à usage commercial est complètement « hors norme » par rapport au reste de l'échantillon, soit une valeur de 49 692 L/m²/an. Cette valeur n'est pas représentée sur la figure ci-dessus.

Déchets dangereux

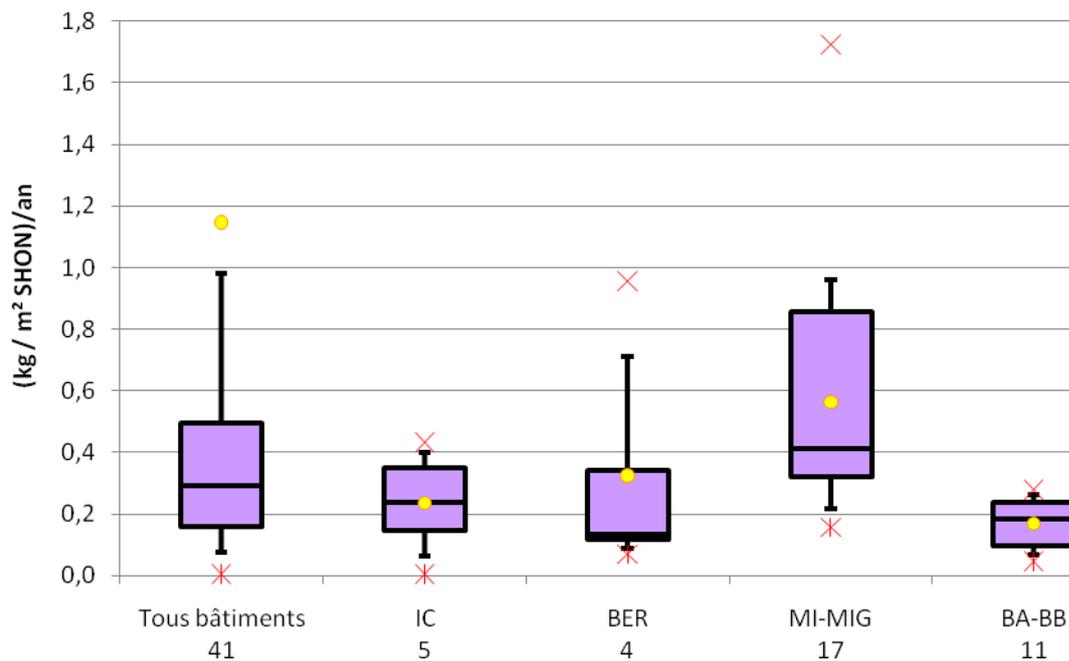


Figure 45 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments

Remarques l'indicateur déchets dangereux :

Les quantités de déchets dangereux affectés aux consommations d'eau pendant la vie en œuvre du bâtiment sont étonnantes. Pour expliquer ces quantités, plusieurs points sont à vérifier, notamment : la source des données environnementales et le retraitement de ces données.

Les données affectées aux consommations et rejets d'eau sont des données issues de la base de données EcoInvent qui ont été retraités avec des outils interne pour mettre en conformité celles-ci avec les exigences des normes françaises.

Représentativité géographique des données : Les analyses de cycle de vie du traitement des eaux usées et de la potabilisation ont été réalisées pour des systèmes suisses. Or les réglementations de traitement des déchets ne sont pas harmonisées. En Suisse, jusqu'en 2000, les boues de station d'épurations étaient traités suivant l'une des trois options suivantes : incinération, recyclage comme engrais dans l'agriculture ou mise en centre de stockage. Depuis 2000, la mise en décharge des boues est devenue interdite. Seuls les déchets ultimes, résidus de l'incinération des boues de station d'épuration peuvent être stockés. En France, les boues provenant du traitement des eaux usées urbaines (référence 19 08 05 dans la classification européenne des déchets) sont autorisées à l'enfouissement en CET de classe II si elles contiennent au moins 30 % de matière sèche. Ainsi, bien que les filières et les réglementations soient différentes dans les deux pays, ni l'un, ni l'autre ne considèrent les boues comme des déchets dangereux. La non-représentativité géographique des données n'explique donc pas cette particularité.

Traitement des données : Les déchets sous Ecoinvent sont identifiés par leur type de traitement. Ainsi pour utiliser des données EcoInvent dans le cadre de HQE Performance, le flux « Transformation to dump site, sanitary landfill » est affecté à des déchets dangereux. « Cette hypothèse de classification est majorante dans la mesure où les décharges sanitaires suisses accueillent tous types de déchets dont les déchets dangereux. » [6]. Cet écueil est un exemple des nombreuses difficultés de comptabilité entre les différentes bases de données.

Remarques générales :

Le choix de représenter cet indicateur selon les différentes typologies étudiées ne semble pas pertinent. Un découpage plus large aurait suffi : résidentiel, bâtiment tertiaire, etc. Les consommations d'eau sont relatives aux usages des occupants (temps de présence et utilisation de quels équipements, etc.) et à l'entretien du bâtiment (revêtements de sol, protocole d'entretien, présence d'espaces verts, etc.).

A l'avenir pour pouvoir analyser ce contributeur, nous avons besoin :

- D'avoir des **méthodologies communes, partagées et consolidées pour évaluer les consommations d'eau et les rejets** liées au bâtiment pour HQE Performance
- De distinguer les consommations d'eau relative aux usages des occupants et dépendant de la fonctionnalité du bâtiment et des consommations relatives à l'entretien du bâtiment.
- D'inciter les acteurs à capitaliser les données de consommations d'eau des bâtiments qu'ils exploitent.
- De mettre à disposition des expérimentateurs des **données environnementales** sur la mise à disposition de l'eau en plus grand nombre (pour prendre en compte les différentes technologies, les différentes qualités d'eau) et de meilleure qualité.

3.6. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CHANTIER

L'analyse du contributeur chantier, de part la faiblesse des données collectées ne semble pas pertinente dans ce rapport.

Néanmoins,

- Il serait pertinent de collecter systématiquement les informations relatives aux chantiers sur tous les projets afin de disposer d'un échantillon significatif pour travailler sur ce contributeur.
- De consolider l'annexe technique sur ce point afin de faciliter les calculs relatifs à ce contributeur.

4. CALCUL SPECIFIQUE DE L'INDICATEUR BIODIVERSITE

Cet indicateur n'est pas issu d'une approche Analyse de Cycle de Vie et n'est pas calculé par le logiciel ELODIE. Bien que fléché obligatoire, les résultats ne sont pas disponibles pour tous les projets.

« L'indicateur biodiversité est l'évolution de la part végétalisée de la parcelle (norme XP P01-020-3):

$$I = (S2 - S1) / S$$

où :

S1 est la surface végétalisée initiale de la parcelle où sont implantés le bâtiment et ses accès ;

S2 est la surface végétalisée du projet final (par exemple, jardin, toiture ou façade végétalisée) ;

S est la surface totale de la parcelle.

L'indicateur est sans dimension. »⁹

Cet indicateur a été déterminé pour 10 maisons individuelles modélisées dans le cadre de l'expérimentation HQE Performance et 1 projet du type maisons individuelles groupées, ainsi que pour 7 bâtiments de bureaux, 1 immeuble collectif, 1 bâtiment d'enseignement et de recherche et 1 bâtiment à vocation commerciale. Les résultats sont donnés par la figure suivante.

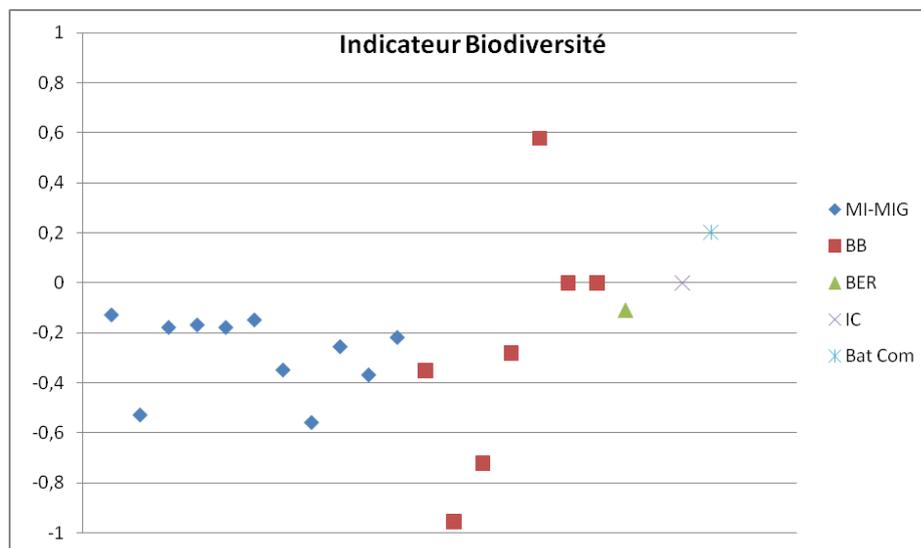


Figure 46 Nuage de points correspondant à l'indicateur biodiversité $I = (S2-S1) / S$

Plusieurs paramètres influencent l'indicateur biodiversité, il est notamment nettement amélioré lorsque les terrasses et les places de stationnement ne sont pas goudronnées, lorsqu'une toiture végétalisée est mise en œuvre ou que l'emprise au sol de la maison est limitée (maison à étages).

⁹ Extrait de l'annexe technique HQE Performance

Les retours des expérimentateurs sont relativement unanimes, cet indicateur n'est pas réellement pertinent et il conviendrait de travailler sur un ou plusieurs nouveaux indicateurs de biodiversité.

5. DONNEES SPECIFIQUES A LA CONSOMMATION DE FONCIER

L'annexe technique HQE performance demandait d'identifier l'état initial des surfaces et l'état final des surfaces et de remplir le tableau suivant. Ces informations sont destinées à servir de base pour l'élaboration d'un indicateur de « pression » sur le foncier et contribuer à la réflexion sur la biodiversité.

La typologie des espaces est classée en trois groupes d'utilisation du sol :

- **les territoires artificialisés**, comprenant les espaces urbains, les réseaux de transport et globalement l'ensemble des espaces minéralisés ;
- **les territoires agricoles** tels que les terres arables, les prairies, les vergers, etc.
- un groupe hybride comprenant les forêts et milieux semi-naturels, les zones humides et les surfaces en eau, sous le nom **d'espaces naturels**.

Typologie d'espace	Etat /type	Etat initial	Etat final
Espaces artificialisés perméables	pollués		
	non pollués		
Espaces artificialisés imperméables	pollués		
	non pollués		
Espaces agricoles			
Espaces naturels	forêts		
	zones humides et surfaces en eau		
	Autres : Jardin		

Tableau 6 Détermination des surfaces occupées par différentes typologies d'espace en vue de calculer l'indicateur consommation de foncier.

Ces données ont été fournies pour le même échantillon de bâtiments que l'indicateur biodiversité. Les résultats obtenus sont donnés sous forme de graphique. Le premier graphique représente l'état initial (avant construction), le second graphique représente l'état final.

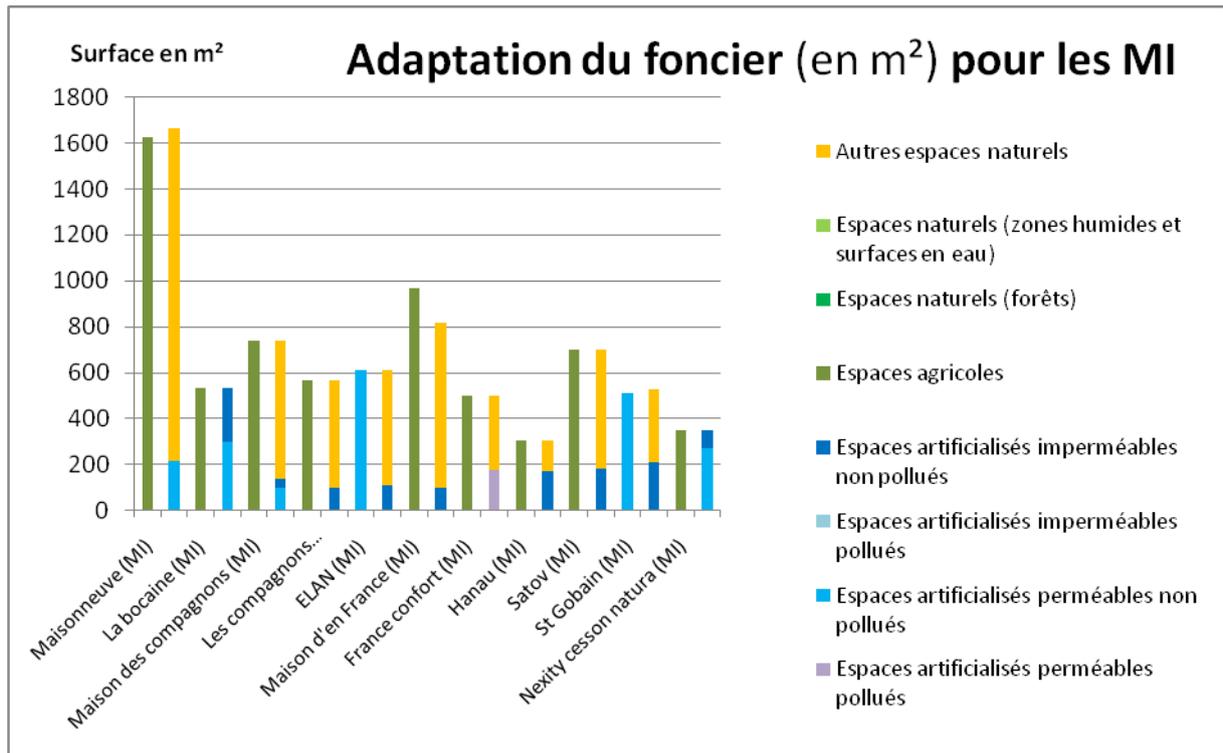


Figure 47 Indicateur consommation de foncier, surface et type d'emprise « au sol » à l'état initial puis final pour les 11 maisons individuelles

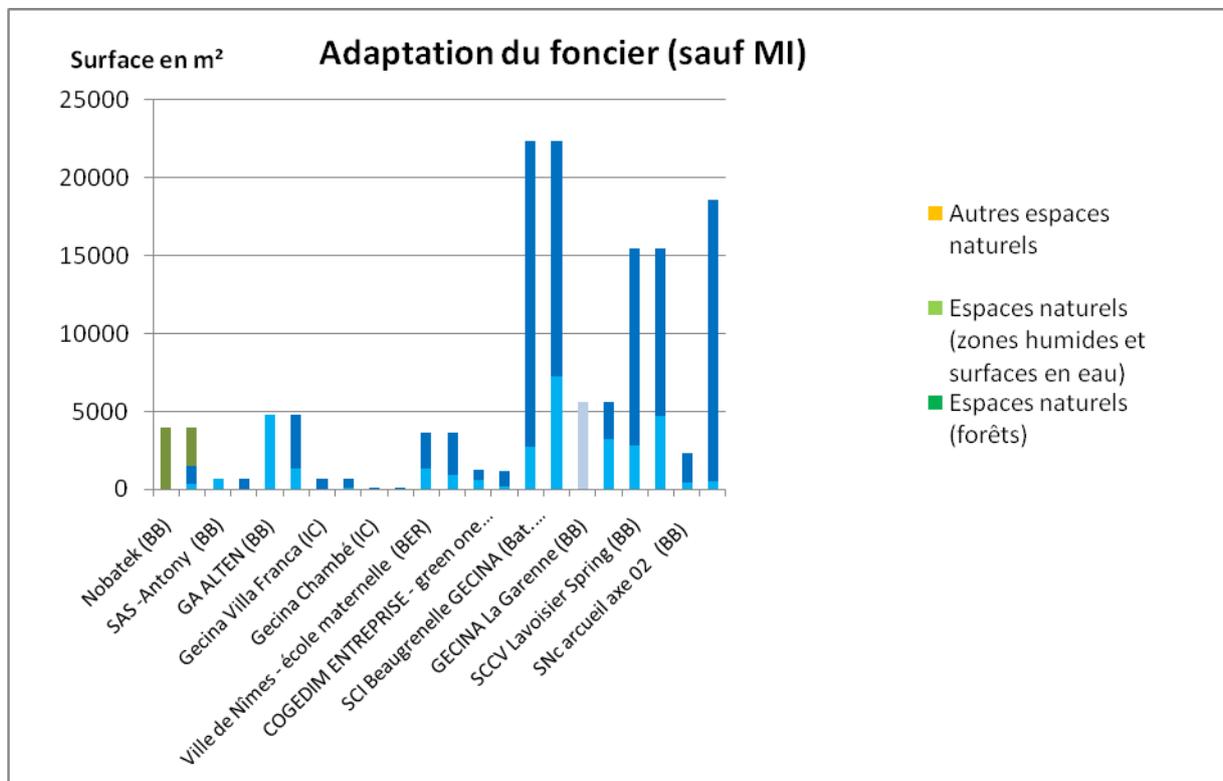


Figure 48 : Indicateur consommation de foncier, surface et type d'emprise « au sol » à l'état initial puis final pour les bâtiments autre que maisons individuelles.

Dans la majorité des cas de maisons individuelles étudiés ici l'espace initial correspond à des terres agricoles. Ces terres sont consommées en plus grosse partie au profit d'espaces extérieurs naturels de type jardin ou toiture-terrasse végétalisée ainsi qu'au profit d'espaces artificialisés non pollués (perméables ou non).

Pour les typologies autres que maison individuelle, les espaces initiaux sont majoritairement des espaces déjà artificialisés.

Remarque :

- Il serait pertinent de collecter systématiquement ces informations sur tous les projets afin de disposer d'un échantillon significatif pour travailler sur de nouveaux indicateurs.
- L'annexe technique HQE Performance doit préciser ses définitions et proposer des exemples d'application pour éviter les interprétations hétérogènes de la méthode de calcul de ces indicateurs.

6. PROPOSITIONS D'ECHELLES DE PERFORMANCE

Suite à ces premiers résultats, il semble possible de proposer des premières échelles de performance, basées sur les premiers ordres de grandeur obtenus, **uniquement pour le contributeur produits et matériaux de construction**.

Comme proposition de découpage des classes, nous pourrions nous inspirer du découpage proposé par les boxplots. Des échelles de performance environnementale pourraient être de la forme suivante, avec A la classe regroupant 10% des bâtiments les plus performants sur le plan environnemental et F les 10% les plus impactants sur l'environnement.

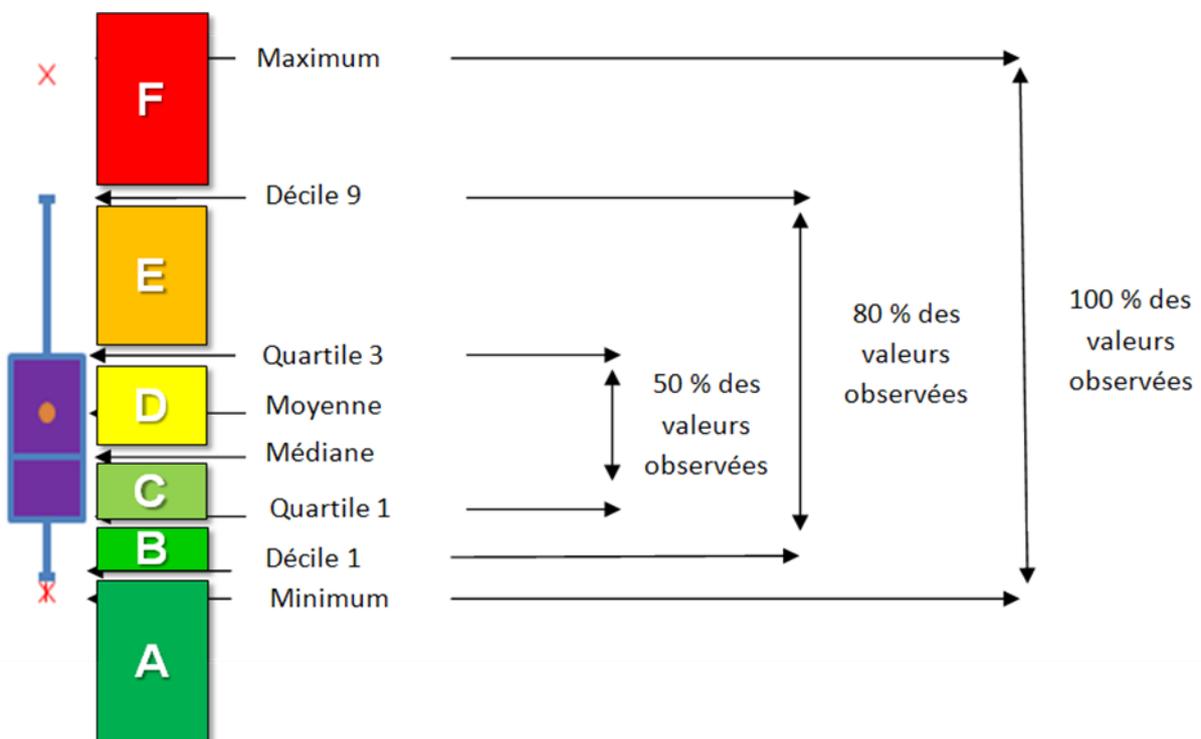


Figure 49 : schéma de principe du passage des résultats statistiques aux classes de performances

En Annexe 6 sont présentées les propositions du CSTB en termes de classes de résultats pour le contributeur produits et matériaux de construction. Il reste à établir des échelles similaires pour les autres contributeurs ainsi qu'une échelle globale (somme de l'ensemble des contributeurs).

7. DISCUSSION DES RESULTATS

7.1. EVALUATION DE L'ECHANTILLON D'ETUDE

Qualité de constitution du panel

Pour l'action DHUP « Mise en place du label HQEE » (dans le cadre de la convention DHUP – CSTB 2010), la sélection initiale des bâtiments s'est faite selon les critères suivants : bâtiments PREBAT (au moins niveau BBC) ou bâtiments très performants énergétiquement et volonté d'avoir différents modes constructifs et des typologies de bâtiments représentées.

L'opération « Tester vos bâtiments neufs » de HQE Performance, a été lancée sous forme d'un appel à manifestation en décembre 2010. Celui-ci était ouvert aux **bâtiments** qui étaient soit **certifiés** NF démarche HQE ou H&E (avec niveau BBC minimal), soit lauréat PREBAT soit labellisés BBC Effinergie.

Toutes typologies confondues, ce sont près de **339 300 m² de SHON** qui ont été modélisées.

Environ :

- 41 500 m² de SHON d'immeuble collectifs
- 3 500 m² de SHON de maisons individuelles

- 19 000 m² de SHON de bâtiments d'enseignement et de recherche
- 174 200 m² de SHON de bureaux ou bâtiments administratifs

- 101 100 m² de SHON de bâtiments autres (commerce, bâtiment à vocation sanitaire et sociale, etc.)

Bâtiments résidentiels :

Ce sont environ **800 logements** qui ont été modélisés, dont une trentaine de maisons individuelles.

En France, ce sont plus de 333 000 logements qui ont été mis en chantier en 2009 (SOURCE SOeS / SIT@DEL2 / MEEDDM). L'échantillon modélisé correspond donc à moins de 0,2% des logements construits chaque année.

L'échantillon étudié n'est donc très certainement pas représentatif de l'ensemble des constructions neuves actuelles. Ni en termes de répartition des m² évalués entre résidentiel et tertiaire, ni par la répartition entre logements individuels et collectifs étudiés, ni en termes de modes constructifs, ni même en termes de performance énergétique.

Il est par conséquent difficile de se prononcer sur la représentativité des résultats de cette première phase de capitalisation.

7.2. EVALUATION DE LA QUALITE DES MODELISATIONS

Objectif : évaluer au travers de points clefs la fiabilité et la représentativité des résultats de cette étude.

7.2.1. LES DONNEES RELATIVES AU BATIMENT

Frontières du système : L'Annexe Technique de HQE Performance précise que l'objet d'étude est l'ensemble « bâtiment + parcelle ». Sont ainsi inclus, pour le contributeur produits et matériaux de construction, les éléments de voirie, les aménagements paysagers, les parkings, les équipements de production locale d'énergie. Aucune règle de coupure n'est introduite pour l'évaluation à l'échelle bâtiment, l'exhaustivité étant recherchée pour cette expérimentation. La libre interprétation du niveau de modélisation nécessaire entraîne donc une nécessaire hétérogénéité des modélisations.

Les données d'entrée du projet pour le contributeur produits et matériaux de construction : elles sont constituées principalement par le métré du bâtiment. Or, en pratique, il n'y a pas un métré, mais plusieurs métrés. Etablis à différents étapes du projet par différents acteurs, pour des objectifs différents, leurs marges d'erreur, par rapport aux quantités de matériaux réellement mises en œuvre sont donc variables. Certains métrés, par exemple, ne comporteront pas toutes les indications, mais des forfaits pour des ensembles (menuiseries, carrelage, etc.), l'artisan intervenant avec des exigences de résultats et non de moyens reviendra effectuer son propre métré.

La plupart des modélisations se sont faites sur la base des DPGF¹. En complément, ou en substitution de ces documents, certains acteurs ont pu également utiliser les CCTP², des factures, des notices de description du bâtiment, etc.

Les données d'entrée du projet pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT sont constituées par les sorties des logiciels RT (de préférence) ou de simulations thermiques dynamiques. La restriction – dans le cas d'un calcul environnemental conventionnel- aux résultats de calcul RT nous aurait assuré une plus grande homogénéité des modélisations.

Les données d'entrée du projet pour le contributeur consommations d'énergie spécifiques : il n'existe pas de méthode partagée (conventionnelle ou non) pour le calcul des consommations d'énergie spécifique. Les données utilisées sont donc soit des ratios établis d'après des campagnes de mesure (exemple : travaux menés par Enertech), soit des estimations faites par les expérimentateurs eux-mêmes au regard de leurs propres retours d'expérience, soit de mesures effectuées dans les bâtiments étudiés (lorsque ceux-ci sont déjà en phase exploitation). Ces données peuvent donc être fortement disparates.

Les données d'entrée du projet pour les consommations et rejets d'eau : Pour le résidentiel et les bâtiments de bureaux, le logiciel ELODIE propose une caleulette pour aider l'utilisateur du logiciel à estimer les consommations d'eau. Mais l'utilisateur peut également renseigner une valeur

¹ DPGF : décomposition des prix globale et forfaitaire

² CCTP : ...

à partir de ses propres calculs, de ses retours d'expérience ou des consommations réelles mesurées sur site. Ces données sont donc fortement disparates.

Les données d'entrée du projet pour le contributeur chantier : Aucune exigence n'était définie pour les données d'entrée utilisées pour estimer les différents postes de ce contributeur, qui sont : les consommations d'énergie, les consommations d'eau, les transports affectés au chantier et l'immobilisation des différents engins et équipement de chantier. Les expérimentateurs, encore une fois, pouvaient soit faire appel à des données issues de retours d'expérience, soit des ratios extérieurs, soit des mesures faites sur site. Ces données, lorsqu'elles ont pu être identifiées, peuvent donc être fortement disparates.

7.2.2. LES DONNEES ENVIRONNEMENTALES

Les données environnementales pour le contributeur produits et matériaux de construction

Il s'agit principalement de FDES de la base INIES. Il existe à la fois des FDES vérifiées (au sens de la norme ISO 14025³) et des FDES non vérifiées.

En complément, la base de données propre à ELODIE regroupe des données diffusées par le CSTB à l'ensemble des utilisateurs et des données propres à chaque expérimentateur. Dans cette base coexistent, des données correspondent à d'anciens millésimes de FDES (uniquement lorsque leur absence a été jugée préjudiciable par le CSTB au calcul à l'échelle du bâtiment), des EPDs ou PEP, des valeurs par défaut, des fiches génériques, ou des données exprimées sous d'autres formats.

La démarche HQE Performance n'impose aucune autre exigence qu'un niveau de préférence. Au niveau des expérimentations aucune information n'ayant été collectée, il est difficile de juger de la qualité globale des données utilisées.

Les données environnementales utilisées pour :

- **le contributeur consommations d'énergie – postes RT**
- **le contributeur consommations d'énergie spécifiques :**
- **pour les consommations et rejets d'eau**
- **pour le contributeur chantier**

Il s'agit de données génériques des bases DEAM et Ecoinvent mises au format de la norme NF P01-010. Elles permettent de combler l'absence totale de données plus précises sur la mise à disposition d'eau, d'électricité, etc. pour le contexte français. Cependant, elles peuvent ne pas être représentatives de la situation française (p. ex. donnée sur la potabilisation et traitement de l'eau potable qui correspond actuellement à la situation suisse).

Evaluation de la qualité des données : chaque donnée environnementale utilisée dans ce projet (matériaux, produits ou procédés) peut être qualifiée à l'aide d'outil telle que la matrice de Pedigree (Weidema et al, 1996)⁴. Différents critères sont alors évalués : fiabilité, complétude, représentativité temporelle, géographique et technologique. Il serait intéressant à l'avenir d'intégrer ce type d'outil dans le logiciel ELODIE pour évaluer la qualité des données d'entrée et donc des modélisations.

³ ISO (2006) ISO 14025 - Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations —Principles and procedures, 35 p.

⁴ Weidema B., et Wesnes M. (1996) Data quality management for life cycle inventories--an example of using data quality indicators. *Journal of Cleaner Production*, 1996, 4 (3-4), p. 167-174

7.2.3. LE PROCESS DE MODELISATION :

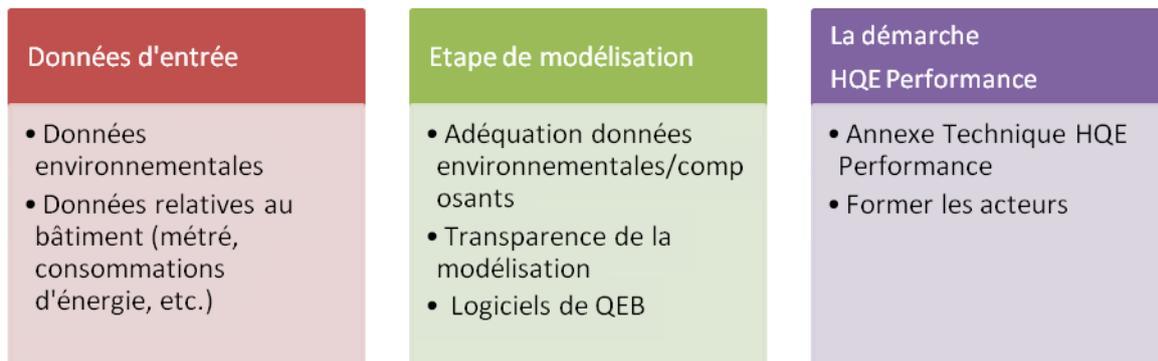
L'objectif d'une modélisation est de mettre en adéquation un ensemble de données définissant le bâtiment et un ensemble de données environnementales. Plusieurs aspects peuvent influencer la qualité globale des modélisations et jouer sur la qualité globale de l'échantillon considéré :

- **Hétérogénéité des métrés** des données d'entrée « bâtiments » (cf. partie précédente).
- **Association données « bâtiment » - données « environnementales » :**
C'est une étape fondamentale pour réaliser l'ACV d'un bâtiment. Idéalement à chaque donnée « bâtiment » devrait correspondre une donnée environnementale. Seulement l'adéquation parfaite n'est pas toujours possible. Or nous ne disposons pas de règle d'évaluation de ces associations qui nous permettrait de mettre en place un indice de confiance sur les résultats obtenus. Il faudrait alors que le praticien juge des liens établis et les place sur une échelle de préférence :
 - o FDES appropriée (individuelle ou collective),
 - o assimilation à un produit proche détenant une FDES ou
 - o choix d'une fiche par défaut par manque de FDES individuelle (quand elles existeront),
 - o absence totale de données,
 - o etc.
- **Qualité des données environnementales utilisées** (cf. partie précédente)
- **Interprétation** : lorsqu'il y a absence de règles (p. ex. allocation des impacts entre bâtiment et réseau électrique pour des équipements de PLE), lacune de données « bâtiment » (p. ex. lorsque le système électrique n'est pas détaillé, l'expérimentateur doit proposer son propre quantitatif) ou lacune de données environnementales dans la base de données du logiciel (p. ex. utilisation d'un acier faiblement allié pour un composant en acier galvanisé).

8. RECOMMANDATIONS

Cette expérimentation qui a permis pour la première fois la modélisation par différents acteurs non experts ACV d'un grand nombre de bâtiments nous conduit ici à exprimer un certain nombre de recommandations, dans l'objectif de concourir à la pérennisation de la démarche.

De manière générale, **pour assurer la faisabilité à grande échelle des calculs de performance environnementale**, il est indispensable d'améliorer les différents volets suivants :



Ces recommandations peuvent s'adresser :

- A l'association HQE
- Aux certificateurs
- Aux fabricants
- Aux instances de gestion d'INIES
- Aux actuels et futurs expérimentateurs de la démarche HQE Performance
- Aux éditeurs de logiciels de QEB
- Aux acteurs de la QEB en général

Données d'entrée

Les données environnementales

- ✓ **Plus de données environnementales pour tous les contributeurs**

Pour le contributeur produits et matériaux de construction : Si la base INIES s'est largement étoffée ces derniers mois et que certaines familles sont à présent couvertes par plusieurs FDES, certaines absences sont encore regrettées. **Il est indispensable qu'à présent l'émulation de la diffusion des données environnementale gagne tous les acteurs et tous les fabricants.**

Pour les autres contributeurs : Il est primordial que d'autres secteurs soient associés à cette démarche. Pour évaluer la performance environnementale des bâtiments, il nous faut des données pour l'énergie, pour l'eau, pour le transport, etc. L'Association HQE, les certificateurs et le CSTB doivent **se rapprocher des acteurs majeurs de l'énergie** (EDF, Suez, etc.), **de l'eau** (Veolia, etc.),

du transport (SNCF, RATP, constructeurs automobile), des déchets (Veolia, etc.) pour leur exprimer nos besoins en données adaptées.

✓ **Des données environnementales adaptées**

Les données environnementales pour les produits et services doivent être **adaptées aux outils de QEB**.

Pour le contributeur produits et matériaux de construction : Une solution pourrait-être de **favoriser le développement de configurateurs produits**, permettant d'utiliser et de combiner différentes données. Exemple : configurateur plancher permettant de choisir la nature des composants, les entraxes choisis, etc. Pour les PEP, il pourrait s'agir d'un configurateur calculant un ensemble du type « système électrique d'un T3 » à partir d'une base de données PEP.

✓ **Des données environnementales génériques**

Ce projet a permis de démontrer toute l'utilité de données collectives pour l'évaluation environnementale simplifiée ou/et très en amont des projets que se soit pour les services ou les produits et matériaux de construction.

Pour le contributeur produits et pour permettre d'engager une démarche d'évaluation et permettre des décisions en amont de la phase de conception, il est indispensable de **mettre à disposition des utilisateurs des données génériques** qui n'obligent pas l'équipe de conception à se prononcer sur le choix d'une marque, mais d'un seulement d'un type de produit.

✓ **Des données environnementales de qualité**

Les exigences doivent encore être accrues pour **consolider les méthodologies et les résultats** et que ceux-ci soient inattaquables d'un point de vue méthodologique.

Nous pourrions proposer les actions suivantes :

- Financement et diffusion de travaux de **recherche amont** par les acteurs
- Augmenter la précision des règles de réalisation d'une ACV et la généraliser à la déclaration environnementale de tout type de produit, procédé ou service,
- Harmoniser les unités fonctionnelles utilisées
- **Vérification généralisée des FDES (et des DES idéalement) par une tierce partie** ou a minima rendre systématique une expertise des FDES avant leur diffusion sous INIES.

✓ **Transparence des données et méthodes :**

Il est essentiel que cette démarche d'évaluation des performances s'accompagne de plus de **transparence à tous les niveaux** : données environnementales produits, service et bâtiment.

Notamment, à l'échelle 'produit', pour les FDES, pour augmenter le niveau de transparence, nous pourrions proposer de :

- Inciter les fabricants et syndicats à la diffusion de nouvelles informations dites aujourd'hui additionnelles dans les déclarations environnementales. (voir exemples donnés dans le paragraphe suivant sur l'usage des données)
- Rendre accessible à tous les éléments non confidentiels du rapport méthodologique des FDES (facilitant ainsi l'expertise par des tiers quels qu'ils soient et facilitant l'appropriation des FDES par l'ensemble des acteurs)

✓ **Faciliter l'usage des données environnementales :**

Pour faciliter l'usage des FDES et DES par des non experts ACV et/ou non experts bâtiment, il faut que :

- les FDES aient des **noms appréhendables** par le plus grand nombre (et que le nom de se réduise pas à la seule marque commerciale)
- les unités fonctionnelles des FDES et des DES soient exprimées le plus simplement possible et coïncident avec les unités de métré du bâtiment
- Aller vers des FDES système quand c'est possible et faciliter la modularité des FDES
- Favoriser les FDES du berceau à la tombe pour les systèmes bien établis mais autoriser pour certains produits/matériaux des FDES sortie d'usine pour faciliter la modularité et encourager l'engagement des fournisseurs de matières premières/composants de base dans la démarche
- les FDES comportent des **indications complémentaires** (masse volumique, résistance thermique même pour des isolants acoustiques, etc.) qui permettront à l'utilisateur des outils de QEB d'adapter les données à ses besoins et lui permettrons de mieux juger de l'adéquation des données avec son projet.

Les données « bâtiment »

✓ **Des périmètres d'étude définis plus précisément:**

L'Annexe Technique HQE Performance a fixé les bases d'un périmètre d'évaluation. Au regard de cette expérimentation, il sera nécessaire de préciser plus en détail ce périmètre afin d'uniformiser les modélisations.

✓ **Des métrés harmonisés :**

L'Annexe Technique HQE Performance fixe un cadre pour l'évaluation des bâtiments et donc pour leur modélisation. Or l'hétérogénéité des métrés est un obstacle à la volonté de capitalisation des résultats et cadrage des modélisations. **Les acteurs de QEB doivent donc exprimer et diffuser leurs exigences quant aux métrés** (expression des surfaces de fenêtre, par exemple à la place de « 1 ensemble »). Les métrés techniques et économiques doivent s'harmoniser ou un métré « environnemental » spécifique doit être normalisé.

✓ **De calculs de SHON homogènes :**

La première version de l'Annexe Technique HQE Performance sollicite des résultats exprimés par m² de SHON. Or lorsque les différents contributeurs sont modélisés, différents documents sources sont utilisés (métrés, résultats des calculs RT) qui expriment des SHON différentes.

✓ **Des référentiels précis pour l'eau, l'énergie, etc. :**

Pour pouvoir mettre en place des échelles de référence partagée, l'Annexe Technique HQE Performance devra **spécifier quelles sont les données d'entrée souhaitées et quelles sont les méthodologies retenues.**

Par exemple, pour les consommations d'énergie, l'Annexe Technique HQE Performance accepte-elle les résultats des simulations thermiques dynamiques ? Comment modélise-t-on des BEPOS ? Comment estime-t-on les consommations d'énergie spécifique, les consommations d'eau ?

Des travaux de recherche ou de normalisation/harmonisation doivent être menés en ce sens.

Etape de modélisation

✓ **Constater l'adéquation des données :**

L'Annexe Technique HQE Performance précise un ordre de préférence quant au choix des données. Toutefois, excepté une expertise détaillée de la modélisation, rien ne permet à l'évaluateur ou à l'expérimentateur de **juger de la qualité des associations** faites entre éléments du métré et EPD. Faut-il permettre cette évaluation des associations pour construire un indice de confiance des résultats ?

✓ **Transparence des données et méthodes :**

L'Annexe Technique HQE Performance doit formuler des **exigences plus précises et plus fermes quant à la justification des calculs, des hypothèses, des choix de FDES à l'échelle bâtiment**. Comme pour les produits, les méthodes d'ACV bâtiments doivent être détaillées. Il faut arriver à un code de calcul partagé et harmonisé.

✓ **Améliorer les outils de QEB :**

L'Association HQE doit inciter les éditeurs de logiciel de QEB à la **prise en compte de tous les contributeurs identifiés par l'annexe technique**. Elle peut au travers de ses groupes de travail favoriser l'émergence de **méthodologies harmonisées et appliquées** par les différents logiciels.

Les logiciels de QEB doivent concourir à la pérennisation de la démarche HQE Performance :

- en proposant des modélisations conformes aux attentes de l'annexe technique HQE Performance et aux normes en préparation à l'échelle française et européenne
- en s'assurant de la mise à jour de leurs bases de données environnementales et de la qualité de celles-ci,
- en favorisant la transparence dans le process de modélisation (transparence des calculs, transparence des choix de l'expérimentateur, transparence pour les vérificateurs),
- en concourant à la réduction du temps d'étude par l'amélioration des fonctionnalités (extraction de métré automatique, lien avec les logiciels de calculs RT), de l'ergonomie, par la proposition des modèles de modélisation...
- en permettant des extractions de résultats facilitant l'analyse et l'acculturation des acteurs à cette évaluation des performances.

La démarche HQE Performance

Au regard des résultats de cette première expérimentation, il semble indispensable de :

- **Proposer une annexe technique HQE Performance consolidée**

En réunissant les différents acteurs expérimentateurs de l'opération « Testez vos bâtiments neufs », en prenant acte des différentes critiques et propositions d'améliorations et des résultats obtenus, une nouvelle version de l'Annexe Technique HQE Performance doit permettre d'améliorer les pratiques naissantes.

- **Former les acteurs**

L'évaluation des performances environnementales, le passage du monocritère au multicritère, d'un seul contributeur à une pluralité de contributeurs, l'usage de données ACV (...) sont des compétences à acquérir. L'information, la diffusion de résultats tels que ceux de l'opération HQE Performance, la sensibilisation des différents acteurs, la formation et l'accompagnement des équipes de conception sont essentielles.

- **Rappeler les enjeux et permettre d'amorcer la boucle d'amélioration continue**

La démarche HQE Performance ne doit pas s'arrêter à l'évaluation et à la certification des performances environnementales des bâtiments. Elle doit favoriser l'apparition d'outils ou de méthodes d'aide à la décision pour ensuite **favoriser l'éco-conception et l'optimisation des bâtiments**. Elle doit permettre, à l'échelle du secteur de la construction, de contribuer à la **réduction des pressions sur l'environnement** : réduire les émissions de gaz à effet de serre, les consommations d'énergie, et la consommation d'eau ainsi que générer moins de déchets sont les priorités inscrites au code de la construction et de l'habitation. Il faut donc se servir de la démarche pour identifier de nouveaux leviers de progrès et favoriser l'émergence de solutions répondant aux enjeux.

- **Ne pas oublier les autres volets du développement durable**

Il est essentiel que l'évaluation des performances sur les thématiques santé, confort, économie et social progressent rapidement pour permettre une vraie application des principes généraux du développement durable dans la construction.

CONCLUSION

Les objectifs du projet « mise en place du label de Haute Qualité Energétique et Environnementale (HQEE) » et du volet environnemental de l'expérimentation « HQE performance » étaient notamment :

- Tester l'opérationnalité de la démarche d'évaluation des performances environnementales des bâtiments par analyse de cycle de vie par le biais d'une modélisation d'une centaine de bâtiments non seulement par des experts mais aussi par des acteurs de tout type
- Identifier, mieux connaître et mieux comprendre les contributeurs aux impacts environnementaux d'un bâtiment
- Définir des échelles de référence pour les principaux indicateurs environnementaux afin de positionner les performances des bâtiments vis-à-vis des autres.

L'expérimentation, de part son ampleur et ses spécificités, est quasi unique au monde [4], [5]:

- l'annexe technique des deux projets et les documents mis à disposition par le CSTB pour aider à la modélisation ont permis de donner un caractère opérationnel à la norme XP P01-020-3, plus d'un an avant la parution de la norme EN15978,
- plus de 50 équipes opérationnelles non expertes de l'évaluation environnementale ont modélisé un de leurs projets et évalué les performances environnementales par une approche cycle de vie
- la France a démontré l'opérationnalité de la démarche de QEB qu'elle défend au niveau international s'appuyant sur arsenal normatif conséquent (série NF P01_0XX), un programme de déclarations environnementales et une base de données nationale de référence (INIES).

Cette expérimentation devrait trouver un écho européen avec celle engagée par SBA.

Depuis quelques mois, le chemin parcouru est immense. Evidemment la démarche doit encore murir et gagner en opérationnalité, via des simplifications de l'évaluation, une consolidation de l'annexe ou la diffusion massive de nouvelles données environnementales, mais la dynamique créée devrait pouvoir répondre à ces défis.

On retiendra de cette étude la forte contribution des produits de construction à certains indicateurs environnementaux. Elle met en exergue la prépondérance (pour ces bâtiments déjà performants énergétiquement) du contributeur énergie spécifique. Il est donc crucial de s'y intéresser mais également de savoir exactement ce qui est imputable au bâtiment ou non.

L'étude souligne l'intérêt de disposer de données environnementales génériques et spécifiques pour les produits et services, afin de répondre au double objectif de l'éco-conception des bâtiments et de leur évaluation.

Quant à une démarche d'éco-conception, une analyse fine du contributeur produits et matériaux a permis de confirmer que l'optimisation multicritère serait difficile car forcément spécifique au projet. Par ailleurs, l'étude a démontré que le gain apporté par une prolongation de durée de vie de l'ouvrage « à l'identique » présente un intérêt modéré, alors même que la dégradation des performances du bâtiment dans le temps n'est pas prise en compte.

Nous disposons à présent d'un premier jeu de valeurs de référence. Ces valeurs nous paraissent utilisables dans les outils de conception comme ordre de grandeur ou point de repère et pour le développement de référentiels expérimentaux de certification.

Cette étude a permis d'apporter des premières réponses aux interrogations soulevées par la mise en place d'une nouvelle forme d'évaluation. L'objectif premier reste fixe : permettre au secteur de la construction de réduire considérablement ses impacts sur l'environnement. Il faut donc aller plus loin : faciliter cette démarche d'évaluation en diffusant une méthode, en fiabiliser les résultats, proposer des aides pour une démarche d'éco-conception efficiente et transparente (où et comment agir efficacement), etc.

D'autres actions, d'autres acteurs doivent venir concourir à ces ambitions. Une nouvelle expérimentation HQE Performance pourra être de celles-là.

Merci à tous les acteurs qui ont contribué de près ou de loin à cette expérimentation !

BIBLIOGRAPHIE :

Normes

ISO. Sustainability in Building Construction- General Principles. ISO 15392. 2008

ISO. Sustainability in building construction - Environmental declaration of building products. ISO 21930. October 2007

ISO. Sustainability in building construction - Framework for methods of assessment for environmental performance of construction works - Part 1: Buildings. ISO 21931-1. June 2010.

[1] AFNOR. Qualité environnementale des produits de construction, Déclaration environnementale et sanitaire des produits de construction, NF P01-010. Décembre 2004

AFNOR. Management environnemental – Analyse du cycle de vie – Principes et cadre. NF EN ISO 14040. Juillet 2006

AFNOR. Qualité environnementale des bâtiments. Partie 1 : Cadre méthodologique pour la description et la caractérisation des performances environnementales et sanitaires des bâtiments. NF P 01-020-1. Mars 2005.

[2] AFNOR. Définition et méthodes de calcul des indicateurs environnementaux pour l'évaluation de la qualité environnementale d'un bâtiment, XP P01-020-3, AFNOR, 2009

AFNOR. P 01-015. Qualité environnementale des produits de construction. Fascicule de données énergie et transport. 41 p. (Electricité France 2002, etc.)

[3] AFNOR. Contribution des ouvrages de construction au développement durable. Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Méthode de calcul. Pr NF EN 15978. Avant-projet de norme soumis à enquête publique jusqu'au : 21 juillet 2010. Juin 2010.

Articles

CHEVALIER, J.L., CHEVALIER, J, RUBAUD, M., CASAMASSIMA, M. 2001. Practitioner tools for integrating product environmental aspects in building design. Proceeding of the CIB world conference Wellington NZ

CHEVALIER, J. SCHIOPU, N., LEBERT, A., CHEVALIER, J.L., Integrated environmental and health assessment of construction products and buildings: french context, Proceeding of the SASBE world conference, Delft, the Netherlands June 2009

PEUPOORTIER, B. & Al, Inter-comparison and benchmarking of LCA-based environmental assessment and design tools, publication issue du projet européen PRESCO, 5p.

OPTIS M, WILD P. Inadequate documentation in published life cycle energy reports on buildings. Data Availability, Data Quality in LCA. The International Journal of Life Cycle Assessment, Vol. 15, Issue 7. June 12, 2010. pp 644 – 651

CHEVALIER, J. & Al. ELODIE: a tool for the environmental assessment of buildings, Proceeding of the SB10 World conference, Finland. 2010, 13 p.

[4] König H., SB11. October 2011, Helsinki. 'Life Cycle Costs and Life Cycle Assessment benchmarks for residential buildings in Germany' (2011)

[5] Wittstock B., SB11. October 2011, Helsinki. 'LCA in Building Certification : Experience from Germany' (2011)

Travaux de thèse

CHATAGNON, N., Développement d'une méthode d'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments au stade de la conception, Université de Chambéry, Thèse de doctorat, 1999, 344p.

LEMAIRE, S., Aide au choix des produits de construction sur la base de leurs performances environnementales et sanitaires, Insa de Lyon, Thèse de Doctorat, 2006, 267p.

[6] LASVAUX, S., Etude d'un modèle simplifié pour l'ACV des bâtiments. Thèse de doctorat, Spécialité: Energétique, MINES ParisTech, 2010, 396 p.

Sites Internet

[7] ELODIE tool, Available on: <www.elodie-cstb.fr>

Greening the Building Life Cycle. Life cycle assessment tools in building and construction, Available on: <<http://buildlca.rmit.edu.au/links.html> >

[8] INIES Database. Available on: <<http://www.inies.fr>>

[9] HQE ASSOCIATION, Available on: <<http://www.assohqe.org> >

[10] SUSTAINABLE BUILDING ALLIANCE Available on: <<http://www.sballiance.org/> >

Pour aller plus loin ...

[11] ASSOCIATION POUR LA HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE. HQE Performance Annexe technique, bâtiments neufs, version du 22/12/2010. Paris, 2010, 34 p. Available on : <www.assohqe.org> (Accessed on 12.04.2011)

SUSTAINABLE BUILDINGS ALLIANCE. A framework for common metrics of buildings version 2009 (1.7). January 2010. 30p.

[12] ADEME. CSTB. Bilan Carbone appliqué au bâtiment. Guide méthodologique. Version 1. Novembre 2010. 55 pages. Téléchargeable ou consultable à l'adresse suivante : <http://www.ademe.fr/internet/Flash/bilan-carbone-et-batiment/index.html>

ANNEXE 1 : ANNEXE TECHNIQUE HQE PERFORMANCE

ANNEXE TECHNIQUE HQE PERFORMANCE 1^{ère} PARTIE : CALCUL DES INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX

Version 3 – 29 juin 2010 – adoptée par le groupe de travail indicateurs environnementaux

Introduction

La norme de référence pour le calcul de l'impact environnemental d'un bâtiment est la norme XP P01-020-3.

Ce document fixe un certain nombre d'hypothèses pour homogénéiser les calculs dans le cadre d'une large expérimentation.

Il reprend des passages de la norme (en italique, encadré de guillemets) et explique comment l'appliquer. Certains passages de la norme n'étant pas facilement applicables en l'état des données disponibles, ce document propose aussi des solutions palliatives.

Généralités

Le calcul des impacts environnementaux dans le cadre de cette expérimentation doit concerner :

- Une **construction neuve**¹
- Une opération en cours de conception ou de réalisation ou une opération achevée récente pour laquelle les **informations nécessaires aux calculs sont disponibles**,
- Une opération **d'un niveau de performance énergétique au moins équivalent au niveau BBC**.

Obligatoirement les indicateurs environnementaux suivants (issus de la norme XP P01-020-3 ou de la norme NF P01-010) :

- Consommation de ressources énergétiques
- Énergie primaire totale (kWh)
- Énergie primaire non renouvelable (kWh)
- Énergie primaire renouvelable (kWh)
- Épuisement de ressources non énergétiques (kg équivalent Sb)
- Biodiversité (selon norme XP P01-020-3)
- Consommation de foncier (m²)
- Consommation d'eau (m³)
- Déchets solides éliminés – Déchets dangereux (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets radioactifs (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets non dangereux (t)
- Déchets solides éliminés – Déchets inertes (t)
- Déchets valorisés (t)
- Changement climatique (kg équivalent CO₂)
- Acidification atmosphérique (kg équivalent SO₂)
- Pollution de l'air (m³)
- Pollution de l'eau (m³)
- Formation d'ozone photochimique (kg équivalent C₂H₄)
- Optionnellement, les indicateurs suivants :
- Consommation de ressources énergétiques
- Énergie primaire procédé (kWh)
- Épuisement de ressources non énergétiques
- Consommation de ressources non énergétiques non renouvelables épuisables (t)
- Consommation de ressources non énergétiques non renouvelables non épuisables (t)
- Consommation de ressources non énergétiques renouvelables (t)
- Consommation d'eau
- Eau potable (m³)
- Eau non potable (m³)
- Eutrophisation (kg équivalent phosphate)

¹ Une adaptation de cette annexe technique pour le cas des réhabilitations sera réalisée prochainement.

Certains indicateurs optionnels sont des indicateurs qui diffèrent de la norme XP P01-020-3 à la norme NF P01-010. Par conséquent, le calcul de la contribution « produits » ne sera pas toujours possible.

Les calculs seront réalisés, à minima, pour une durée de vie de 50 ans et pour une durée de vie de 100 ans.

Documentation du projet

- Les calculs devront être accompagnés d'une notice de calcul comprenant à minima :
- Le nom du projet
- Les coordonnées du maître d'ouvrage
- Les coordonnées d'un contact « calcul »
- L'adresse de l'ouvrage modélisé
- La zone climatique (y compris la localisation et l'altitude)
- La zone sismique
- Le nombre de bâtiments du projet
- La description de chaque bâtiment
- La typologie de l'ouvrage (liste non exhaustive donnée à titre indicatif)
- Maison individuelle
- Maisons individuelles groupées
- Immeuble collectif
- Bâtiment de stockage
- Bâtiment d'élevage
- Bâtiment à vocation industrielle
- Bâtiment administratif
- Bâtiment de bureaux
- Bâtiment d'enseignement ou de recherche
- Equipement sportif ou culturel
- Bâtiment de commerce
- Bâtiment à vocation sanitaire et sociale
- Bâtiment d'hébergement
- Transport (gare ou aéroport)
- Autre
- La surface Hors d'œuvre Nette (SHON) et éventuellement une autre unité de surface pertinente en fonction de la typologie (Surface Habitable, Surface Utile, Surface Utile Brute, Surface Dans Œuvre,...)
- Le nombre d'étages
- Une unité de référence proposée pour rendre compte de l'usage du bâtiment dans l'interprétation des résultats : nombre d'occupants du bâtiment, durée d'occupation du bâtiment, nombre de têtes de bétail, nombre de postes de travail, nombre d'événements (artistiques, sportifs,...) organisés, nombre de spectateurs accueillis, nombre de clients par jour, nombre de nuitées réalisées, nombre de lits, nombre de voyageurs par an...)
- L'étape du projet à laquelle les calculs sont réalisés (selon typologie loi MOP)
- Le tableau des contributeurs pris en compte (voir hypothèses de calcul)
- Les hypothèses de calcul (voir hypothèses de calcul)

Les résultats des calculs devront être présentés conformément au paragraphe « présentation des résultats »

Hypothèses de calcul

Contributeurs à prendre en compte

Contributeur	Niveau de prise en compte	Numéro
Consommations d'énergie couvertes par la réglementation thermique	Obligatoire	1
Autres consommations d'énergie liées au bâti (non pris en compte par la réglementation thermique)	Optionnel	2
Consommations d'énergie liées à	Optionnel	3

l'activité ²		
Consommations de produits et matériaux de construction	Obligatoire	4
Chantiers (hors contribution produits) ³	Obligatoire	5
Consommation d'eau	Obligatoire	6
Production et gestion des déchets d'activité ²	Optionnel	7
Rejets liquides	Obligatoire	8
Consommation de matières liées à l'activité ²	Optionnel	9
Transport des usagers	Optionnel	10

Pour chaque contributeur, les hypothèses de calcul doivent être détaillées.

Calcul du contributeur 1 (obligatoire) - Consommations d'énergie couvertes par la réglementation thermique

Les hypothèses suivantes sont retenues :

- Les consommations d'énergie finales sont calculées avec le code de calcul réglementaire applicable au projet
- Le calcul des impacts environnementaux liés à ces consommations d'énergie est obtenu en multipliant ces quantités d'énergie par les profils environnementaux de la mise à disposition des énergies finales (incluant les émissions de la combustion pour les équipements thermiques tels que chaudières, poêles à bois...).
- Si des données d'émissions des équipements plus précises sont disponibles, la source des données doit être précisée (base de données ou données constructeur). Les émissions minimum à prendre en compte sont le CO₂, le CO, les NO_x, les SO_x, les hydrocarbures et les particules. Dans ce cas, pour éviter le double comptage, il faut multiplier les consommations des énergies finales par les profils environnementaux des énergies n'incluant pas la combustion.

Calcul du contributeur 2 - Autres consommations d'énergie liées au bâti (non pris en compte par la réglementation thermique)

« Ces postes sont par exemple :

- les ascenseurs et monte-charges ;
- les escaliers mécaniques ;
- les volets roulants motorisés ;
- les portes et portails automatisés.

Les postes pris en compte dans l'évaluation doivent être explicités. Les méthodes (scénarios, hypothèses...) utilisées pour les calculs des consommations relatives à ces postes doivent être documentées et justifiées.

Une étude de sensibilité peut être réalisée pour estimer les incertitudes liées à ces postes. Cette étude peut alors conduire à négliger certains de ces postes ou au contraire à affiner les méthodes de calcul. »

Calcul du contributeur 3 - Consommations d'énergie liées à l'activité

« Ces consommations d'énergie doivent être quantifiées si les processus liés à l'activité dont le bâtiment est le support sont inclus dans l'évaluation environnementale du bâtiment.

Les postes pris en compte dans cette quantification doivent être explicités. Les méthodes (scénarios, hypothèses, etc.) utilisées pour les calculs des consommations relatives à ces postes doivent être documentées et justifiées. »

Calcul du contributeur 4 (obligatoire) – Consommations de produits et matériaux de construction

² Par homogénéité, si l'un de ces contributeurs est calculé, les autres doivent l'être aussi.

³ Ce contributeur n'est pas mentionné dans la norme XP P01-020-3 car il était normalement couvert par le contributeur 4.

« Pour faire le calcul des contributions des produits de construction aux impacts environnementaux du bâtiment, l'évaluateur doit spécifier :

- une durée de vie estimée (DVE) pour tous les produits incorporés dans le bâtiment ;
- la quantité de chaque produit mis en œuvre exprimée dans la même unité que celle retenue dans l'unité fonctionnelle du produit. »

En absence de disponibilité des impacts environnementaux par étape du cycle de vie, la norme XP P01-020-3 doit être modifiée comme suit. Le calcul de la contribution à l'échelle de l'ouvrage se base sur l'impact pour le total cycle de vie pour toute la DVT pour chaque indicateur pour une unité fonctionnelle (Noté I_{total}). La contribution d'une unité fonctionnelle produit à un indicateur à l'échelle de l'ouvrage est notée I_p . La durée de vie de l'ouvrage est la DVP (norme XP P01-020-3).

Deux cas sont possibles :

- Si $DVE \geq DVP$, alors $I_p = I_{total}$
- Si $DVE < DVP$, alors $I_p = [ENT(DVP/DVE)+1] \times I_{total}$

Extrait de la norme XP P01-020-3

« La contribution de chaque produit aux impacts du bâtiment est alors obtenue en multipliant I_{total} par la quantité d'unités fonctionnelles de produit utilisées dans le bâtiment. »

En ce qui concerne la liste des composants à prendre en compte dans le calcul (non spécifiée dans la norme XP P01-020-3), la règle suivante est définie :

Le périmètre d'étude comprend tous les ouvrages de bâtiment et génie civil **situés sur la parcelle**

La liste des éléments à prendre en compte est l'ensemble des éléments de gros œuvre et second œuvre nécessaires à l'usage du bâtiment dont notamment :

- Fondations (y compris l'adaptation au sol)^{4*}
- Planchers et dalles*
- Murs extérieurs (y compris fenêtres)*
- Autres éléments de structure verticaux (piliers,...)*
- Charpente et couverture *
- Murs intérieurs et cloisonnement*
- Revêtements de sols*
- Revêtements muraux
- Portes et menuiseries extérieures (y compris portes de garage)
- Portes et menuiseries intérieures
- Escaliers
- Equipements de transport internes (ascenseurs, escaliers mécaniques...)
- Réseaux (eau, ventilation, gaz, distribution d'électricité, télécommunication)
- Equipements sanitaires (douches, toilettes, baignoires, lavabos...) y compris robinetterie
- Equipements de production locale d'électricité (photovoltaïque, éolien, ...)⁵
- Equipements de production de chaleur et de froid (chaudières, pompes à chaleur, poêles à bois, Solaire thermique, climatiseur, échangeurs, ballons thermodynamiques, émetteurs de chaleur...)
- Equipements de ventilation, filtration et épuration de l'air
- Equipements de traitement des eaux sur la parcelle
- Equipements de stockage de l'eau (ECS, eaux pluviales...)
- Equipements électriques et électroniques de régulation
- Equipements d'éclairage (dont éclairage de sécurité)

Par ailleurs, pour le calcul de ce contributeur, il faut ajouter les fuites de gaz frigorigène (qui peuvent être estimées par la quantité de gaz à réinjecter dans le système à chaque entretien). Le module de calcul de la méthode bilan carbone peut être utilisé pour estimer ces fuites et donc ces consommations.

⁴ Les éléments marqués d'un astérisque sont ceux dont la prise en compte est obligatoire dans le référentiel « common metrics SBA 2009 »

⁵ La méthode de prise en compte des productions locales d'énergie doit être explicitée et justifiée. Elle doit être cohérente avec la méthode de calcul thermique réglementaire.

Pour tous les éléments pris en compte, il conviendra de documenter la quantité estimée et les données environnementales associées. Par défaut, la DVT conventionnelle des éléments sera prise en compte. Tout écart devra être documenté et justifié.

Les calculs utiliseront par ordre préférentiel :

- Les FDES disponibles sous INIES
- les PEP et les autres FDES
- Les valeurs par défaut (fournies par les outils ou la base INIES)
- D'autres sources de données (à préciser dans la documentation du projet).

Calcul du contributeur 5 (obligatoire) - Chantiers

Des éléments sur la mise en œuvre des produits et équipements et sur la gestion des déchets de chantier sont déjà inclus dans les FDES. Il s'agit ici de chiffrer les éléments de chantier communs à plusieurs systèmes et non pris en compte dans les FDES ou les PEP :

- Consommation d'eau et d'énergie des cantonnements de chantier
- Amortissement matériel des équipements lourds (grues fixes,...).
- Consommation d'eau hors cantonnements
- Consommation d'énergie hors cantonnements
- Consommation des engins de chantier pour le terrassement, le forage de puits, l'évacuation des terres et la démolition (électricité, combustible et/ou consommables)
- Quantité de déblais et remblais quittant ou entrant sur la parcelle.

Pour ces postes, il s'agit de collecter des quantités d'eau, électricité, fioul et matériaux consommés et de multiplier ces données par les profils environnementaux associés à chaque type de consommation (voir norme XP P01-020-3).

La liste des postes pris en compte doit être explicitée.

Si le site nécessite une dépollution avant construction, les impacts liés à la dépollution sont pris en compte mais doivent être clairement différenciés dans la présentation des résultats.

Calcul du contributeur 6 (obligatoire) – Consommation d'eau

« Le calcul des consommations d'eau est réalisé en utilisant des données conventionnelles de consommation d'eau pour les usages suivants :

- eau sanitaire ;
- eau non sanitaire.

Si des équipements ou installations sont mis en œuvre dans le bâtiment ou sur sa parcelle pour réduire ces consommations, un scénario spécifique de réduction doit alors être utilisé pour moduler les consommations conventionnelles. Ces équipements ou installations doivent alors être considérés comme des composants à part entière du bâtiment.

Ces consommations doivent être réparties par source d'eau consommée et exprimées en volume.

Les sources d'eau peuvent être :

- réseau d'eau potable ;
- eau puisée sur site (eaux de surface, eaux souterraines, etc.) ;
- eaux récupérées (eaux pluviales, eaux recyclées, etc.). »

Les consommations d'eau des postes et équipements suivants doivent être prises en compte obligatoirement :

- Sanitaires et lavabos,
- Entretien des locaux (lorsqu'il n'est pas inclus dans les FDES)
- Arrosage des espaces verts
- Eviers, douches, baignoires
- Les consommations d'eau des postes et équipements suivants sont à prendre en compte de façon optionnelle et leur prise en compte doit être justifiée en fonction de la typologie de l'ouvrage
- Appareils électroménagers (lave linge, lave vaisselle, ...)
- Equipements de loisirs (spas, aquarium, ...)

Si des équipements de récupération d'eau de pluies ou d'eaux grises existent, ils peuvent être pris en compte dans le calcul. Les consommations d'eau potable ainsi évitées ne peuvent excéder la

couverture des usages réglementaires des eaux pluviales et des eaux grises. Les équipements doivent alors être intégrés dans le contributeur 4.

La méthode de calcul utilisée doit être documentée. Notamment, le nombre d'occupants/utilisateurs doit être renseigné. Si un outil de calcul est utilisé, cet outil doit être mentionné et les hypothèses de modélisation doivent être précisées. L'impact environnemental lié à la mise à disposition de l'eau consommée est obtenu en multipliant les volumes d'eau consommés (par « source ») par les profils environnementaux de la mise à disposition de l'eau pour chacune des « sources ».

Calcul du contributeur 7 - Production et gestion des déchets d'activité

« Si les processus liés à l'activité dont le bâtiment est le support sont inclus dans l'évaluation environnementale du bâtiment, il convient de quantifier les déchets d'activité par catégorie de déchets (dangereux, non dangereux, inertes et radioactifs (voir note suivante).

NOTE Par exemple, les établissements de santé peuvent générer des déchets radioactifs (sources radioactives, etc.).

Les méthodes (scénarios, hypothèses, etc.) utilisées pour estimer les quantités de déchets doivent être documentées et justifiées. »

Calcul des impacts

« La méthode des stocks est appliquée aux déchets d'activité valorisés. Dans le cas d'une élimination sans valorisation (décharge par exemple), le procédé d'élimination est inclus dans les frontières de l'étude.

a) La méthode des stocks

Cette méthode permet de répartir les impacts environnementaux d'un procédé de valorisation matière ou énergie d'un déchet entre le producteur du déchet et l'utilisateur de la matière ou de l'énergie valorisée. Le stock doit être défini par convention entre les deux systèmes (producteur et utilisateur). Le stock ne peut accepter que des flux de matière stockables. Le système producteur se voit donc affecté les impacts environnementaux des procédés de transport et de conditionnement de la matière jusqu'au stock. Le flux de déchets valorisés représente alors pour le système producteur une réduction de la masse de déchets éliminés. Ce flux de déchets valorisés apparaîtra dans le bilan environnemental comme un flux de « matière récupérée » ou « énergie récupérée ». Dans le cas d'une valorisation énergétique, le flux « énergie récupérée » correspond au pouvoir calorifique inférieur (PCI) du flux matière. »

« b) Prise en compte de la mise en décharge

Lors d'une mise en décharge, les impacts environnementaux du transport et de la dépose des déchets sont affectés au système producteur du déchet. Par ailleurs, la décharge est considérée comme un procédé de stockage dont il faut comptabiliser les émissions dans l'eau, l'air et le sol. À défaut d'autres données plus précises, pour les lixiviats, les concentrations limites d'acceptabilité réglementaire des différents types de décharge peuvent être utilisées pour estimer les émissions dans l'eau des déchets. »

Calcul du contributeur 8 (obligatoire) - Rejets liquides

« Les rejets liquides à considérer sont :

- les rejets d'eaux pluviales ;*
- les rejets d'eaux vannes ;*
- les rejets d'eaux grises.*

Ces flux doivent non seulement être quantifiés mais aussi qualifiés (concentrations en polluants : voir liste indicative de la norme NF P 01-010). »

Les rejets pris en compte doivent au moins couvrir les rejets des équipements pris en compte dans le calcul des consommations d'eau (contributeur 6).

Les procédés d'épuration des rejets liquides sont inclus dans les frontières de l'évaluation. Si les données environnementales sur ces procédés ne sont pas disponibles, les rejets liquides sont considérés comme émis directement dans l'environnement, les concentrations de polluants lors du

rejet sont alors utilisées pour calculer les impacts environnementaux en utilisant les coefficients de conversion de la norme NF P 01-010 pour l'indicateur pollution de l'eau.

Seuls les rejets d'eau liés aux consommations prises en compte dans le contributeur 6 sont à considérer.

Si l'eau est traitée sur la parcelle, il faut obtenir les données de fonctionnement de l'équipement autonome (électricité et consommables) et suivre le principe de la norme pour le calcul des impacts associés.

Dans le cas des toilettes sèches, une étude environnementale de pollution des eaux et des sols est nécessaire (contribution aux indicateurs pollutions de l'eau et de l'air).

Calcul du contributeur 9 – Consommation de matières liées à l'activité

« Si les processus liés à l'activité dont le bâtiment est le support sont inclus dans l'évaluation environnementale du bâtiment, alors les flux matières entrant (consommations) nécessaires à cette activité doivent être comptabilisés en utilisant des méthodes d'évaluation spécifiques à cette activité. La méthode doit alors être documentée et justifiée. »

Les impacts de la mise à disposition de ces flux doivent alors être pris en compte (fabrication, transport...).

Calcul du contributeur 10 – Transports des usagers

« Pour quantifier les transports générés par un bâtiment, il faut identifier et différencier :

- les personnes concernées (usagers résidents, utilisateurs ponctuels, etc.) ;
- les types de trajet (domicile-travail, domicile-service, etc.) tenant compte des types de services disponibles (proximité des commerces, des équipements culturels, des établissements scolaires, etc.) ;
- les modes de transport disponibles ou prévus (collectifs, individuels, etc.).

Les transports pris en compte doivent être explicités, documentés et justifiés pour chacun de ces trois aspects.

Ces transports doivent être quantifiés en personne.km par mode de transport et pour la durée de vie du bâtiment évalué. »

Pour un logement doivent être pris en compte :

Les déplacements domicile-travail

Les déplacements domicile-services (école, centre commercial, commerces de proximité...).

Ces déplacements doivent être estimés de façon forfaitaire en identifiant la distance moyenne parcourue, les occurrences des déplacements et la part modale pour assurer chaque type de déplacement. **Les impacts liés aux transports des usagers sont alors obtenus en multipliant les quantités de transport (en personne.km) par les impacts unitaires de chaque type de transport.**

Calcul spécifique de l'indicateur biodiversité

« L'indicateur de la biodiversité est l'évolution de la part végétalisée de la parcelle :

$$I = (S2 - S1) / S$$

où :

S1 est la surface végétalisée initiale de la parcelle où sont implantés le bâtiment et ses accès ;

S2 est la surface végétalisée du projet final (par exemple, jardin, toiture ou façade végétalisée) ;

S est la surface totale de la parcelle.

L'indicateur est sans dimension. »

Cet indicateur n'est pas totalement satisfaisant. En absence d'autre méthode consensuelle, son calcul est demandé. Tout autre indicateur ou méthode d'évaluation peut être proposé en complément et devra être justifié et documenté.

Par ailleurs, si la situation le permet, il serait souhaitable de faire réaliser une étude écologique avant la réalisation et après la fin des travaux.

Note : Les référentiels de certification des bâtiments LEED, BREEAM et NF Bâtiments HQE tertiaire proposent une évaluation de l'impact sur la biodiversité. Ces évaluations, selon ces référentiels, peuvent aussi être fournies en complément.

Calcul spécifique de l'indicateur consommation de foncier

Doivent être comptabilisées et sommées non seulement l'emprise au sol du bâtiment mais aussi toutes les surfaces de la parcelle quelque soit leur nature.

La typologie des espaces est classée en trois groupes d'utilisation du sol :

- **les territoires artificialisés**, comprenant les espaces urbains, les réseaux de transport et globalement l'ensemble des espaces minéralisés ;
- **les territoires agricoles** tels que les terres arables, les prairies, les vergers, etc.
- un groupe hybride comprenant les forêts et milieux semi-naturels, les zones humides et les surfaces en eau, sous le nom **d'espaces naturels**.

Il est demandé d'identifier l'état initial des surfaces et l'état final des surfaces et de remplir le tableau suivant :

	Etat initial	Etat final
Espaces artificialisés perméables pollués		
Espaces artificialisés perméables non pollués		
Espaces artificialisés imperméables pollués		
Espaces artificialisés imperméables non pollués		
Espaces agricoles		
Espaces naturels (forêts)		
Espaces naturels (zones humides et surfaces en eau)		
Autres espaces naturels		

Ce tableau peut être accompagné d'un commentaire pour justifier les valeurs affichées.

Présentation des résultats

Les résultats doivent comprendre :

Pour chaque bâtiment et pour chaque indicateur

- Le Total (pour toute la durée de vie du bâtiment et par annuité, pour l'ensemble du bâtiment et par m² SHON et par unité de référence)
- Total limité aux contributeurs obligatoires
- Répartition par contributeur (pour tous les contributeurs inclus)
- Pour le contributeur énergie « réglementaire » et par indicateur
- le Total
- la répartition par poste (chauffage, ECS, refroidissement, éclairage, auxiliaires)
- Pour le contributeur matériaux/produits/équipements et par indicateur :
- le Total
- la répartition par poste
- Répartition obligatoire SBA/non obligatoire SBA (voir contributeur 4)
- Le % des valeurs d'indicateurs justifiables sur la base des FDES ou des PEP
- Pour le contributeur chantier et par indicateur :
- Le total
- La répartition par poste
- La répartition construction/démolition.

Les résultats doivent par ailleurs être accompagnés d'une interprétation permettant d'identifier pour chaque indicateur tous les déterminants majeurs (au moins 5% du total bâtiment). Enfin, il serait souhaitable que les résultats soient accompagnés d'une étude de sensibilité portant sur les déterminants majeurs.

ANNEXE 2 : ECHANTILLON CONSIDERE

BATIMENTS	TYPOLOGIE	modélisateur	reçu par le CSTB	intégré à l'étude	Valeur énergie primaire totale « consolidée » (kWh/m ² SHO N/an)	Valeur énergie primaire totale « reconstituée » (kWh/m ² SHO N/an)	Valeur CO2 « consolidée » (kg CO2/m ² SHO N/an)	Valeur CO2 « reconstituée » (kg CO2/m ² SHO N/an)	
CSTB 19 bâtiments									
Cap l'Orient	Pôle Déchet (centre de tri) Ploemeur	bâtiment administratif	CSTB	x	x	75,9	75,6	16,4	16,3
Association Espace Kiethon	Médreac	bâtiment d'enseignement ou de recherche	CSTB	x	x	58,4	69,6	11,6	13,8
DOUARNENEZ HABITAT	Douarnenez	immeuble collectif	CSTB	x	x	48,2	51,9	10,2	11,0
SNI	Dijon	maisons individuelles groupées	CSTB	x	x	50,2	66,5	7,4	11,5
EPLEFPA du Cher - enseignement	Le Subdray	bâtiment d'enseignement ou de recherche	CSTB	x	x	69,8	85,8	11,5	14,8
EPLEFPA du Cher - hébergement	Le Subdray	immeuble collectif	CSTB	x	x	42,4	51,0	7,8	9,6
SNI	Joué-lès Tours	immeuble collectif	CSTB	x	x	53,4	55,7	12,1	12,4

CCI de l'Eure	Hôtel consulaire	bâtiment administratif	CSTB	x	x	57,9	46,6	13,9	12,0
Centre Hospitalier bâtiment psychiatrie	Dieppe	bâtiment à vocation sanitaire et sociale	CSTB	x	x	37,9	44,0	7,4	8,1
M. et Mme RENARD	MENNEVAL	maison individuelle	CSTB	x	x	39,1	52,7	5,7	8,6
LOGEAL	LOGEAL MALAUNAY	immeuble collectif	CSTB	x	x	48,8	47,3	10,1	9,8
SNI	Le Havre	immeuble collectif	CSTB	x	x	47,7	50,1	12,4	13,0
SNI	Ramonville Saint Agne	immeuble collectif	CSTB	x	x	55,5	60,8	12,8	14,7
SNI Valon des Dervallières	Nantes	immeuble collectif	CSTB	x	x	46,6	51,5	11,9	13,0
SOGIMM	SOGIMM Bat A	immeuble collectif	CSTB	x	x	47,0	50,9	12,8	13,5
SNI	Champ de lière - Rilleux la Pape	immeuble collectif	CSTB	x	x	55,7	55,7	13,2	13,3
école de St Christo en Jarez	Saint Christo en Jarez	bâtiment d'enseignement ou de recherche	CSTB	x	x	66,2	74,8	17,2	19,1
Centre social ENTEC	St Jean St Pierre	bâtiment à vocation sanitaire et sociale	CSTB	x	x	73,2	76,2	15,0	15,6
Foncière des régions	Zac Amphitéâtre METZ	immeuble collectif	CSTB	x	x	41,4	48,5	9,0	10,6
CETE		18 bâtiments							

résidence Jean Moulin	Cébazat	immeuble collectif	CETE de Lyon	x	x	52,0	55,7	12,9	13,7
résidence 6 collines (OPHIS 63)	Beaumont (ZAC de La Mourette)	immeuble collectif	CETE de Lyon	x	x	39,7	43,4	8,7	9,5
Maison Polygone béton cellulaire	Aurillac	maison individuelle	CETE de Lyon	x	x	47,8	61,3	8,8	11,7
Maison Polygone brique monomur	Aurillac	maison individuelle	CETE de Lyon	x	x	74,3	87,9	15,7	18,7
CNIDEP	LAXOU	bâtiment administratif	Cete de l'Est	x	x	71,8	73,0	8,2	8,0
AIRLOR	VILLERS LES NANCY	bâtiment administratif	Cete de l'Est	x	x	69,8	56,9	6,4	9,9
école primaire de Commercy	Commercy	bâtiment d'enseignement ou de recherche	Cete de l'Est	x	x	32,2	38,4	5,4	6,9
Les Héliades bâtiment A	SAINT-DIE-LES-VOSGES	immeuble collectif	Cete de l'Est	x	x	59,7	62,4	8,1	8,8
Les Héliades bâtiment B	SAINT-DIE-LES-VOSGES	immeuble collectif	Cete de l'Est	x	x	63,3	66,0	8,9	9,6
BUSIPOLIS	Metz	bâtiment de bureaux	Cete de l'Est	x	x	58,0	48,6	14,0	12,3
Conseil Régional Pays de la Loire	Lycée Olonne/Mer	tertiaire + logements de fonction	CETE de l'Ouest						
SCI Octogone	Châteauneuf -sur-Isère	bâtiment de bureaux	CETE de Lyon/LR Clermont-Ferrand	x	x	52,9	52,9	11,6	11,6

AG2I	Bourg en bresse	bâtiment de bureaux	CETE de Lyon/LR Clermont-Ferrand	x	x	69,4	69,4	12,5	12,5
URBIPARC	Echirrolles	bâtiment administratif	CETE de Lyon/LR Clermont-Ferrand	x	x	48,1	47,7	9,1	9,4
SCI JUSTIEN	NEUFCHATEAU	bâtiment de bureaux	Cete de l'Est	x	x	52,3	50,5	8,1	10,5
Ecole de Pantin	PANTIN	bâtiment d'enseignement ou de recherche	CETE IdF	x	x	38,6	53,2	7,6	10,2
Australia (Sodreah)	Montigny-le-Bretonneux	bâtiment de bureaux	CETE IdF	x	x	36,2	39,3	8,0	9,4
Structure Multi accueil ZAC OLYMPE à YUTZ		bâtiment d'enseignement ou de recherche	Cete de l'Est	x					
expérimentation HQEPerformance 43 bâtiments									
MAISONNEUVE	FAUMONT	maison individuelle	maison neuve	x	x	49,0	69,0	9,4	13,4
Maison témoin la Bocaine	LES HERBIERS	maison individuelle		x	x	49,4	64,2	10,8	14,0
Maison des compagnons (SARL EGCC)	Sarras	maison individuelle		x	x	51,1	52,6	4,0	11,3

Maison le clos de la Groselière	Vignoles	maison individuelle	Compagnons Constructeurs	x	x	26,4	51,6	5,8	10,6
Maison de Grenelle	LAY SAINT CHRISTOPHE	maison individuelle	Maison d'en France	x	x	35,2	61,9	6,8	11,6
Maison BEPOS (Hanau)	Lotissement "Les Terres du Denzlach" à Kilstett	maison individuelle		x	x	63,2	62,8	13,1	13,2
maison France confort	RUILLE LE GRAVELAIS	maison individuelle		x	x	32,9	51,7	5,7	9,9
Maison ELAN		maison individuelle		x	x	29,5	50,8	6,4	10,8
maison Satov	SAINT REVEREND	maison individuelle		x	x	46,1	60,1	9,2	11,8
Maison St Gobain		maison individuelle		x	x	75,0	77,0	14,0	14,0
Maison Villa Soleil	Maison de qualité	maison individuelle	CSTB	x	x	48,0	59,0	9,9	12,6
Maison Elysée Océan	Maison de qualité	maison individuelle	CSTB	x	x	46,5	60,0	9,5	12,4
Maison Gardavaud	Maison de qualité	maison individuelle	CSTB	x	x	65,4	68,3	5,0	10,2
Maison Ericlor	Maison de qualité	maison individuelle	CSTB	x	x	40,6	54,1	8,2	11,0
Maison DELTA	Maison de qualité	maison individuelle	CSTB	x	x	48,0	53,4	10,2	10,9
DYNACITE	Bourg en Bresse	immeuble collectif		x	x	40,4	43,2	10,6	10,9
Les Lauréades "la timone" -résidence	Marseille	immeuble collectif		x					

étudiante									
NEOLIA	Bavan	immeuble collectif	CERQU AL H & E	x	x	34,6	40,4	8,9	10,1
GECINA - Villa Franca	Paris	immeuble collectif	Cap Terre	x	x	48,8	52,8	11,9	12,8
GECINA -Chambery	Paris	immeuble collectif	Cap Terre	x	x	55,7	62,1	13,8	15,1
IMMOBILIERE 3F Energie 0		immeuble collectif		x					
DOMAXIS, Grange Doublet		immeuble collectif		x	x	24,6	34,3	5,8	7,6
Nexity Cesson Natura	ZAC DE LA PLAINE DU MOULIN A VENT	maisons individuelles groupées	Elan	x	x	40,7	54,2	6,9	10,9
Expansiel -Limeil		immeuble collectif		x					
école des Platanettes	Nîmes	bâtiment d'enseignement ou de recherche	Inddigo	x	x	51,7	62,9	6,2	9,0
02 GA Promotion - Alten		bâtiment de bureaux	GA Cellule HQE & Socotec HQE	x	x	31,3	41,1	6,2	9,0
ICADE lumine&sens	Bordeaux	bâtiment de bureaux	ALTO	x					
Plateforme Industrielle (PIC) Rennes-Armorique	Noyal-Chatillon sur Seiche	bâtiment à vocation industrielle		x	x	17,7	27,0	3,5	5,4

Nobatek		bâtiment de bureaux		x	x	52,4	53,5	11,0	12,3
GECINA le Velum		bâtiment de bureaux	Tribu	x	x	26,3	40,7	7,5	8,7
viaverde -ilot de la croisee	Nanterre Seine Arche	bâtiment de bureaux	RFR Elements	x	x	44,7	47,3	10,3	10,7
GREEN ONE	PARIS (ZAC Pajol)	bâtiment de bureaux		x	x	32,6	40,0	6,6	8,7
10 SCI Beaugrenelle GECINA - Verseau		Commerce		x	x	65,8	45,9	15,7	9,3
SCI Beaugrenelle GECINA - Pégase		Commerce		x	x	27,7	53,0	6,7	11,0
Collège Auguste Renoir	Yvelines	bâtiment d'enseignement ou de recherche	AMO CA Ingenierie MOe Synaps e	x	x	23,3	34,9	5,8	7,9
multipôle enfance st Eloi	Poitiers	bâtiment d'enseignement ou de recherche		x	x	68,9	69,9	11,9	12,3
GECINA la garenne	La Garenne Colombes	bâtiment de bureaux		x	x	79,4	85,9	17,0	19,1
Phénomène E bureaux	COURBEVOIE	bâtiment de bureaux		x	x	15,0	33,6	3,9	8,2
Phénomène E restaurant d'entreprise	COURBEVOIE	Autre		x	x	32,0	54,9	10,8	14,4
croix de berny pomona	ANTONY	bâtiment de bureaux	Cap Terre	x	x	46,4	53,7	11,7	13,8
bâtiment GREEN	Meudon	bâtiment de		x	x	86,6	61,2	20,0	14,7

OFFICE		bureaux							
SPRING	Nanterre	bâtiment de bureaux		x	x	59,8	60,2	14,7	15,1
Axe 02	Arcueil	bâtiment de bureaux	COTEB A	x	x	81,5	46,8	15,7	11,7
				81	74				
				bâtiments	bâtiments				



ANNEXE 3 : BATIMENTS PREBAT, FIABILITE DES CONSOMMATIONS CONVENTIONNELLES RT

BATIMENTS		Fiabilité des consommations prévisionnelles conventionnelles RT (5 usages réglementés) pour les projets dont l'étude thermique a été expertisée
CSTB		19 bâtiments
Cap l'Orient	Pôle Déchet (centre de tri) Ploemeur	nécessitent des compléments d'informations
Association Espace Kiethon	Médreac	fiables
DOUARNENEZ HABITAT	Douarnenez	fiables
CCI de l'Eure	Hôtel consulaire	nécessitent des compléments d'informations
Centre Hospitalier bâtiment psychiatrie	Dieppe	Fiables sous réserve
M. et Mme RENARD	MENNEVAL	pas fiables
LOGEAL	LOGEAL MALAUNAY	fiables
SOGIMM	SOGIMM Bat A	fiables
école de St Christo en Jarez	Saint Christo en Jarez	fiables
CETE		18 bâtiments
résidence Jean Moulin	Cébazat	fiables
résidence 6 collines (OPHIS 63)	Beaumont (ZAC de La Mourette)	fiables
Maison Polygone béton cellulaire	Aurillac	fiables
Maison Polygone brique monomur	Aurillac	fiables
CNIDEP	LAXOU	nécessitent des compléments d'informations
AIRLOR	VILLERS LES NANCY	Pas fiables
école primaire de Commercy	Commercy	Pas fiables
Les Héliades bâtiment A	SAINT-DIE-LES-VOSGES	Pas fiables
Les Héliades bâtiment B	SAINT-DIE-LES-VOSGES	Pas fiables
BUSIPOLIS	Metz	Pas fiables
SCI Octogone	Châteauneuf -sur-Isère	nécessitent des compléments d'informations

AG2I	Bourg en bresse	fiables
URBIPARC	Echirrolles	nécessitent des compléments d'informations
SCI JUSTIEN	NEUFCHATEAU	nécessitent des compléments d'informations
Ecole de Pantin	PANTIN	nécessitent des compléments d'informations
Structure Multi accueil ZAC OLYMPE à YUTZ		nécessitent des compléments d'informations
expérimentation HQEPerformance		43 bâtiments
école des Platanettes	Nîmes	fiables
GECINA la garenne	La Garenne Colombes	fiables
Phénomène E bureaux	COURBEVOIE	
Phénomène E restaurant d'entreprise	COURBEVOIE	
croix de berny pomona	ANTONY	
bâtiment GREEN OFFICE	Meudon	nécessitent des compléments d'informations

ANNEXE 4 : ANALYSE GLOBALE DES CINQ CONTRIBUTEURS POUR LES AUTRES INDICATEURS POUR UNE DVP DE 50 ANS ET 100 ANS, IDENTIFICATION DES MEDIANES.

La présente annexe expose le reste des indicateurs environnementaux étudiés et non présentés dans le corps du rapport, pour une DVP de 50 ans puis 100 ans.

Comme indiqué dans le rapport, pour les contributeurs suivants :

- Au regard des données collectées (et des données environnementales disponibles), les contributeurs chantier et consommation et rejet d'eau ne semblent pas être des leviers d'action (exception faite de l'indicateur pollution de l'eau).
- Lorsque la valeur de l'indicateur énergie spécifique est nulle ou faible (typologie des immeubles collectifs et bâtiments enseignement et recherche), il s'agit a priori d'un manque ou d'une absence totale de données.

Indicateur énergie renouvelable

DVP 50 ans :

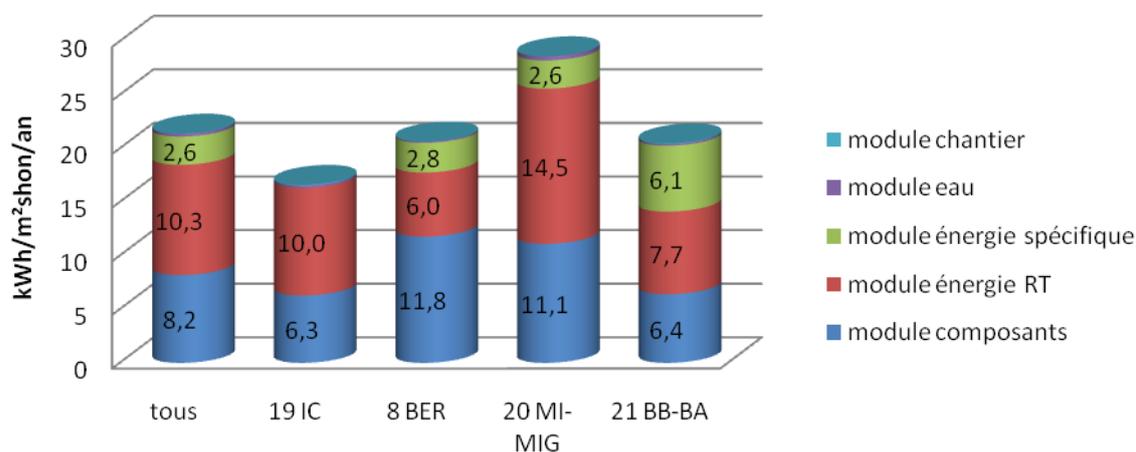


Figure 50 Représentation de l'indicateur énergie renouvelable (kWh/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

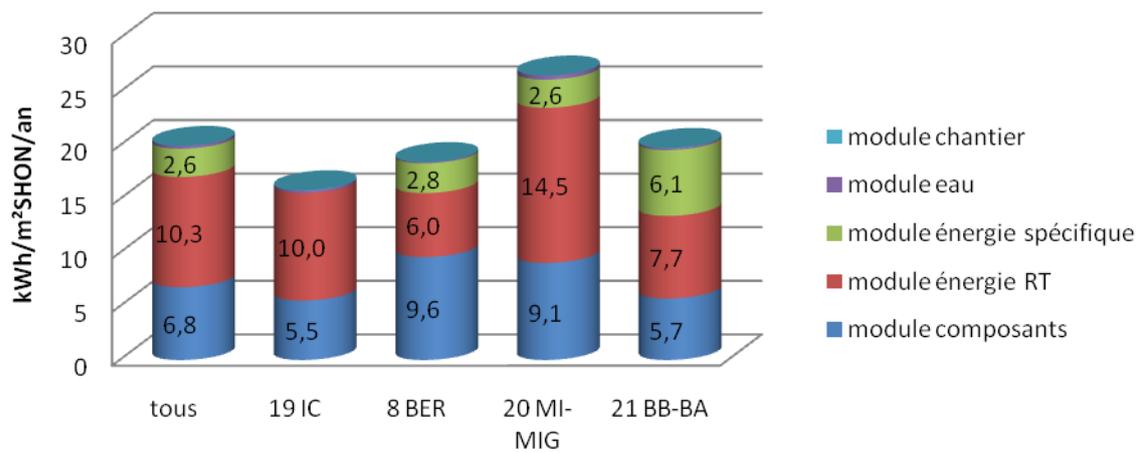


Figure 51 Représentation de l'indicateur énergie renouvelable (kWh/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur épuisement des ressources

DVP 50 ans :

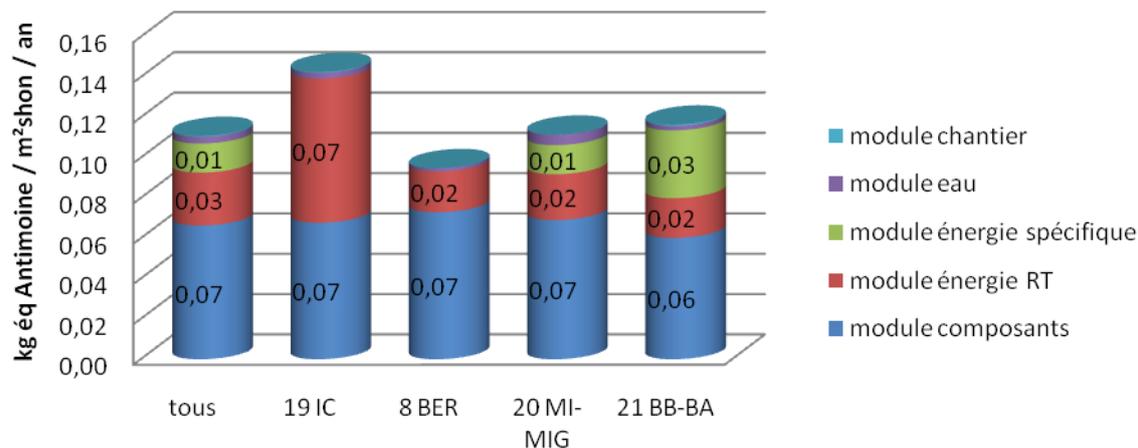


Figure 52 Représentation de l'indicateur épuisement des ressources (kg éq. Antimoine/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

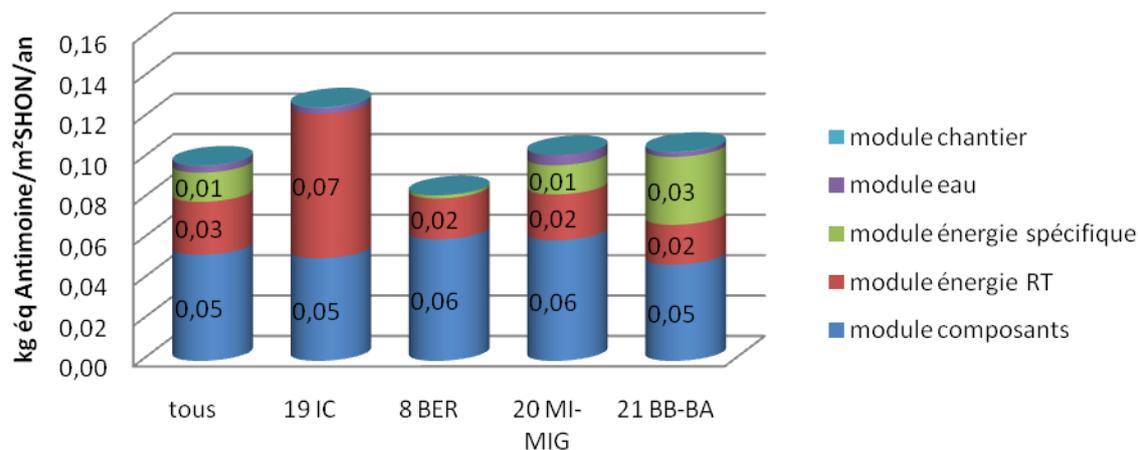


Figure 53 Représentation de l'indicateur épuisement des ressources (kg éq. Antimoine/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur déchets radioactifs

DVP 50 ans :

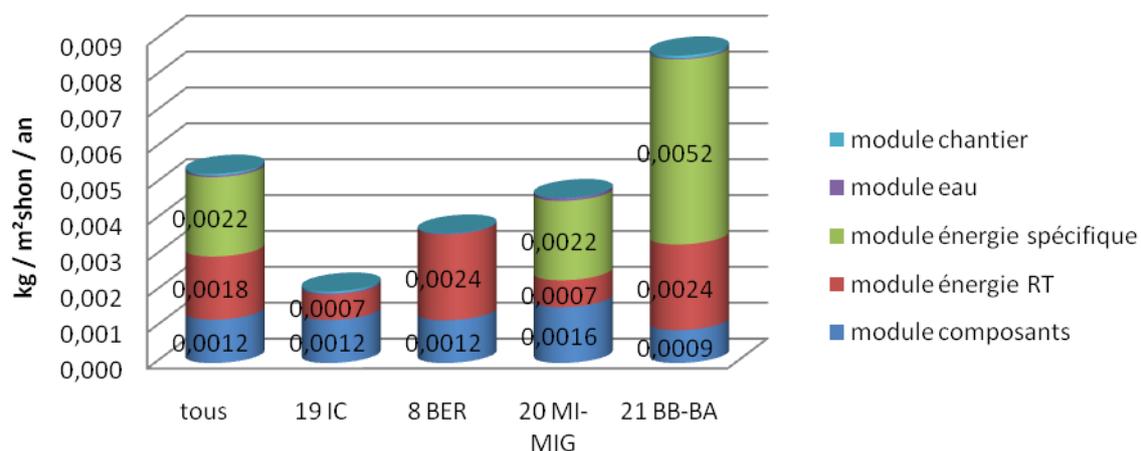


Figure 54 Représentation de l'indicateur déchets radioactifs (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

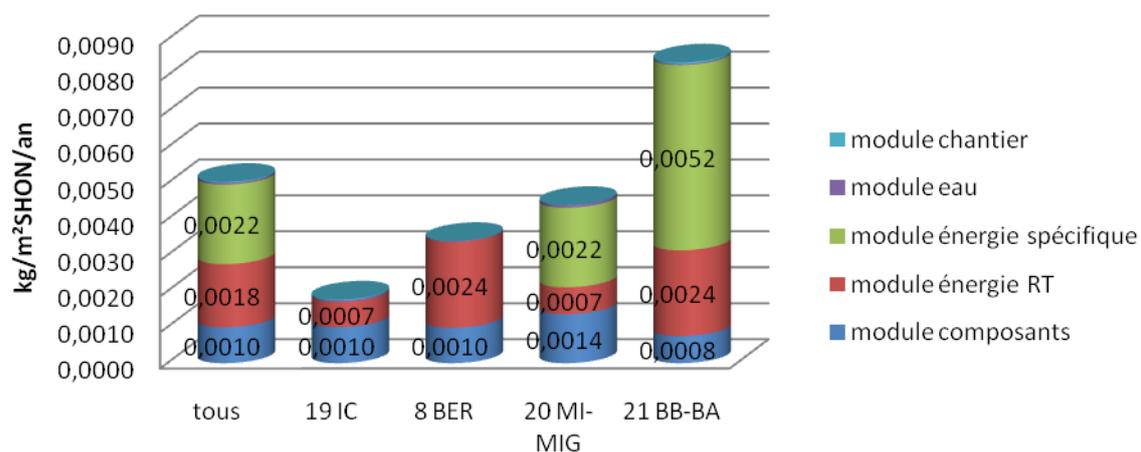


Figure 55 Représentation de l'indicateur déchets radioactifs (kg/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Indicateur acidification atmosphérique

DVP 50 ans :

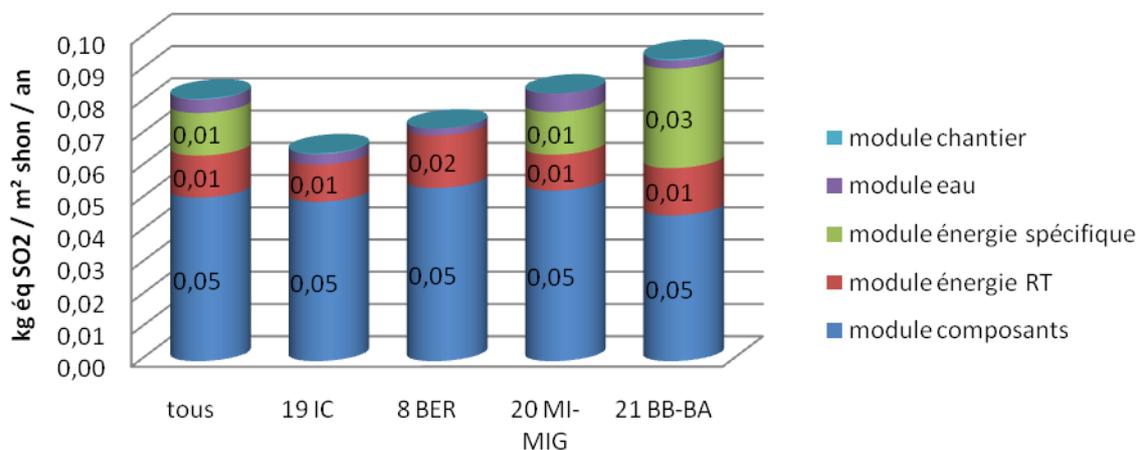
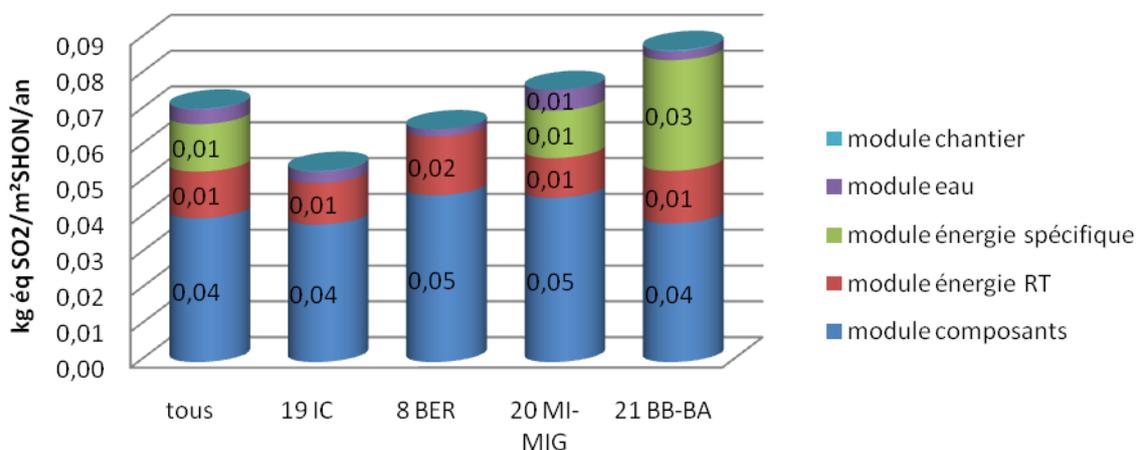


Figure 56 Représentation de l'indicateur acidification atmosphérique (kg éq SO₂/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :



SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Figure 57 Représentation de l'indicateur acidification atmosphérique (kg éq SO₂/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

Indicateur pollution de l'air

DVP 50 ans :

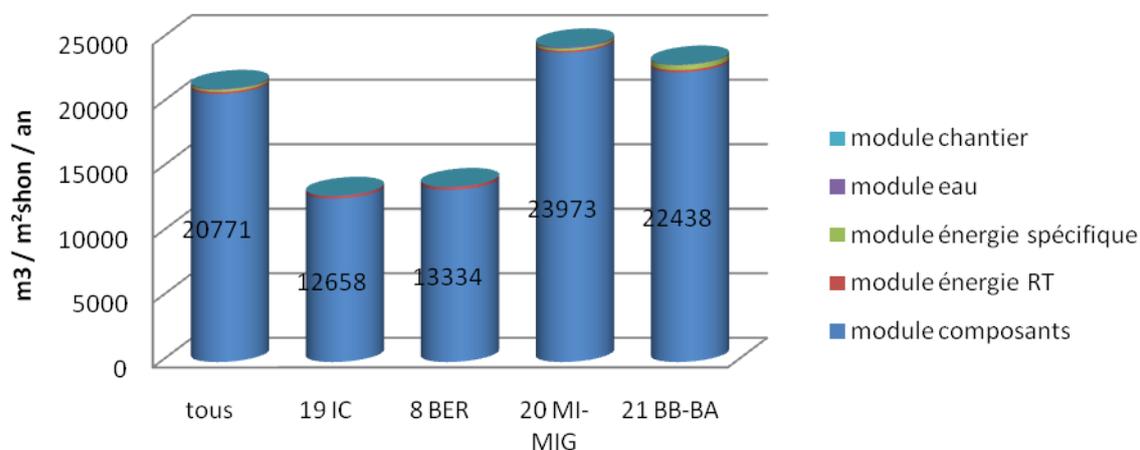


Figure 58 Représentation de l'indicateur pollution de l'air (m³/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
 TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
 le futur en construction

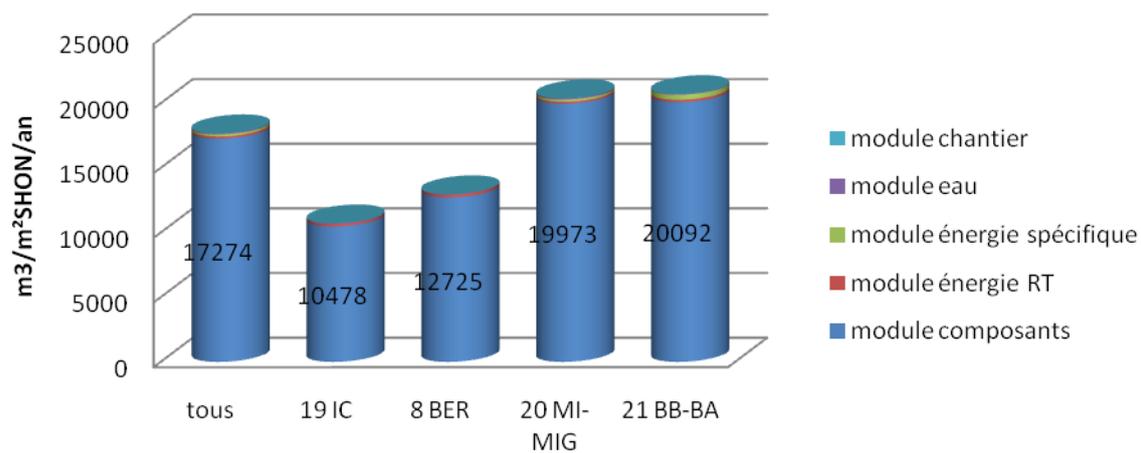


Figure 59 Représentation de l'indicateur pollution de l'air (m³/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
 TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



Indicateur pollution de l'eau

DVP 50 ans :

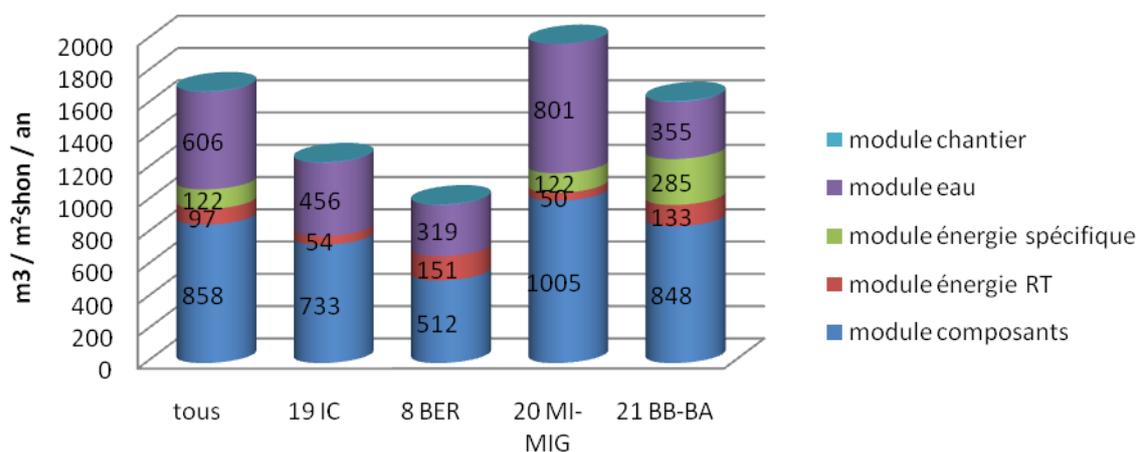


Figure 60 Représentation de l'indicateur pollution de l'eau (m³/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

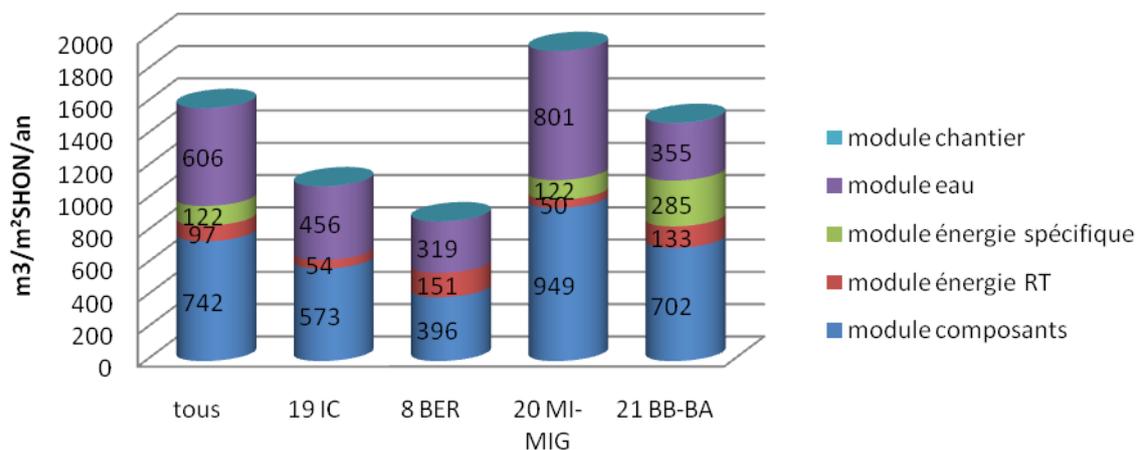


Figure 61 Représentation de l'indicateur pollution de l'eau (m³/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
 TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
 le futur en construction

Indicateur formation d'ozone photochimique

DVP 50 ans :

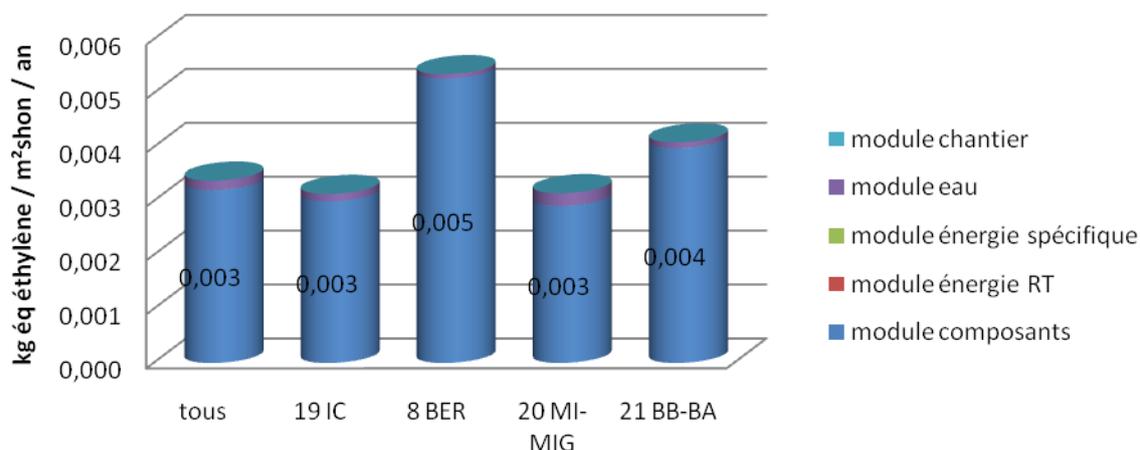


Figure 62 Représentation de l'indicateur formation d'ozone photochimique (kg eq éthylène/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

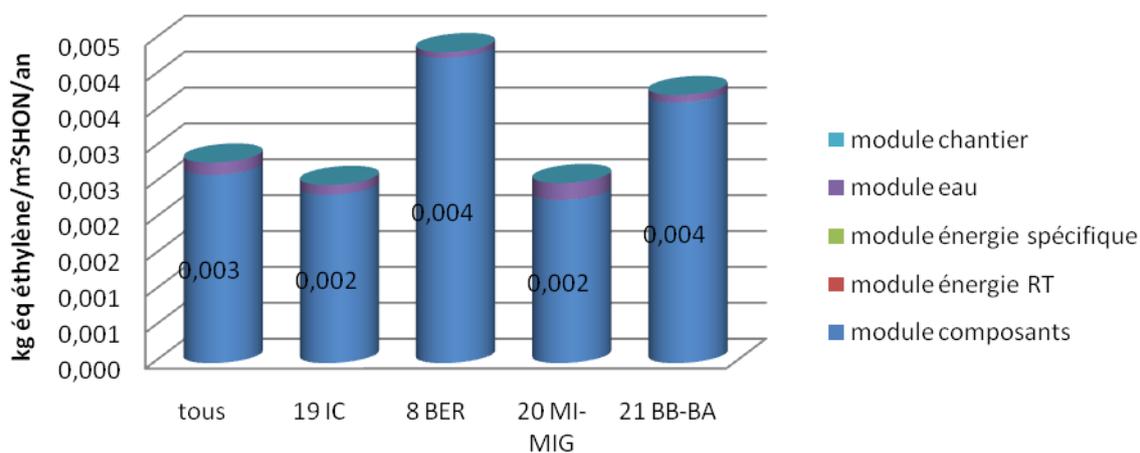


Figure 63 Représentation de l'indicateur formation d'ozone photochimique (kg eq éthylène/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique

DVP 50 ans :

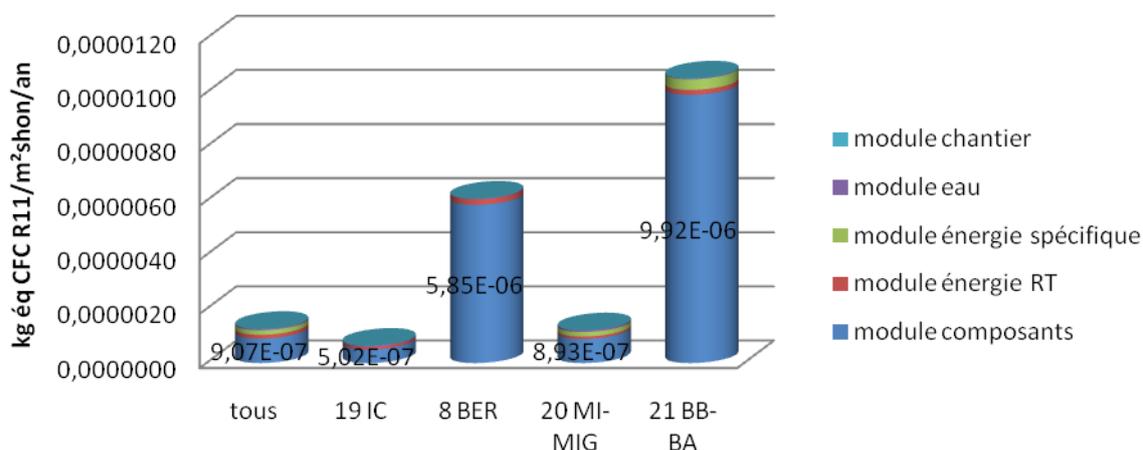


Figure 64 Représentation de l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg eq CFC R11/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

DVP 100 ans :

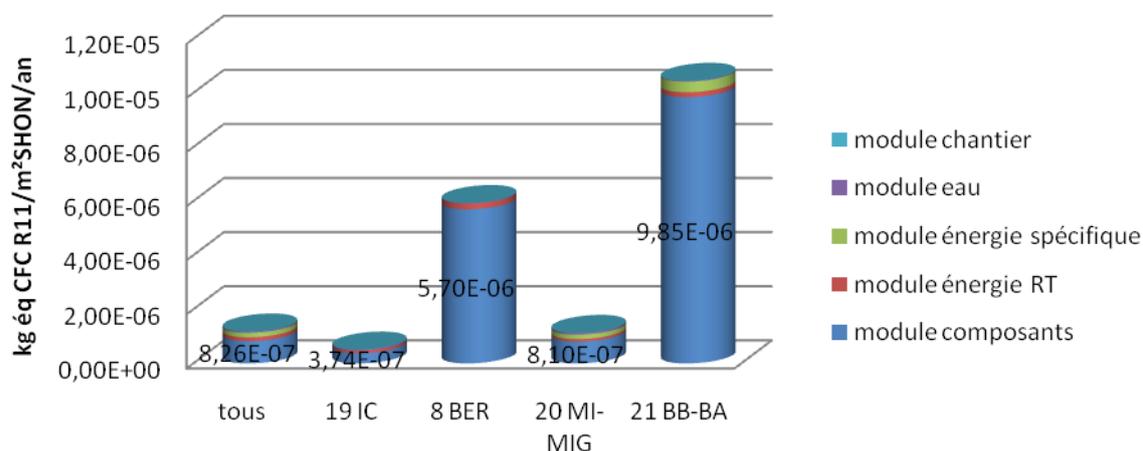


Figure 65 Représentation de l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique (kg eq CFC R11/m²shon/an) pour les 5 contributeurs en fonction de la typologie pour une DVP de 100ans.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur eutrophisation

Les données environnementales n'étant pas disponibles pour cet indicateur, les graphiques n'ont pas pu être tracés.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

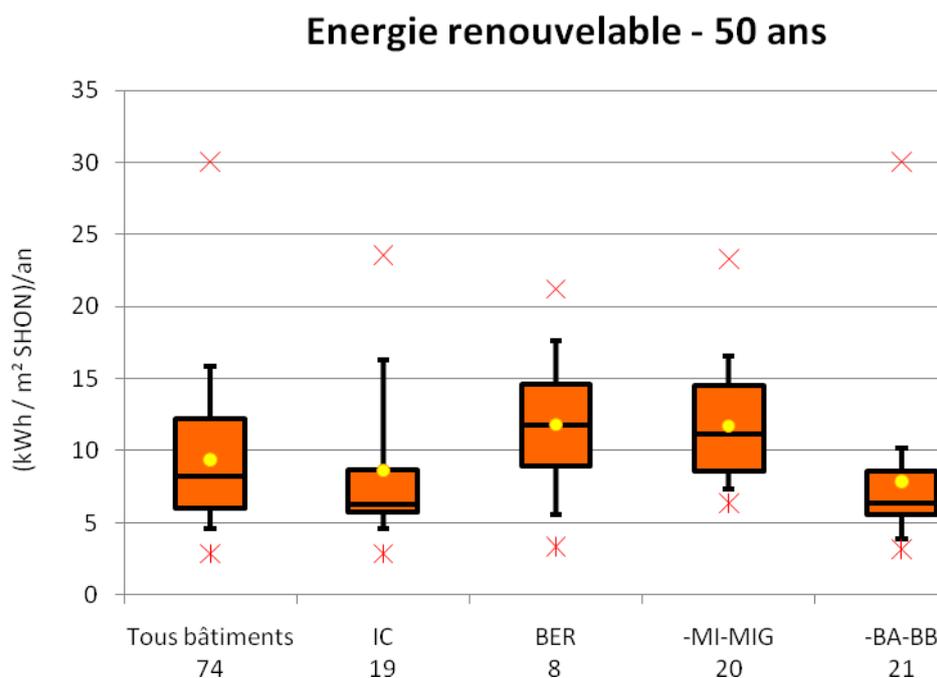


ANNEXE 5 : BOX PLOTS POUR LE CONTRIBUTEUR PRODUITS ET MATERIAUX DE CONSTRUCTION POUR LES AUTRES INDICATEURS POUR UNE DVP DE 50 ET 100 ANS.

La présente annexe expose le reste des indicateurs environnementaux pour le contributeur produits et matériaux de construction. Ces résultats sont présentés sous forme de box plots pour une DVP de 50 ans puis 100 ans.

Indicateur énergie renouvelable

DVP 50 ans :



Figure

66 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

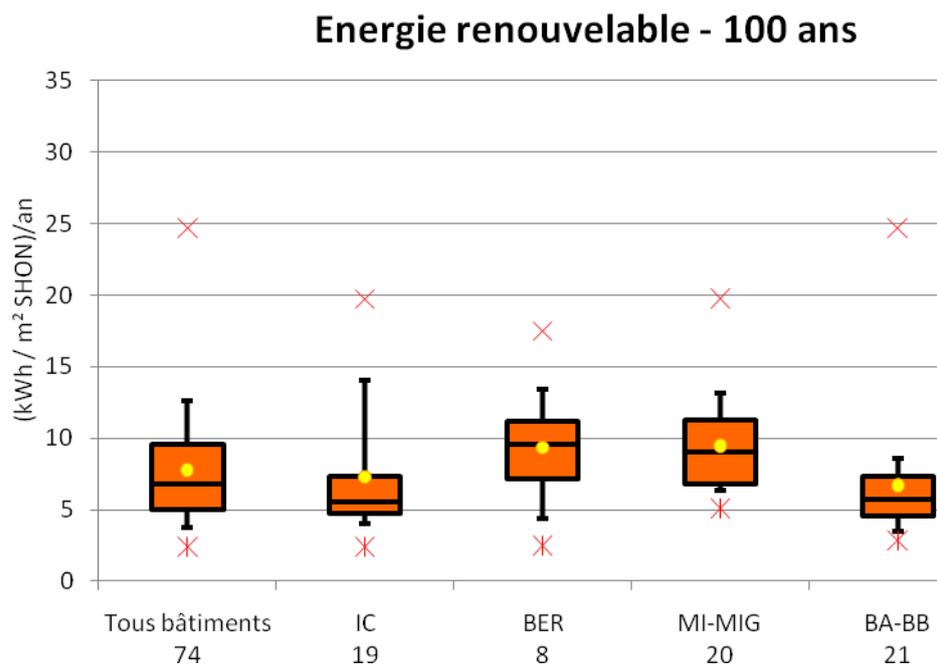


Figure 67 Boxplots représentant l'indicateur énergie renouvelable pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur épuisement des ressources

DVP 50 ans :

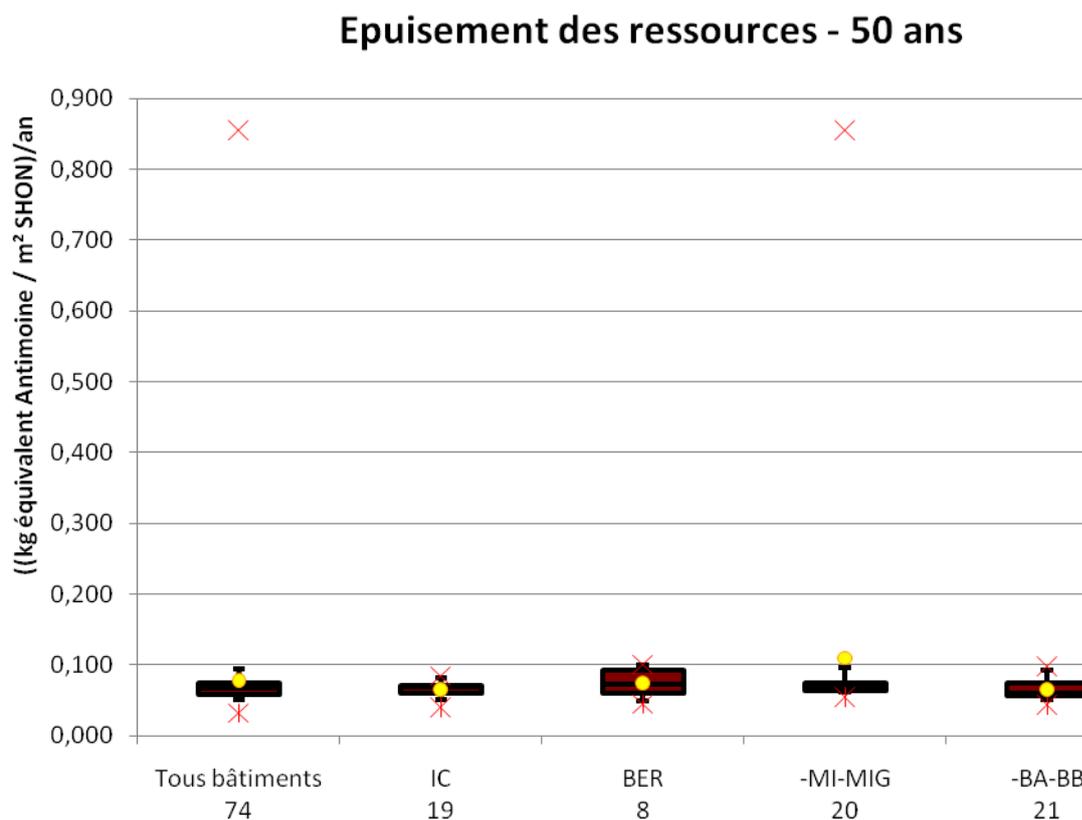


Figure 68 Boxplots représentant l'indicateur épuisement des ressources pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

Épuisement des ressources - 100 ans

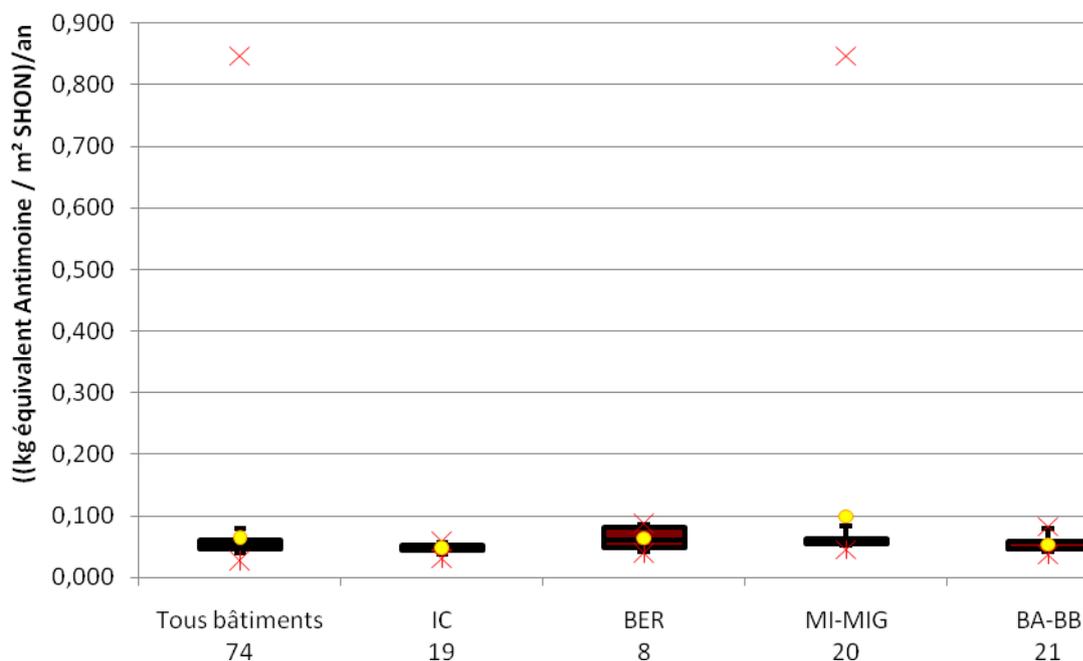


Figure 69 Boxplots représentant l'indicateur épuisement des ressources pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur consommation d'eau

DVP 50 ans :

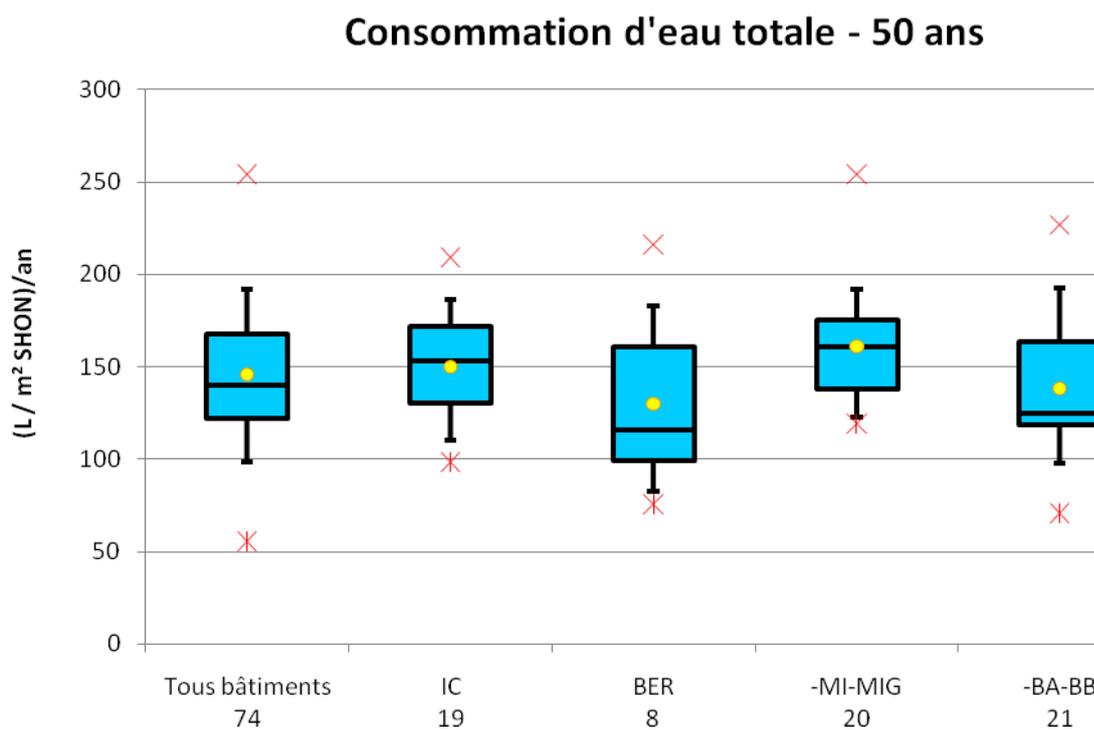


Figure 70 Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

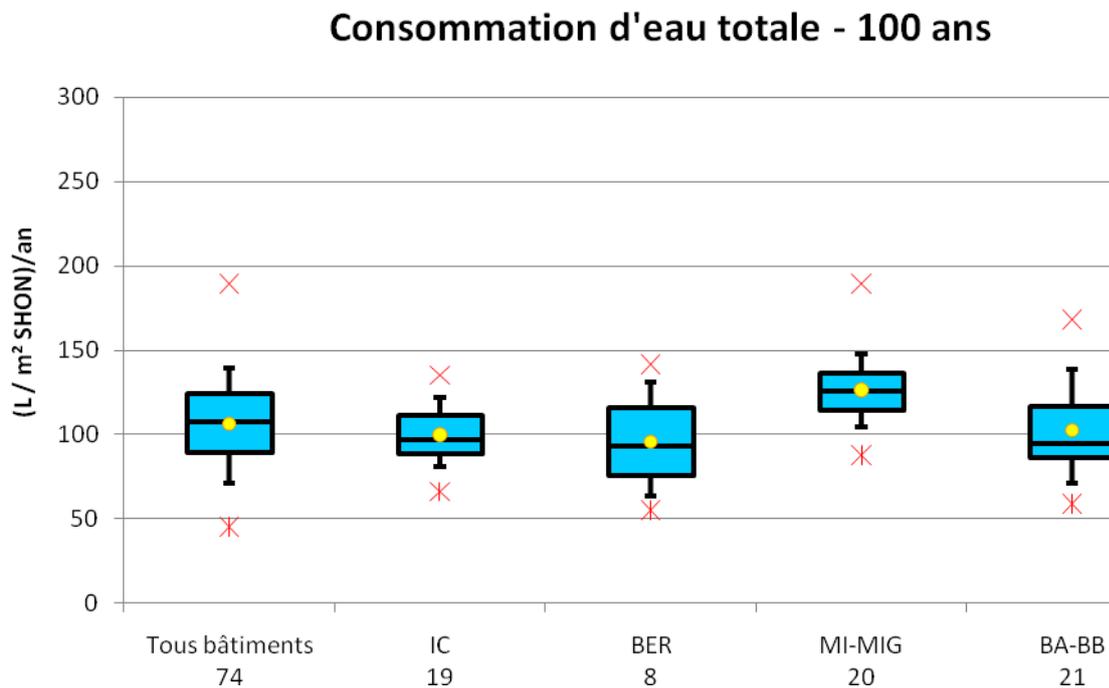


Figure 71 Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau totale pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

Indicateur déchets dangereux :

DVP 50 ans :

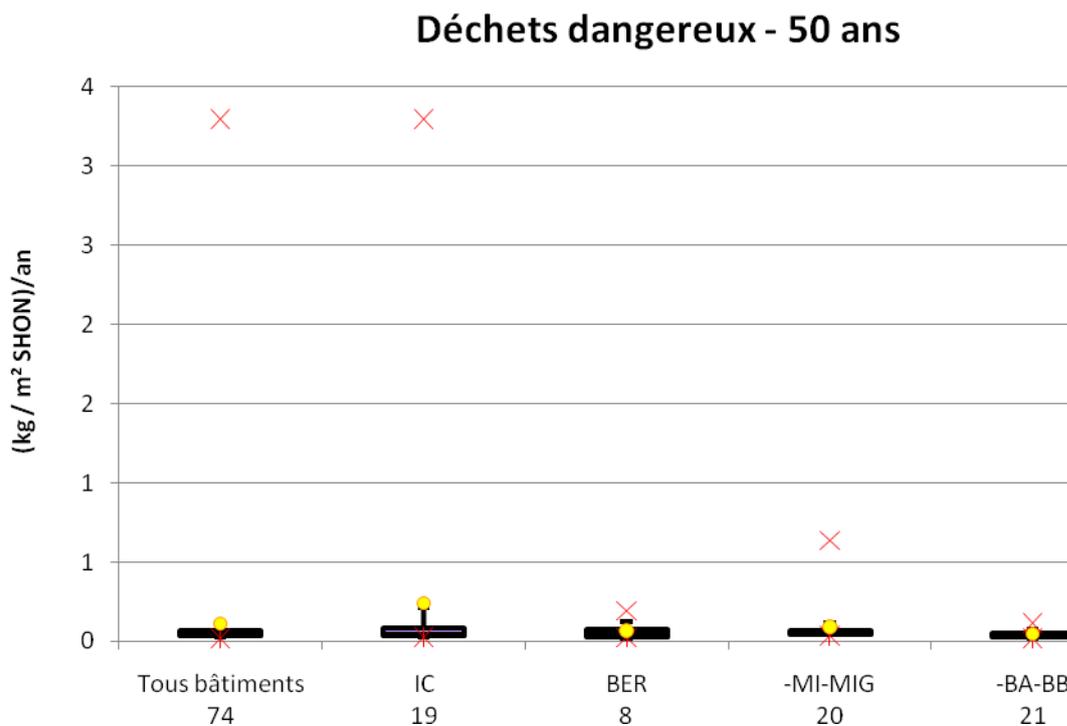


Figure 72 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

Déchets dangereux - 100 ans

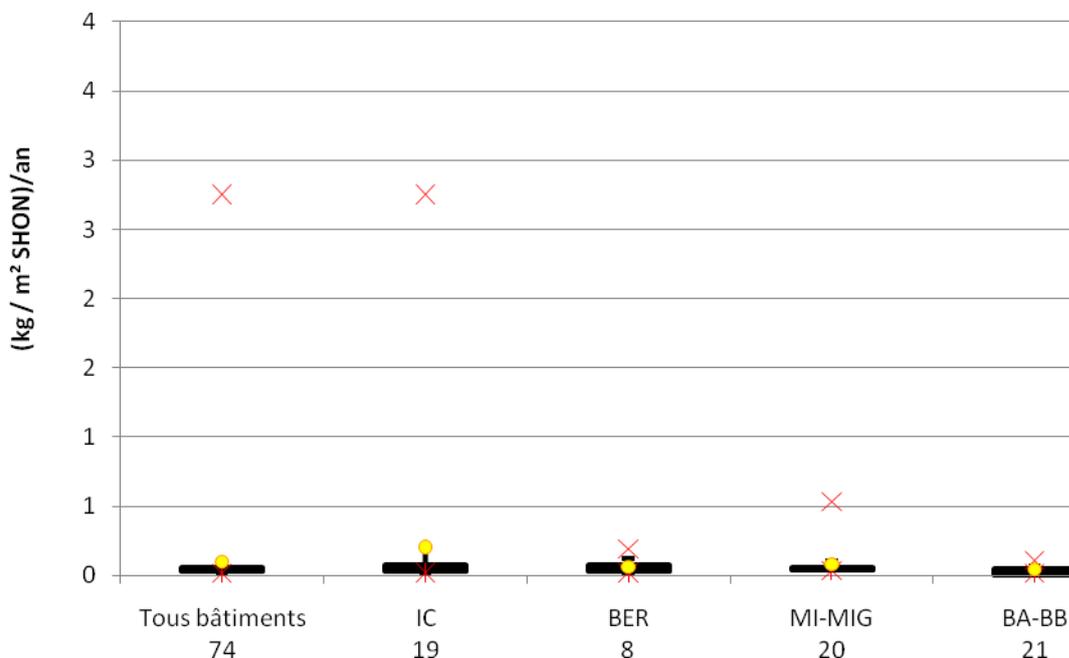


Figure 73 Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur déchets radioactifs :

DVP 50 ans :

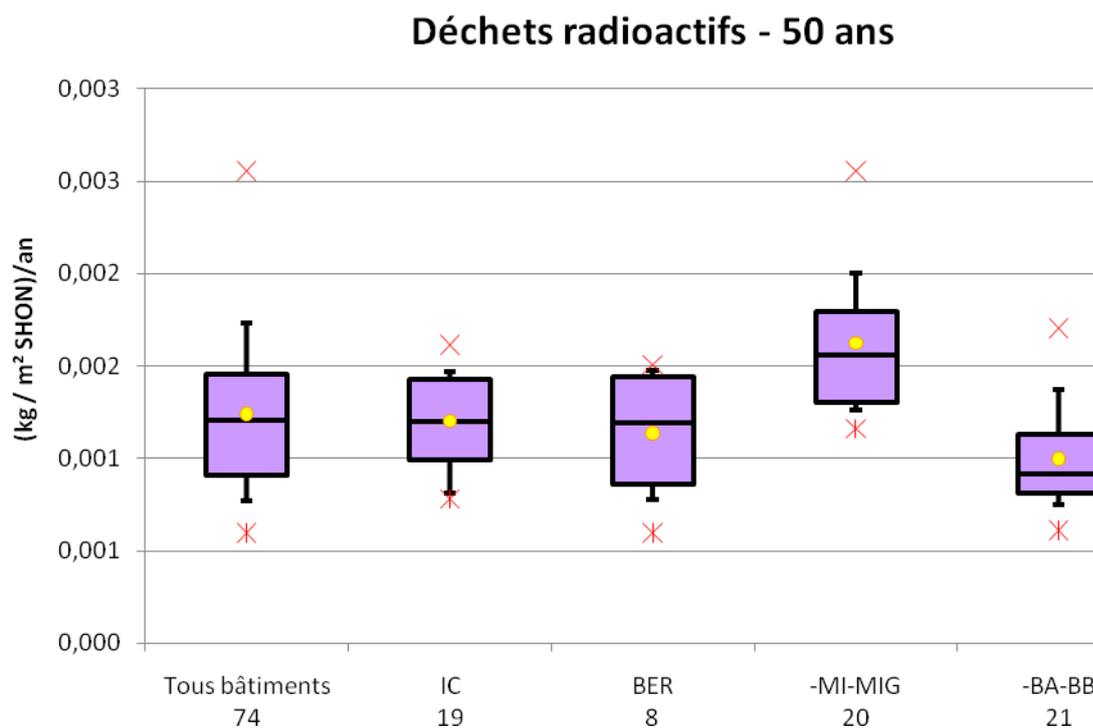


Figure 74 Boxplots représentant l'indicateur déchets radioactifs pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

Déchets radioactifs - 100 ans

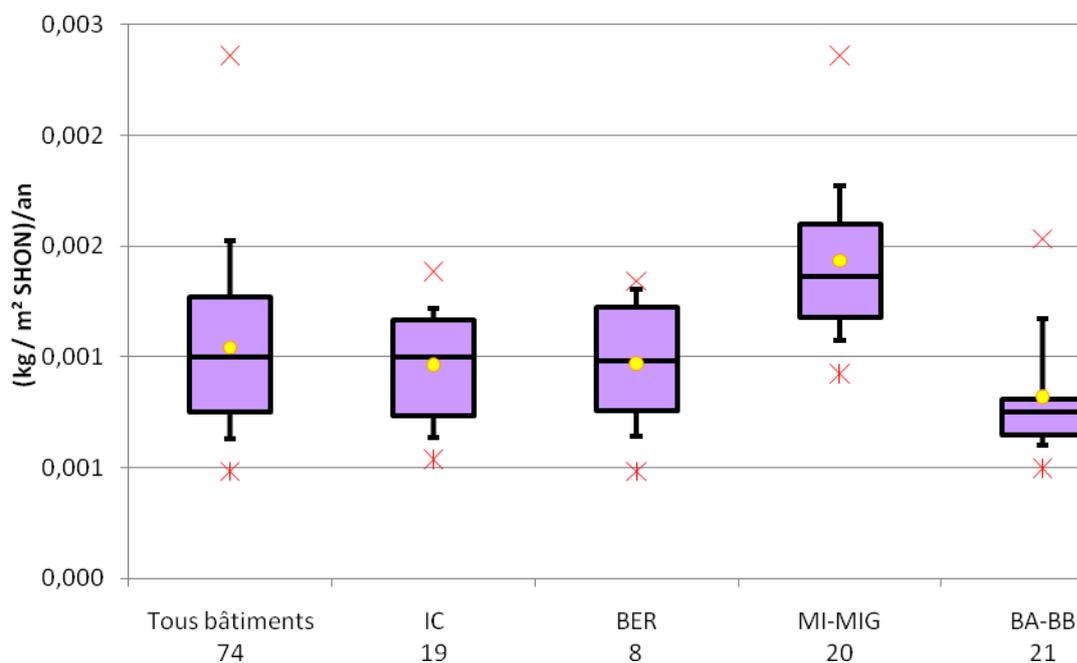


Figure 75 Boxplots représentant l'indicateur déchets radioactifs pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur acidification atmosphérique :

DVP 50 ans :

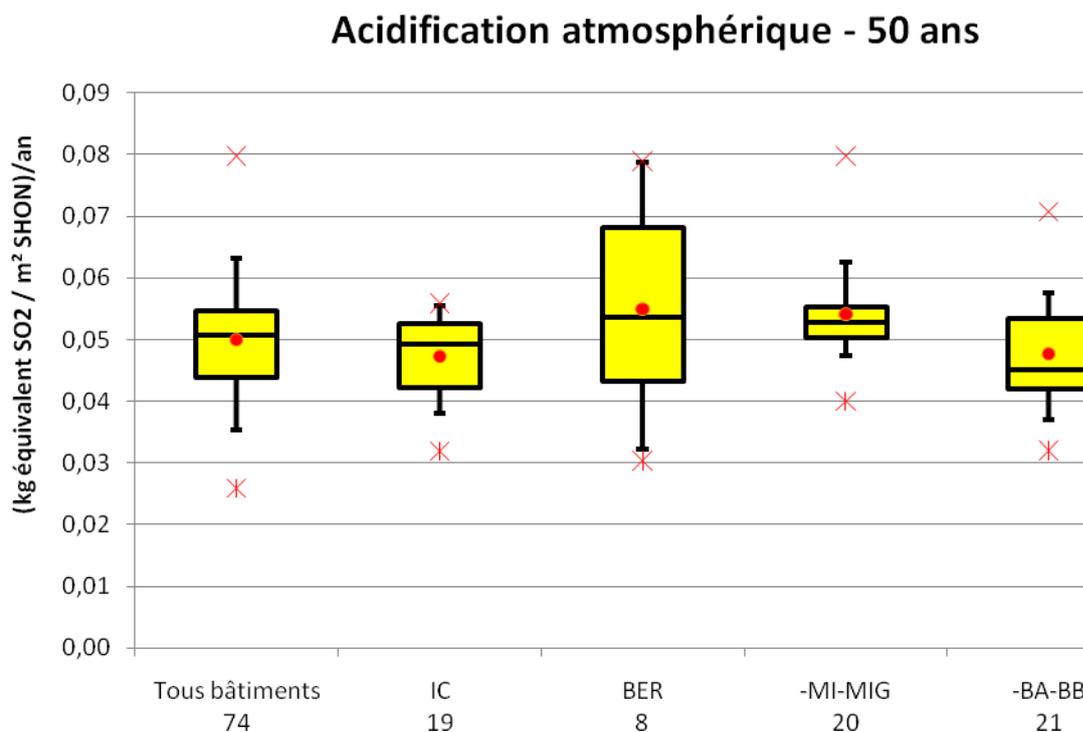


Figure 76 Boxplots représentant l'indicateur acidification atmosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

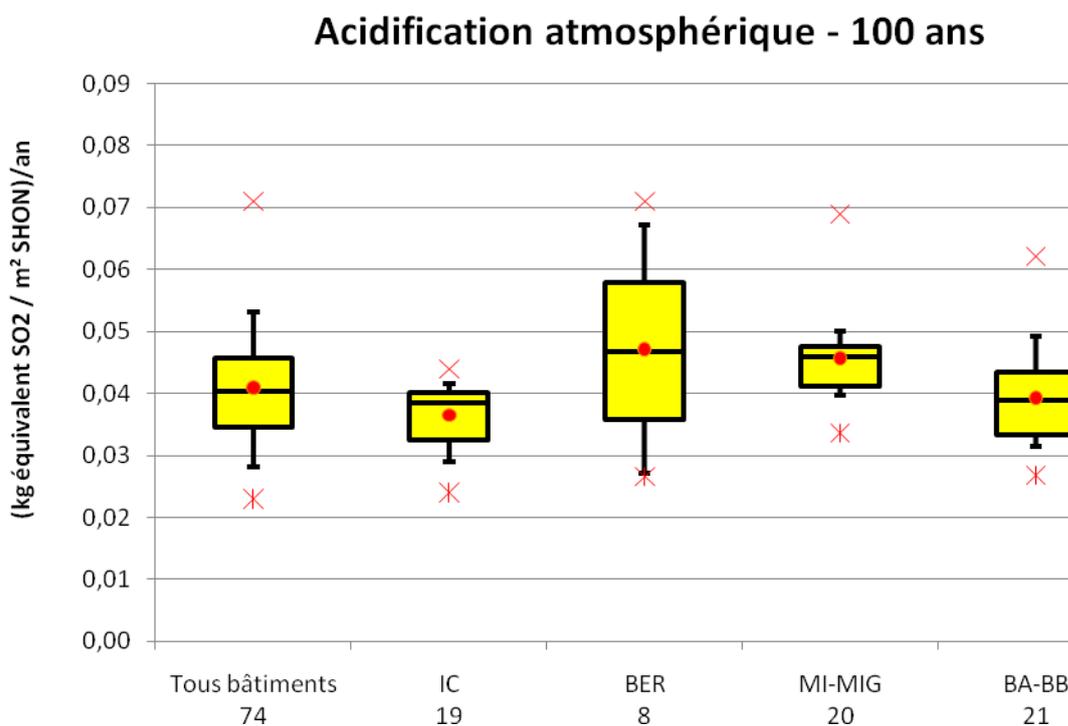


Figure 77 Boxplots représentant l'indicateur acidification atmosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur pollution de l'air :

DVP 50 ans :

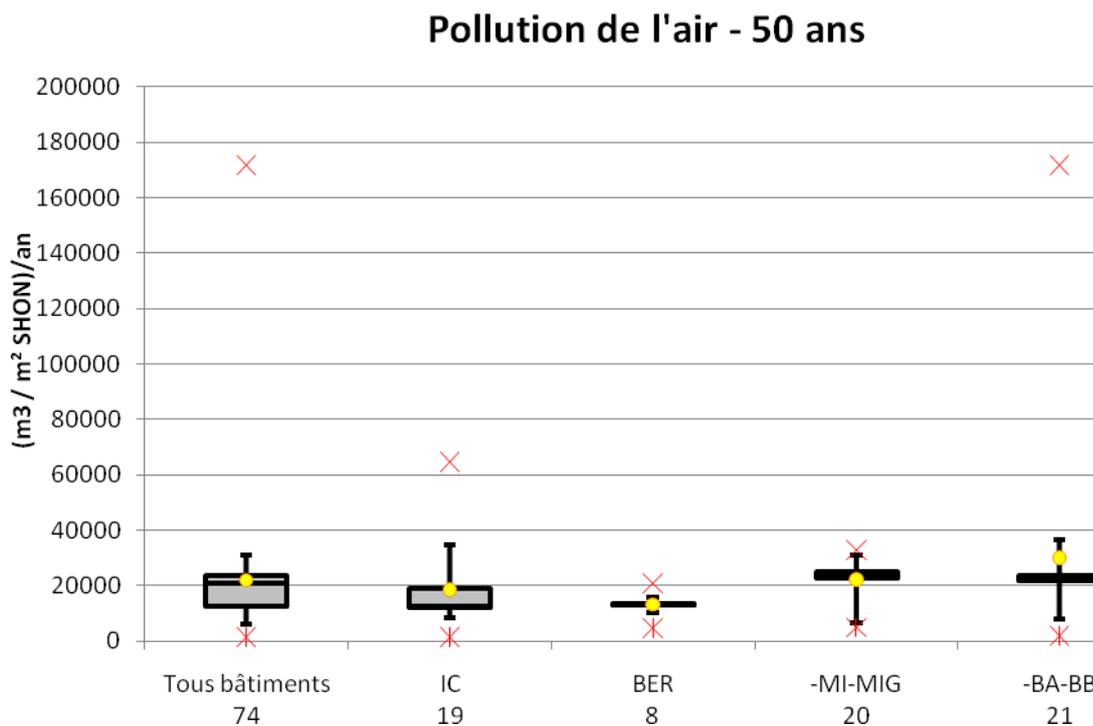


Figure 78 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'air pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

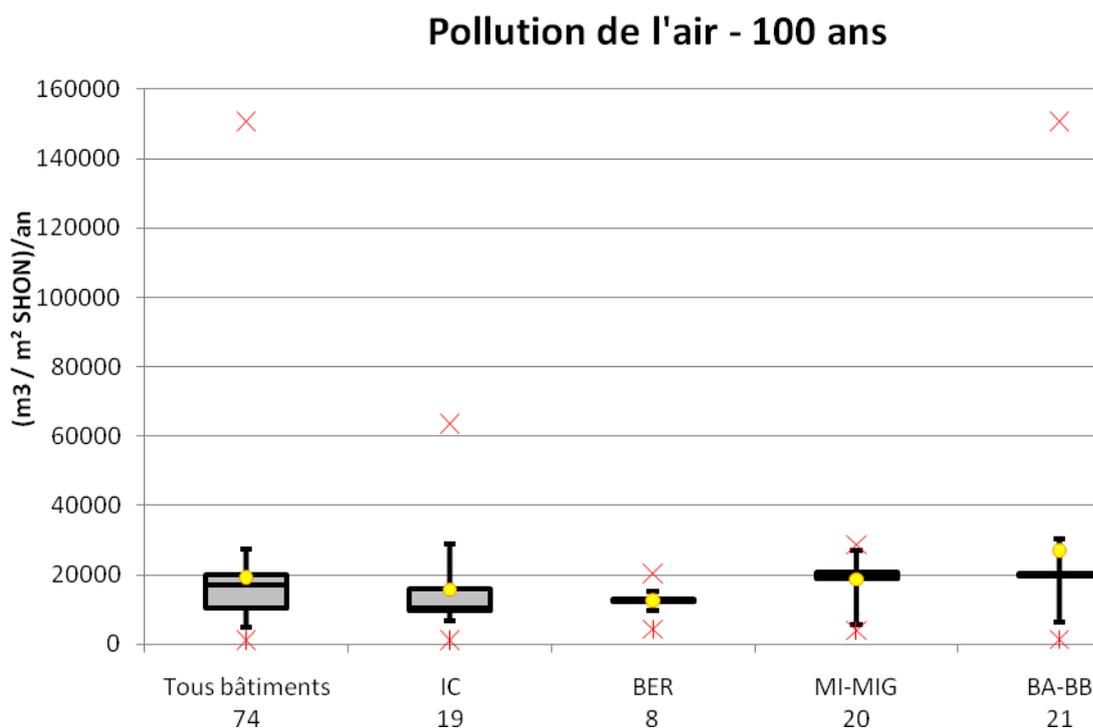


Figure 79 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'air pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur pollution de l'eau :

DVP 50 ans :

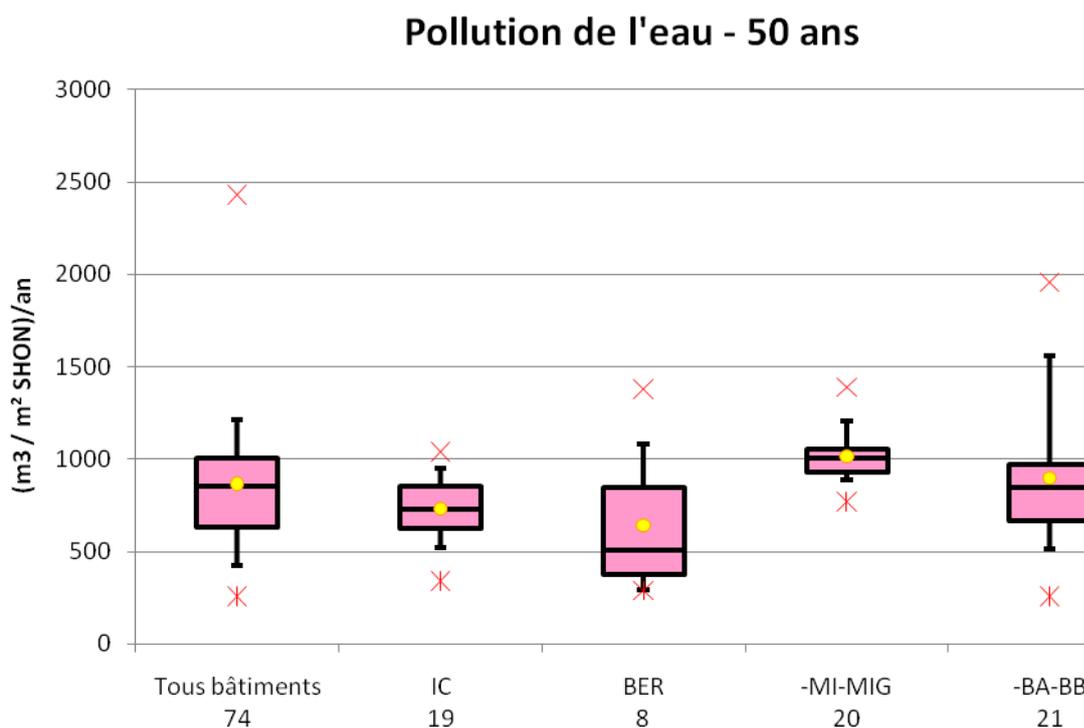


Figure 80 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'eau pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

Pollution de l'eau - 100 ans

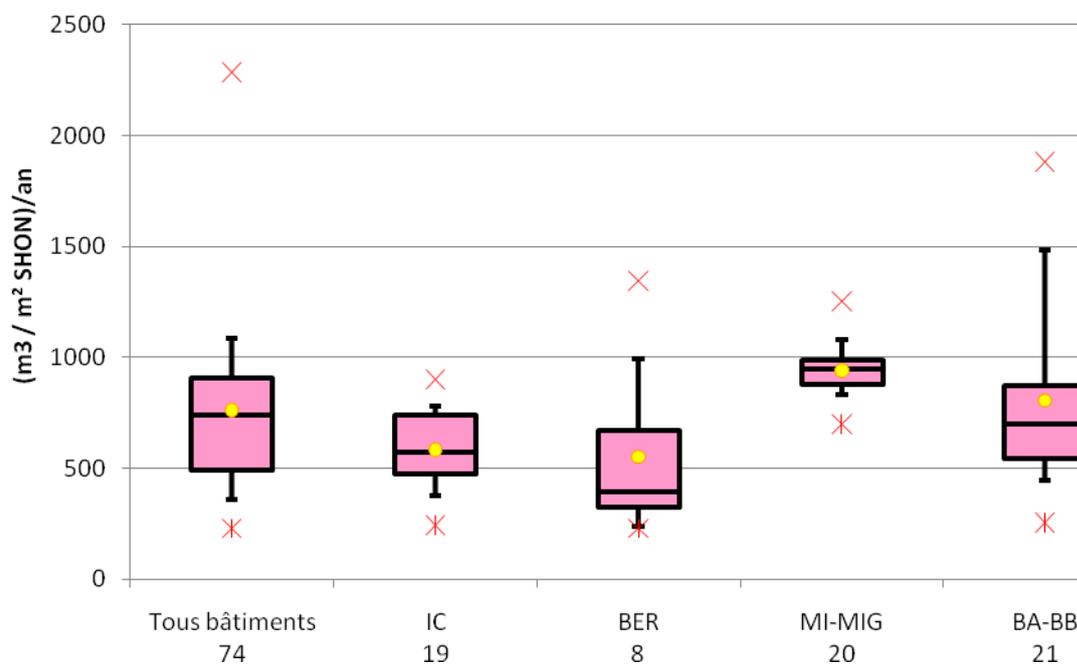


Figure 81 Boxplots représentant l'indicateur pollution de l'eau pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur formation d'ozone photochimique :

DVP 50 ans :

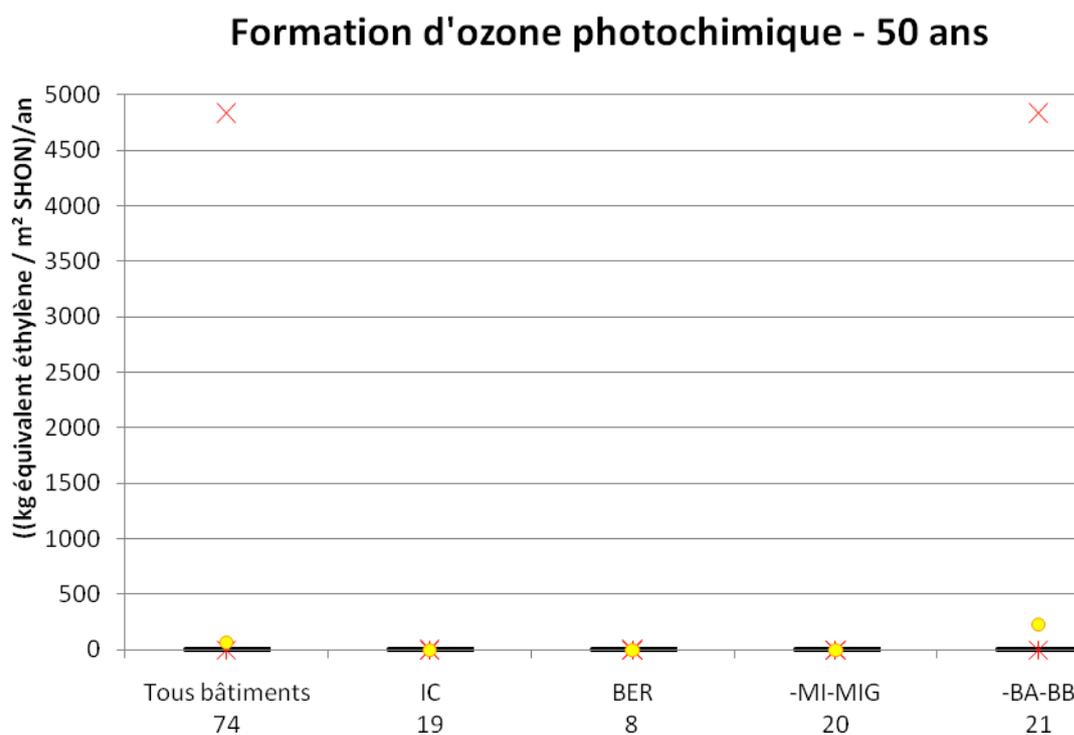


Figure 82 Boxplots représentant l'indicateur formation d'ozone photochimique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

Formation d'ozone photochimique - 100 ans

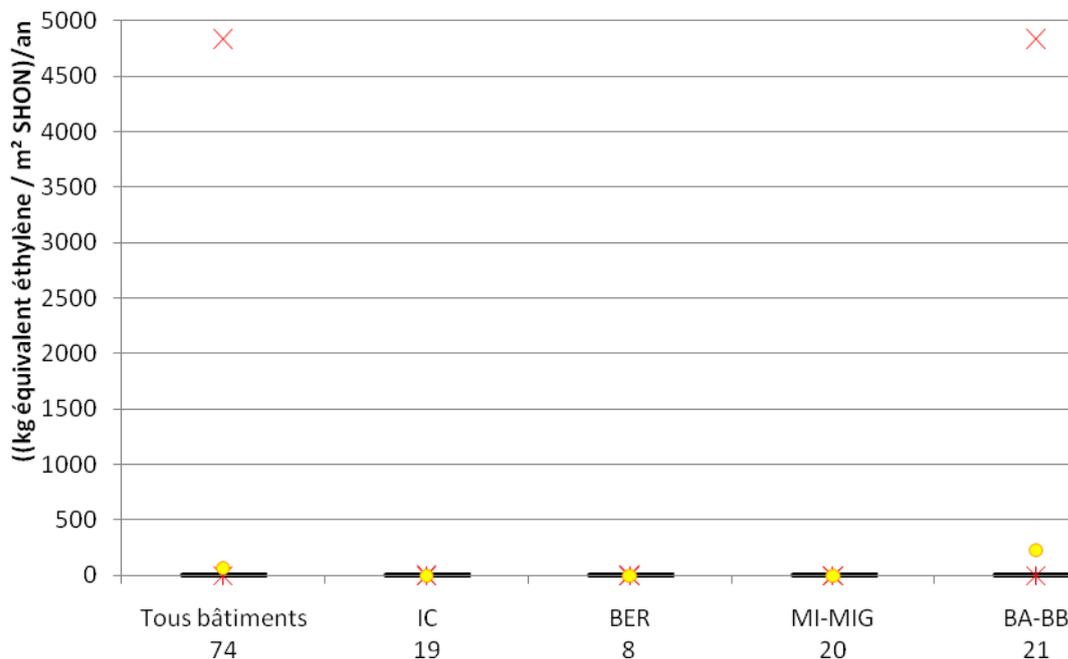


Figure 83 Boxplots représentant l'indicateur formation d'ozone photochimique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique :

DVP 50 ans :

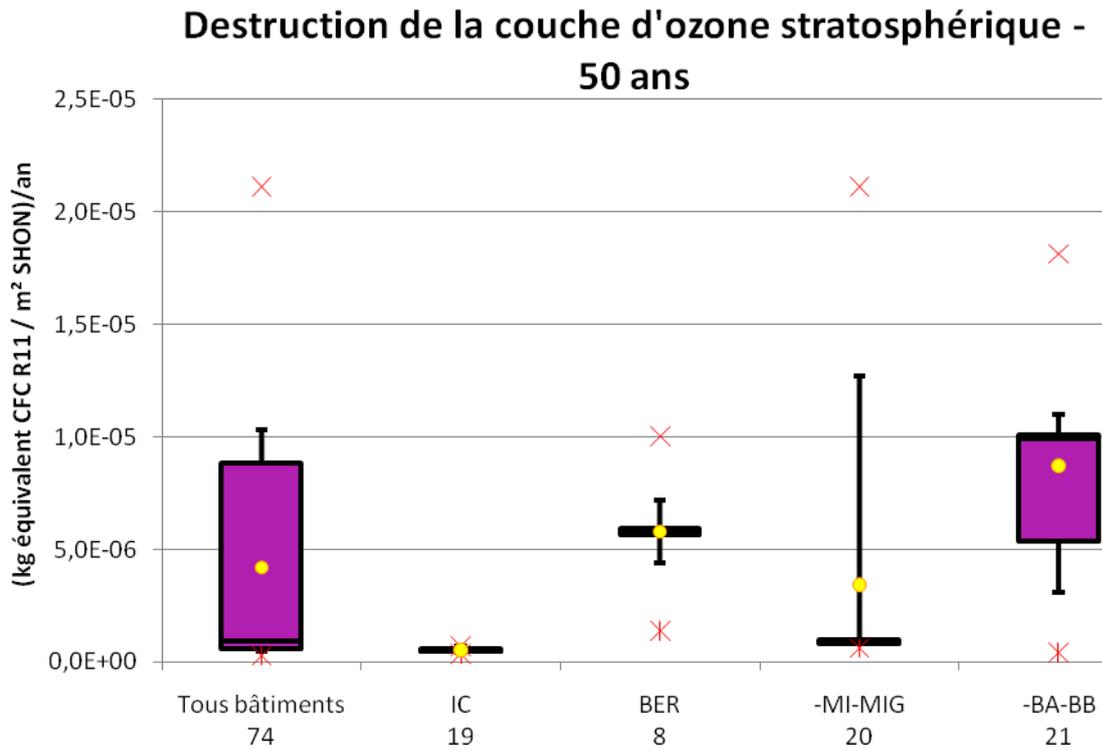


Figure 84 Boxplots représentant l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

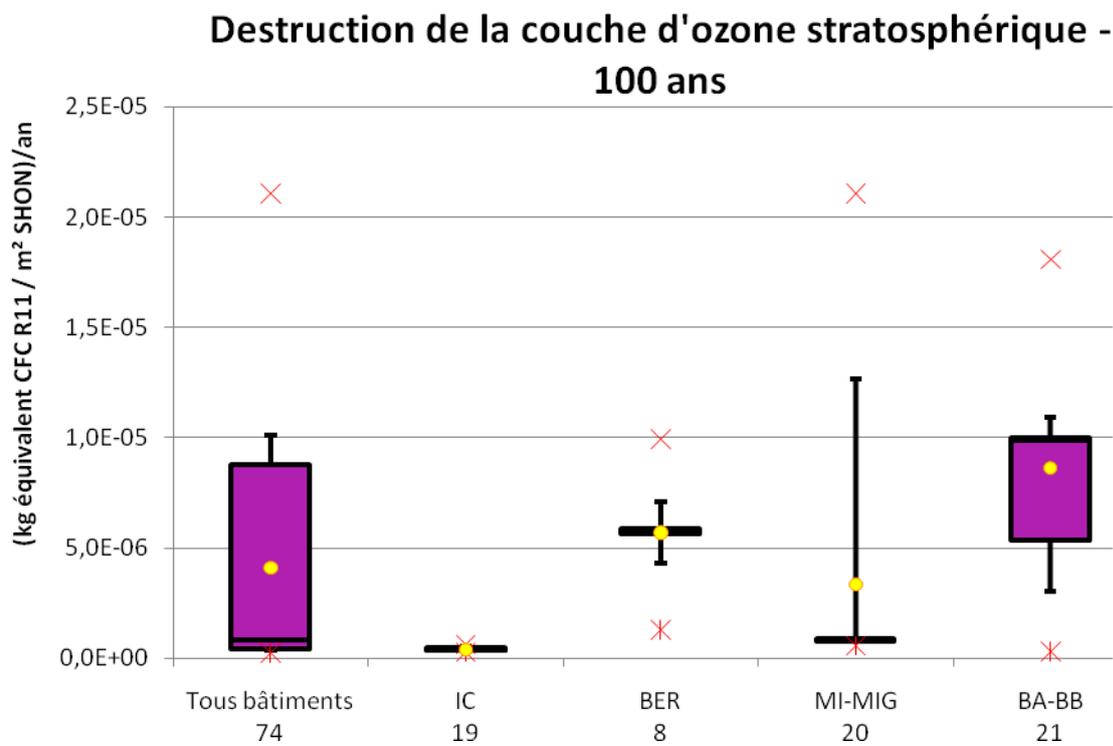


Figure 85 Boxplots représentant l'indicateur destruction de la couche d'ozone stratosphérique pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

Indicateur eutrophisation :

DVP 50 ans :

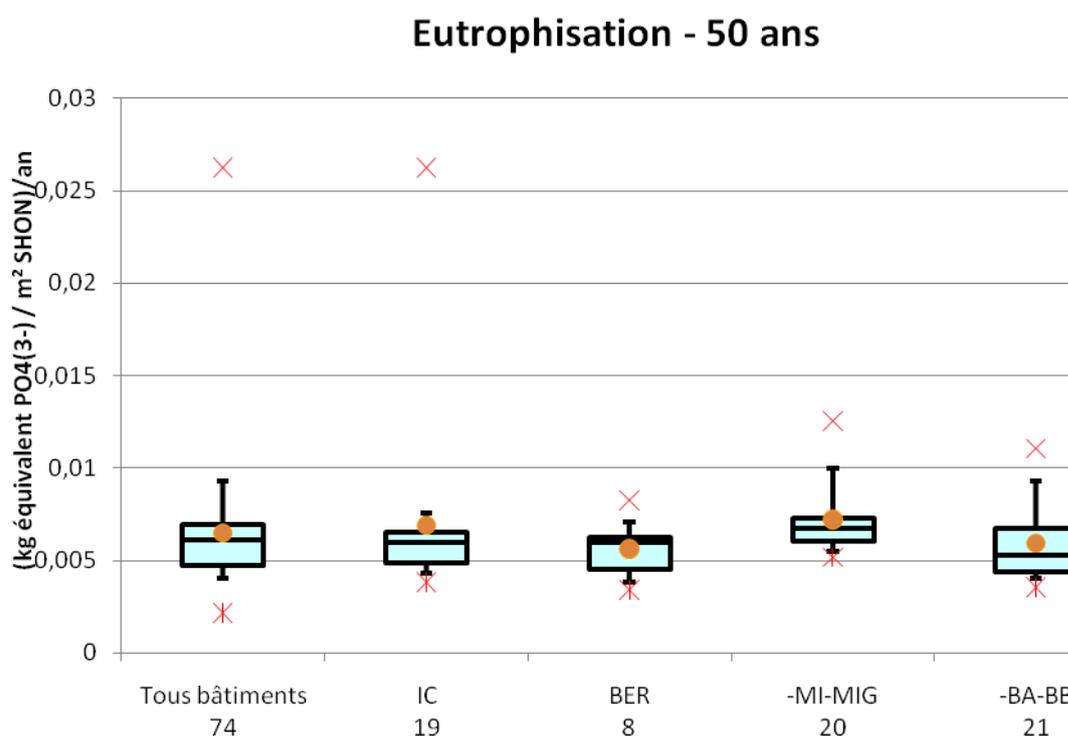


Figure 86 Boxplots représentant l'indicateur eutrophisation pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

DVP 100 ans :

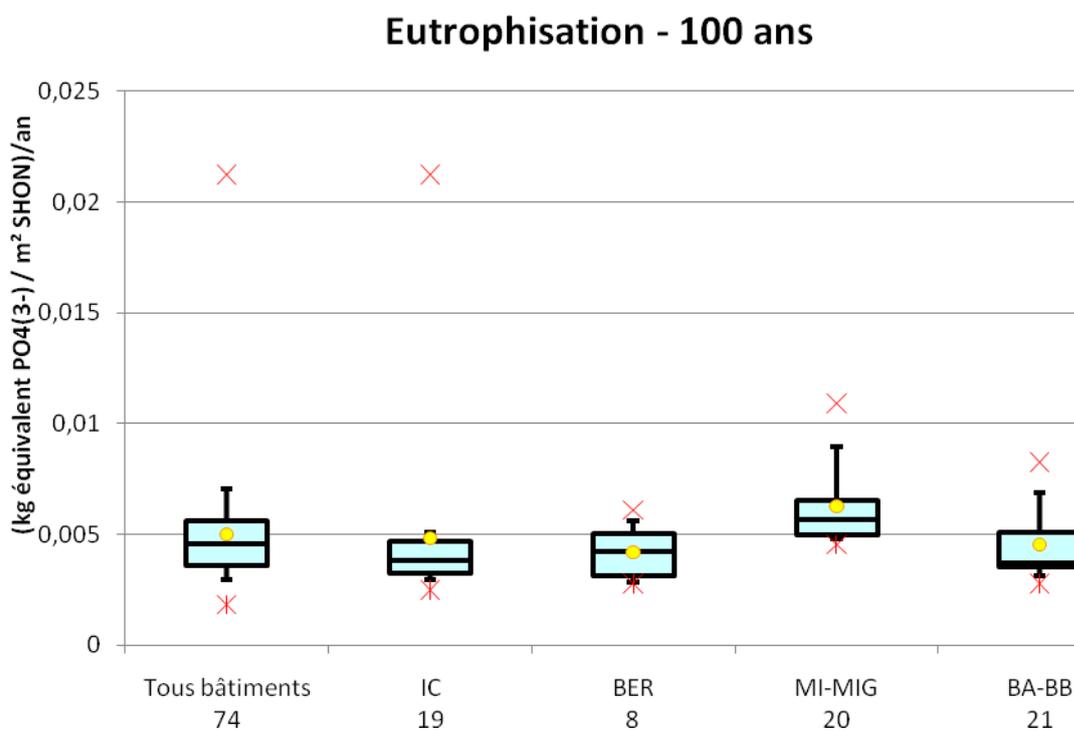


Figure 87 Boxplots représentant l'indicateur eutrophisation pour le contributeur produits et matériaux de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

ANNEXE 5 : ECHELLES DE PERFORMANCE

Seront présentées ici les premières échelles de référence pour les indicateurs suivants : énergie primaire totale, énergie non renouvelable, changement climatique et déchets non dangereux.

INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

Avertissement : le gain en % est calculé par rapport au décile 9. Il représente « l'effort » à fournir par rapport à cette valeur pour atteindre la valeur supérieure de la classe correspondante. Ce gain a été évalué pour les typologies BA-BB et MI-MIG, dont les résultats semblent globalement plus robustes tout au long du présent rapport.

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<40,5	<42,6	<37,4	<51,7	25,9%	<40,0	45,2%
B	40,5	42,6	37,4	51,7	23,8%	40,0	36,2%
C	47,9	47,9	49,5	53,2	13,9%	46,6	30,8%
D	53,4	51,5	66,2	60,1	7,2%	50,5	17,5%
E	62,3	55,7	71,1	64,8		60,2	
F	>72,0	>62,1	>78,1	>69,8		>73,0	

Tableau 7 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire totale en **kWh/m²shon/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans)

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<33,9	<30,6	<32,8	<42,9	29,7%	<34,2	43,3%
B	33,9	30,6	32,8	42,9	26,1%	34,2	39,3%
C	37,7	37,2	42,2	45,1	18,2%	36,6	32,7%

D	44,4	39,4	53,5	49,9	11,1%	40,6	20,6%
E	51,0	44,6	63,1	54,2		47,9	
F	>61,9	>47,9	>68,1	>61,0		>60,3	

Tableau 8 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire totale en **kWh/m²shon/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)

INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<33,3	<35,3	<32,2	<43,9	21,2%	<32,7	47,3%
B	33,3	35,3	31,2	43,9	20,1%	32,7	41,1%
C	38,6	37,7	39,6	44,5	14,5%	36,5	31,3%
D	44,4	41,5	50,4	47,6	10,8%	42,6	24,8%
E	49,5	45,9	58,4	49,7		46,6	
F	>60,4	>49,8	>64,3	>55,7		>62,0	

Tableau 9 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, en **kWh/m²shon/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans)

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<27,3	<26,8	<27,5	<37,1	24,1%	<28,9	45%
B	27,3	26,8	27,5	37,1	22,9%	28,9	43,2%
C	30,3	29,3	34,0	37,7	18%	29,9	33,5%
D	36,7	32,1	41,6	40,1	13,7%	35,0	26,8%

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



E	40,9	35,9	53,3	42,2		38,5	
F	>52,8	>37,1	>55,2	>48,9		>52,6	

Tableau 10 Définition des classes pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, en **kWh/m²shon/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)

INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<8,6	<9,4	<7,6	<10,2	27,1%	<8,7	42,4%
B	8,6	9,4	7,6	10,2	22,9%	8,7	37,7%
C	9,7	9,7	8,7	10,8	17,1%	9,4	23,2%
D	11,4	11,0	11,3	11,6	9,3%	11,6	17,2%
E	13,3	13,2	14,1	12,7		12,5	
F	>14,8	>13,9	>16,1	>14,0		>15,1	

Tableau 11 Définition des classes pour l'indicateur changement climatique, contributeur, en **kg-eq CO₂/m²SHON/an**, produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans)

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<6,7	<6,8	<6,0	<8,3	23,8%	<6,9	35,5%
B	6,7	6,8	6,0	8,3	20,2%	6,9	32,7%
C	7,4	7,1	7,1	8,7	12,8%	7,2	18,7%
D	8,7	8,2	9,4	9,5	7,3%	8,7	8,4%
E	9,8	8,9	11,5	10,1		9,8	
F	>11,1	>9,4	>12,9	>10,9		>10,7	

Tableau 12 Définition des classes pour l'indicateur changement climatique, en **kg-eq CO₂/m²SHON/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)

INDICATEUR DECHETS NON DANGEREUX

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<7,9	<10,9	<7,9	<11,3	22,6%	<7,4	57,5%
B	7,9	10,9	7,9	11,3	19,9%	7,4	51,7%
C	11,0	11,8	8,6	11,7	11,6%	8,4	33,3%
D	12,7	13,6	11,5	12,9	6,2%	11,6	12,1%
E	15,0	14,8	16,6	13,7		15,3	
F	>17,4	>15,8	>18,0	>14,6		>17,4	

Tableau 13 Définition des classes pour l'indicateur déchets non dangereux en **kg/m²SHON/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 50 ans)

Borne inférieure de la classe :	Tous bâtiments	IC	BER	MI-MIG	Gain	BA-BB	Gain
A	<6,1	<7,8	<6,8	<9,8	19%	<5,8	55,0%
B	6,1	7,8	6,8	9,8	15,7%	5,8	51,2%
C	8,7	8,7	8,0	10,2	8,3%	6,3	27,9%
D	9,9	9,3	9,1	11,1	2,5%	9,3	6,2%
E	11,6	10,3	13,6	11,8		12,1	
F	>13,4	>11,2	>14,4	>12,1		>12,9	

Tableau 14 Définition des classes pour l'indicateur déchets non dangereux **kg/m²SHON/an**, contributeur produit et matériaux de construction (DVP = 100 ans)

ANNEXE 6 : METHODOLOGIE BILAN CARBONE ET HQE PERFORMANCE

L'ADEME en partenariat avec le CSTB a publié en novembre 2010 le guide méthodologique Bilan Carbone v1 appliqué au bâtiment [12]. Ce guide propose :

- une méthodologie spécifique du bilan carbone pour le cas où l'objet d'étude est un bâtiment ainsi que
- des facteurs d'émissions génériques pour les bâtiments construits, par typologie de bâtiment et système constructif. Ces facteurs d'émissions doivent remplacer les facteurs utilisés jusque là dans le Bilan Carbone d'une activité.

Le tableau suivant met en évidence les concordances méthodologiques entre l'étude HQE Performance et Bilan Carbone et les divergences avec le calcul des facteurs d'émissions génériques.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



	HQE Perf	Bilan Carbone appliqué au bâtiment V1	Bilan Carbone – Facteurs d'émission / bâtiments génériques V1
Objectif	Evaluation des performances environnementales	Quantification des émissions de GES intrinsèques, sur l'ensemble du cycle de vie. Bâtiment = objet d'étude (et non comme une activité)	Principalement : Prise en compte du passif immobilier pour un BC activité (<i>onglet immobilisation</i> tableur BC)
Périmètre	Bâtiment + Parcelle		OUI : Bâtiment OUI : structure, enveloppe, partition, revêtements de sol NON : sanitaires, chauffage, clim, ECS, revêtements muraux (<i>à venir</i>) NON : Parcelle (à venir, partiellement)
	Voir slides précédents	OUI : Mise à disposition du bâti, Exploitation, Démolition, Fonctionnement du bâtiment, Activité (quote-part), Déplacement des usagers NON : Conso d'eau, activité (énergie, déchets, entrants)	Produits et matériaux
Contributeur produits et matériaux : Données env.	total cycle de vie, AVEC renouvellement dans le bâtiment (50 puis 100 ans)		OUI phase production + transport + mise en œuvre, NON renouvellement des pdc dans le bâtiment

Tableau 15 Comparaison de l'étude HQE Performance et Bilan Carbone

Il n'y a pas de différences fondamentales entre Bilan Carbone appliqué au bâtiment et la démarche HQE Performance si ce n'est le passage d'un résultat monocritère à un résultat multicritère.

Par contre, il conviendra de manipuler avec précaution les facteurs d'émissions pour les bâtiments génériques qui ont une vocation d'usage bien différente.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr



ANNEXE 7 : RETOURS DES EXPERIMENTATEURS D'HQE PERFORMANCE

Extraits des dossiers rendus avec les modélisations :

La démarche HQE Performance :

- *L'objectif d' « affichage environnemental » recherché par la démarche HQE performance semble assez éloigné d'une démarche d'amélioration des performances environnementales d'un projet. HQE performance semble uniquement dédié à établir une évaluation « post opération » des projets. Pourquoi ne pas orienter cette démarche de manière à ce que l'évaluation des projets puisse se faire tout au long de leur phase de conception afin de pouvoir optimiser celle-ci (cf. indicateurs environnementaux) ? A l'inverse, l'évaluation de la performance environnementale d'un bâtiment ne doit-elle pas se faire pendant sa phase d'exploitation (cf. indicateurs économiques et indicateurs confort - santé) ?*
- *Il semble difficile d'utiliser les résultats qui émanent d'ELODIE comme un outil d'aide à la décision en phase conception. En effet, les résultats donnés par ELODIE mettent en évidence le contributeur majeur du gros œuvre dans les résultats globaux. Cela étant, il ne permet pas de conclure sur les dispositions qu'il serait nécessaire de prendre pour réduire cet impact lié au gros œuvre. Pour cela, il faudrait étudier le bâtiment suivant plusieurs variantes structurelles (structure béton, structure bois, structure métallique par exemple), quantifier les matériaux nécessaire suivant le type de structure envisagée afin d'entrer ensuite ces quantités dans ELODIE et de comprendre les impacts environnementaux associés à chaque solution structurelle. Ainsi, des études structurelles diverses devraient être réalisées en parallèle, ce qui complexifierai /alourdirai les études de conception.*

L'Annexe technique HQE Perf :

Périmètre d'étude :

- *Périmètre d'étude non clairement défini*
- *Besoin d'une méthodologie de modélisation des projets bien plus contraignante*
- *Comment imaginer comparer « la performance » bâtiments entre eux à terme si le choix des contributeurs est optionnel ?*

Les différents contributeurs

- *Le calcul du contributeur Produit et matériaux de construction est fastidieux. En phase conception, celui-ci reste particulièrement théorique.*
- *Module eau, consommations d'eau : On note également une incertitude quant aux estimations des consommations d'eau potable réalisées à l'aide de l'outil disponible dans le logiciel Elodie.*

Les autres indicateurs :

- *Biodiversité : En ce qui concerne cet indicateur, il est important de rappeler qu'il est aujourd'hui trop restrictif. Il convient en effet de prendre en considération la richesse écologique des lieux qui ne se traduit pas seulement par la surface d'espaces verts sur la parcelle mais par leur capacité à constituer des habitats faunistiques et floristiques intéressants.*
- *Foncier : Pour l'indicateur de consommation de foncier, le contexte de l'opération mériterait d'être pris en compte. En effet, imperméabiliser un espace situé en dent creuse en centre ville*

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

aura certainement moins d'impact environnemental qu'imperméabiliser un terrain en périphérie de ville.

L'annexe Technique et l'outil ELODIE

- Les sorties demandés pour la HQE® performance très légèrement différentes des résultats indiqués dans le rapport Excel d'ELODIE.

Données environnementales :

- Absence de données, Données différentes des produits utilisés
 - o Ce déficit de FDES impose un fort taux d'interprétation (règles de trois...).
 - o Nécessité de passer par des logiciels annexe tel que l'outil « bilan produit » de l'ADEME pour renseigner certaines fiches.
 - o Equipements techniques non renseignés (pas de fiches disponibles) alors que leur poids dans le bilan environnemental du bâtiment ne doit pas être négligeable.
 - o Pourquoi ne pas avoir une bibliothèque de données communes
 - o FDES/PEP : Hétérogénéité des indicateurs environnementaux

Interprétation des résultats :

- Pas toujours facile en l'absence d'éléments de comparaison.
- Les ratios au m²shon pour le contributeur « Matériaux de construction » ne sont pas pertinents pour les bâtiments disposant de surfaces construites non incluses dans la shon (par exemple des parkings en sous-sol car les surfaces de plancher, principal impactant, sont démultipliées). Il serait plus judicieux de ramener les impacts au m²shob.

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

