

**DHUP convention Y13-08
n°2200756332**

**Capitalisation des résultats de
l'expérimentation HQE Performance.
Analyse statistique
Action 22**

Rapport Final

LEBERT Alexandra, LASVAUX Sébastien, GRANNEC Francis, NIBEL Sylviane,
ACHIM Fanny, SCHIOPU Nicoleta

Vérificateur : CHEVALIER Jacques

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

Octobre 2013
Réf : DEE/EICV - 14.027

Responsable DHUP : Madame Hadjira Schmitt Foudhil

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. Capitalisation des résultats de l'expérimentation HQE Performance. Rapport intermédiaire. DEE/EICV - 14.027 Octobre 2013. 235 pages+ 2 ANNEXES.

Sommaire

INTRODUCTION	8
GLOSSAIRE & SIGLES UTILISES	10
A. LE CADRE DE L'ETUDE	13
1. LE PROJET HQE PERFORMANCE	14
1.1 Les objectifs	14
1.2 La méthode.....	14
1.3 Le déroulement de l'expérimentation	15
2. CADRE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE	16
Les documents cadres : la norme EN 15978 et les règles d'application HQE Performance.....	16
Les contributeurs considérés.....	16
2.1 Les bases de données	18
2.1.1 Inies.....	18
2.1.2 La base de données Elodie	18
2.2 Le logiciel d'ACV utilisé : ELODIE.....	19
2.2.1 Description des données d'entrée d'ELODIE.....	20
2.2.2 Description des méthodologies de calcul d'ELODIE	24
2.2.3 Description des résultats de sortie d'ELODIE.....	25
2.3 Les documents pour l'aide à la modélisation	26
2.4 Période de référence pour le calcul et durée de vie programmée (DVP) des bâtiments.....	27
2.5 Les exigences sur les rendus	28
3. ETAPES PREPARATOIRES A L'ETUDE STATISTIQUE.....	28
3.1 Accompagnement des modelisateurs et premieres verifications .	28
3.2 Etape de Contrôle et de consolidation par le CSTB.....	29
3.3 Traitement des valeurs aberrantes	30
4. L'OUTIL STATISTIQUE ELODIE STATS.....	31
5. PRECISIONS METHODOLOGIQUES.....	31
5.1 Comptabilité en énergie primaire	31
5.2 Valorisation des énergies renouvelables sous ELODIE dans le cadre HQE Performance.....	32
B. LES RESULTATS DE L'ETUDE.....	34
1. PRESENTATION DES BATIMENTS MODELISES ET INTEGRES A L'ETUDE	35
1.1 Taille de l'échantillon.....	35
1.2 Différentes typologies de bâtiments	35
1.3 Des bâtiments performants énergétiquement	36
1.4 Différents modes constructifs.....	37
1.5 Description détaillée de l'échantillon	39

1.6	Des modélisations aux frontières hétérogènes mais en progrès..	41
1.7	typologies de bâtiments prises en compte dans l'échantillon complet 2010-2011 et 2012-2013.....	41
2.	RESULTATS GLOBAUX POUR LE PERIMETRE DE L'ETUDE (6 CONTRIBUTEURS).....	43
2.1	Indicateur énergie primaire totale.....	44
2.2	Indicateur énergie primaire non renouvelable.....	45
2.3	Indicateur Changement Climatique	47
2.4	Indicateur Déchets Inertes.....	49
2.5	Indicateur Déchets non dangereux.....	50
2.6	Indicateur Déchets dangereux	52
2.7	Indicateur Consommation d'eau.....	53
3.	ORDRES DE GRANDEUR ET COMPARAISON DES MEDIANES PAR CONTRIBUTEUR :	55
3.1	Indicateur énergie primaire totale.....	56
3.2	Indicateur énergie primaire non renouvelable.....	58
3.3	Indicateur Changement climatique.....	60
3.4	Indicateur Déchets inertes	62
3.5	Indicateurs Déchets non dangereux	64
3.6	Indicateur Déchets dangereux	66
3.7	Indicateur consommation d'eau	68
3.8	Synthèse des résultats pour les 6 contributeurs.....	69
4.	ANALYSE DETAILLEE DES RESULTATS DU CONTRIBUTEUR « PRODUITS ET EQUIPEMENTS »	78
4.1	Résultats par indicateur du contributeur aux lots techniques.....	79
4.1.1	Indicateur consommation d'énergie primaire totale	79
4.1.2	Indicateur consommation d'énergie primaire non renouvelable	92
4.1.3	Indicateur changement climatique.....	104
4.1.4	Indicateur production de déchets inertes.....	116
4.1.5	Indicateur production de déchets non dangereux	128
4.1.6	Indicateur production de déchets dangereux.....	139
4.2	Synthèse des résultats pour le contributeur « produits et équipements »	150
5.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ENERGIE LIMITEE AUX POSTES REGLEMENTAIRES	171
5.1	Préliminaire.....	171
5.2	Données relatives aux principaux vecteurs énergétiques	171
5.3	Résultats indicateur par indicateur.....	174
5.3.1	Indicateur énergie primaire totale	174
5.3.2	Indicateur énergie non renouvelable.....	175
5.3.3	Indicateur énergie primaire renouvelable	176
5.3.4	Indicateur déchets radioactifs	176
5.3.5	Indicateur Changement climatique	177

5.4	Autres Eléments d'analyse.....	178
5.4.1	Energie et CO ₂ liés au poste Chauffage	178
5.4.2	Analyse selon les vecteurs énergétiques du poste ECS	181
5.5	L'essentiel	185
6.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATIONS D'ENERGIE LIEES A L'ACTIVITE	186
6.1	Avertissement	186
6.2	Résultats indicateur par indicateur.....	187
6.3	L'essentiel	187
7.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION ET REJET D'EAU	190
7.1	Avertissement	190
7.2	Volumes d'eau consommés et rejetés.....	191
7.3	Usage des Déclarations environnementales de Service	193
7.4	Résultats par indicateur à l'échelle du contributeur	194
7.4.1	Indicateur Consommation d'énergie primaire	195
7.4.2	Indicateur Consommation d'eau	196
7.4.3	Indicateur Déchets dangereux	197
7.5	L'essentiel	198
8.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CHANTIER	200
8.1	Indicateur énergie primaire Totale	200
8.2	Indicateur énergie primaire non renouvelable.....	201
8.3	Indicateur Changement climatique.....	201
8.4	Indicateur Déchets inertes	202
8.5	Indicateur Consommation d'eau totale.....	202
8.6	L'essentiel	203
9.	RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR DEPLACEMENT DES OCCUPANTS	204
9.1	Analyse globale des sept contributeurs	204
9.2	Distances cumulées	206
9.3	Résultats par indicateur	207
9.4	L'essentiel	210
10.	ANALYSES COMPLEMENTAIRES POUR LES CONTRIBUTEURS « PRODUITS ET EQUIPEMENTS », « ENERGIE POSTE RT », ET « CONSOMMATION D'EAU »	211
10.1	Maisons individuelles.....	212
10.1.1	Influence des zones climatiques et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage	212
10.1.2	Influence des systèmes constructifs.....	213
10.2	Immeubles collectifs	216
10.2.1	Influence des zones climatiques et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage	216
10.2.2	Influence des systèmes constructifs.....	217
10.3	Bâtiments de bureaux	220

10.3.1	Influence des zones climatiques et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage	220
10.3.2	Influence des systèmes constructifs.....	221
10.4	Synthèse	224
11.	DISCUSSION DES RESULTATS.....	225
11.1	Evaluation de l'échantillon d'étude.....	225
11.2	Evaluation de la qualité des modélisations	225
11.2.1	Le processus de modélisation :.....	225
11.2.2	Les données relatives au bâtiment.....	226
11.2.3	Les données environnementales.....	227
11.2.4	Synthèse	228
CONCLUSION		231
BIBLIOGRAPHIE		234

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 vit 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, le secteur de la construction **reconstruit un système d'évaluation complet adapté à cette transformation** : méthodologie de calcul, outils de calcul, échelles de référence, système d'aide à la décision associé.

Une première expérimentation HQE Performance avait permis en 2010-2011 de proposer non seulement un premier cadre de référence partagé, mais également des premiers ordres de grandeurs des impacts environnementaux des bâtiments. Cette nouvelle expérimentation initiée en juin 2012, avait pour objectif, d'une part, de permettre la construction d'un échantillon de qualité pour la mise en place de valeurs de référence et d'autre part, de continuer à faire monter en compétence les acteurs sur la problématique d'évaluation des bâtiments par une approche basée sur l'analyse de cycle de vie (ACV).

Cette deuxième large expérimentation s'appuie sur un cadre d'évaluation amélioré « HQE Performance, Règles d'application pour l'évaluation environnementale des bâtiments », mis en place par le groupe de travail de l'Association HQE « GT Indicateurs environnementaux » animé par le CSTB.

Cette seconde expérimentation et son exploitation s'inscrivent dans un contexte politique fort. Suite à la Conférence environnementale, menée en septembre 2012, le Premier ministre, Jean-Marc Ayrault, a adressé des lettres de cadrage pour la transition écologique, à chaque ministère. Notamment, au ministère de l'Egalité des Territoires et du Logement, l'objectif est donné de « poursuivre les études en cours sur la performance environnementale des bâtiments neufs pour définir, pour fin 2013 ou début 2014, un label de performance énergétique et environnementale ».

La première partie de ce rapport « Partie A, Cadre de l'étude » présente tout d'abord le projet et ses composantes (son calendrier, les étapes) avant de préciser la méthodologie retenue pour l'évaluation des bâtiments (les documents et données utilisés pour l'étude, les hypothèses de travail retenues).

La seconde partie de l'étude « Partie B, Les résultats de l'étude » présente tout d'abord l'échantillon étudié, puis les principaux résultats obtenus à l'échelle du bâtiment (somme des contributeurs) et enfin ceux pour les différents **contributeurs** analysés :

- Produits et Equipements de construction
- Consommations d'énergie pendant la vie en œuvre (postes RT et usages spécifiques de l'électricité liés et non liés au bâti)
- Consommations et rejets d'eau
- Chantier
- Déplacement des occupants

Dans le corps du rapport, pour ne pas alourdir inutilement celui-ci, nous avons fait le choix de restreindre le nombre d'indicateurs présentés. Selon le contributeur étudié, cette liste peut évoluer :

- 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 environnementaux sont disponibles en annexe.

De la même façon, ne sont présentés dans le corps du rapport que les résultats détaillés pour une durée de vie des bâtiments de 50 ans. Ceux pour 100 ans sont abordés dans des analyses de

sensibilité présentes dans chaque partie avec des éléments de synthèse à la fin de chaque partie. Le détail des résultats pour 100 ans est reporté en annexe.

Enfin, pour conserver une homogénéité de modélisation, ne sont présentés dans le rapport que les résultats détaillés relatifs à l'échantillon constitué lors de la seconde expérimentation 2012-2013. Les résultats détaillés relatifs à l'agrégation des échantillons de la première et seconde expérimentation sont reportés en annexe. Seuls les résultats de synthèse pour cet échantillon complet sont reportés dans ce rapport à la suite de ceux de l'échantillon 2012-2013.

Ce rapport présente des ordres de grandeur permettant d'alimenter l'interprétation des résultats des calculs basés sur l'ACV pour une évaluation des performances.

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

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. »

ressource non renouvelable (selon NF P01-010)

ressource qui existe en quantité fixe en différents points de la croûte terrestre et qui ne peut pas être renouvelée sur une échelle de temps humaine. Les ressources non renouvelables ne peuvent potentiellement se renouveler que par des procédés géologiques, physiques et chimiques, qui se déroulent sur plusieurs milliers d'années.

ressource renouvelable (selon NF P01-010)

ressource qui est soit cultivée, soit naturellement renouvelée ou régénérée, à une vitesse qui excède la vitesse d'épuisement de cette ressource, et cela, moyennant une gestion correcte de la ressource

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:

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 PEP Ecopassport 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. LE PROJET HQE PERFORMANCE

L'expérimentation HQE Performance 2012-2013 fait suite à l'expérimentation HQE Performance 2010-2011. Ces deux projets successifs ont bénéficié du soutien et de la mobilisation d'un grand nombre d'acteurs, notamment celui de la DHUP, de l'Association HQE, de l'ADEME, du CSTB, ceux des organismes de certification environnementale des bâtiments (CERQUAL, CEQUAMI, CERTIVEA), des centres de ressource régionaux, des syndicats professionnels et des CETE mais également les maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvres, BE, AMO qui se sont engagés dans les modélisations de leurs ouvrages.

1.1 LES OBJECTIFS

La première expérimentation avait permis de démontrer la faisabilité de la démarche elle-même, soit l'évaluation de la performance environnementale par l'application de l'analyse de cycle de vie par les acteurs eux-mêmes du secteur du bâtiment. Néanmoins **l'opérationnalité de cette démarche devait encore être améliorée** pour convaincre entièrement les acteurs.

L'opérationnalité auprès des acteurs du secteur du bâtiment a également été recherchée au travers du développement de **nouvelles compétences** pour la construction française. Ce sont les BE, les architectes, les AMO et les CETE qui ont réalisé les modélisations. Un suivi et une vérification des projets étaient ensuite menés.

La seconde expérimentation devait également **consolider et affiner les données environnementales de référence** établies à l'échelle des bâtiments en élargissant l'échantillon initial permettant les analyses statistiques, en fournissant de nouvelles modélisations de qualité.

Enfin, cette seconde expérimentation devait permettre de **prioriser les actions** à mener lors de la phase conception des bâtiments en identifiant les enjeux en terme de contributeurs pour chaque indicateur et les marges de manœuvre possibles.

1.2 LA METHODE

Début 2012, le CSTB, mandaté par DHUP, avait animé le groupe de travail de l'Association HQE «GT Indicateurs environnementaux » qui a permis la rédaction du document « HQE Performance, Règles d'application pour l'évaluation environnementale des bâtiments » (Association HQE, 2012), devant servir de cadre à l'évaluation des bâtiments pour une nouvelle expérimentation HQE Performance.

La réalisation d'une analyse de cycle de vie requiert des acquis théoriques sur l'approche ACV ainsi qu'une connaissance du cadre d'évaluation imposé (les Règles d'application HQE Performance) et un outil logiciel apte à l'application de ces règles. L'Association HQE avait sollicité le CSTB Formation pour proposer, en parallèle du test, des sessions de formation aux participants du Test HQE Performance 2012.

Afin de consolider les données construites par l'analyse statistique suite à la première expérimentation, il a été choisi de concentrer l'analyse (et donc de restreindre les modélisations) aux typologies suivantes : les maisons individuelles, les logements collectifs et les immeubles de bureaux ; et ce, afin d'obtenir des échantillons plus conséquents et des analyses plus robustes pour ces trois typologies.

L'analyse a été élargie quant au périmètre de modélisation considéré, suivant les éléments présents dans le tableau ci-dessous.

Contributeur	Niveau de prise en compte dans l'expérimentation 2010	Niveau de prise en compte dans l'expérimentation 2012
Consommations et production d'énergie liées au bâti – couvertes par la réglementation thermique – hors RT	Obligatoire Optionnel	Obligatoire Obligatoire
Consommations d'énergie liées à l'activité ¹	Optionnel	Obligatoire
Produits et matériaux de construction et équipements	Obligatoire	Obligatoire
Chantiers (hors contribution produits)	Obligatoire	Obligatoire
Consommation et rejets d'eau	Obligatoire	Obligatoire
Production et gestion des déchets d'activité ¹	-non intégré-	Obligatoire
Transport des usagers	-non intégré-	Obligatoire

Tableau 1 : Périmètres de modélisation des expérimentations 2010 et 2012

Ce deuxième parti pris permet d'obtenir des résultats plus cohérents pour une analyse des contributeurs prépondérants ou négligeables.

1.3 LE DEROULEMENT DE L'EXPERIMENTATION

L'opération **HQE Performance « Opération 2012 : testez vos bâtiments neufs »** avait pour dates clefs les événements suivants :

- L'appel à tests « HQE Performance » a été lancé le 10 mai 2012
- Le 14 juin, date du lancement officiel de la nouvelle expérimentation HQE Performance, le CSTB – aux côtés de l'Association HQE et de la DHUP - a présenté la démarche attendue aux participants (objectifs, calendrier, organisation).
- Mi-octobre : date butoir pour le rendu des projets
- 29 novembre 2012 : réunion de retour d'expérience avec les participants du test
- 20 juin 2013 présentation des premiers résultats de l'expérimentation lors de la Conférence : Performance Environnementale des bâtiments - résultats du test HQE Performance 2012 et des études SB Alliance.

2. CADRE METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE

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

- **Des documents cadres**
 - o Les Règles d'application HQE Performance (Association HQE, 2012)
 - o La norme EN 15978 (Afnor, 2010)
- **Des Bases De Données (BDD)**
 - o La BDD principale est la base de données INIES (Association HQE, 2013), qui regroupe les FDES en France.
 - o L'outil ELODIE (CSTB) comporte une BDD interne avec des valeurs par défaut qui permettent de venir compléter la base INIES ainsi que 120 PEP mise à disposition par les industriels pour l'expérimentation.
 - o 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'EcoInvent, etc.
- **Un outil d'ACV bâtiment :**
 - o L'outil ELODIE modifié pour répondre au mieux au cahier des charges HQE Performance, développé par le CSTB a été mis à disposition des acteurs.
- **Des Documents d'aide à la modélisation :**
 - o Le CSTB a mis à disposition un « Guide de l'utilisateur » qu'il a mis à disposition de l'ensemble des acteurs utilisant Elodie.

A cette boîte à outil était associé un dispositif de **suivi et d'accompagnement des acteurs**. Celui-ci avait pour objectif de guider les participants pour optimiser la qualité de leurs modélisations et leur homogénéité

LES DOCUMENTS CADRES : LA NORME EN 15978 ET LES REGLES D'APPLICATION HQE PERFORMANCE

La norme de référence pour le calcul des impacts environnementaux d'un bâtiment est la norme européenne EN 15978 (Afnor, 2010)...

Les Règles d'application **HQE Performance** (Association HQE, 2012) s'appuient sur cette norme et en reprennent des passages. Elles expliquent surtout comment l'appliquer et traitent les aspects environnementaux non couverts par la norme EN15978.

LES CONTRIBUTEURS CONSIDERES

La norme NF EN 15978 définit les règles de calcul de la performance environnementale d'un bâtiment en décomposant les impacts par étape du cycle de vie. De son côté, 'Les Règles d'application HQE Performance déclinent ces aspects par contributeur. Par exemple, l'impact induit par les produits de construction se décompose sur le cycle de vie complet tandis que l'impact des consommations d'énergie –postes réglementaires- se produit uniquement pendant la phase d'utilisation du bâtiment. Au total, les Règles d'application décomposent l'impact environnemental d'un bâtiment en 7 contributeurs. Pour chaque

contributeur, un niveau d'exigence est spécifié dans le cadre de cette expérimentation (cf. tableau ci-dessous) :

Contributeur	Niveau de prise en compte dans l'expérimentation 2012	Intégré dans l'étude statistique
Consommations et production d'énergie liées au bâti – couvertes par la réglementation thermique – hors RT	Obligatoire	OUI
Consommations d'énergie liées à l'activité ¹	Obligatoire	OUI
Produits et matériaux de construction et équipements	Obligatoire	OUI
Chantiers (hors contribution produits)	Obligatoire	OUI
Consommation et rejets d'eau	Obligatoire	OUI
Production et gestion des déchets d'activité ¹	Obligatoire	NON
Transport des usagers	Obligatoire	NON (voir partie 10 pour des éléments)

Tableau 2 : Contributeurs obligatoires des Règles d'application HQE Performance pris en compte dans le champ de l'étude

Dans cette première phase, les contributeurs suivants ne sont pas intégrés au champ de l'étude : production et gestion des déchets d'activités et transport des usagers. Le contributeur « production et gestion de déchets d'activités » n'est pas présenté étant donné les incertitudes sur les quantités de déchets générés par les occupants (un ratio unique a été utilisé) ainsi que la donnée environnementale associée. Cependant, pour le transport des usagers, une étude de sensibilité permettra d'évaluer le poids de ce contributeur par rapport aux 5 contributeurs présentés au tableau précédent (voir partie B, paragraphe 10).

Il est également important de préciser que le contributeur « Consommations et production d'énergie liées au bâti » des Règles d'application HQE Performance a été décomposé dans ce rapport en deux contributeurs : « Energie – postes réglementaires » et « Energie – Usages liés au bâti hors RT ».

Le détail des exigences pour chacun des contributeurs est disponible dans Les Règles d'application HQE Performance placées en Annexe 1 de ce rapport.

2.1 LES BASES DE DONNEES

2.1.1 INIES

INIES est la base de données **nationale** de référence des **Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire** des produits de constructions (FDES) réalisées et mises en ligne à l'initiative volontaire des industriels et syndicats.

La base INIES, d'accès public, a pour vocation de centraliser de manière formelle et transparente les déclarations environnementales et sanitaires des produits de construction sur un site Internet dédié et de les mettre à disposition gratuitement pour l'évaluation de la performance environnementale des bâtiments. En 2013, elle contient plus de 1150 FDES couvrant plus de 18000 produits du marché.

Grâce à l'outil de web-service les indicateurs environnementaux représentatifs saisis par le responsable de la FDES selon le format de la norme NF P01-010, peuvent être extraits et utilisés dans un outil d'évaluation environnementale.

2.1.2 LA BASE DE DONNEES ELODIE

La base de données ELODIE est une base d'informations propre au logiciel ELODIE. Elle permet d'apporter des informations supplémentaires aux données d'entrée du logiciel. Cette base de données complémentaire rassemble des fiches de profil environnemental de produits de construction non issus de la base de données INIES, et également des fiches de profil environnemental de services (énergie, eau, transport et immobilisation).

Cette base a vocation à proposer un ensemble de données génériques permettant de réaliser des études exhaustives en phase amont des projets.

2.1.2.1 Données génériques

Dans ELODIE, une valeur ou fiche générique correspond à un produit ou service « moyen » supposé représentatif du contexte français. Pour les produits de construction, il peut s'agir d'une donnée type FDES collective ou une valeur par défaut réalisée pour un groupe de produits.

Les données génériques peuvent donc être issues de FDES collectives non disponibles sous INIES, ou résulter de calculs réalisés par le CSTB :

- soit à partir de plusieurs FDES,
- soit à partir de configurateurs de données environnementales de produits (e.g. Béton pour les produits en béton)
- soit à partir de données d'ICV issues de base de données multisectorielle (e.g. EcolInvent).

2.1.2.2 Données spécifiques

Issus de Profils Environnementaux Produit

Lors du premier Test HQE Performance, les équipements avaient été intégrés au périmètre d'évaluation des bâtiments mais leur contribution non analysée faute de disposer de suffisamment de données environnementales. Afin de pouvoir évaluer les impacts relatifs aux équipements dans le cadre du Test HQE Performance 2012, l'Association HQE a mis en place un partenariat avec les syndicats de fabricants d'équipement IGNEs et UNICLIMA. Dans le cadre de ce partenariat, les industriels membres de ces syndicats ont **mis à disposition des participants un jeu de PEP** (Profils Environnementaux Produits)

sélectionnés de façon à couvrir les principaux équipements des bâtiments tertiaires, de logements collectifs et individuels. Les typologies d'équipement couvertes sont les suivantes :

- Chauffage, ventilation, refroidissement, eau chaude sanitaire
- Réseaux d'énergie électrique et de communication (tableaux, électrique ; câblage, appareillage divers, etc.)
- Sécurité des personnes et des bâtiments (alarmes, détecteurs, etc.)
- Appareils élévateurs
- Equipement de production locale d'énergie

Les données ont été **mises à disposition sous Elodie** pour le temps de l'expérimentation HQE Performance. Le jeu de PEP a été numérisé et importé sous Elodie.

Les PEP respectant un format de déclaration différent de celui des FDES un **travail d'adaptation et de vérification des données environnementales** (conversion d'unités, réécriture des unités fonctionnelles, etc.) a été nécessaire. **Toutefois, pour les indicateurs pour lesquels ni correspondance évidente ni conversion n'a été possible, les champs ont été laissés vides** (e.g. épuisement des ressources).

Les données fournies ont notamment subi les modifications suivantes :

- La phase utilisation n'a pas été retenue (pour plus de détails voir l'annexe « HQE Performance, Règles d'application pour l'évaluation environnementale des bâtiments, version du 14/06/2012 »)
- Les parts d'énergie non renouvelable et renouvelable ont été respectivement estimées à 93.9% et 6.1% de la Consommation totale d'énergie primaire. (Il s'agit des parts respectives dans le mix électrique français utilisé).
- L'indicateur Epuisement des ressources exprimé en années-1 n'a pas été conservé (aucune règle de conversion de l'indicateur agrégé en kg. eq. antimoine n'a été trouvée)
- L'indicateur Acidification atmosphérique exprimé en g H+ dans les PEP a été traduit en eq.g SO2 en multipliant la valeur initiale par 32.26. (Règle établie par identification des réactions chimiques en jeu et des masses atomiques des éléments impliqués dans celles-ci)

Ainsi, un jeu de 121 PEP a pu être mis à disposition des expérimentateurs dans le cadre du Test HQE Performance 2012.

Issus de FDES

Dans la base de données ELODIE peuvent se trouver des FDES qui ne seraient pas présentes sous INIES. Par exemple il peut s'agir de FDES qui ont été retirées d'INIES (ne respectant plus la norme ou la procédure d'admission d'INIES, d'ancien millésime, etc.) mais qui n'ont pas eu de fiche « héritière », ou encore de fiches qui n'ont jamais demandé leur entrée sur INIES.

2.2 LE LOGICIEL D'ACV UTILISE : ELODIE

ELODIE est l'outil d'analyse de cycle de vie des bâtiments développé par le CSTB depuis 2008. La version d'ELODIE disponible depuis mars 2010 est un outil support à l'expérimentation HQE performance et au développement des certifications

environnementales de bâtiment. Il peut être utilisé également comme outil d'aide à la conception (comparaison de variantes par exemple). Il présente les résultats des indicateurs environnementaux proposés par les normes NF P01-010 et XP P01-020-3. Il est désormais reconnu par la certification BREEAM.

ELODIE est un outil à interface web (www.elodie-cstb.fr). Dans cette partie, seuls les principes de calcul sont présentés ainsi que des captures d'écran sur les entrées et les sorties de l'outil. Le lecteur intéressé peut se référer au guide méthodologique (ELODIE, 2012).

2.2.1 DESCRIPTION DES DONNEES D'ENTREE D'ELODIE

ELODIE fonctionne sur le principe des contributeurs présentés dans la norme XP P01-020-3.

Les contributeurs principaux pris en compte par ELODIE, et leurs correspondances en termes de contributeurs exigés par les Règles d'application HQE Performance, sont les suivants :

Tableau 3 : Correspondance entre contributeurs HQE Performance et ceux proposés par le logiciel d'ACV Elodie.

Contributeur HQE Performance [entre crochets, référence au module de la norme EN 15978]	Contributeur Elodie équivalent
Consommations d'énergie liées au bâti [B6]	Energie
Consommations d'énergie liées à l'activité [B6]	
Produits de construction et équipements [A, B et C]	Composant
Chantier [A5]	Chantier
Consommation et rejets d'eau [B7]	Eau
Production et gestion des déchets d'activité [B]	Déchets d'activité
Transport des usagers [B]	Déplacement

La Figure 1 présente l'interface ELODIE et son fonctionnement par contributeurs :

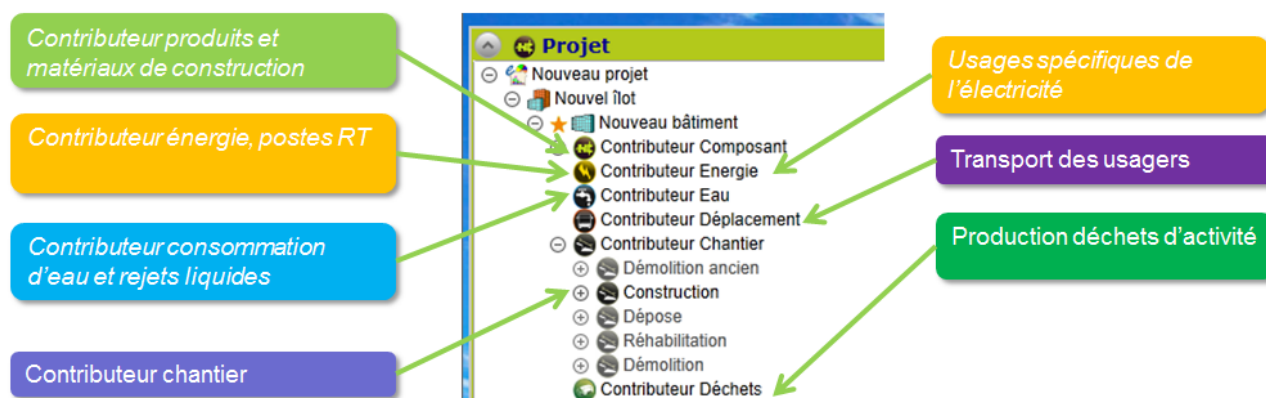


Figure 1 : fonctionnement par contributeur dans l'interface d'ELODIE

Réaliser une ACV bâtiment sous ELODIE consiste à mettre en correspondance pour chaque contributeur des données relatives au projet étudié et des données environnementales. Cette section décrit les données attendues pour décrire le projet dans le cadre d'une ACV bâtiment.

2.2.1.1 Données relatives au bâtiment

Les données à renseigner obligatoirement sous ELODIE sont :

- La période de référence pour le calcul : cette valeur est ensuite automatiquement considérée pour estimer la durée de vie requise des bâtiments constituant le projet.
- La Surface Hors Œuvre Nette totale (SHON), en m².

L'utilisateur doit ensuite décrire son bâtiment en renseignant le niveau de détails par exemple des éléments de construction disponibles au moment de l'étude. Il peut également décrire le bâtiment à l'aide de nomenclatures prédéfinies, au format des règles d'application HQE Performance, notamment :

- Eléments de description physique du bâtiment : autres unités de surface (surface de plancher par exemple), durée de vie programmée (DVP), nature principale de la structure du bâtiment, type de fondations, aménagements extérieurs...
- Eléments de description de l'usage : nombre d'occupants, type d'usage, type d'occupation, durée d'occupation du bâtiment...

Ces éléments pourront être utilisés comme unité de référence pour exprimer les résultats en kWh/personne.

2.2.1.2 Données relatives aux produits de construction, matériaux et équipements

Les données relatives aux produits, matériaux et équipements sont considérées via le contributeur « Composant » d'ELODIE.

Suivant le mode d'utilisation d'ELODIE, le choix des données peut être :

- Entièrement libre : les frontières et le format (découpage en lots) découlent des documents utilisés par l'utilisateur d'ELODIE.
- Partiellement prédéfini : lorsque l'utilisateur utilise, par exemple, le modèle HQE Performance, le découpage en lots est imposé et une check-list pour chaque lot lui est proposée. C'est ce mode qui a été conseillé aux expérimentateurs HQE Performance.
- Essentiellement prédéfini avec des modes adaptés (non accessibles pour les utilisateurs dans le cadre HQE Performance).

Dans le mode étendu, l'utilisateur doit spécifier pour chaque produit de construction :

- La Durée de Vie Estimée (DVE) du produit de construction. Par défaut, c'est la Durée de Vie Typique (DVT) qui est proposée à partir des FDES.
- La quantité mise en œuvre, issue du métré du bâtiment, exprimée dans la même unité que celle retenue dans l'unité fonctionnelle du produit et la DVP de l'ouvrage.
- Une donnée environnementale choisie dans la base de données d'ELODIE ou créée par l'utilisateur. Plusieurs types de données sont disponibles dans ELODIE : données spécifiques issues de déclarations environnementales de type FDES individuelles fournies par les fabricants, données spécifiques/génériques issues de déclarations de type FDES collectives, données moyennes ou données par défaut qui remplacent des valeurs environnementales spécifiques ou génériques indisponibles récupérées à partir de bases de données amont (comme EcolInvent).

La figure 2 présente l'interface ELODIE pour la saisie des données relatives au contributeur « Composant » :



Figure 2 : le contributeur Composant dans l'interface d'ELODIE

Les modèles de bâtiment sous le logiciel Elodie.

Afin d'avoir des modélisations les plus homogènes possible, l'annexe des Règles d'application HQE Performance spécifiant le découpage du bâtiment imposé pour la modélisation a été retranscrite sous Elodie, le logiciel d'ACV bâtiment développé par le CSTB et utilisé par les expérimentateurs.

Ainsi, lorsque qu'un participant commençait la modélisation de son projet sous Elodie (voir figure ci-dessous), il pouvait sélectionner un modèle « HQE Performance » lui proposant le découpage exigé ainsi que la liste des composants attendus.

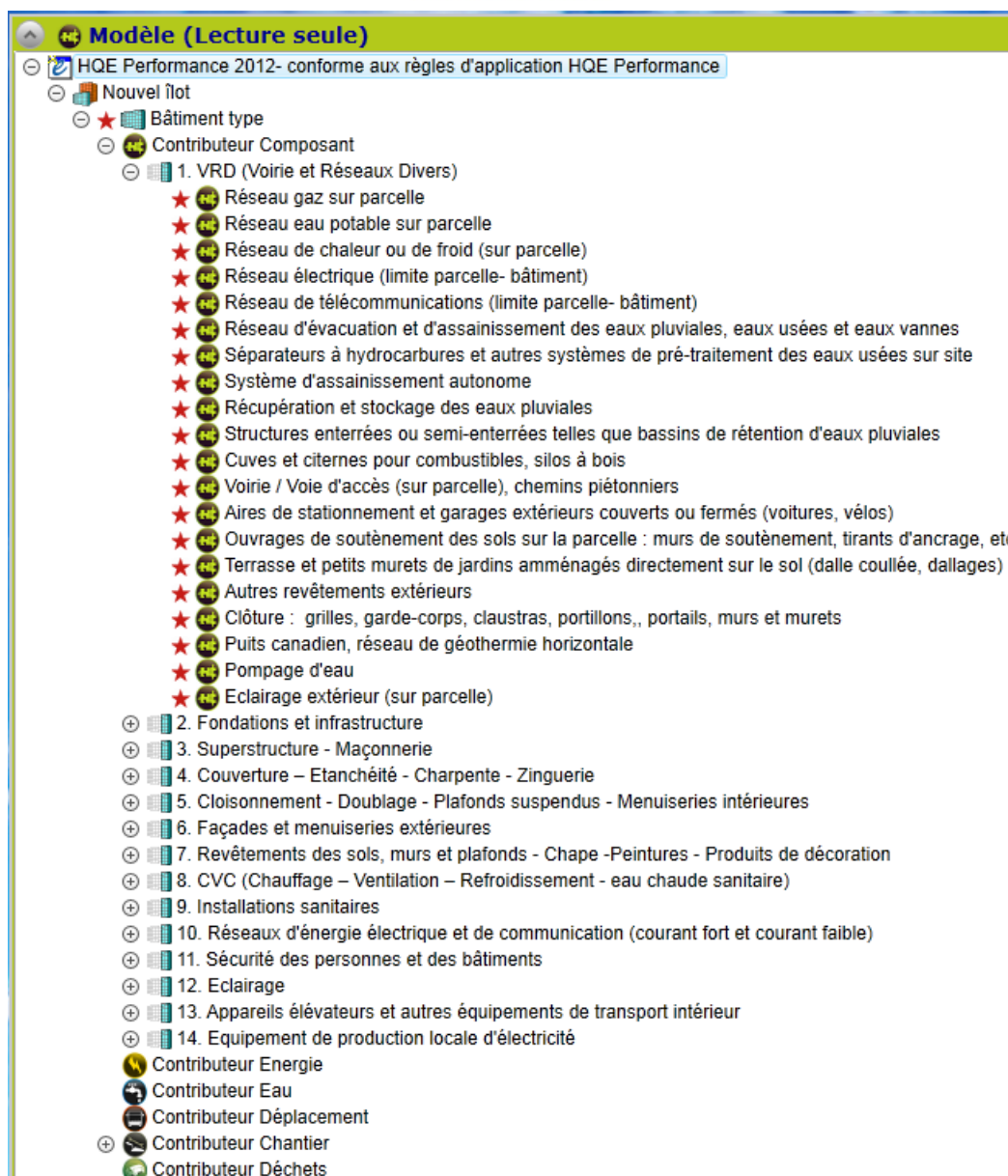


Figure 3 : Copie d'écran du logiciel Elodie, Projet créé suivant le modèle HQE Performance.

2.2.1.3 Données relatives aux consommations d'énergie

Les données relatives aux consommations d'énergie sont considérées via le contributeur « Energie » d'ELODIE. Il couvre l'ensemble de consommations énergétiques utilisées dans le bâtiment pendant sa vie en œuvre.

La procédure de saisie des consommations s'effectue selon les quatre étapes suivantes :

- Les consommations d'énergie sont saisies par usages¹ : a minima doivent être renseignées les valeurs des consommations pour les postes réglementés RT (chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, ventilation, éclairage et auxiliaires)

¹ Il n'y a pas de chaînage automatique entre un outil de calcul thermique et ELODIE V2.

de distribution), mais l'utilisateur est libre d'élargir son étude et d'ajouter d'autres consommations hors réglementation, liées et non liées au bâti.

- Les types d'énergie proposés actuellement sous ELODIE sont les suivants : électricité issue du réseau, charbon, biomasse, production locale d'énergie, fioul, gaz naturel, autre.
- Les données de consommations sont renseignées en énergie finale (l'unité fonctionnelle des données environnementales de services est une quantité d'énergie finale « mise à disposition »). La valeur de consommation peut être renseignée en kWh/m²/an ou bien en kWh/an. Aucun calcul thermique n'est effectué sous Elodie, les données sont les résultats des logiciels de calculs RT ou de Simulations Thermiques Dynamiques (STD) calculées pour une année.
- L'utilisateur associe une fiche de Déclaration Environnementale de Service (DES) relative au vecteur énergétique considéré (biomasse, gaz naturel, fioul, électricité etc.).

La figure 4 présente l'interface ELODIE pour la saisie des données relatives au contributeur « Energie » :

Usage	Type d'énergie	Valeur de la consommation d'énergie finale du bât	Fiche énergie DES
Chauffage	Gaz Naturel	127.59	Gaz Naturel - Chauffage
Climatisation - Refroidissement	Electricité issue du réseau	38.75	Electricité - Mix électrique (France)
Ventilation		0	Non Disponible
ECS		0	Non Disponible

Figure 4 : le contributeur Energie dans l'interface d'ELODIE

Les impacts liés à l'utilisation et la mise à disposition des équipements permettant la production locale d'énergie sont pris en compte comme produits de construction dans le contributeur « Composant » (l'utilisation regroupe ici essentiellement l'entretien et la maintenance des équipements, les consommations étant prises en compte dans le contributeur « Energie »).

2.2.2 DESCRIPTION DES METHODOLOGIES DE CALCUL D'ELODIE

Chaque contributeur peut être calculé d'une ou de plusieurs manières. ELODIE propose pour chacun, la possibilité de décrire les données relatives au bâtiment, qui sont à associer à des données environnementales (c'est en général le mode étendu du contributeur). Seul le mode étendu est décrit ici, puisque c'est le seul qui a été rendu disponible pour l'expérimentation HQE Performance.

2.2.2.1 Méthodologies de calcul pour le contributeur Composant

Dans le mode étendu, pour faire le calcul des contributions des produits de construction aux impacts environnementaux de l'ouvrage, l'évaluateur a dû spécifier les DVE pour chacun des produits incorporés dans l'ouvrage (par défaut égale à la DVT), leur quantité mise en œuvre exprimée dans la même unité que celle retenue dans l'unité fonctionnelle du produit et la DVP de l'ouvrage.

A partir de ces informations, ELODIE calcule pour chaque produit sa contribution aux impacts environnementaux de l'ouvrage.

2.2.2.2 Méthodologies de calcul pour le contributeur Energie

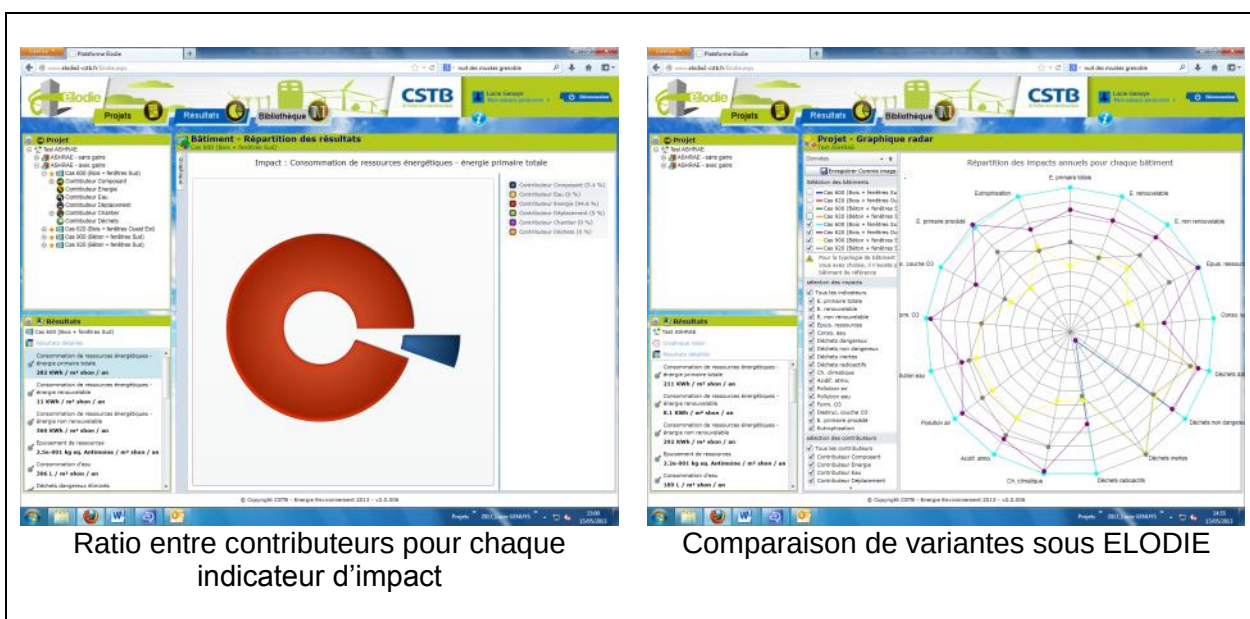
Les fiches DES relatives au vecteur énergétique considéré contiennent l'ensemble des impacts calculés selon le format de la norme NF P01-010 (prochainement EN 15804). Ces fiches sont produites pour exprimer d'une part les impacts de la mise à disposition d'une quantité d'énergie jusqu'au site d'utilisation, et d'autre part pour exprimer les impacts liés aux procédés d'utilisation de l'énergie à l'intérieur du périmètre du bâtiment (ex : impacts liés à la combustion de gaz par une chaudière). Actuellement, les impacts sont calculés à partir de données d'Analyse de Cycle de Vie issues de bases de données génériques, à défaut de disposer de données produites par les producteurs ou distributeurs d'énergie.

2.2.3 DESCRIPTION DES RESULTATS DE SORTIE D'ELODIE

Les résultats sont affichés directement dans l'interface web sous forme de graphiques secteurs pour chaque indicateur d'impact, et sous forme de graphiques radars pour la comparaison entre plusieurs bâtiments.

ELODIE offre également la possibilité de générer un rapport Excel détaillé, incluant les entrées et les sorties pour l'ensemble et par contributeur. La visualisation des résultats dans le logiciel ne permet pas la différenciation par phases de vie, cependant elle est disponible dans l'export Excel.

La figure 5 présente des exemples de résultats sur l'interface web et dans le rapport Excel :



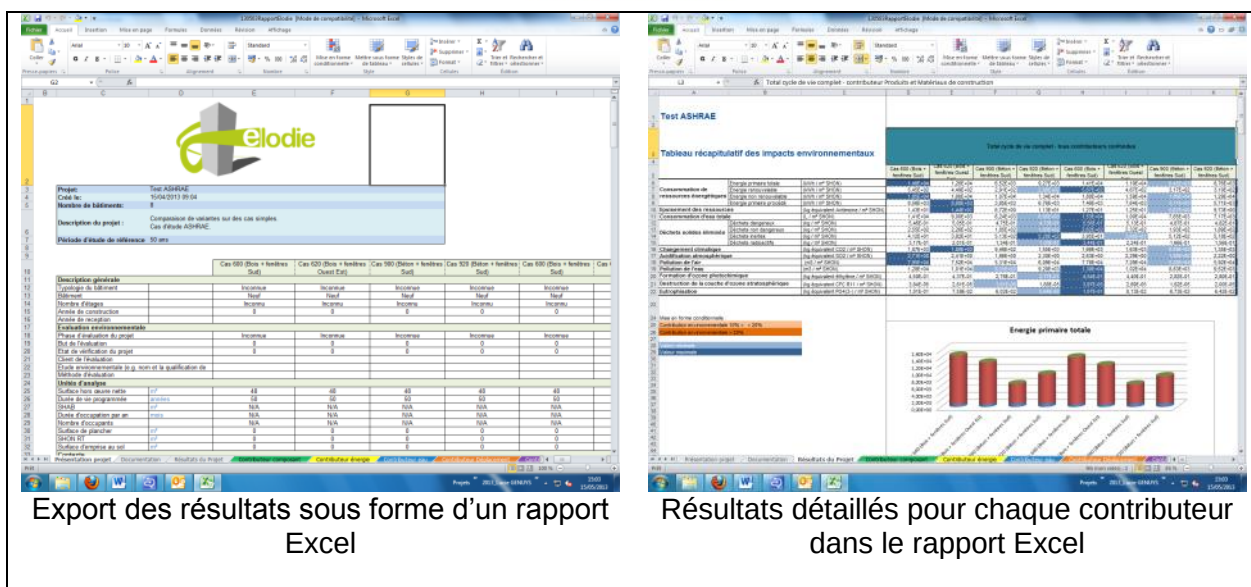


Figure 5 : Sorties dans ELODIE

L'utilisateur peut également exporter un fichier au format xml comportant toutes les informations relatives à son projet. Dans le cadre de HQE Performance, c'est ce fichier qui a été collecté pour permettre l'analyse statistique globale.

2.3 LES DOCUMENTS POUR L'AIDE A LA MODELISATION

Afin d'assurer une certaine homogénéité des résultats des modélisations ACV des bâtiments participant à l'expérimentation, des exigences ont été formulées sur les données, les hypothèses et les règles de calcul.

Les **Règles d'application HQE Performance**, constituent bien évidemment le premier de ces documents. Elles présentent les indicateurs et les contributeurs à prendre en compte et elle fixe un certain nombre d'hypothèses générales, dont les frontières d'étude.

Au-delà de ces Règles d'application, le CSTB a donc créé, proposé et diffusé un « **Guide de l'expérimentateur** ». Ce guide détaille les méthodes de modélisation pour de nombreux produits de construction et équipements pour lesquels ont été notées des difficultés dans les modélisations précédentes.

Pour environ 70 entrées (produits, matériaux ou équipements) ce guide présente :

- une rapide description de l'élément considéré (s'adressant ainsi aux modélisateurs n'ayant pas une culture bâtiment approfondie),
- une suggestion de FDES à attribuer ou de valeur par défaut si aucune FDES n'est disponible puis
- une méthode de calcul permettant de proposer des hypothèses harmonisées.

Un exemple d'entrée est présenté ci-dessous :

BOISSEAU DE CHEMINEE :

- **Description :**

Les boisseaux de cheminée, servant à évacuer les fumées et gaz brûlés issus d'une combustion, sont soit en terre cuite, soit en béton. Leur quantification sur les factures est réalisée en nombre d'unités ou en ml.

- **FDES attribuée :**

Boisseau traditionnel alvéolé en terre cuite (en ml)
Conduit de fumée en béton (en ml)

- **Méthode de calcul :**

Dans le cas d'une quantification en nombre d'unités, il est nécessaire de **mesurer** approximativement la hauteur du boisseau à partir des **plans** fournis ou de se renseigner sur la **hauteur unitaire de chaque unité constituant le conduit**.

Version	Date	Nom	Organisme
0	01/05/2011	Jessia Fédollière	CSTB

Validation	Date	Nom	Organisme
OUI/NON			

Figure 6: Extrait du Guide de l'expérimentateur diffusé aux utilisateurs d'Elodie dans le cadre de l'expérimentation HQE Performance

2.4 PERIODE DE REFERENCE POUR LE CALCUL ET DUREE DE VIE PROGRAMMEE (DVP) DES BATIMENTS

La norme EN15978 définit deux durées de vie pouvant servir de base à l'analyse de cycle de vie d'un bâtiment :

- La période de référence pour le calcul, « période pendant laquelle sont analysées les caractéristiques temporelles de l'objet de l'évaluation »
- La durée de vie requise, durée de vie la durée de vie définie par le maître d'ouvrage et le concepteur dans le programme.

Si la durée de vie requise et la période de référence pour le calcul ne sont pas identiques, les calculs prennent en compte une réduction de la phase d'utilisation du bâtiment ou des scénarios de réhabilitation ou de démolition et de construction d'un bâtiment équivalent.

Les évaluations ont été menées sur la base de deux périodes d'étude de référence : 50 et 100 ans. Par défaut, pour l'expérimentation, période d'étude de référence et durée de vie requise du bâtiment² ont été considérées comme identiques. Aucun scénario de réhabilitation ni de démolition-reconstruction n'a donc été considéré. Seuls les remplacements à l'identique des produits et équipements dont la Durée de Vie Estimée (par défaut égale à la Durée de Vie Typique données par le fabricant) est inférieure à la période d'étude de référence du bâtiment sont considérés.

Les résultats sont présentés pour une durée d'étude de référence de 50 ans et une étude de sensibilité sur 100 ans est présentée. Cette étude de sensibilité n'a de sens que pour le

² Durée de vie requise : au sens de la EN 15978, qui correspond à la nouvelle appellation de la durée de vie programmée (norme XP P01-020-3) qui est la durée de vie définie par le maître d'ouvrage et le concepteur.

contributeur produits et équipements, puisque le changement de durée de vie ne sert qu'à amortir la contribution « composants » et ne permet en fait que de repérer les bâtiments pour lesquels la structure a le moins d'impact.

2.5 LES EXIGENCES SUR LES RENDUS

Pour permettre la capitalisation des données, il était nécessaire que les rendus soient les plus homogènes possibles. Les Règles d'application HQE Performance ont 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**.
- Il était recommandé que les résultats soient accompagnés d'une étude de sensibilité portant sur les déterminants majeurs.

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.

3. ETAPES PREPARATOIRES A L'ETUDE STATISTIQUE

3.1 ACCOMPAGNEMENT DES MODELISATEURS ET PREMIERES VERIFICATIONS

Tout un dispositif de suivi et d'accompagnement des acteurs a été mis en place dans le cadre du Test HQE Performance 2012. Celui-ci avait pour objectif de guider les participants pour optimiser la qualité de leurs modélisations et leur homogénéité. Notamment, avec pour consignes d'assurer une complétude maximum des modélisations ainsi que l'adéquation entre les données environnementales et les données du projet.

Tout d'abord, **un forum** visant à capitaliser les questions/réponses a été mis en place sur la plateforme Construction 21³. Le CSTB a participé à l'enrichissement de ce forum créé par l'Association HQE. Pourvue de forums de discussion, classés par contributeurs, cette communauté a permis aux participants de poser leurs questions techniques dont les réponses étaient ainsi accessibles à l'ensemble des acteurs du test.

Puis, **un accompagnement de proximité** technique et/ou de coaching (prise de contact, relances, etc.) des participants a été réalisé par les organismes certificateurs, l'Association HQE, le Cluster Eskal Eureka ainsi que l'Arcad (coaching des acteurs en lien avec ce centre de ressource). Ces « accompagnateurs » ont été les interlocuteurs privilégiés des participants du test lors de leur travail de modélisation. Leurs rôles étaient de répondre aux questions techniques de premier ordre ou administratives auxquelles les documents ou les

³ Construction 21 est un réseau social destiné au professionnel de la construction durable développé et géré par l'IFPEB. <http://www.construction21.eu/france/>

forums de Construction 21 n'avaient pu apporter de réponse. Les questions les plus fréquentes portaient sur des difficultés de modélisation d'éléments particuliers du bâtiment (problème de traduction de certains quantitatifs, conversion d'unités, choix de FDES). Le CSTB pour les accompagner dans cette tâche, a rédigé à leur attention une note décrivant les points d'attention à contrôler sur chacun des projets.

Ensuite, **un comité de pilotage**⁴ réunissant le CSTB et des experts de chaque domaine permettait de répondre aux questions plus complexes. Le Comité de Pilotage s'est réuni de façon régulière tout au long du test. Les réunions de suivi avaient pour objectifs principaux de faire un point général sur l'avancé des modélisations, sur l'utilisation des ressources et de répondre aux interrogations d'ordre technique ou administratives qui n'auraient pas trouvé de réponse grâce aux ressources documentaires ou sur les forums de Construction 21.

Afin de **cartographier la qualité des modélisations**, opération par opération, contributeur par contributeur et lot par lot ou poste par poste, le CSTB a diffusé aux accompagnateurs un tableau à renseigner au fur et à mesure de la réception des opérations.

Ce document leur demandait de juger de la qualité et de la complétude de la modélisation, notamment :

- Les frontières du système évalué : *pas au niveau attendu, approximatives, cohérentes, ok*
- Les quantitatifs du projet : *absence de quantitatifs, usage majoritaire de données génériques, usages majoritaire de données spécifiques au projet*
- Les données environnementales : *absence de données environnementales, usage majoritaire de données génériques, usages majoritaire de données spécifiques*
- La cohérence des données environnementales associées aux données relatives aux bâtiments : *impossible de trouver des données cohérentes, mix de données cohérentes et non cohérentes, plutôt cohérent, ok.*

3.2 ETAPE DE CONTROLE ET DE CONSOLIDATION PAR LE CSTB

Les modélisations des bâtiments ont été examinées une par une par les experts ACV du CSTB. La qualité de chaque projet modélisé a ainsi été révisée selon un ensemble de points de contrôle.

Le renseignement des informations indispensables sur le bâtiment a été vérifié :

- Typologie
- Surface Hors Œuvre Nette
- Nature principale de la structure du bâtiment
- Nombre d'étages
- Nombre d'occupants/usagers
- Type de fondations

Chaque contributeur a ensuite été revu, un à un, suivant différents points :

⁴ Composition du comité de pilotage : Bauduin Philippe, CINOV ; Beaugé Camille, CERTIVEA ; Berliat Lucile, CERQUAL ; Boyeau Isabelle, EGF-BTP ; Brière Emmanuelle, UNICLIMA ; Catoire Aude, ARCAD ; Château Laurent, ADEME ; Courregelongue Elisabeth, CERQUAL ; De Gregorio Eduardo, Cluster ESKAL EUREKA ; Dhoye Nicolas, EGF-BTP ; Jouve Ingrid, EGF-BTP ; Kervinio Evan, Association HQE ; Lebert Alexandra, CSTB ; Lemaire-Talon Sabrina, CETE de l'Ouest ; Lestournelle Caroline, AIMCC ; Maerten Catherine, UNTEC ; Parent Maxime, CEQUAMI ; Schmitt-Foudhil Hadjira, DHUP ; Soissons Quentin, CIMBETON ; Tournie Philippe, CSTB ; Yves Moch, ADEME

- Contributeur Composants :
 - Contrôle de la plausibilité des quantités saisies
 - Contrôle de la plausibilité de l'adéquation des données environnementales associées
 - Contrôle du périmètre de l'étude (complétude)
- Contributeur Energie :
 - Contrôle des valeurs à l'aide des documents d'étude thermique (RT ou STD)
 - Contrôle de l'adéquation des données environnementales associées
 - Contrôle de la concordance avec la valeur de C_{ep} déclarée
- Contributeur Eau :
 - Contrôle des ordres de grandeurs des volumes de consommation et de rejets
- Contributeur Déplacement :
 - Contrôle de la concordance avec les valeurs issues de l'outil Ecomobilité-Effinergie
 - Contrôle de l'adéquation des données environnementales associées
- Contributeur Chantier :
 - Contrôle de la plausibilité des quantités saisies (point de contrôle difficile à effectuer, les opérations et leur contexte étant très disparates)
 - Contrôle de l'adéquation des données environnementales associées
- Contributeur Déchets :
 - Contrôle de la plausibilité des quantités saisies
 - Vérification des données environnementales associées

Les ordres de grandeur des indicateurs environnementaux ont également été contrôlés à l'échelle du bâtiment, de chaque contributeur et du chaque lot technique de composants afin de déceler d'éventuelles valeurs aberrantes, résultantes d'erreurs de modélisations. Les ordres de grandeur considérés comme référence sont ceux issus de la première expérimentation HQE performance (CSTB, 2011). Aux différentes échelles, au-delà de variations des valeurs d'impacts de -50% à +100% par rapport à ces références, un contrôle poussé de la modélisation a été réalisé.

L'ensemble de cette lecture matricielle a permis de corriger un certain nombre de valeurs considérées comme incohérentes.

Des remarques sur les modélisations ont pu être formulées aux expérimentateurs afin de corriger et améliorer la qualité des projets. Les bâtiments corrigés ont ensuite intégré « l'échantillon consolidé » et ont pu être étudiés statistiquement.

3.3 TRAITEMENT DES VALEURS ABERRANTES

Ensuite, cet échantillon a été analysé via des éléments de statistique descriptive de telle sorte à **identifier, comprendre et éventuellement corriger de nouvelles valeurs aberrantes**, non identifiées lors du processus de contrôle linéaire. Cette étape, est une étape particulièrement importante mais fortement chronophage.

Malgré ces deux opérations, il est probable que toutes les erreurs n'aient pas été corrigées, c'est dans cette optique, et pour limiter les interprétations erronées, que nous avons choisi de ne pas reporter les valeurs maximums et minimums dans les résultats de l'étude. En effet, la présentation par boxplots (ou boîtes à moustaches) permet de résumer 80% de la population des données initiales. Ce choix a été fait pour éviter un « écrasement » des graphiques de résultats par des valeurs extrêmes dont certaines se sont révélées erronées après vérification.

4. L'OUTIL STATISTIQUE ELODIE STATS

Un outil statistique a été développé au CSTB afin de faciliter le traitement des données et la sortie des résultats pour cette étude (Achim, 2013). Il s'agit d'un outil Excel (via des macros en VISUAL BASIC) permettant, à partir des exports Excel d'ELODIE, de rapatrier toutes les données des bâtiments modélisés et d'automatiser les statistiques descriptives ainsi que les graphiques de l'échantillon étudié. Il laisse aussi la capacité à l'utilisateur de choisir une unité de référence (SHON, SHON RT, SHAB, SDP ou Occupant). Cet outil permet ainsi de tracer plus de 400 graphiques sur les statistiques descriptives de l'échantillon des bâtiments modélisés.

L'outil ELODIE Stats permet les fonctionnalités suivantes :

- Visualiser les caractéristiques générales des bâtiments
- Visualiser les valeurs des indicateurs environnementaux pour chaque contributeur et pour chaque lot
- Déterminer les statistiques descriptives pour chaque indicateur environnemental
- Pouvoir ventiler et trier les bâtiments par typologie puis par système constructif
- Obtenir les graphiques (diagrammes empilés) pour comparer les contributeurs
- Obtenir des graphiques (boxplots) pour comparer les typologies ou les systèmes constructifs
- Obtenir des graphiques lot par lot.
- Obtenir des graphiques en regroupant les lots en 3 catégories (gros œuvre, second œuvre et équipements)

5. 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

5.1 COMPTABILITE EN ENERGIE PRIMAIRE

Les indicateurs de ressources énergétiques issus d'une ACV sont exprimés en énergie, primaire. « Le passage d'une quantité d'énergie finale à une quantité **d'énergie primaire** permet la comptabilisation de la mobilisation de ressources énergétiques, selon une approche cycle de vie, lors des processus suivants :

- l'extraction des ressources énergétiques;
- la transformation des ressources énergétiques en produit transportable et directement utilisable pour le bâtiment (vecteur énergétique ou « produit énergétique ») ;
- l'acheminement et à la distribution du produit énergétique (énergie utilisée par les moyens de transport ou énergie perdue lors du transport);

Par exemple, la production d'un kWh électrique nécessite l'extraction d'une certaine quantité d'uranium, de pétrole, de gaz, et la mise à disposition d'énergie hydraulique. Ces différentes quantités sont ensuite traduites en énergie primaire » [BENEFIS, 2013].

Pour les données environnementales associées aux produits et équipements, les inventaires de cycle de vie intègrent de facto les processus de production d'énergie et expriment bien les ressources en énergie primaire (sur la base des PCI- pouvoir calorifiques inférieurs).

Les données environnementales relatives à la mise à disposition d'énergie utilisées dans les ACV bâtiment (e.g. mise à disposition d'1 kWh d'électricité) intègrent également ces processus. « L'approche ACV associe aux consommations du bâtiment (exprimées en énergie finale) pour chacun des usages, un profil environnemental. Ces profils comportent des facteurs de conversion en énergie primaire construits sur la base d'une analyse de cycle de vie pour chacun des produits énergétiques. Ces profils sont définis pour un contexte géographique et temporel donné (e.g. électricité consommée en France en 2008). La variation des paramètres (provenance et nature des combustibles, etc.) est intégrée dans ces facteurs. Ces profils peuvent être fournis, selon les méthodes, en moyenne annuelle, en moyenne saisonnière, par usage (pour l'électricité notamment)...

Théoriquement, pourraient exister autant de fiches environnementales que de contexte donné. Dans la pratique, chaque base de données d'ACV (DEAM, EcolInvent, etc.) propose un profil environnemental par source d'énergie qui ne varie que peu dans le temps. Dans cette expérimentation, ce sont des moyennes annuelles qui ont été utilisées.

Pour l'expérimentation, a majoritairement été utilisé le profil électrique avec un coefficient énergie primaire/énergie finale de 3.33 et des émissions de gaz à effet de serre estimées à 89.3 g eq. CO₂/kWh énergie finale. Ce profil est indirectement utilisé au travers des données relatives aux produits et aux équipements et directement au travers des données relatives aux vecteurs énergétiques.

Sous Elodie, les valeurs des consommations d'énergie pendant la vie en œuvre du bâtiment 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 thermique⁵.

Note importante :

Ceci a pour conséquence de modifier les performances affichées des bâtiments BBC.

*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 à ces différents besoins. 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 3,33 on obtient **64 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 **64 kWh/m²SHON/an**.*

5.2 VALORISATION DES ENERGIES RENOUVELABLES SOUS ELODIE DANS LE CADRE HQE PERFORMANCE

A l'échelle du bâtiment, il existe un indicateur énergie primaire renouvelable. Pour le contributeur consommation d'énergie pendant la vie en œuvre du bâtiment, cet indicateur est la somme de :

⁵ Ratio de 2,58 pour l'électricité, 1 pour les énergies fossiles.

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

A « un instant donné la part exportée par la parcelle [est] calculée comme l'excès de la somme de toutes les productions dans la parcelle (qui sont effectivement utilisables) par rapport à tous les besoins. Symétriquement la part importée est le déficit de production locale par rapport à tous les besoins ». [BENEFIS, 2013]

A défaut, si le calcul de la part autoconsommée n'est pas possible en raison de l'indisponibilité des données (courbes de charges et courbes de production), la part autoconsommée est calculée par convention comme l'excès de la somme de toutes les productions annuelles dans la parcelle (qui sont effectivement utilisables) par rapport à tous les besoins annuels.

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, matériaux et équipements correspondant à ces éléments. Par exemple si le bâtiment est pourvu de panneaux photovoltaïques et d'un chauffe-eau solaire thermique, ces équipements doivent être pris en compte dans le contributeur composants 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.

Allocation d'une production entre les différents usages.

Lorsqu'il s'agit d'une production ne répondant qu'à un seul poste de consommation, l'allocation au poste est de 100%.: *Par exemple, dans le cas d'une production d'eau chaude solaire, la consommation est affectée entièrement au poste eau chaude sanitaire.*

A chaque instant donné, l'électricité produite par des panneaux photovoltaïque est affectée aux usages concomitants sur la parcelle, et ce au prorata des besoins.

A défaut de disposer de données précises en première convention, on affectera cette production (directement assimilée à une consommation d'énergie renouvelable) aux postes réglementaires en priorité (en retenant un taux de couverture identique pour tous les usages). Puis l'excédent sera affecté aux consommations d'électricité spécifique.

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

Si la production locale d'énergie excède les besoins (exemple production photovoltaïque dépassant les besoins en électricité), cette surproduction annuelle (somme des excédents calculés à chaque instant donné) est indiquée mais non valorisée dans le module énergie d'ELODIE. Elle n'est donc pas prise en compte dans les résultats présentés dans ce rapport.

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

1.1 TAILLE DE L'ECHANTILLON

Dans le cadre de cette expérimentation, **67 bâtiments modélisés** ont été reçus par le CSTB. **L'analyse statistique a finalement porté sur 63 bâtiments** car, dans un contexte de mise en place de valeurs de référence et de construction d'ordres de grandeur, nos exigences de qualité n'étaient pas atteintes pour 4 modélisations (types de bâtiments particuliers, trop peu nombreux).

La liste des bâtiments modélisés ainsi que leurs principales caractéristiques sont présentées en **annexe 2** de ce rapport.

1.2 DIFFERENTES TYPOLOGIES DE BATIMENTS

Les 63 bâtiments modélisés se différencient tout d'abord par leur type, lié à leur usage.

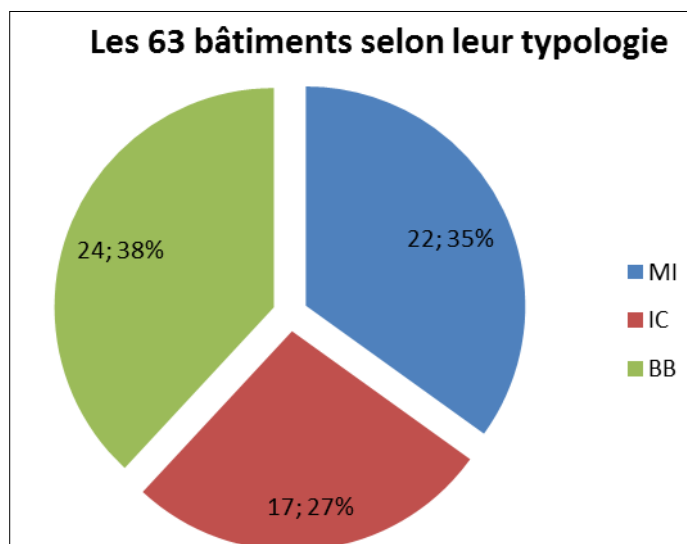


Figure 7 Répartition de l'échantillon selon la typologie.

Ils se répartissent selon la typologie suivante :

- 21 maisons individuelles (MI) et 1 maison individuelle groupée (MIG) que nous avons classées dans une même catégorie, soit 22 MI-MIG,
- 17 immeubles collectifs (IC),
- 24 bâtiments de bureaux (BB),

Dans l'échantillon initial, nous avons 4 bâtiments correspondant à d'autres typologies : bâtiments d'enseignements ou bâtiments à vocation sanitaire et sociale. Ces 4 bâtiments étant en nombre trop peu important, leurs résultats n'ont pas été exploités dans l'étude statistique.

La question de la représentativité de cet échantillon se pose par rapport au marché de la construction neuve. Si l'on rapproche cet échantillon de l'ensemble des opérations certifiées BBC-Effinergie [Observatoire BBC], dans la mesure où beaucoup de bâtiments modélisés sont labellisés BBC ou du niveau BBC voire plus, on constate que notre échantillon HQE Performance n'est pas entièrement représentatif des types de bâtiments BBC.

En effet, les opérations certifiées BBC-Effinergie au 30 juin 2013 se répartissent ainsi :

- 27 194 maisons individuelles en secteur diffus
- 2 198 opérations de maisons individuelles groupées (= 16 526 maisons)
- 4 654 immeubles collectifs d'habitation
- 214 opérations tertiaires

Ce qui donne le tableau comparatif suivant :

Type d'opération	Opérations labellisées BBC-Effinergie	Opérations HQE Performance 2012
Maisons en diffus	79%	33%
Maisons groupées	6%	< 2%
Immeubles collectifs	14%	27%
Bureaux et autres tertiaires	< 1%	38%

Dans notre échantillon, les immeubles collectifs sont surreprésentés, en nombre d'opérations, par rapport aux maisons individuelles (d'un facteur 4), et la proportion de bâtiments de bureaux est plus importante par rapport aux logements. C'est pourquoi il conviendra, dans la suite de ce rapport, de relativiser les résultats calculés sur l'ensemble des 63 opérations, rapportés pour chaque opération au m² de SHON, représentés en valeur médiane ou en boxplot, et indiqués comme « valeur toutes typologies confondues ».

1.3 DES BATIMENTS PERFORMANTS ENERGETIQUEMENT

Parmi les 63 bâtiments modélisés :

- 42 répondent au label BBC,
- 12 sont conformes à la réglementation RT2012
- 2 sont conformes au label Passiv'Haus
- 7 bâtiments ne possèdent pas d'information sur les performances énergétiques

Les projets sont donc majoritairement des bâtiments très performants énergétiquement, au moins au niveau des exigences de la RT2012.

Les projets ont majoritairement été évalués avec des outils RT 2005 en considérant les objectifs de la RT 2012 : c'est pourquoi, seuls certains bâtiments présentent des calculs pour les consommations d'énergie relatives à l'eau chaude sanitaire (faisable en RT 2012 mais non en RT 2005).

1.4 DIFFERENTS MODES CONSTRUCTIFS

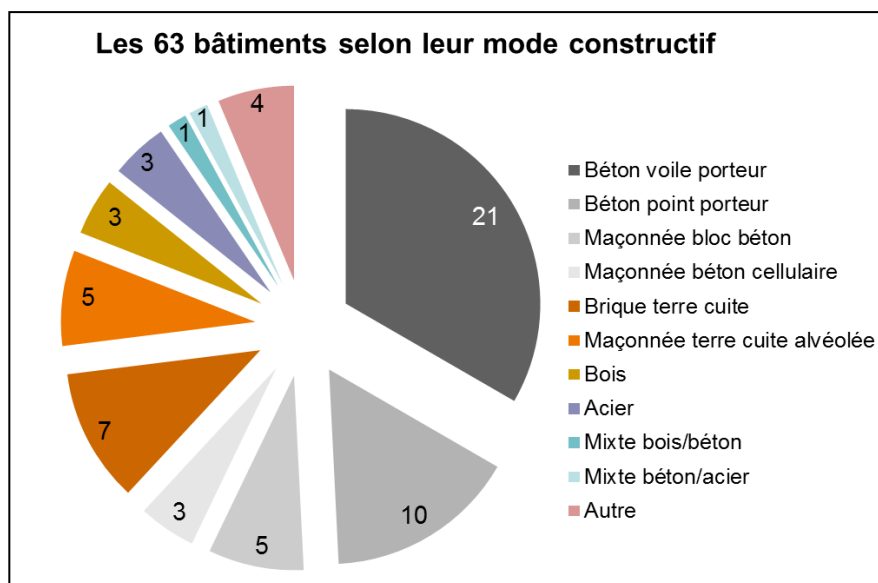


Figure 8 Répartition de l'échantillon selon le mode constructif.

Considérant le système constructif du bâtiment, notre échantillon de 63 bâtiments se répartit, par typologie, de la manière suivante:

- **Bâtiments de bureaux (24)**
 - 10 bâtiments construits en béton voile porteur
 - 10 bâtiments construits en béton point porteur (système poteaux-poutres)
 - 1 bâtiment construit en brique terre cuite
 - 1 bâtiment de structure acier
 - 1 bâtiment de structure mixte béton/acier
 - 1 bâtiment a un autre mode constructif
- **Immeubles collectifs (17)**
 - 11 bâtiments construits en béton voile porteur
 - 3 bâtiments construits en brique terre cuite et terre cuite alvéolée
 - 1 bâtiment construit en blocs béton (parpaings)
 - 2 bâtiments ont un autre mode constructif
- **Maison individuelle (22)**
 - 8 bâtiments construits en brique terre-cuite et terre-cuite alvéolée
 - 4 bâtiments construits en blocs béton (parpaings)
 - 3 bâtiments de structure bois
 - 3 bâtiments construits en béton cellulaire
 - 2 bâtiments de structure acier
 - 1 bâtiment de structure mixte bois/béton
 - 1 bâtiment a un autre mode constructif

Afin d'apprécier la représentativité des systèmes constructifs de chaque famille de bâtiments, nous avons confronté notre échantillon à des données externes issues de l'observatoire BBC (données cumulées décembre 2012) et des certificateurs. Les % donnés ci-dessous se rapportent à des nombres d'opérations, quelle que soit leur taille.

Pour les bâtiments de bureaux, les chiffres sont les suivants :

Mode constructif	Observatoire label BBC-Effinergie (BB)	HQE Perf. 2012	HQE Perf. 2010 + 2012
Béton	48%	83%	73%
Parpaing			10%
Brique	12%	4%	3%
Ossature bois	13%		
Ossature métal	17%	8%	10%
Autres		4%	5%

Au regard de l'échantillon étudié par l'observatoire BBC, **l'échantillon HQE Performance 2012 est atypique en ce qu'il surreprésente beaucoup les bâtiments en béton** au détriment des autres modes constructifs. L'échantillon regroupant les modélisations 2010 et 2012 est plus équilibré, mais il surreprésente encore les bâtiments en béton, ainsi que ceux en blocs de béton. **Les bâtiments en brique et à ossature métallique sont sous-représentés, et les bâtiments à ossature bois sont absents alors qu'ils devraient représenter entre 10 et 15%.**

Remarque : l'Observatoire BBC indique que ses pourcentages ont été établis sur la base de 82 projets de bureaux et qu'ils expriment davantage des tendances que des valeurs réellement statistiques. Pour les 2 autres types de bâtiments présentés ci-dessous, les échantillons de l'Observatoire sont beaucoup plus conséquents et sont donc statistiquement représentatifs des bâtiments labellisés BBC.

Pour les immeubles collectifs, nous obtenons le tableau suivant :

Mode constructif	Observatoire label BBC-Effinergie (IC)	HQE Perf. 2012	HQE Perf. 2010 + 2012
Béton	53%	65%	60%
Parpaing	10%	6%	17%
Brique	24%	18%	11%
Béton cellulaire	2%		
Ossature bois	8%		6%
Autres	3%	12%	6%

L'échantillon HQE Performance 2012 est **assez représentatif** pour les systèmes parpaing et brique, mais les immeubles collectifs en **béton sont un peu surreprésentés**. Les bâtiments à **ossature bois sont absents**. L'échantillon global 2010 + 2012 est un peu plus équilibré et représentatif, mais il surreprésente la construction en parpaing au détriment de celle en brique.

Enfin, **pour les maisons individuelles**, nous obtenons :

Mode constructif	Cequami données 2010-2012	Observatoire label BBC-Effinergie (MI)	HQE Perf. 2012	HQE Perf. 2010 + 2012
Parpaing	37%	25%	18%	20%
Brique	50%	44%	36%	43%
Brique Monomur	2%	< 1%		

Béton cellulaire	6%	1%	14%	15%
Ossature bois	2%	30%	18%	15%
Ossature métal	2%	< 1%	9%	5%
Autres			5%	3%

Les échantillons HQE Performance (2012 et 2010+2012) sont bien représentatifs pour les systèmes parpaing et brique. En revanche **les maisons à ossature bois sont sous-représentées** (et dans les données Cequami encore davantage), et **les maisons en béton cellulaire et à ossature métallique sont surreprésentées**. Cequami nous a indiqué que les constructeurs de MI ont plutôt soumis des projets exemplaires et donc pas forcément représentatifs de leur production, ce qui se traduit aussi par des surfaces SHON élevées. Certains constructeurs étaient intéressés par l'impact environnemental d'une maison à ossature métallique. Cela peut expliquer la structure de notre échantillon 2012.

Remarques : dans les 3 tableaux ci-dessus, pour les échantillons HQE Performance, les structures mixtes acier-béton et bois-béton ont été assimilées respectivement à des ossatures métalliques et à des ossatures bois. Pour les maisons individuelles, nous n'avons pas distingué la brique monomur de la brique classique.

1.5 DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE L'ÉCHANTILLON

Une description détaillée de l'échantillon, accompagnée de graphiques, est disponible en Annexe 3 de ce rapport. Notamment, les caractéristiques suivantes sont illustrées :

- **Coefficients de consommation d'énergie primaire par typologie de bâtiment**
 - o La valeur médiane des Cep est légèrement supérieure à 50 kWhep/m².an. Quelques bâtiments affichent un Cep nul ou négatif.
- **Taille des bâtiments** (surface hors œuvre nette)
 - o Les bâtiments de bureaux présentent des tailles très diverses. Les immeubles collectifs sont relativement grands (85% ont une SHON > à 1000 m², 55% > 2000 m², 35% > 3000 m² et 12% > 5000m²). Quant aux maisons individuelles, elles sont majoritairement de taille moyenne, et près du quart de l'échantillon est constitué de grandes maisons (SHON > 200 m²).
- **Vecteurs énergétiques du poste chauffage**
 - o Pour les bâtiments de bureaux, le vecteur « électricité » est majoritaire. La production locale d'énergie se rencontre dans 7 projets.
 - o Pour les immeubles collectifs d'habitation, c'est le gaz naturel qui est le vecteur majoritaire pour le chauffage (présent dans 70% des cas). L'électricité est présente dans 18% des cas, mais seulement en appoint à d'autres vecteurs ou comme source de production locale d'énergie. Les réseaux de chaleur sont représentés à hauteur de 12%. A noter, 2 projets en énergie bois (12%)⁶.
 - o Quant aux maisons individuelles, on constate une répartition plus équilibrée entre les différents vecteurs énergétiques : 33% utilisent du gaz naturel, 23% d'électricité (importée ou produite sur place) et 42 % ont recours au bois-énergie (42%), seul ou en association avec un autre vecteur.
- **Vecteurs énergétiques du poste ECS**

⁶ La somme des pourcentages exprimés excède 100 car plusieurs vecteurs énergétiques peuvent répondre à l'usage considéré

- Pour les bureaux équipés d'ECS, l'électricité, associée à une production locale d'énergie, est majoritaire. A noter que dans la majorité des cas où l'ECS est présente, la production locale d'énergie est mobilisée.
- Pour les immeubles collectifs, l'énergie dominante est le gaz naturel, seul ou en association avec de la production locale d'énergie. Pour la moitié des immeubles, la production locale d'énergie contribue au poste ECS.
- Presque la moitié des maisons a recours à la production locale d'énergie pour l'ECS, souvent en association avec une autre énergie
- **Nombre d'occupants**
- **Nombre d'étages** (niveaux en superstructure)
 - Pour les bâtiments de bureaux : La classe dominante est formée par les R+5 (8 bâtiments). A noter que 4 bâtiments ne dépassent pas le R+1 et que 8 bâtiments ont 7 étages ou plus. Aucun immeuble de grande hauteur n'est présent dans l'échantillon.
 - Pour les immeubles collectifs : La grande majorité des immeubles se situent entre R+2 et R+4.
 - Quant aux maisons : 60% ont un étage et 40% sont de plain-pied
- **Types de fondations :**
 - Les bâtiments résidentiels, immeubles collectifs et maisons individuelles, ont essentiellement recours à des fondations superficielles. En revanche, on constate qu'un tiers des bâtiments de bureaux ont recours à des fondations profondes.
- **Nombre de places de parking**
 - Pour les bâtiments de bureaux, les parkings sont majoritairement positionnés en infrastructure.
 - Pour les immeubles collectifs, la tendance est moindre, les parkings semblent être plus souvent positionnés en surface
 - Pour les maisons individuelles, les places de parkings sont toujours en surface

Zone climatique

Comme l'illustre la figure suivante, les bâtiments de l'échantillon se répartissent dans 7 zones climatiques sur les 8 existantes. **Les zones H1 sont très fortement représentées**, au détriment des 2 autres zones.

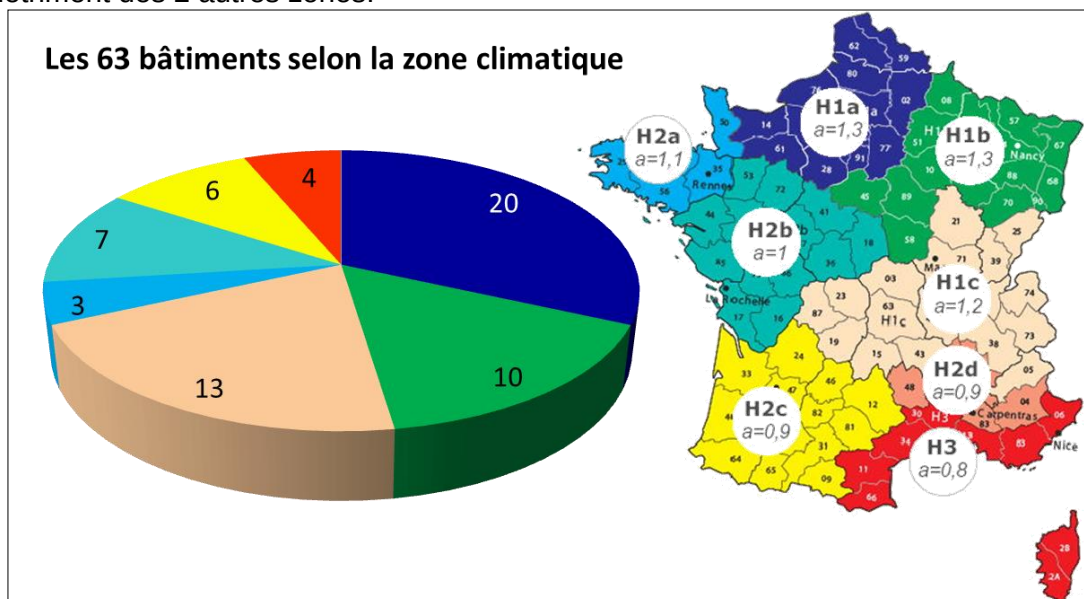


Figure 9 : Répartition des 63 bâtiments selon la zone climatique

1.6 DES MODELISATIONS AUX FRONTIERES HETEROGENES MAIS EN PROGRES

Parmi les contributeurs à modéliser pour cette 2^{ème} édition du test HQE Performance, tous étaient **obligatoires**, contrairement au 1^{er} test (2011) où certains étaient optionnels. Les contributeurs sont présentés de façon détaillée ailleurs dans ce rapport ainsi que dans l'annexe 1. Selon les modélisations, les contributeurs ont été plus ou moins bien renseignés, cependant on constate un net progrès par rapport au 1^{er} test HQE Performance. Ceci est principalement dû à l'amélioration des modules d'ELODIE et des bases de données associées, ainsi qu'à des documents pédagogiques, facilitant la tâche des modélisateurs.

Il apparaît que sur les 63 bâtiments finalement étudiés :

- **100%** des modélisations (63 bâtiments) 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, mais en net progrès par rapport au 1^{er} test de 2011
- **100%** des modélisations (63 bâtiments) intègrent le contributeur **consommations d'énergie couvertes par la RT**
- **38%** des modélisations (24 bâtiments) intègrent le contributeur **autres consommations d'énergie liée au bâti**
- **90%** des modélisations (57 bâtiments) intègrent le contributeur **consommations d'énergie liées à l'activité**
- **78%** des modélisations (49 bâtiments) intègrent le contributeur **chantier** mais de façon plus ou moins complète (soit 49% de l'ensemble des bâtiments intègrent le poste énergie, 46% le poste eau, 78% le transport, 46% l'immobilisation et 68% les déchets)
- **98%** des modélisations (62 bâtiments) intègrent le contributeur **consommations d'eau**
- **87%** des modélisations (55 bâtiments) intègrent le contributeur **déplacement**.

1.7 TYPOLOGIES DE BATIMENTS PRISES EN COMPTE DANS L'ÉCHANTILLON COMPLET 2010-2011 ET 2012-2013

La figure suivante présente l'échantillon complet regroupant à la fois les 63 bâtiments capitalisés dans le cadre de cette expérimentation mais également les bâtiments de la première expérimentation (en 2010-2011). Au total, 115 bâtiments ont été pris en compte dans les résultats correspondant à l'échantillon complet (2010-2011 et 2012-2013).

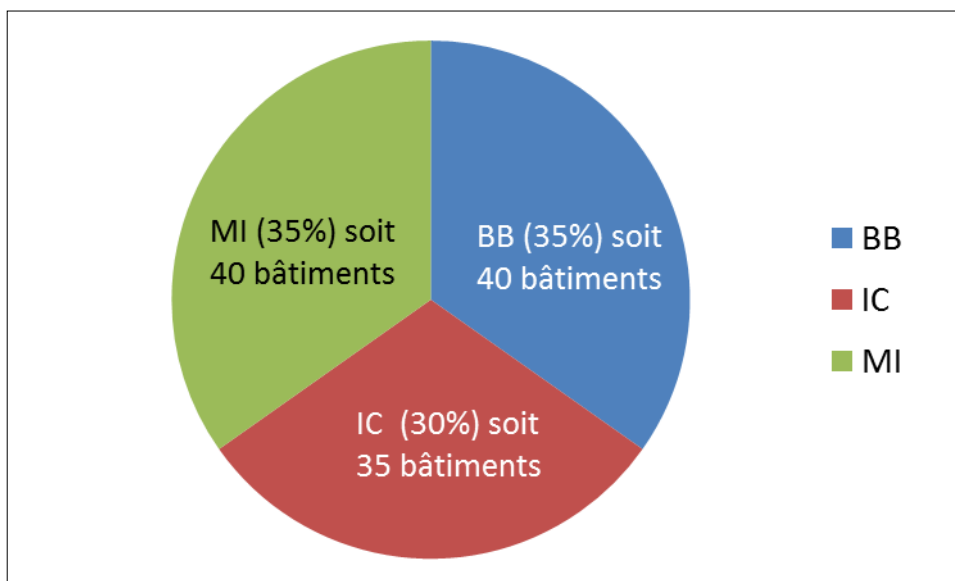


Figure 10 : Répartition de l'échantillon complet (2010-2011 et 2012-2013) suivant la typologie

Les bâtiments étudiés se répartissent selon les typologies suivantes :

- 40 maisons individuelles (MI) dont :
 - 18 tirées de l'expérimentation 2010-2011,
 - 22 tirées de l'expérimentation 2012-2013,
- 35 immeubles collectifs (IC) dont :
 - 18 tirées de l'expérimentation 2010-2011,
 - 17 tirées de l'expérimentation 2012-2013,
- 40 bâtiments de bureaux (BB) dont :
 - 16 tirées de l'expérimentation 2010-2011,
 - 24 tirées de l'expérimentation 2012-2013.

Les résultats détaillés de l'échantillon complet sont reportés en annexes. Dans la suite de ce rapport, seuls des éléments de synthèse sont présentés pour l'échantillon complet et mis en regard de ceux obtenus pour l'échantillon 2012-2013.

2. RESULTATS GLOBAUX POUR LE PERIMETRE DE L'ETUDE (6 CONTRIBUTEURS)

L'outil statistique permet de générer un nombre conséquent de résultats. Nous proposons de présenter les résultats en quatre étapes (cf. démarche ci-dessous). Dans un premier temps, les résultats globaux par typologie de bâtiments sont présentés pour les 6 contributeurs du champ de l'étude. Puis, deux options sont retenues : une présentation des ordres de grandeur des médianes de chaque contributeur en valeurs relatives (cf. partie 3) et une analyse détaillée au sein de chaque contributeur - étude de la dispersion des valeurs, identification des sources d'impacts etc. – (cf. parties 4, 5, 6, 7 et 8). Des analyses de sensibilité seront ensuite présentées par contributeur au sein de chaque partie (par exemple : quelle est l'influence du mode constructif sur les résultats). Enfin, nous présentons dans la partie 9 une analyse de sensibilité sur le périmètre de l'étude avec la prise en compte du transport des usagers pour évaluer le poids de ce contributeur par rapport aux 6 autres contributeurs.

L'annexe 4 présente les types de graphiques utilisés (et leurs limites) dans les chapitres suivants : graphiques avec médianes empilées et boxplots.

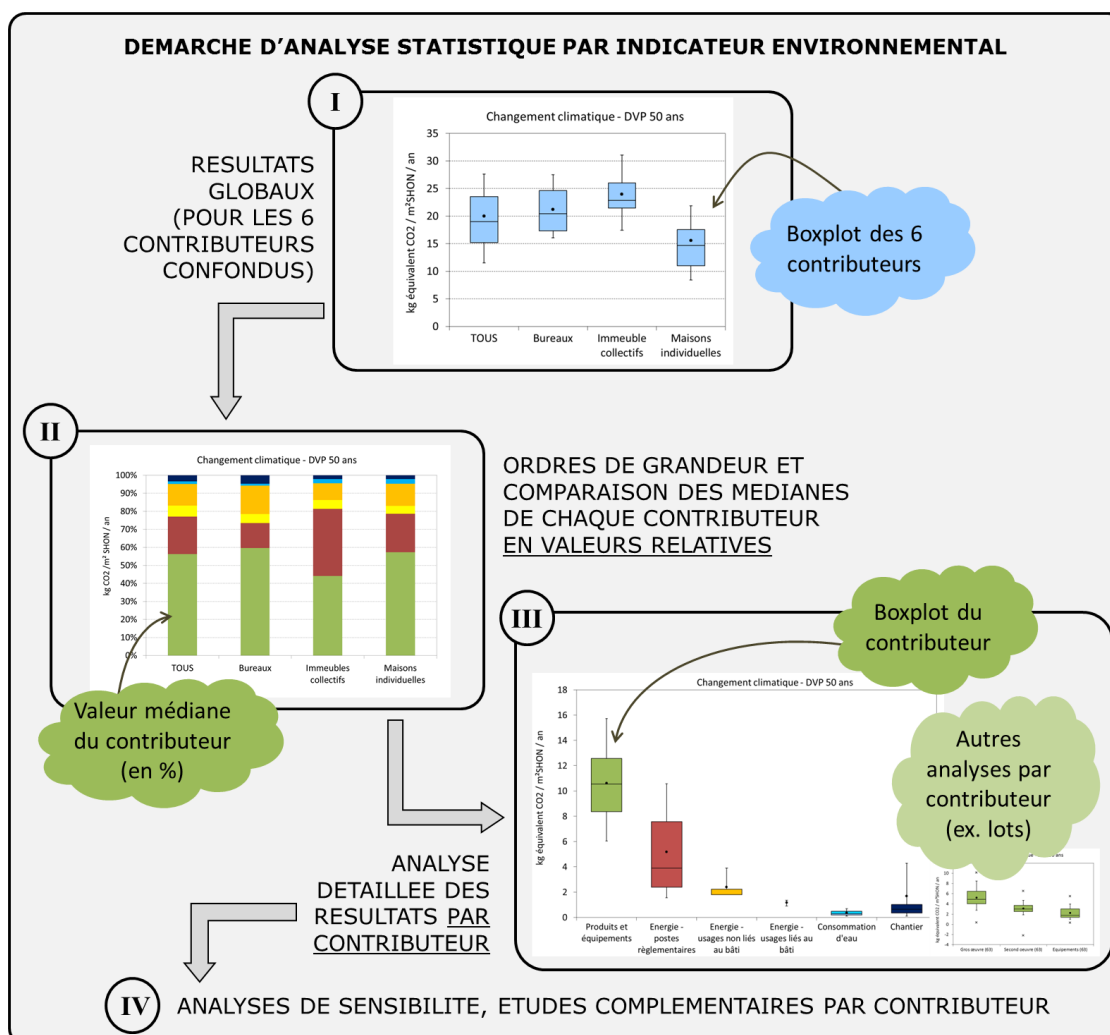


Figure 11 : Démarche d'analyse statistique des résultats HQE Performance par indicateur environnemental

Avertissement : Dans les encadrés présentés dans les paragraphes suivants la valeur en gras représente la médiane (entre parenthèses est donnée la plage de distribution de 50 % des valeurs).

2.1 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur d'énergie primaire totale, pour une DVP de 50 ans.

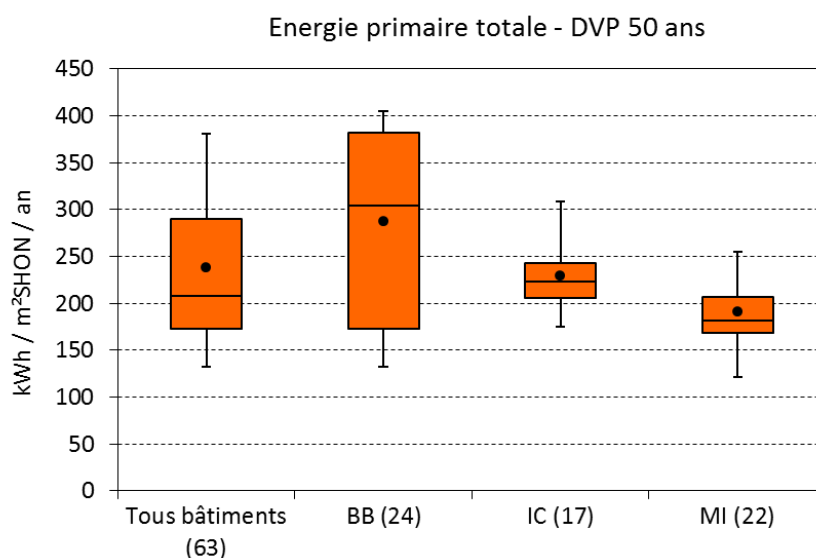


Figure 12 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur énergie primaire totale pour une DVP de 50 ans

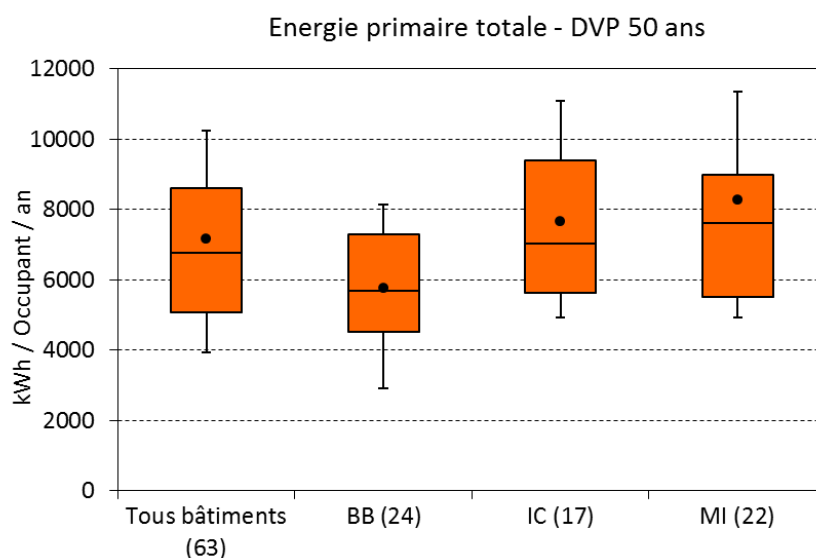


Figure 13 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur énergie primaire totale exprimé par kWh/personne/an pour une DVP de 50 ans

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

- **210 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [170 – 290]
 - **300 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [170 – 380].
 - **225 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [205 – 240]
 - **180 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [170 – 210]

Soit

- **6768 kWh/personne/an** toutes typologies confondues [5084 – 8608]
 - **5675 kWh/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [4505 – 7282].
 - **7034 kWh/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [5628 – 9391]
 - **7609 kWh/personne/an** pour les **maisons individuelles** [5504 – 8989]

Le passage d'unité de référence de m²SHON à une unité par personne montre que les bureaux ont désormais l'impact le plus faible en valeur médiane. Ceci s'explique par le nombre d'occupants beaucoup plus élevés dans les bureaux que dans le résidentiel. Toutefois, la dispersion des résultats (intervalle interquartiles) pour chaque typologie reste élevée et similaire entre les typologies.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur énergie primaire totale, sont légèrement plus faibles (environ 5%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **200 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [160 – 280]
 - **293 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [162 – 371].
 - **215 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [195 – 237]
 - **175 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [157 – 196]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

La disparité de comportement des valeurs entre bâtiments de bureaux et bâtiments résidentiels est conservée. Les bâtiments de bureaux présentent une variabilité très importante (écart interquartile), alors que la variabilité est moindre pour les bâtiments résidentiels. Que la période d'étude soit 50 ou 100 ans, les légères dissymétries des échantillons sont conservées.

2.2 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur d'énergie primaire non renouvelable, pour une DVP de 50 ans.

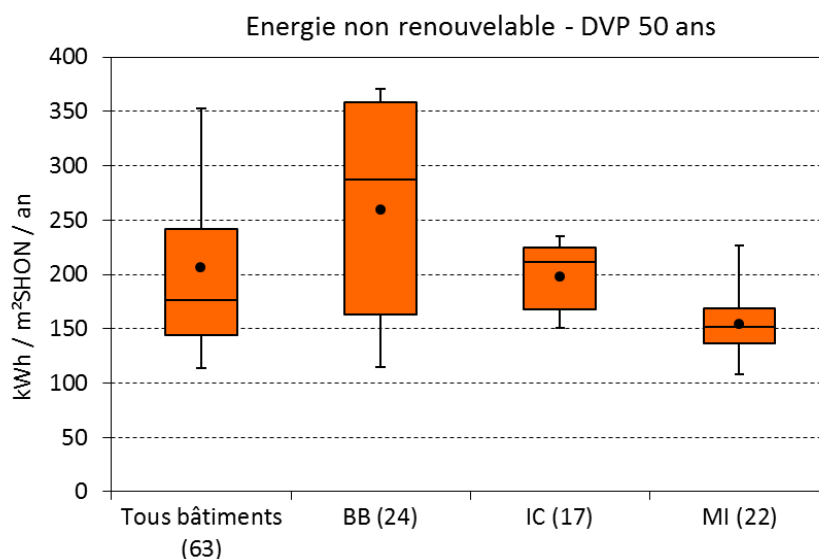


Figure 14 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur énergie primaire totale pour une DVP de 50 ans

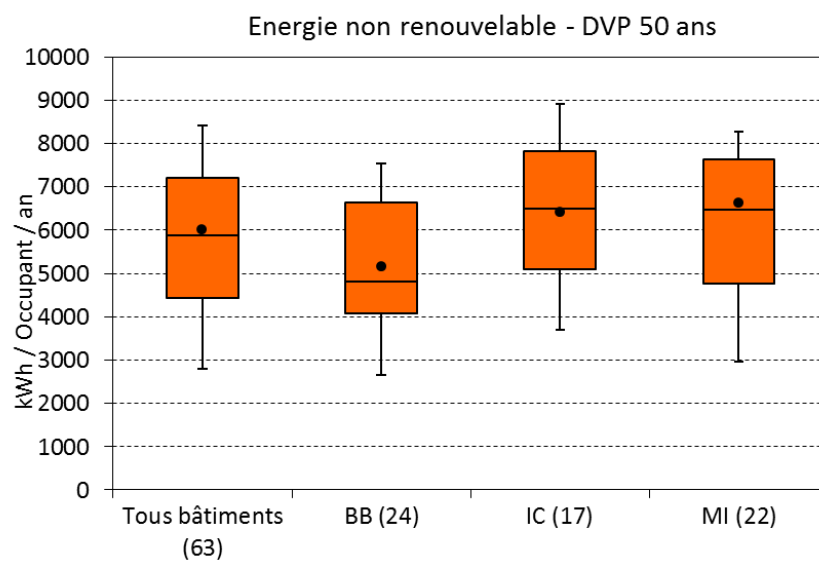


Figure 15 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur énergie primaire totale exprimé par kWh/personne/an pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :

- **175 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [145 – 240]
 - **290 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [163 – 358].
 - **210 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [220 – 250]
 - **150 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [140 – 170]

Soit

- **5881 kWh/personne/an** toutes typologies confondues [4442 – 7195]
 - **4818 kWh/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [4505 – 7282].
 - **6483 kWh/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [5093 – 7812]
 - **6462 kWh/personne/an** pour les **maisons individuelles** [4772 – 7634]

Note :

L'indicateur énergie non renouvelable est lié à l'indicateur consommation d'énergie renouvelable. Ramenée au m² de SHON, (la production et) la consommation d'énergie renouvelable est légèrement plus importante pour les maisons individuelles (valeur médiane de 22 kWh_{SHON} /m²/an) que pour les immeubles collectifs (17 kWh_{SHON} /m²/an). Toutefois, pour ces deux typologies de bâtiments, la variabilité est grande, et ce d'autant plus pour les maisons individuelles [16 - 53].

Le passage d'unité de référence de m²SHON à une unité par personne montre que les bureaux ont désormais l'impact le plus faible en valeur médiane. Ceci s'explique par le nombre d'occupants beaucoup plus élevés dans les bureaux que dans le résidentiel. Toutefois, la dispersion des résultats (intervalle interquartiles) pour chaque typologie reste élevée et similaire entre les typologies.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable, sont légèrement plus faibles (environ 5%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **165 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [137 – 233]
 - **275 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [152 – 342].
 - **205 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [159 – 213]
 - **145 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [129 – 162]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

2.3 INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur changement climatique, pour une DVP de 50 ans.

Changement climatique - DVP 50 ans

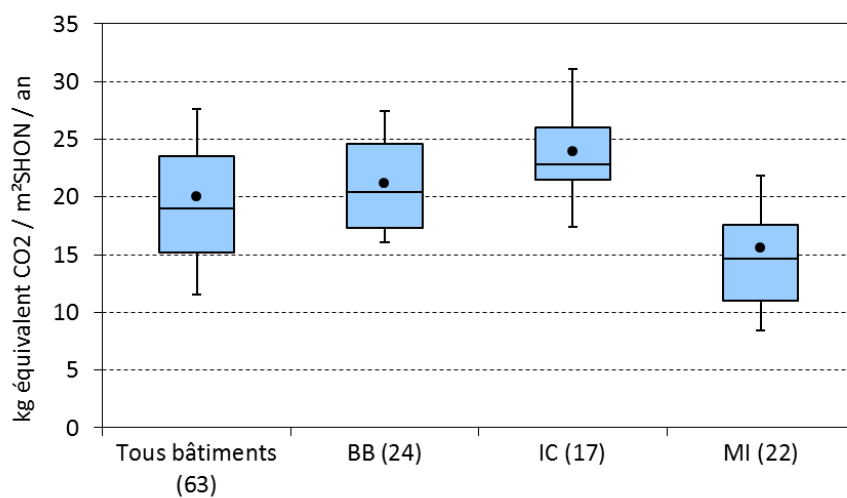


Figure 16 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur changement climatique pour une DVP de 50 ans

Changement climatique - DVP 50 ans

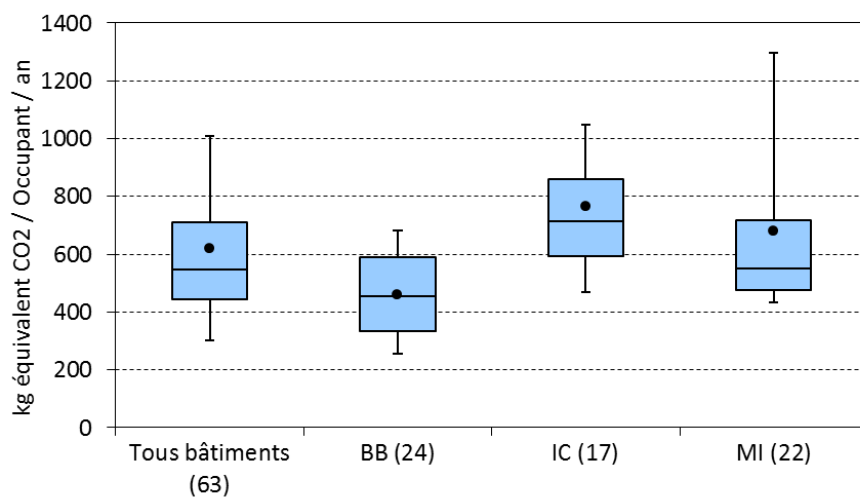


Figure 17 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur changement climatique exprimé par kg eq-CO2/personne/an pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :

- **19 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [15 – 23,5]
 - **20 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [17 – 25]
 - **23 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [21,5 – 26]
 - **15 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [11 – 18]

Soit

- **546 kg-eqCO₂/personne/an** toutes typologies confondues [445 – 710]
 - **454 kg-eqCO₂/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [332 – 588].
 - **715 kg-eqCO₂/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [592 – 859]
 - **550 kg-eqCO₂/personne/an** pour les **maisons individuelles** [477 – 718]

Pour cet indicateur, la distinction entre résidentiel et non résidentiel ne semble pas suffisante pour obtenir des propositions plus homogènes par m²SHON⁷.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur changement climatique, sont plus faibles (environ 15%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **16 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [13 – 21]
 - **16 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [15 – 21]
 - **20 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [17 – 23]
 - **12 kg-eqCO₂/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [10 – 14]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

2.4 INDICATEUR DECHETS INERTES

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur déchets inertes, pour une DVP de 50 ans.

⁷ Cette remarque est un peu moins vraie pour les résultats présentés par personne

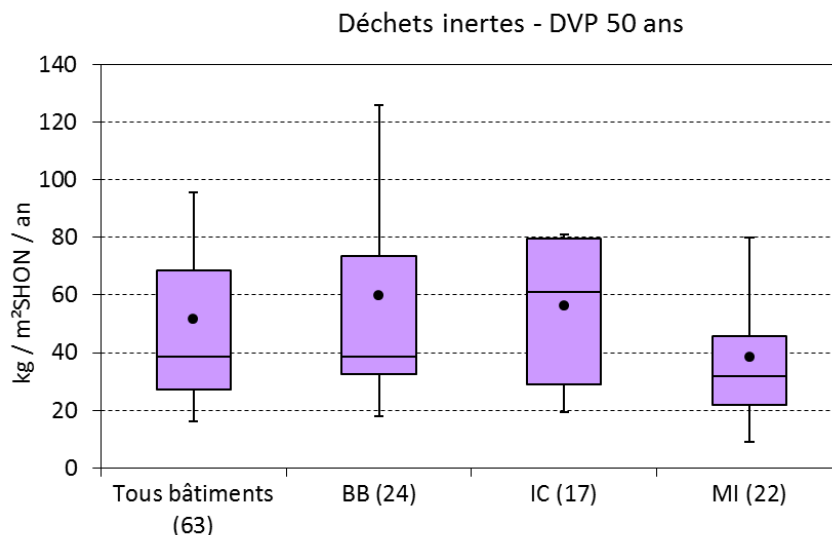


Figure 18 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur déchets inertes pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :

- **40 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [27 – 68]
 - **40 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [33 – 74]
 - **60 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [29 – 80]
 - **32 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [22 – 46]

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur déchets inertes, sont beaucoup plus faibles (environ 40%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **23 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [15 – 40]
 - **23 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [18 – 42]
 - **33 kg/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [17 – 41]
 - **17 kg/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [12 – 24]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

L'indicateur déchets inertes est extrêmement sensible au choix de la période d'étude retenue. Comme nous le verrons ultérieurement cela s'explique aisément par l'importance du contributeur « produits et équipements » pour cet indicateur. Ce contributeur étant le seul vraiment impacté par le changement de durée d'étude.

2.5 INDICATEUR DECHETS NON DANGEREUX

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur déchets non dangereux, pour une DVP de 50 ans.

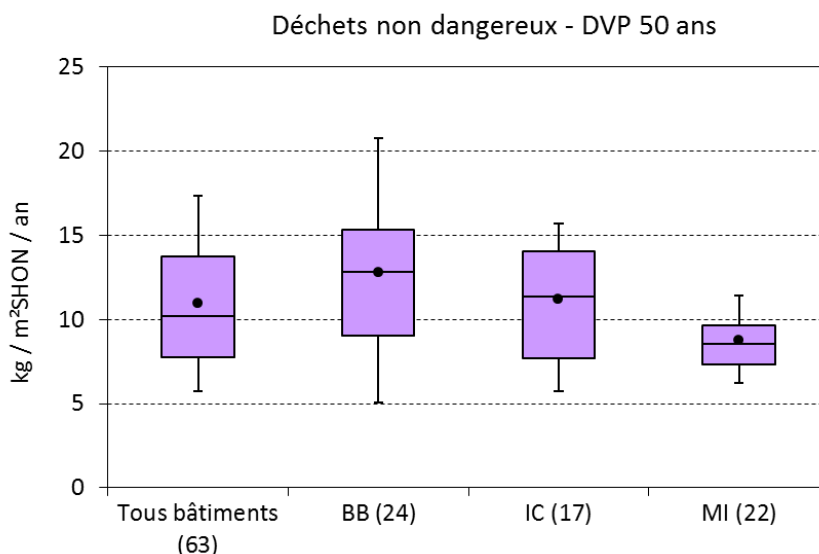


Figure 19 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur déchets non dangereux pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :

- **10 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [8 – 14]
 - **13 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [9 – 15]
 - **11 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [8 – 14]
 - **9 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [7 – 10]

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur déchets non dangereux, sont plus faibles (environ 20%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **8 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [7 – 10]
 - **10 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [7 – 13]
 - **8 kg/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [7 – 10]
 - **7 kg/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [6 – 8]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

2.6 INDICATEUR DECHETS DANGEREUX

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur déchets dangereux, pour une DVP de 50 ans.

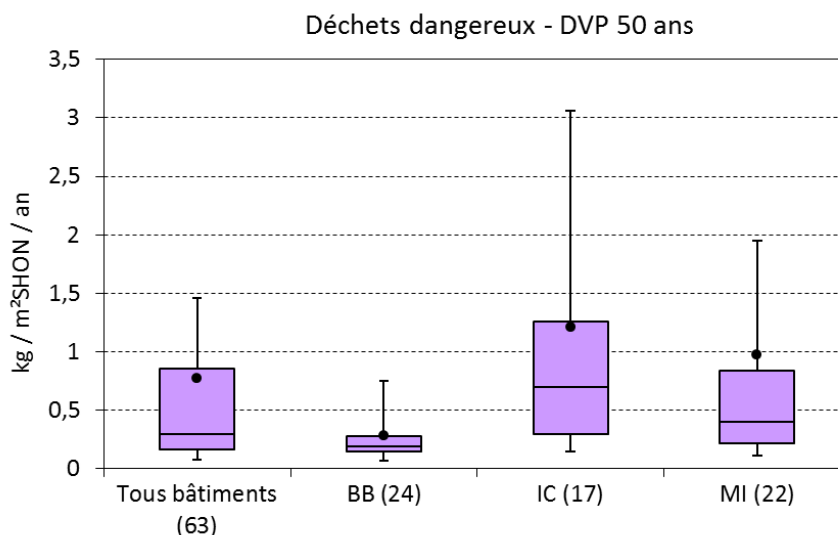


Figure 20 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur déchets dangereux pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, sont de l'ordre de :

- **0,3 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [0,2 – 0,9]
 - **0,2 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [0,1 – 0,3]
 - **0,7 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [0,3 – 1,3]
 - **0,4 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [0,2 – 0,8]

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur déchets dangereux, sont similaires ou légèrement plus faibles (entre 0 et 5%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **0,3 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [0,2 – 0,8]
 - **0,2 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [0,1 – 0,3]
 - **0,6 kg/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [0,3 – 1,1]
 - **0,4 kg/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [0,2 – 0,8]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

2.7 INDICATEUR CONSOMMATION D'EAU

La figure suivante présente les résultats globaux, pour les 6 contributeurs, des valeurs d'impacts pour l'indicateur consommation d'eau, pour une DVP de 50 ans.

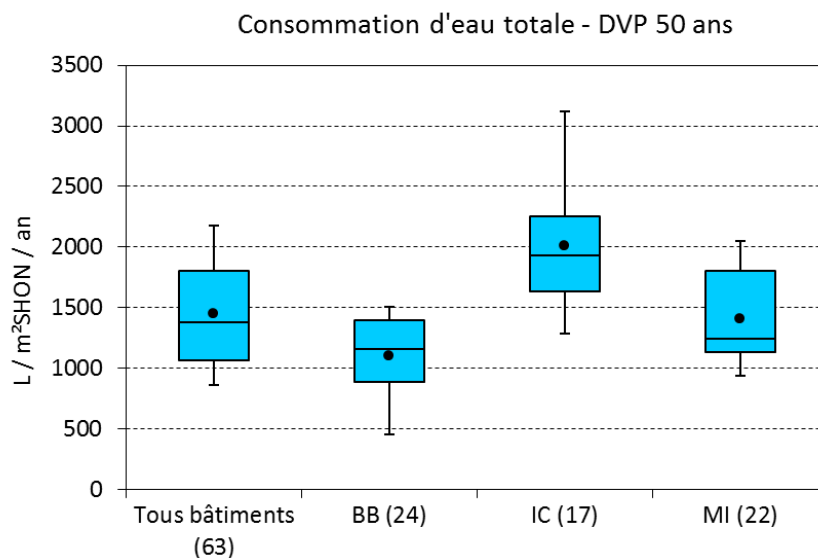


Figure 21 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur consommation d'eau pour une DVP de 50 ans

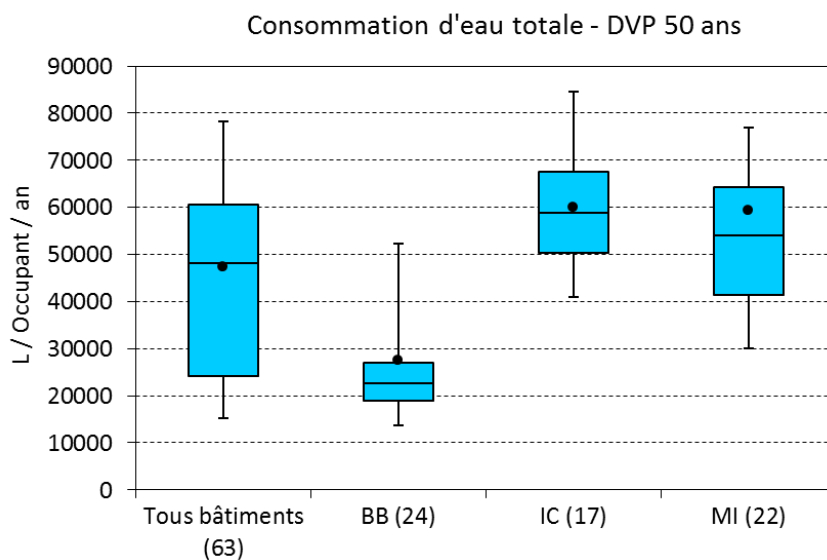


Figure 22 : Boxplots pour les 6 contributeurs par typologie de bâtiment pour l'indicateur consommation d'eau exprimé par L/personne/an pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des **six contributeurs**, pour l'indicateur **consommation d'eau**, sont de l'ordre de :

- **1380 L/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [1070 – 1800]
 - **1165 L/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [885 – 1400]
 - **1930 L/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [1630 – 2250]
 - **1245 L/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [1130 – 1810]

Soit

- **48173 L/personne/an** toutes typologies confondues [24255 – 60508]
 - **22567 L/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [18868 – 27072].
 - **58857 L/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [50341 – 67556]
 - **54120 L/personne/an** pour les **maisons individuelles** [41476 – 64348]

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour l'ensemble des six contributeurs, pour l'indicateur consommation d'eau, sont similaires ou légèrement plus faibles (entre 0 et 5%) que ceux établis pour 50 ans, de l'ordre de :

- **1330 L/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [1028 – 1773]
 - **1140 L/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de bureaux [851 – 1362]
 - **1875 L/m²_{SHON}/an** pour les immeubles collectifs [1589 – 2234]
 - **1233 L/m²_{SHON}/an** pour les maisons individuelles [1107 – 1787]

Les boxplots pour 100 ans sont présentées en Annexe 5.

Suite à ces premiers résultats généraux, le lecteur intéressé par la présentation des boxplots pour chaque contributeur au sein d'une même typologie de bâtiments (bureaux, immeubles collectifs et maisons individuelles) peut consulter l'Annexe 6. Dans la suite du rapport, nous détaillerons essentiellement deux aspects :

- les ordres de grandeur et comparaisons des médianes de chaque contributeur en valeurs relatives par typologie ;
- les analyses détaillées de la dispersion des résultats pour chaque contributeur et l'identification des sources d'impacts au sein de chaque contributeur.

3. ORDRES DE GRANDEUR ET COMPARAISON DES MEDIANES PAR CONTRIBUTEUR :

Dans cette partie, les résultats sont décomposés en valeur médiane par contributeur.

Avertissement :

Dans les tableaux de valeurs sous chaque histogramme empilé, **la médiane est considérée comme l'ordre de grandeur** de l'impact environnemental du contributeur pour l'indicateur considéré. La médiane a été préférée à la moyenne dans la mesure il existe dans l'échantillon de bâtiments des valeurs extrêmes. Nous rappelons également au lecteur qu'il ne faut pas sommer les valeurs médianes de chaque contributeur dans les tableaux de résultats présentés dans cette partie (cf. Annexe 4 pour l'explication de la somme des médianes). Les ordres de grandeur des contributeurs sont présentés en contributions relatives dans les figures suivantes. Ils sont ensuite classés dans les éléments d'analyse (cf. encadrés ci-dessous) par ordre décroissant ce qui permet d'identifier rapidement les principaux leviers d'actions pour chaque indicateur étudié.

3.1 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

Les figures suivantes présentent, en contributions relatives, les médianes calculées pour les six contributeurs considérés, pour **l'indicateur énergie primaire totale**, exprimé en **kWh/m²_{SHON}/an**. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) **de 50 ans** (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6). Sur l'axe des abscisses figurent la typologie ainsi que le nombre de bâtiments considérés.

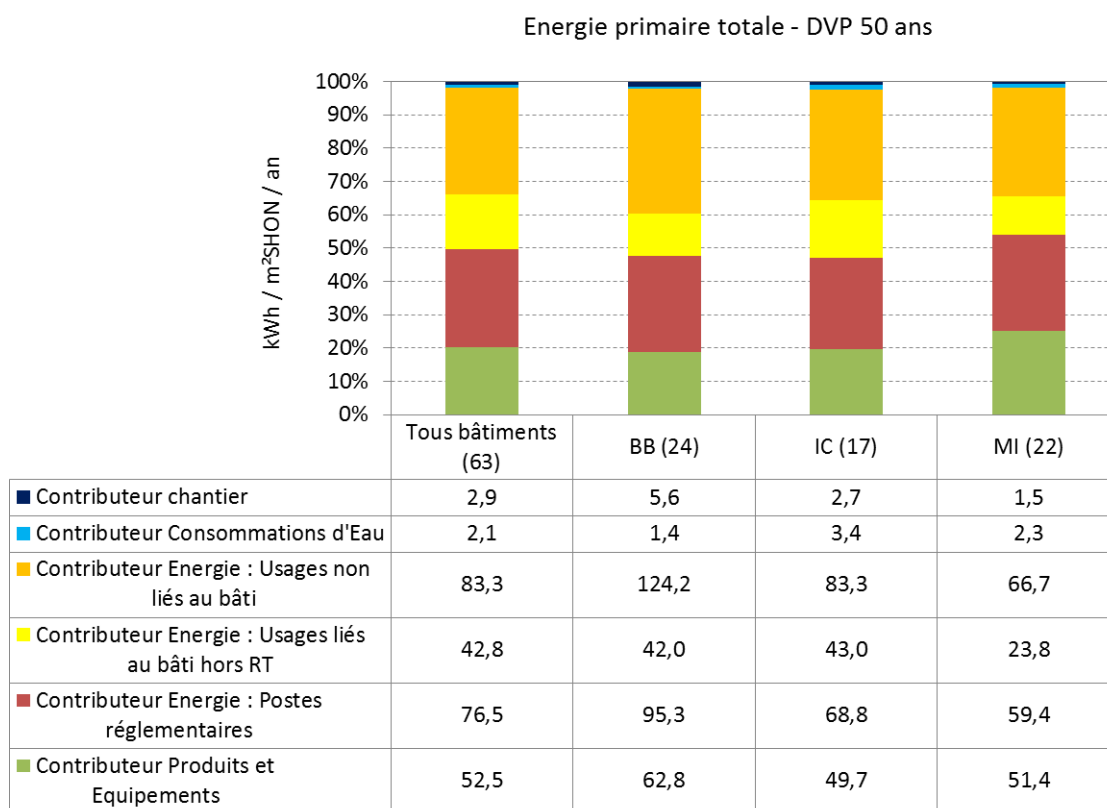


Figure 23 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire totale (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, est de l'ordre de :

- **30%** pour la consommation d'énergie liés aux postes règlementaires
- 30 % pour la consommation d'énergie pour les usages non liés au bâti.
- **20%** pour le contributeur « produits et équipements (maisons individuelles 25%)
- **15%** pour la consommation d'énergie liés au bâti hors postes RT
- **Proportion négligeable (0 à 2%)** pour les autres contributeurs (chantier, consommation et rejets d'eau)

Les médianes des consommations d'énergie primaire totale du contributeur « produits et équipements » sont relativement proches quelle que soit la typologie, avec des valeurs de

l'ordre de 50 kWh/m²/an même si pour les bâtiments de bureaux, elles sont plutôt de l'ordre de 63 kWh/m²/an.

Comparativement, les bâtiments de bureaux ont un impact plus élevé sur les usages non liés au bâti par rapport aux maisons individuelles (37% contre 31%) tandis que c'est l'inverse pour le contributeur « produits et équipements » (19% contre 25%).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

A périmètre constant, par rapport à la 1ère expérimentation HQE Performance, les chiffres affichés ici sont plus élevés. A l'échelle d'un contributeur donné, les chiffres fluctuent et selon la typologie considérée, les valeurs croissent ou décroissent d'une expérimentation à l'autre, sans tendance partagée. Ce phénomène est sans doute le résultat de plusieurs facteurs : certains contributeurs ont été évalués plus souvent et sans doute avec des méthodes qui ont évoluées (e.g. consommations non liées au bâti), l'échantillon est différent et la qualité des modélisations est différente.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont similaires voire inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un « amortissement » de l'impact des produits et des équipements (contributions relatives passant de 20% à 18% toutes typologies confondues tandis que la valeur absolue passe de 52,5 à 42,8 kWh/m²/an (cf. résultats en Annexe 6).

Conclusion commune pour 50 ou 100 ans :

Les figures précédentes illustrent, par ordre d'importance, que :

- Les **consommations d'énergie spécifique** (notamment celles non liées au bâti) restent **un véritable enjeu** tout comme les postes réglementaires.
- **Le contributeur produit et matériaux de construction reste un contributeur relativement clé (classé en 3^{ème} position par ordre de priorité) pour l'indicateur énergie primaire totale.**
- 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.

3.2 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

Les figures suivantes présentent pour l'ensemble des bâtiments étudiés, les médianes calculées pour les 6 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** (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

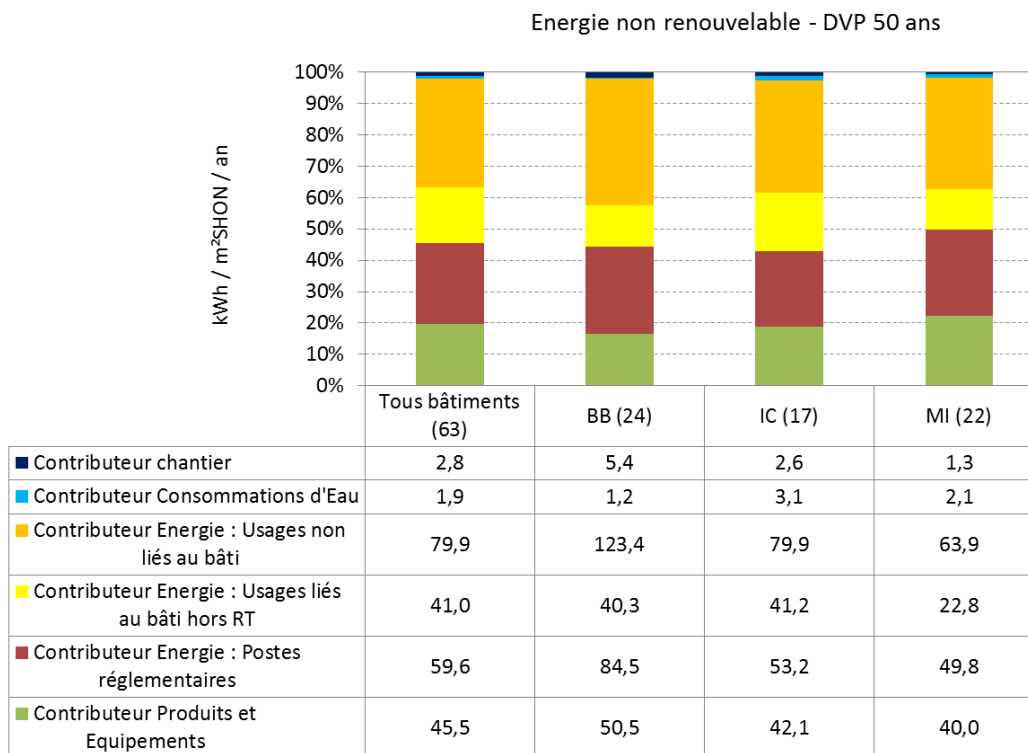


Figure 24 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur énergie primaire non renouvelable (kWh/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, est de l'ordre de :

- **35%** pour la consommation pour les usages liés à l'activité.
- **25%** pour la production d'énergie (postes réglementaires)
- **20%** pour le contributeur « produits et équipements »
- **15%** pour la consommation d'énergie (usages liés au bâti hors postes RT)
- **Proportion négligeable (0 à 2%)** pour les autres contributeurs (chantier, consommation et rejets d'eau)

Les consommations d'énergie primaire non renouvelable du contributeur « produits et équipements » sont de l'ordre de 45 kWh/m²/an (toutes typologies confondues). Pour les bâtiments de bureaux, elles sont, à nouveau les plus élevées, avec 50,5 kWh/m²/an contre 40 kWh/m²/an pour les maisons individuelles et 42 kWh/m²/an pour les immeubles collectifs. Les bâtiments de bureaux ont un impact, à nouveau, plus élevé sur les usages liés à l'activité par rapport aux maisons individuelles (40% contre 36%) tandis que c'est l'inverse pour le contributeur « produits et équipements » (17% contre 22%).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

Comme pour l'indicateur Energie primaire totale, à périmètre constant, par rapport à la 1ere expérimentation HQE Performance, les chiffres affichés ici sont plus élevés. A l'échelle d'un contributeur donné, les chiffres fluctuent et selon la typologie considérée, les valeurs croissent ou décroissent d'une expérimentation à l'autre, sans tendance partagée. Ce phénomène est sans doute le résultat de plusieurs facteurs : certains contributeurs ont été évalués plus souvent et sans doute avec des méthodes qui ont évoluées (e.g. consommations liées à l'activité), l'échantillon est différent et la qualité des modélisations est différente.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont similaires voire inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un « amortissement » de l'impact des produits et des équipements (contributions relatives passant de 20% à 18% toutes typologies confondues tandis que la valeur absolue passe de 52,5 à 42,8 kWh/m²/an (cf. résultats en Annexe 6).

3.3 INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur changement climatique en $\text{kg}_{\text{eqCO}_2}/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$ 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 (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

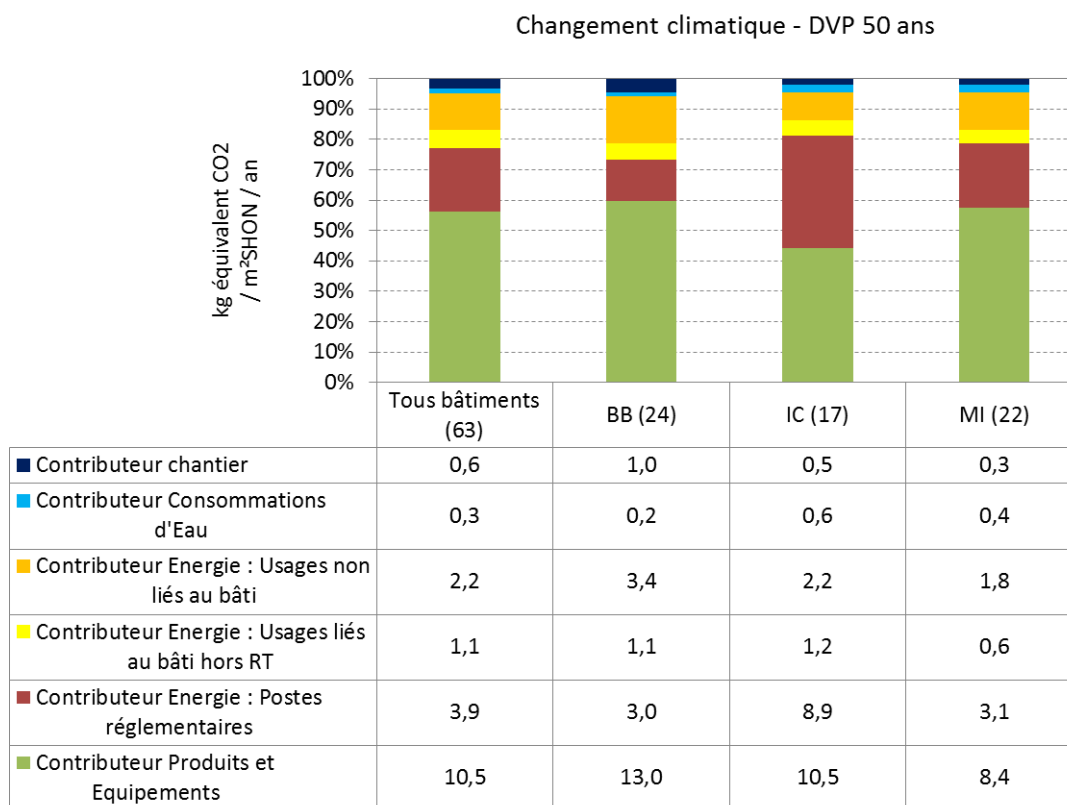


Figure 25 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur changement climatique ($\text{kg}_{\text{eqCO}_2}/\text{m}^2\text{shon}/\text{an}$) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **changement climatique**, est de l'ordre de :

- **56%** pour le contributeur « produits et équipements ».
- **21%** pour la production d'énergie (postes règlementaires)
- **12%** pour la consommation d'énergie pour les usages liés à l'activité
- **6%** pour la consommation d'énergie (usages liés au bâti hors postes RT)
- **Proportion faible (~5%)** pour les autres contributeurs (chantier, consommation et rejets d'eau)

Les émissions de gaz à effet de serre du contributeur « produits et équipements » sont de l'ordre de $10,5 \text{ kg-eqCO}_2/\text{m}^2/\text{an}$ (toutes typologies confondues). Nous pouvons cependant noter des différences par typologie de bâtiments. Les immeubles collectifs ont, pour cet indicateur, un impact moins élevé par rapport aux maisons individuelles et bâtiments de

bureaux (37% contre 52%) tandis que c'est l'inverse pour le contributeur « consommations d'énergie postes RT » (43% contre 17-25%).

Les différences observées sur le contributeur RT sont à mettre en relation avec le choix des systèmes énergétiques dans les différents bâtiments (cf. analyse détaillée du contributeur RT-partie 5- pour plus de précisions).

Le contributeur « produits et équipements » est un facteur déterminant dans les différences observées pour chaque typologie d'autant plus qu'il représente une part élevée des émissions de CO₂. Il serait intéressant d'analyser l'importance d'autres facteurs éventuels tels que le système constructif afin de pouvoir conforter nos résultats (cf. analyses de sensibilité du contributeur « produits et équipements »).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HOE Performance :

Les résultats sont plutôt cohérents avec ceux présentés en 2011 pour le contributeur énergie postes RT. Nous retrouvons un impact plus élevé pour les immeubles collectifs (de l'ordre de 8,9 kg-eqCO₂/m²/an) contre 3 à 3,5 kg-eqCO₂/m²/an pour les deux autres typologies.

De même, la contribution relative du contributeur « produits et équipements » entre les deux échantillons reste stable toutes typologies confondues. En revanche, les écarts, pratiquement inexistantes lors de la première étude entre les typologies se creusent : les valeurs relatives sont légèrement différentes pour la typologie « maison individuelles » sur les produits et équipements (57% désormais contre 64% pour l'échantillon 2011). L'impact médian des produits et équipements passe lui de 11,6 à 8,4 kg eq-CO₂/m²/an. Si la médiane pour les maisons individuelles décroît, celle des bâtiments de bureaux augmente.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont similaires voire inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un « amortissement » de l'impact des produits et des équipements (contributions relatives passant de 55% à 50% toutes typologies confondues tandis que la valeur absolue passe de 10,5 à 7,7 kg eq-CO₂/m²/an (cf. résultats en en Annexe 6).

3.4 INDICATEUR DECHETS INERTES

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets inertes en kg/m²shon/an pour les 6 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une durée de vie programmée (DVP) de 50 ans (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

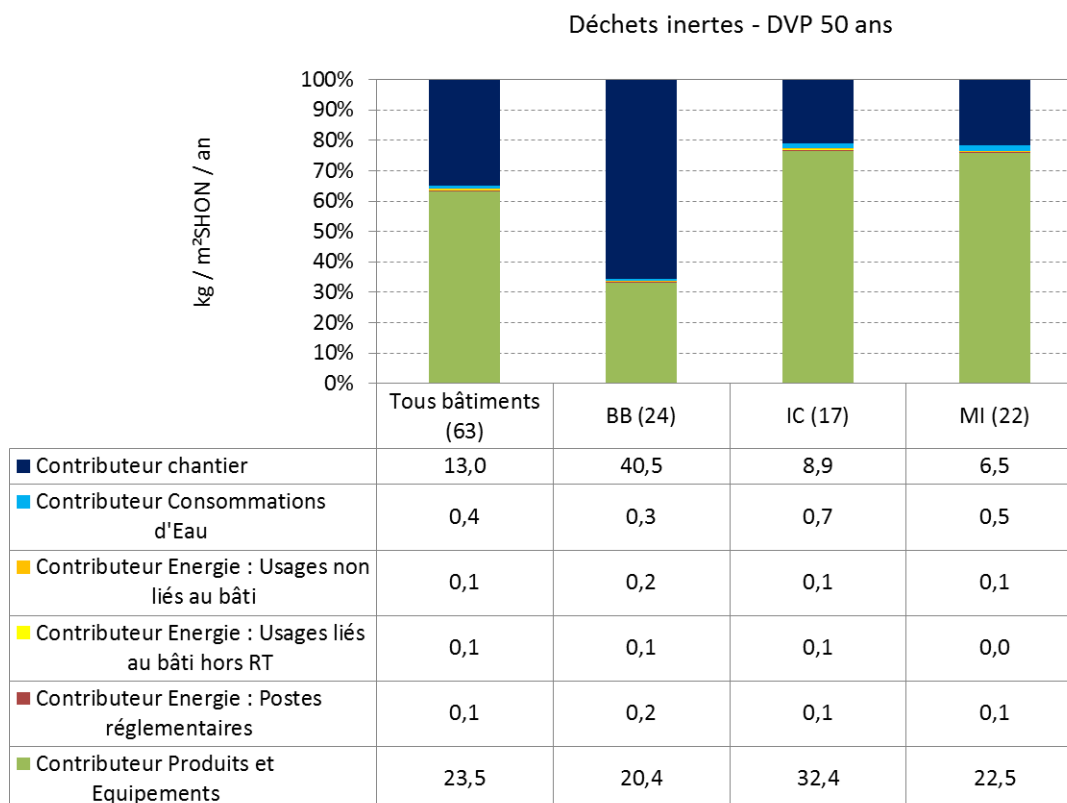


Figure 26 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur déchets inertes (kg/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **déchets inertes**, est de l'ordre de :

- **63%** pour le contributeur « produits et équipements ».
- **35%** pour le contributeur « chantier »
- **Proportion négligeable (~2%)** pour les autres contributeurs (énergie –postes RT, usages liés au bâti, usages non liés au bâti, consommation et rejets d'eau)

Les ordres de grandeur confirment que le contributeur « produits et équipements » reste un levier d'action pour cet indicateur. Nous pouvons également noter une différence sur les valeurs relatives entre typologies : les bâtiments de bureaux semblent générer moins de déchets inertes que les immeubles collectifs et les maisons. L'analyse détaillée du contributeur chantier permet d'approfondir ces premiers éléments d'analyse (cf. partie 8).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

Le contributeur chantier était négligeable lors de l'analyse des résultats de la première expérimentation. Celui-ci est désormais incontournable (entre 6 et 40 kg de déchets inertes par m² par an pour une DVP de 50 ans), notamment pour la typologie bureau, ici. Le contributeur « chantier » est désormais calculé à l'aide d'une nouvelle méthodologie (ELODIE, 2013), (Association HQE, 2012). Plusieurs différences sont à noter par rapport aux résultats de 2011 (CSTB, 2011) : Ce résultat s'explique dans la mesure où les utilisateurs ont été mieux accompagnés dans la prise en compte du contributeur chantier et ont pris en compte de manière généralisée le terrassement, relativement peu considéré jusqu'alors. Sous Elodie, des champs spécifiques ont été créés pour collecter ces valeurs et des valeurs par défaut permettant la prise en compte de la gestion des terres ont été mises à disposition (mise en centre de stockage des terres excavées lors du terrassement par exemple). Par ailleurs, les contributeurs « énergie » (postes RT ou usages spécifiques) ont une part négligeable dans la valeur de cet indicateur à la différence de 2011 (proportions comprises entre 10 et 20%). La mise à jour en 2012 des données ACV sur la mise à disposition des procédés énergétiques dans ELODIE en est la principale explication.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont similaires voire inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un net « amortissement » de l'impact des produits et des équipements. Toutes typologies confondues, le volume de déchets inertes passe de 40 kg/m²/an à 23 kg/m²/an en valeur médiane (cf. résultats globaux pour 50 et 100 ans présentés à la partie précédente et contributions relatives pour 100 ans en Annexe 6).

3.5 INDICATEURS DECHETS NON DANGEREUX

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets non dangereux en kg/m²shon/an pour les 6 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une période d'étude de 50 ans (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

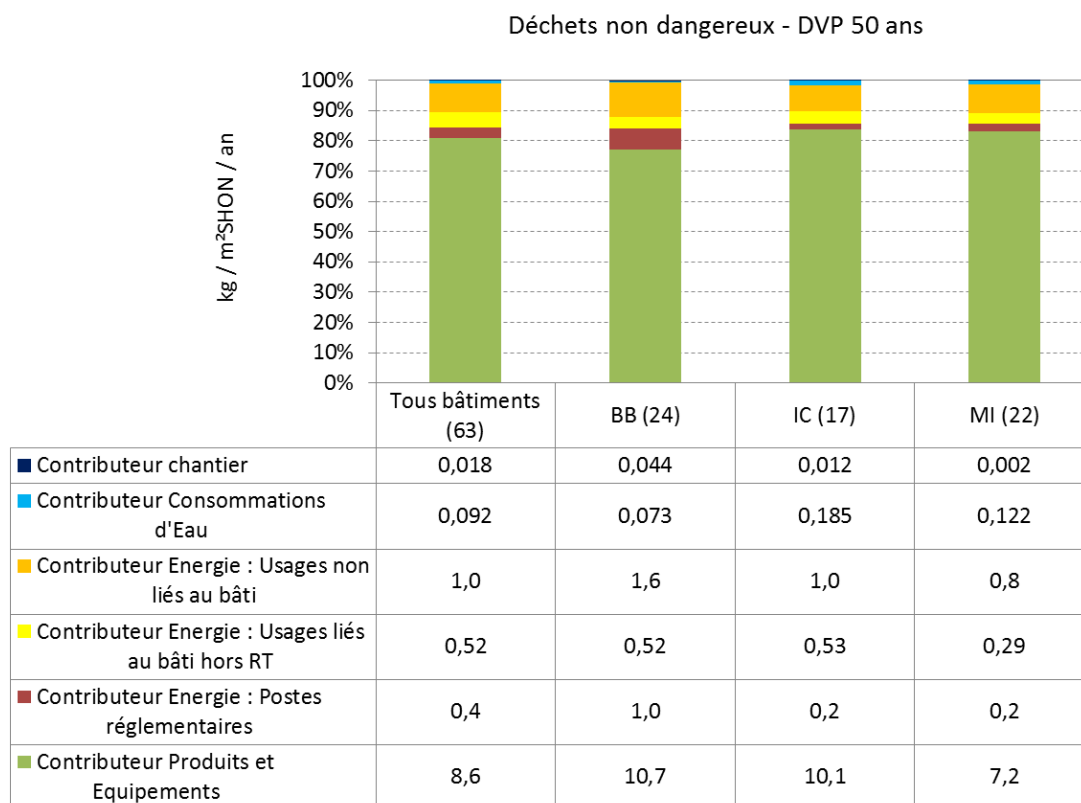


Figure 27 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur déchets non dangereux (kg/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :

- **80%** pour le contributeur « produits et équipements ».
- **10%** pour la consommation pour les usages liés à l'activité
- **5%** pour la consommation d'énergie (usages liés au bâti hors postes RT)
- **3%** pour la production d'énergie (postes réglementaires)
- **Proportion faible (~2%)** pour les autres contributeurs (chantier, consommation et rejets d'eau)

Les résultats confirment que le contributeur « produits et équipements » reste le seul levier d'action pour cet indicateur. L'indicateur production de déchets non dangereux varie peu en relatif tandis qu'en valeur absolue il est égal à 10 kg/m²/an pour les bureaux et les immeubles collectifs et à 7 kg/m²/an pour les maisons individuelles.

Pour le résidentiel, 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. (L'étude de ce contributeur n'a pas été faite en détail dans ce rapport, suite à l'utilisation unanime du ratio de l'ADEME donné par habitant.) Selon l'ADEME⁸, en 2009, chaque français a produit 374 kg de déchets ménagers et assimilés. Si on se place dans le cas où 150m² sont occupés par 5 personnes (on retient 31m² par personne⁹) cela revient à une production d'environ 12.5 kg de déchets d'activités/m²shon/an. Les ordres de grandeurs des déchets non dangereux sont donc du même ordre de grandeur que les déchets ménagers par m² de SHON.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

Les résultats sur l'échantillon 2012-2013 sont légèrement inférieurs aux valeurs de la première expérimentation. A l'époque, près de 100% de l'indicateur était contrôlé par le contributeur « produits et équipements » avec des valeurs d'impacts comprises entre 11 et 14 kg/m²/an (contre 7 à 11 kg/m²/an dans ce rapport) pour une DVP de 50 ans. La mise à jour des données environnementales semble être la principale explication aux changements observés ici tant en valeurs absolues qu'en valeurs relatives. Attention, les PEP ne comportant – dans la grande majorité des cas- pas d'indicateur déchets non dangereux, la part des équipements (sauf panneaux photovoltaïques) n'est pas prise en compte ici.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont similaires voire inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un léger « amortissement » de l'impact des produits et des équipements, contribution relative désormais proche de 75% (cf. résultats globaux pour 50 et 100 ans présentés à la partie précédente et contributions relatives pour 100 ans en Annexe 6).

⁸ ADEME. Déchets, Edition 2012. Chiffres clés. 50 pages. [disponible sur www.ademe.fr]

⁹ JACQUOT. INSEE Première. N°885- Février 2003.

3.6 INDICATEUR DECHETS DANGEREUX

Les figures suivantes présentent pour les bâtiments étudiés, l'indicateur production de déchets dangereux en kg/m²shon/an pour les 6 contributeurs retenus. Les résultats sont présentés en fonction de la typologie du bâtiment considérée, pour une période d'étude de 50 ans (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

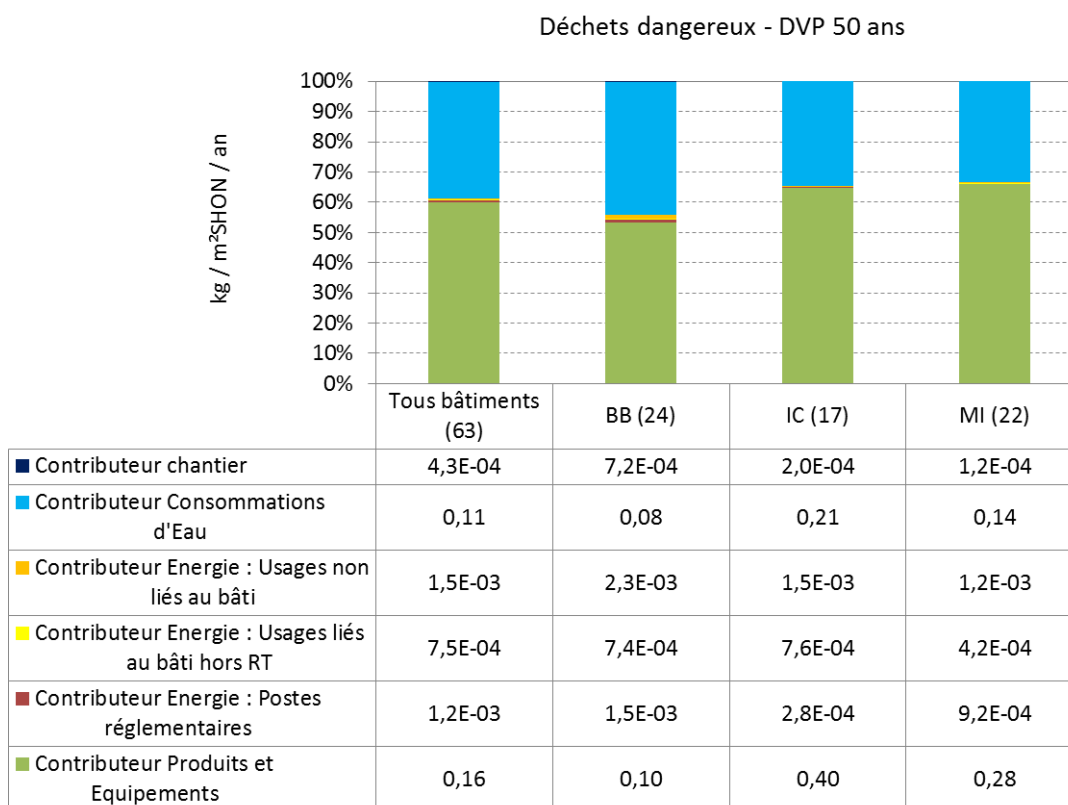


Figure 28 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur déchets dangereux (kg/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :

- **60%** pour le contributeur « produits et équipements ».
- **38%** pour le contributeur consommations et rejets d'eau
- **Proportion négligeable** pour les autres contributeurs (chantier, énergie postes RT, usages spécifiques)

Les résultats montrent que la majeure partie des déchets dangereux provient du contributeur « produits et équipements » à hauteur de 55 à 65% selon les typologies. Le contributeur

consommation d'eau est le second contributeur pour cet indicateur avec entre 35 et 45% d'impact.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

Les résultats sur l'échantillon 2012-2013 sont différents des valeurs de la première expérimentation. A l'époque, près de 100% de l'indicateur était contrôlé par le contributeur « consommations et rejets d'eau » avec des valeurs d'impacts comprises entre 0,18 à 0,41 kg/m²/an (contre 0,08 à 0,21 kg/m²/an dans ce rapport) pour une DVP de 50 ans. La mise à jour des données environnementales¹⁰ semble être la principale explication aux changements observés ici tant en valeurs absolues qu'en valeurs relatives. A l'inverse, le contributeur « produits et équipements » représente désormais la majorité de l'impact avec entre 53% et 66% de contributions relatives conduisant à des valeurs d'impacts de 0,10 à 0,40 kg/m²/an soit près de 2 à 8 fois plus que lors de la première expérimentation. Si l'introduction des PEP participe à cette augmentation (les lots techniques représentent dans le présent échantillon 27% de l'indicateur pour le contributeur « produits et équipements »), ils n'expliquent pas entièrement celle-ci. Les lots 6 et 7 (façades et revêtements intérieurs) ont vu leur impact augmenter de respectivement +350 et +100%.

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats sont inchangés en contributions relatives même si nous pouvons noter un léger « amortissement » de l'impact des produits et des équipements, contribution relative désormais proche de 55% toutes typologies confondues (cf. résultats globaux pour 50 et 100 ans présentés à la partie précédente et contributions relatives pour 100 ans en Annexe 6).

¹⁰ Et notamment des flux d'inventaire de cycle de vie de la base de données amont utilisée pour le calcul de la DES de potabilisation de l'eau dans Elodie

3.7 INDICATEUR CONSOMMATION 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 (les résultats sur 100 ans sont quant à eux reportés en Annexe 6).

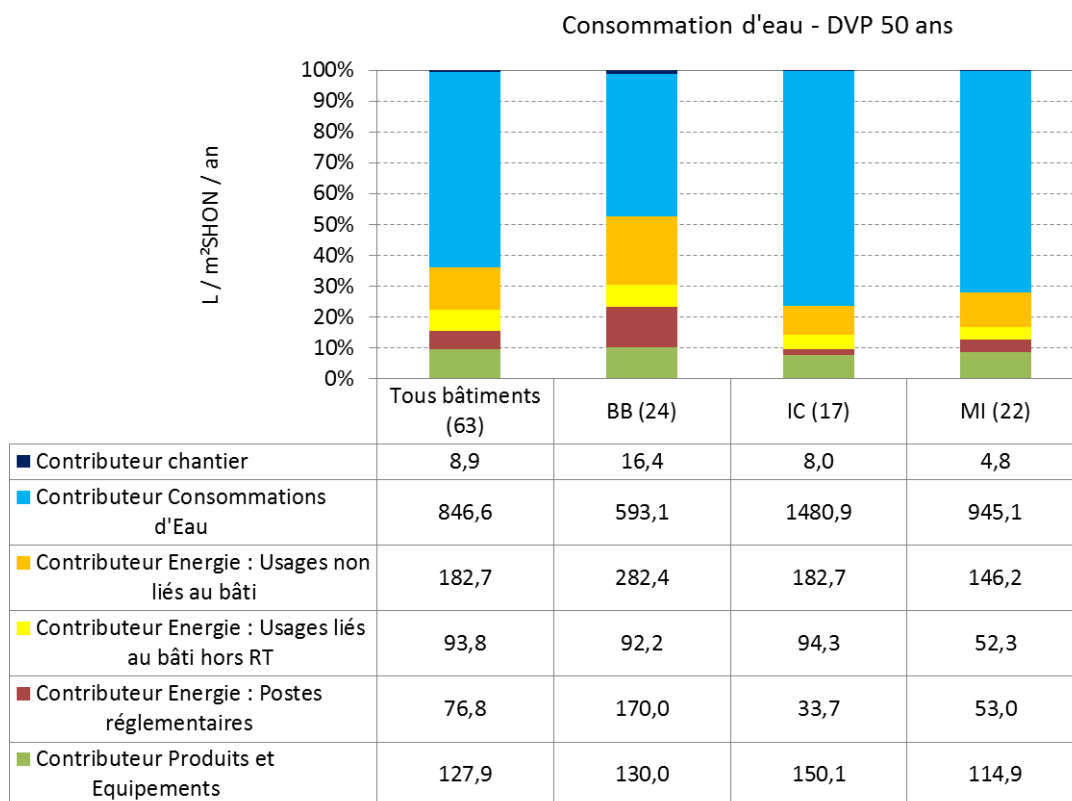


Figure 29 : Représentation des médianes exprimées pour les 6 contributeurs pour l'indicateur consommation d'eau (L/m²shon/an) en fonction de la typologie pour une DVP de 50ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **consommation d'eau**, est de l'ordre de :

- **63%** pour le contributeur « consommation d'eau ».
- **14%** pour le contributeur « consommation d'énergie – usages non liés au bâti »
- **10%** pour le contributeur « produits et équipements »
- **7%** pour le contributeur « consommation d'énergie – postes RT »
- **6%** pour le contributeur consommation d'énergie – usages liés au bâti
- **Proportion négligeable (~1%)** pour le contributeur chantier

Les résultats montrent que le principal levier d'action de cet indicateur reste, sans surprise, les impacts directs de consommation d'eau pendant la phase d'utilisation du bâtiment. Ils représentent à eux seuls (contributeurs énergie et eau réunis) près de 90% de la consommation totale, le reste étant lié à la mise à disposition du bâtiment (contributeur « produits et équipements »).

Pour la phase d'utilisation du bâtiment, le contributeur consommation d'eau reste le principal levier d'action même si nous pouvons noter une part non négligeable de la consommation d'énergie dans la consommation d'eau (27% en sommant les trois contributeurs énergie).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

Les résultats sur l'échantillon 2012-2013 sont différents des valeurs de la première expérimentation. Alors que près de 85% de l'indicateur étaient contrôlé par le contributeur « consommations et rejets d'eau », la contribution est désormais de l'ordre de 60 à 65% toutes typologies confondues. Pour le contributeur « consommation d'eau », nous pouvons également noter de très fortes variations en valeurs absolues sur les typologies maisons individuelles (indicateur passant de 1584 L/m²/an dans l'échantillon 2011 à 945 L/m²/an dans ce rapport). De même, pour les immeubles collectifs, l'indicateur passe de 524 L/m²/an à 1481 L/m²/an. L'analyse détaillée de ce contributeur apporte des éléments supplémentaires pour expliquer ces écarts (cf. partie 7).

Analyse de sensibilité sur la DVP :

Pour une DVP de 100 ans, les résultats changent peu en contributions relatives même si nous pouvons noter un léger « amortissement » de l'impact des produits et des équipements : soit en valeurs absolues, des diminutions de 25 à 50 L/m²/an selon les typologies (cf. résultats globaux pour 50 et 100 ans présentés à la partie précédente et contributions relatives pour 100 ans en Annexe 6).

3.8 SYNTHESE DES RESULTATS POUR LES 6 CONTRIBUTEURS

Les tableaux suivants proposent une synthèse des éléments présentés précédemment dans ce chapitre, pour une période d'étude de 50 ans. Ils sont complétés par des tableaux de synthèse des résultats obtenus pour une période d'étude de 100 ans pour cet échantillon. En complément, des synthèses sont présentées pour l'échantillon complet constitué des bâtiments de l'expérimentation 2010-2011 et des 63 bâtiments de cette expérimentation. Pour chaque typologie, les informations suivantes ont été reportées :

- Valeur médiane pour la somme des six contributeurs, pour sept indicateurs (3 indicateurs de consommation de ressource, 1 indicateur de Changement Climatique et 3 indicateurs de production de déchets)
- Poids relatif de chacun des six contributeurs par rapport à la somme des contributeurs. Soit le rapport entre la médiane d'un contributeur sur la somme des médianes. Un code couleur a été appliqué à chaque case (du rouge au vert foncé) pour faciliter la lecture du tableau et permettre au lecteur de distinguer pour chaque indicateur, les contributeurs prépondérants (en rouge), des contributeurs moyens (rouge clair, orangé), des contributeurs négligeables (en vert).

Enfin, la correspondance entre les contributeurs traités dans HQE Performance et les modules de la norme EN 15978 ont été indiquées.

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (63 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		210	175	1380	19	40	10	0,3
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	1%	3%	35%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	63%	1%	1%	1%	38%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	29%	26%	6%	21%	0%	3%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	16%	18%	7%	6%	0%	5%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	32%	35%	14%	12%	0%	10%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	20%	20%	10%	56%	63%	80%	60%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		198	165	1331	15,9	23,1	8,1	0,3
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	31%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	65%	2%	2%	1%	43%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	31%	27%	6%	25%	1%	4%	1%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	17%	19%	7%	7%	0%	6%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	33%	36%	14%	14%	1%	12%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	17%	16%	7%	50%	66%	76%	56%

Tableau 4 : Synthèse des résultats par contributeur, toutes typologies (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (115 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		235,5	224,9	1312,4	18,6	45,1	11,1	0,14
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	1%	3%	29%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	68%	1%	1%	1%	55%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	30%	26%	3%	22%	0%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	18%	18%	7%	6%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	29%	36%	11%	12%	0%	7%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	21%	18%	10%	55%	70%	86%	43%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		223,8	215,4	569,0	15,5	23,9	8,3	0,13
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	27%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	70%	2%	1%	1%	57%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	32%	28%	3%	26%	1%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	19%	19%	7%	7%	0%	6%	1%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	30%	37%	12%	14%	1%	10%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	18%	15%	7%	49%	70%	81%	41%

Tableau 5 : Synthèse des résultats par contributeur, toutes typologies (échantillons 2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (22 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		180	150	1245	15	32	9	0,4
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	22%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	72%	3%	2%	1%	33%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	29%	28%	4%	21%	0%	3%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	12%	13%	4%	4%	0%	3%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	33%	36%	11%	12%	0%	9%	0%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	25%	22%	9%	57%	76%	83%	66%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		174	145	1233	11,7	17	7,3	0,4
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	0%	0%	0%	1%	20%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	73%	3%	3%	2%	36%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	31%	29%	4%	25%	1%	3%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	12%	13%	4%	5%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	35%	37%	11%	14%	1%	11%	0%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	21%	19%	7%	52%	76%	80%	64%

Tableau 7 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		205,3	179,3	1597,0	14,5	34,5	9,2	0,11
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	19%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	78%	2%	1%	0%	47%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	31%	29%	3%	21%	0%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	12%	13%	3%	4%	0%	3%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	32%	36%	9%	12%	0%	9%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	23%	21%	7%	57%	80%	86%	51%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		194,6	172,7	1570,1	12,3	18,4	7,5	0,11
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	0%	0%	0%	1%	18%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	79%	3%	1%	1%	48%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	32%	30%	3%	25%	1%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	12%	13%	3%	5%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	34%	37%	9%	15%	1%	11%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	20%	18%	5%	51%	80%	82%	50%

Tableau 8 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles (échantillons 2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (17 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		225	210	1930	23	60	11	0,7
		soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	21%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	76%	2%	2%	2%	33%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	27%	24%	2%	37%	0%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	17%	19%	5%	5%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	33%	36%	9%	9%	0%	8%	0%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	20%	19%	8%	44%	76%	84%	66%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		215	204	1876	19,8	33,4	8,3	0,6
		soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	1%	19%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	78%	3%	3%	2%	37%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	28%	25%	2%	43%	1%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	18%	19%	5%	6%	0%	6%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	35%	37%	10%	11%	1%	11%	0%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	17%	16%	5%	37%	77%	78%	63%

Tableau 10 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (35 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		249,2	222,2	1811,4	23,8	48,6	13,0	0,24
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	2%	18%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	75%	2%	1%	1%	75%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	28%	25%	2%	37%	0%	1%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	17%	19%	5%	5%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	33%	36%	10%	9%	0%	8%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	19%	18%	8%	45%	80%	85%	24%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		237,4	212,7	1754,1	20,7	25,6	9,3	0,24
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	0%	1%	17%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	77%	2%	2%	2%	76%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	29%	26%	2%	43%	1%	2%	0%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	18%	19%	5%	6%	0%	6%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	35%	38%	10%	11%	1%	11%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	16%	15%	5%	37%	79%	80%	22%

Tableau 11 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs (échantillons 2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (24 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		300	290	1165	20	40	13	0,2
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	1%	3%	33%	0%	0%
EAU	[module B7]	1%	1%	46%	1%	1%	1%	44%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	29%	26%	13%	14%	0%	7%	1%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	13%	18%	7%	5%	0%	4%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	37%	35%	22%	16%	0%	11%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	19%	20%	10%	60%	66%	77%	53%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		293	275	1140	16,2	23,5	9,7	0,2
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	1%	3%	61%	0%	0%
EAU	[module B7]	0%	0%	48%	1%	1%	1%	46%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	30%	29%	14%	17%	1%	10%	1%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	13%	14%	7%	6%	0%	5%	0%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	39%	42%	23%	20%	1%	16%	1%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	17%	14%	8%	52%	37%	67%	52%

Tableau 12 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		319,3	301,1	1176,1	20,9	67,0	12,2	0,12
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	2%	2%	1%	5%	60%	0%	1%
EAU	[module B7]	0%	0%	50%	1%	0%	0%	40%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	27%	27%	8%	15%	1%	4%	1%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	12%	12%	7%	6%	0%	3%	1%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	40%	42%	22%	17%	0%	12%	2%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	18%	16%	11%	56%	38%	80%	56%
DVP = 100 ans								
TOTAL 6 CONTRIBUTEURS		306,1	289,1	1138,9	17,5	35,6	9,4	0,11
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
CHANTIER	[module A5]	1%	1%	1%	3%	57%	0%	0%
EAU	[module B7]	0%	0%	52%	1%	0%	0%	44%
ENERGIE - postes RT	[module B6]	29%	28%	8%	18%	2%	6%	1%
ENERGIE - spécifique (bâti)	[module B6]	13%	13%	7%	7%	0%	4%	1%
ENERGIE - spécifique (activité)	[module B6]	42%	44%	23%	20%	1%	15%	2%
PRODUITS et EQUIPEMENTS	[modules A-B-C]	15%	14%	9%	51%	39%	74%	52%

Tableau 13 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux (échantillons 2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

4. ANALYSE DETAILLEE DES RESULTATS DU CONTRIBUTEUR « PRODUITS ET EQUIPEMENTS »

Le propos de cette partie est d'identifier les paramètres clés du contributeur « produits et équipements ». Cette partie est décomposée en deux sous-parties.

Dans un premier temps, les résultats sont proposés par indicateur, pour une DVP de 50 ans : de l'échelle « contributeur » jusqu'aux lots techniques. Les résultats de cette première partie fournissent une cartographie des sources d'impacts par lot technique pour chaque typologie de bâtiment. Ces résultats constituent donc un premier retour d'expérience à destination des fabricants qui ont fourni des FDES et des PEP¹. Le découpage retenu (les 14 lots) permet également à chaque fabricant de visualiser la contribution de ses produits à l'impact environnemental global du bâtiment.

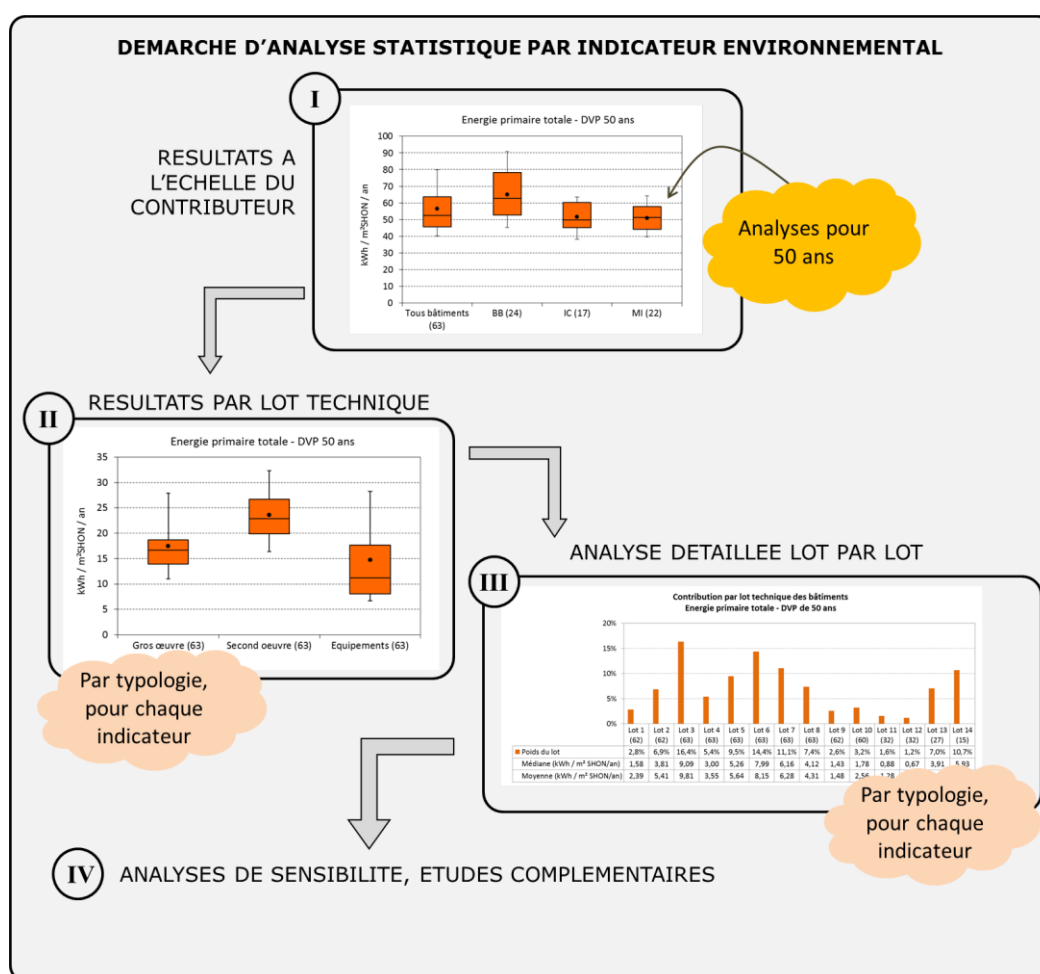


Figure 30 : Démarche d'analyse statistique des résultats HQE Performance par indicateur environnemental

¹ Ces données ayant été majoritairement utilisées pour modéliser l'impact de ce contributeur.

4.1 RESULTATS PAR INDICATEUR DU CONTRIBUTEUR AUX LOTS TECHNIQUES

Les résultats sont présentés par source d'impact depuis l'échelle « contributeur » jusqu'à l'échelle des 14 lots de la nomenclature HQE Performance. Un découpage intermédiaire a également été rajouté. Il comporte trois parties : les impacts liés au gros-œuvre (lots 1 à 3), ceux liés au second-œuvre hors équipements (lots 4 à 7) et enfin ceux liés aux équipements techniques (lots 8 à 14)². Le tableau suivant rappelle le nom de chaque lot HQE Performance.

CONTRIBUTEUR « PRODUITS ET EQUIPEMENTS »		
GROS-ŒUVRE (AVEC VRD) (somme des lots 1-3)	SECOND-ŒUVRE (HORS EQUIPEMENTS) (somme des lots 4-7)	SECOND-ŒUVRE (EQUIPEMENTS) (somme des lots 8-14)
1. VRD (Voirie et Réseaux Divers)	4. Couverture – Etanchéité - Charpente - Zinguerie	8. CVC (Chauffage – Ventilation – Refroidissement - eau chaude sanitaire)
2. Fondations et infrastructure	5. Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures	9. Installations sanitaires
3. Superstructure - Maçonnerie	6. Façades et menuiseries extérieures	10. Réseaux d'énergie électrique et de communication (courant fort et courant faible)
	7. Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape -Peintures - Produits de décoration	11. Sécurité des personnes et des bâtiments
		12. Eclairage
		13. Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur
		14. Equipement de production locale d'électricité

Tableau 15 : Décomposition des lots HQE performance pour le gros-œuvre, le second-œuvre et les équipements.

Avertissement : Dans les encadrés ci-dessous, la valeur en gras représente la médiane (entre parenthèses est donnée la plage de distribution de 50 % des valeurs).

4.1.1 INDICATEUR CONSOMMATION D'ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

² Nous précisons que la distinction entre gros-œuvre et second œuvre peut parfois être discutable au regard de leur sens donné habituellement : notamment pour le lot 4 où les éléments de couverture pourraient également être considérés comme du gros-œuvre. De même, le choix de considérer le lot VRD dans le gros œuvre ne reflète pas toujours les pratiques de terrain des entreprises de construction. Ce choix permet avant tout dans ce rapport de présenter un niveau intermédiaire entre le résultat global pour le contributeur et les résultats pour les 14 lots techniques.

4.1.1.1 Toutes typologies, résultats pour le total du contributeur

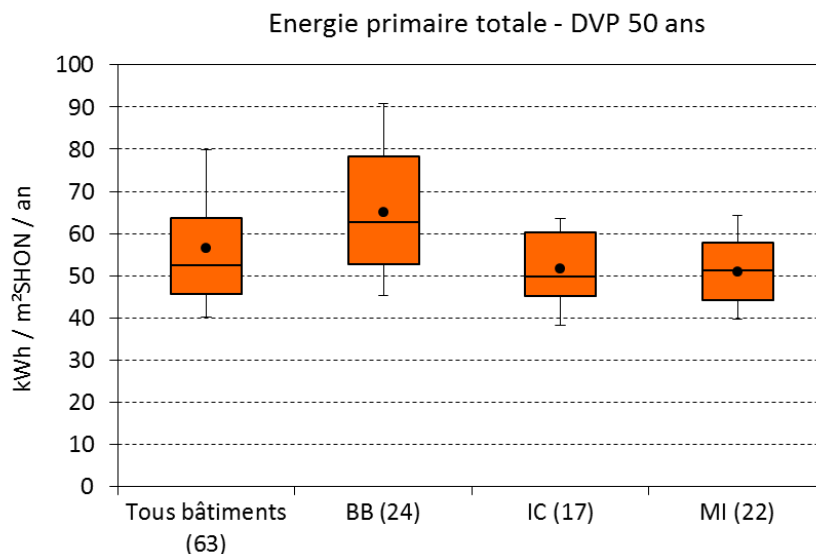


Figure 31 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :

- **52,5 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [46 – 64]
 - **63 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [53 – 78].
 - **50 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [45 – 60]
 - **51 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [44 – 58]

Les résultats montrent que la consommation d'énergie primaire totale en valeur médiane est de l'ordre de 50 kWh/m²/an. Elle correspond au niveau de consommation annuelle du Cep (non corrigé de l'altitude et de la zone climatique) exigé pour les postes réglementaires de la RT 2012. Nous notons également des valeurs médianes et une dispersion des résultats (correspondant à 50% de l'échantillon) quasiment identiques entre les typologies immeubles collectifs et maisons individuelles. A l'inverse, les bureaux ont l'impact médian le plus élevé ainsi qu'une plus grande dispersion des valeurs (valable à la fois pour l'intervalle interquartile et pour l'intervalle entre le décile 1 et le décile 9).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2010 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont très proches (51,5 kWh/m²_{SHON}/an en 2011 contre 52,5 kWh/m²_{SHON}/an dans ce rapport). Par contre, ils cachent des différences par typologie évoluant dans des sens opposés : la consommation d'énergie primaire totale pour les bureaux passe ainsi de 50 à 63 kWh/m²_{SHON}/an (les équipements techniques représentant l'essentiel de cette évolution) tandis que pour les maisons individuelles, elle passe de 60 à 51 kWh/m²_{SHON}/an. Le

classement entre valeurs médianes de chaque typologie est donc modifié entre les deux échantillons. Ces évolutions sont sans doute le résultat de plusieurs facteurs : les échantillons 2010 et 2012, tous deux aux effectifs limités, sont différents, de par les bâtiments qu'ils représentent et de par les frontières d'études retenues (e.g. introduction des équipements). L'acte de modéliser tout comme la méthode de traitement statistique ont évolués. Enfin, l'évolution des données environnementales constitue un dernier facteur. L'ampleur de l'incidence de chacun de ces facteurs sur le résultat est difficilement identifiable a priori.

4.1.1.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

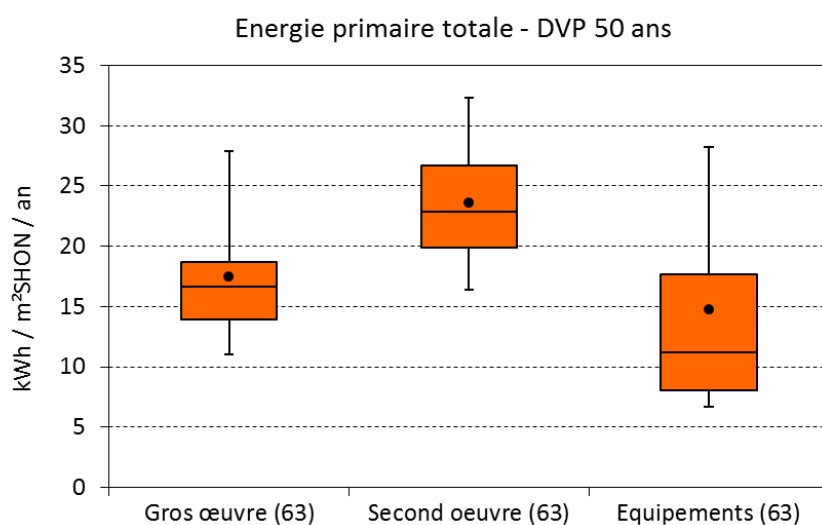


Figure 32 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :

- **17 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [14 – 19].
- **23 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [20 – 27]
- **11 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [8 – 18]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **+2 kWh /m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**
- **-2 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements)
- **+5 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

La figure suivante présente les contributions relatives des 14 lots HQE Performance³.

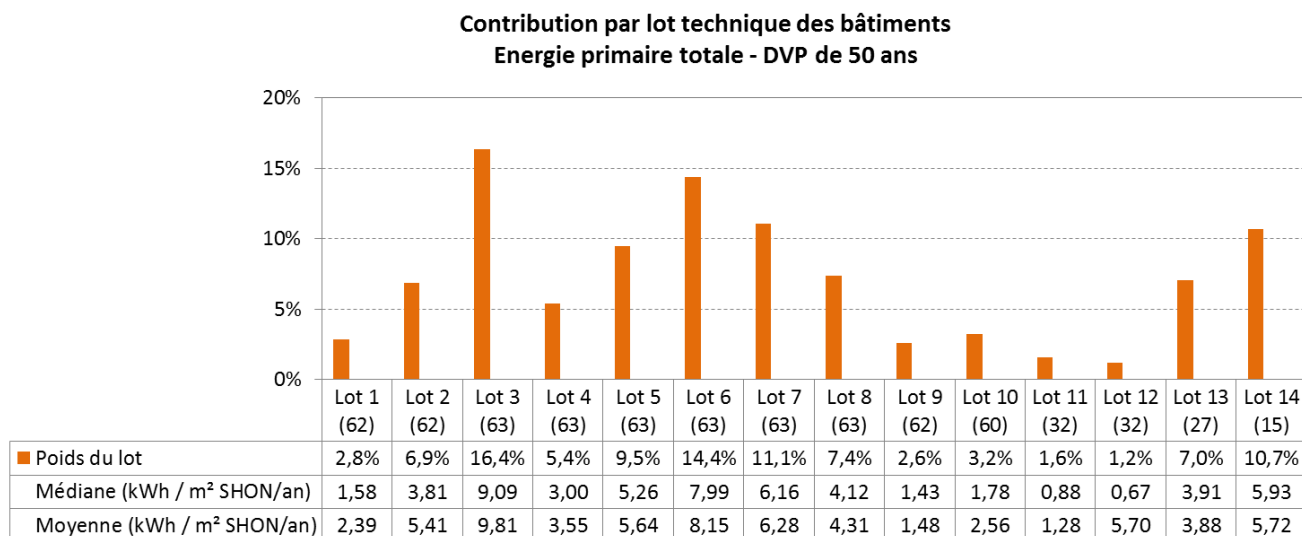


Figure 33 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur énergie primaire totale avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, est de l'ordre de :

- **26%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **23%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **40%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **20%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
 - **20%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
- **34%** pour les **équipements** dont :
 - **11%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **7%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **7%** pour les appareils élévateurs p. ex. ascenseurs (lot 13)
 - **3%** pour les équipements de réseaux électriques (lot 10)
 - **3%** pour les équipements sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (éclairage, sécurité)

³ Les contributions relatives ont été calculées à partir des valeurs des médianes des lots (choix réalisé pour tous les indicateurs et toutes les typologies).

Par rapport à l'échantillon 2010, les différences (en valeurs absolues) entre les médianes sont :

- inférieures à 0.5 kWh/m²/an pour 4 lots (lots 1, 4, 9 et 10),
- comprises entre 0.5 et 1 kWh/m²/an pour 4 lots (lots 2, 5, 10 et 11)
- comprises entre 1 et 2 kWh/m²/an pour 2 lots (lots 3 et 8)
- comprises entre 2 et 3 kWh/m²/an pour 4 lots (lots 6, 7, 13 et 14)

4.1.1.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

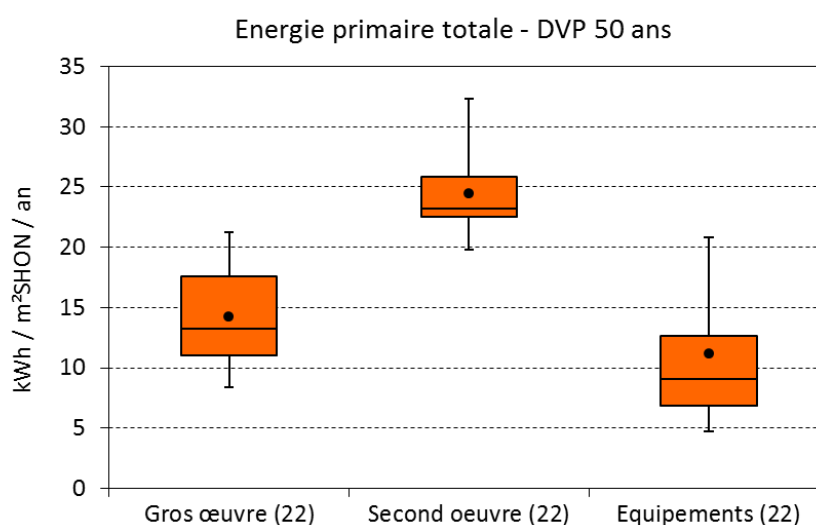


Figure 34 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :



- **13 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [11 – 18].
- **23 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [23 – 26]
- **9 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [7 – 13]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- -1 kWh /m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- -1 kWh/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)
- **+2.5 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

**Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Energie primaire totale - DVP de 50 ans**

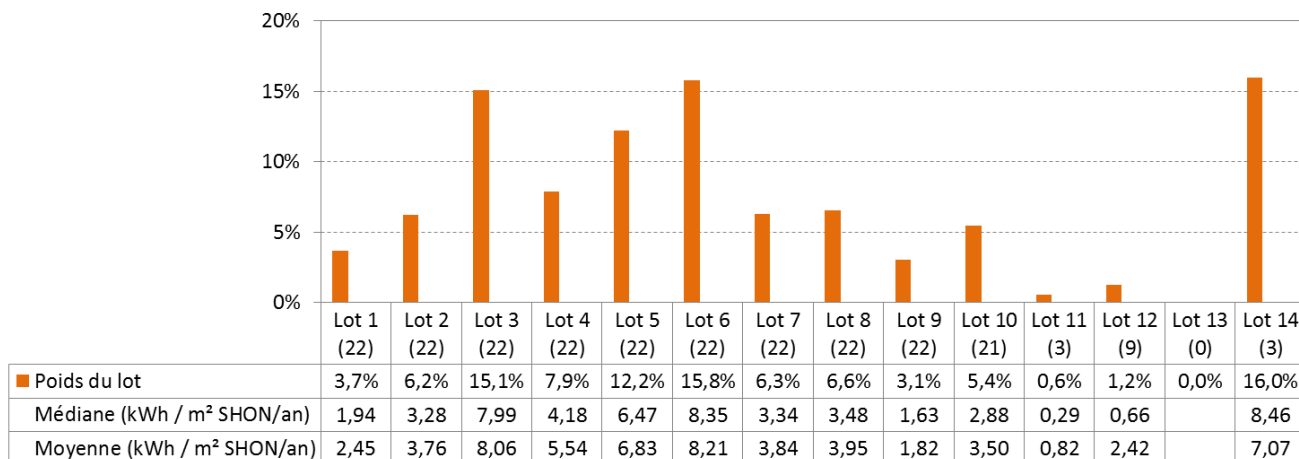


Figure 35 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur énergie primaire totale avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, est de l'ordre de :



- **25%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **21%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **4%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **40%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **24%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
 - **18%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et de revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
- **34%** pour les **équipements** dont :
 - **16%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **6,5%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **5,5%** pour les équipements de réseaux électriques (lot 10)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, éclairage, sécurité des personnes, ascenseurs)

4.1.1.4 Typologie Immeuble Collectif, résultats décomposés par lots techniques

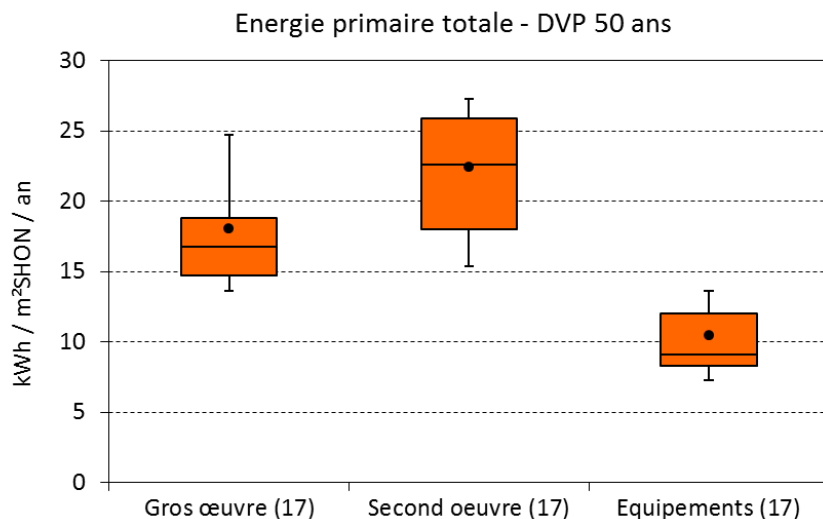


Figure 36 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :



- **17 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [15 – 19].
- **22,5 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [18 – 26]
- **9 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [8 – 12]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-2 kWh /m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**
- **+2.5 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements)
- **+3 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

**Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Energie primaire totale - DVP de 50 ans**

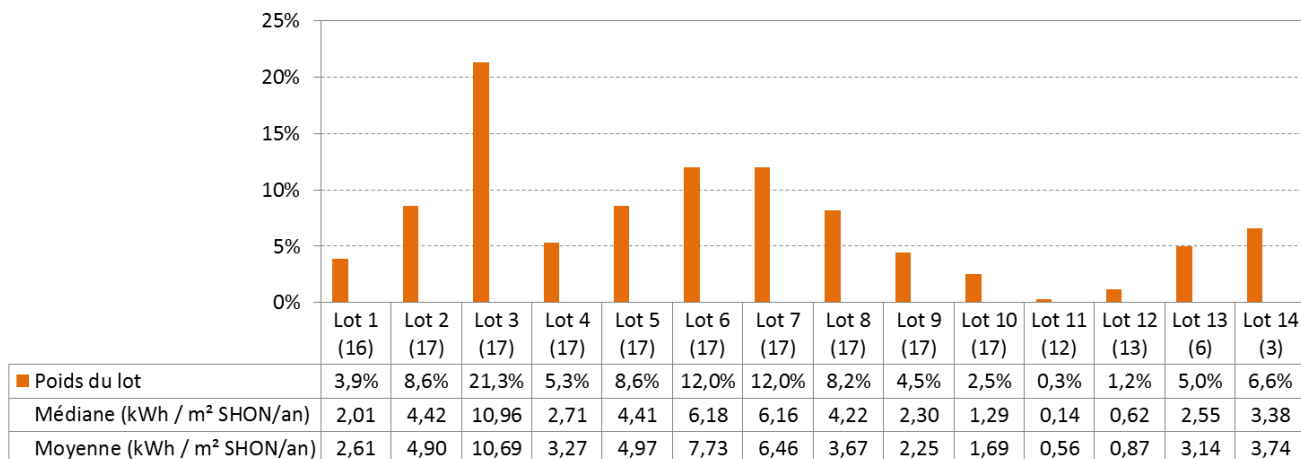


Figure 37 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur énergie primaire totale avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, est de l'ordre de :



- **34%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **30%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **4%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **38%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **21%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **17%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **28%** pour les **équipements** dont :
 - **8%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **6,5%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **5%** pour les ascenseurs (lot 13)
 - **4,5%** pour les installations sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (réseaux électriques, éclairage, sécurité des personnes)

4.1.1.5 Typologie Bâtiments de bureaux, résultats décomposés par lots techniques

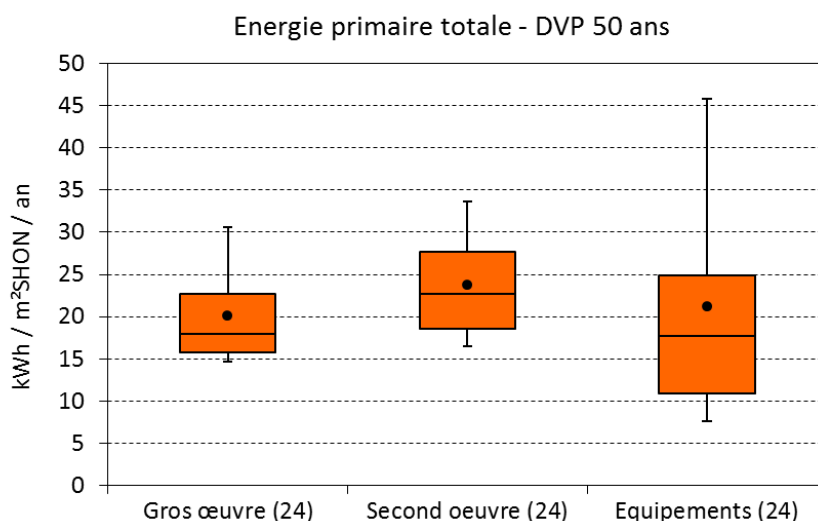


Figure 38 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :



- **18 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [16 – 23].
- **23 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [19 – 28]
- **18 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [11 – 25]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **+4 kWh /m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**
- **+1 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements)
- **+11.5 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

**Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Energie primaire totale - DVP de 50 ans**

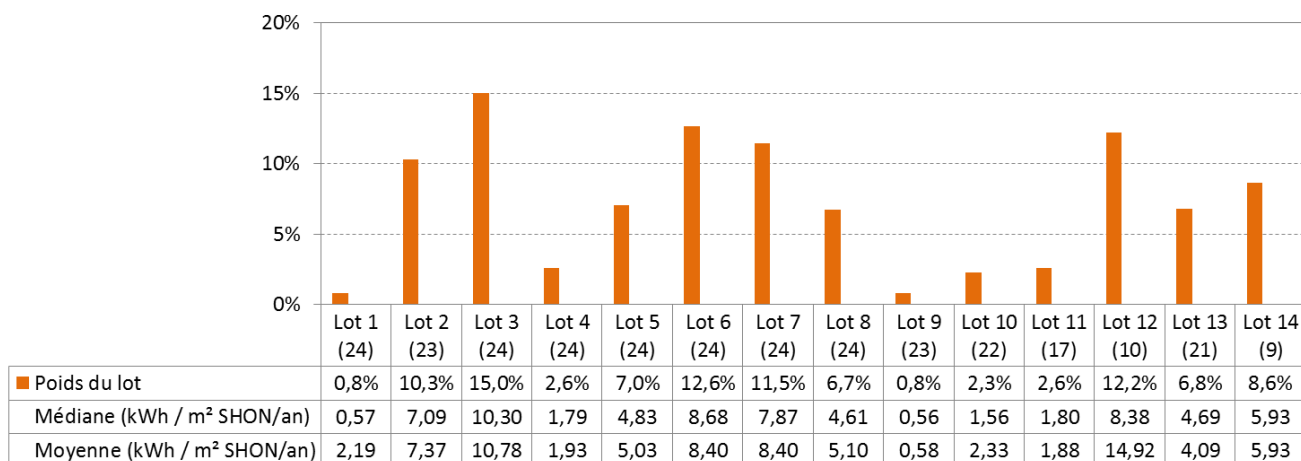


Figure 39 : Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur énergie primaire totale avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, est de l'ordre de :



- **26%** pour les composants du **gros œuvre**
 - **25%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **1%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **34%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **19%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **15%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **40%** pour les **équipements** dont :
 - **12%** pour les équipements d'éclairage (lot 12)
 - **9%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **7%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **7%** pour les ascenseurs (lot 13)
 - **Proportions faibles (~ 5%)** pour les autres équipements (sécurité des personnes, réseaux électriques, installations sanitaires)

4.1.1.6 L'essentiel

Analyse des résultats de l'indicateur énergie primaire totale décomposé par lots techniques

La décomposition du contributeur « produits et équipements » permet de mettre en évidence des contributions plutôt homogènes entre gros œuvre, second œuvre (hors équipements) et équipements. On note cependant une contribution plus faible pour le gros œuvre (entre 20 et 30%) à la différence des éléments de second œuvre.

A l'échelle du gros œuvre, les résultats montrent que les composants de superstructure ont un impact plus sensible (de l'ordre de 9 kWh/m²/an) que les fondations et infrastructures (de l'ordre de 3 ou 4 kWh/m²/an). Quant aux VRD, dans le cas de l'échantillon modélisé, ils représentent un poids négligeable quelle que soit la typologie⁴.

Les éléments de second œuvre (hors équipements techniques) représentent généralement plus du 1/3 des impacts du contributeur « produits et équipements ». Par exemple, pour les maisons individuelles, cela représente 40% soit 23 kWh/m²/an d'énergie primaire totale. Globalement, les lots 4+6 (façades, menuiseries extérieures, couverture, étanchéité et charpente) et 5+7 (éléments des planchers intermédiaires et des murs intérieurs) sont équivalents toutes typologies confondues (environ 20% chacun soit 11,5 kWh/m²/an).

Les équipements représentent près d'1/3 des impacts du contributeur « produits et équipements » ce qui n'était pas forcément prévisible. Le poids des équipements entre les bâtiments résidentiels et les bâtiments de bureaux double (passant de 9 à 18 kWh/m²/an) : leur contribution est de l'ordre de 40% pour les bâtiments de bureaux. Les résultats des lots 8 à 14 confirment l'importance des équipements de production locale d'énergie comme les panneaux photovoltaïques (lot 14) dans le bilan environnemental des bâtiments. Ils varient de 6,5% à 16%. La contribution la plus forte est observée pour les maisons individuelles (16%) ce qui représente près de 8 kWh/m²/an d'énergie primaire totale pour une DVP de 50 ans. L'autre poste significatif correspond aux équipements de CVC (contribution très stable quelle que soit la typologie autour de 7 à 8%). Certains lots sont liés à la typologie du bâtiment. Par exemple, le poste éclairage est plus significatif dans les bureaux (12%) que dans les autres typologies⁵. De même, l'impact du lot 13 (ascenseurs) est uniquement et logiquement visible pour les immeubles collectifs (5%) et de bureaux (7%). Concernant les réseaux électriques (lot 10), même si ces équipements sont installés dans tous les bâtiments, leur contribution n'est pas significative sauf pour les maisons individuelles (6%)⁶.

⁴ Nous rappelons que ce poste est, de manière générale, chiffré à part par les entreprises de construction.

⁵ Nous précisons que ces tendances sont à l'image des équipements présents dans les bâtiments, mais reflètent également des qualités des modélisations : hétérogènes dans les bâtiments de bureaux, a priori cohérentes pour les immeubles collectifs et sans doute présentant des carences pour les maisons individuelles.

⁶ On considère une contribution inférieure à 5% comme non significative dans ces analyses

4.1.1.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

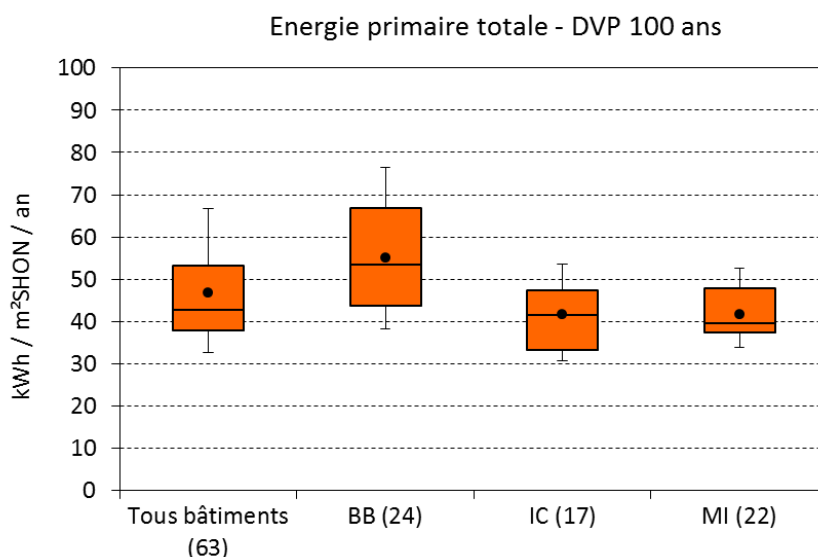


Figure 40 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur énergie primaire totale, sont de l'ordre de :

- 43 kWh/m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [38 – 53]
 - 53,5 kWh/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [44 – 67].
 - 41,5 kWh/m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [33 – 47]
 - 40 kWh/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [37 – 48]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de près de 20% de la valeur médiane, toutes typologies confondues (respectivement pour les typologies BB, IC et MI : -15%, -17% et -23%). Cette diminution s'explique par un amortissement de près de 40% (respectivement pour les typologies BB, IC et MI : -41%, -40% et -42%) des composants du gros œuvre comme le montre les résultats sur 100 ans (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 10 kWh/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [8 – 12]. (respectivement pour les typologies BB, IC et MI : 10.5, 10.1 et 7.7 kWh/m²_{SHON}/an)

En revanche, pour les composants de second œuvre et les équipements, toutes typologies confondues, les valeurs sont quasiment inchangées ou en légère baisse de l'ordre de 10 % :

- 21 kWh/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [18 – 25] (respectivement pour les typologies BB, IC et MI : 21, 20 et 21 kWh/m²_{SHON}/an)

- 17 kWh/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques pour les bâtiments de bureaux et 8 kWh/m²_{SHON}/an pour les bâtiments résidentiels (respectivement pour les typologies BB, IC et MI : 17, 8 et 8 kWh/m²_{SHON}/an)

Ainsi, si l'on compare pour une même période d'étude (100 ans) un bâtiment ayant une DVP de 100 ans ou la construction successive de deux bâtiments d'une durée de 50 ans : un bâtiment avec une DVP de 100 ans permet un bien meilleur amortissement de la consommation d'énergie primaire relative à la mise à disposition de la structure du bâti (-40%). Par contre les renouvellements de composants pour le second-œuvre et les équipements ne permettent qu'un amortissement de 10%. L'analyse des durées de vie typiques (DVT) montre, en effet, qu'une majorité d'entre elles est égale à 50 ans (cas des produits d'isolation, de cloisonnement etc.) ou à 25 ans (cas des équipements techniques).

→ L'augmentation de la DVP de 50 à 100 ans dans le cadre de cette étude revient donc à doubler les taux de remplacements⁷.

⁷ Nous précisons que ce cas particulier ne serait pas forcément valide avec des durées de vie différentes de 25 ou 50 ans. De même, la variation de la DVP changerait les résultats (l'amortissement serait plus ou moins important).

4.1.2 INDICATEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

Avertissement : L'indicateur Énergie Primaire non renouvelable ne fait pas partie du socle commun d'indicateurs obligatoires retenu par le programme PEP Ecopassport (PEP Ecopassport, 2012). Lorsque les PEP mises à disposition pour les modélisations ne disposaient pas de cet indicateur, l'indicateur Énergie primaire non renouvelable a été estimé à 93.9% de l'indicateur de consommation d'Énergie Primaire Totale (indicateur obligatoire). Ce pourcentage correspond à la part d'énergie non renouvelable du mix énergétique français.

4.1.2.1 Toutes typologies, résultats pour le contributeur

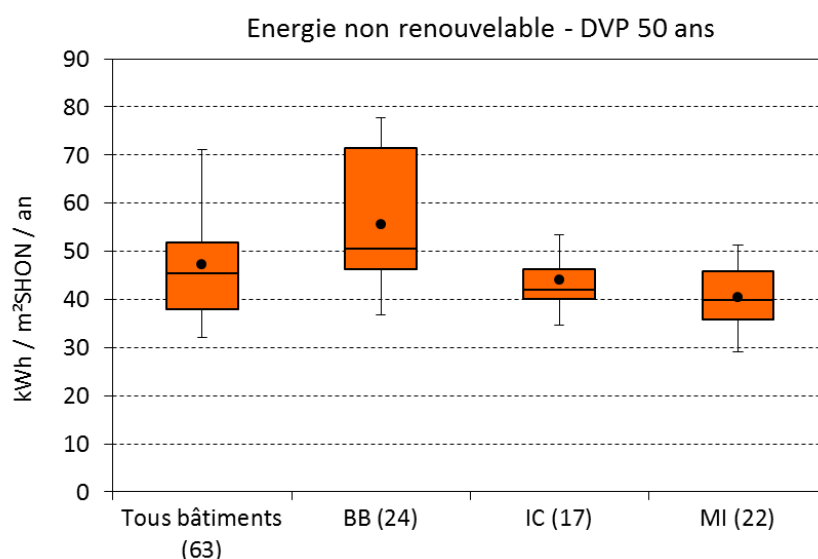


Figure 41 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :

- **45,5 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [38 – 52]
 - **50,5 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [46 – 71].
 - **42 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [40 – 46]
 - **40 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [36 – 46]

Les résultats montrent que la consommation d'énergie non renouvelable en valeur médiane est de l'ordre de 45 kWh/m²/an soit 85% de la consommation d'énergie primaire totale. A nouveau, nous notons des valeurs médianes et une dispersion des résultats (correspondant à 50% de l'échantillon) similaires entre les typologies immeubles collectifs et maisons individuelles. A l'inverse, les bureaux ont l'impact médian le plus élevé ainsi qu'une plus

grande dispersion des valeurs (valable à la fois pour l'intervalle interquartile et pour l'intervalle entre le décile 1 et le décile 9).

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2011 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont très proches (44,5 kWh/m²_{SHON}/an en 2011 contre 45,5 kWh/m²_{SHON}/an dans ce rapport). Par contre, ils cachent des différences par typologie : la consommation d'énergie primaire totale pour les bureaux passe ainsi de 42,5 à 50,5 kWh/m²_{SHON}/an tandis que pour les maisons individuelles, elle passe de 47,5 à 40 kWh/m²_{SHON}/an. Le classement entre valeur médiane de chaque typologie est donc modifié entre les deux échantillons.

Ces évolutions sont sans doute le résultat de plusieurs facteurs : les échantillons 2010 et 2012, tous deux aux effectifs limités, sont différents, de par les bâtiments qu'ils représentent et de par les frontières d'études retenues (p. ex. introduction des équipements). L'acte de modéliser tout comme la méthode de traitement statistique ont évolués. Enfin, l'évolution des données environnementales constitue un dernier facteur. L'ampleur de l'incidence de chacun de ces facteurs sur le résultat est difficilement identifiable a priori.

4.1.2.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

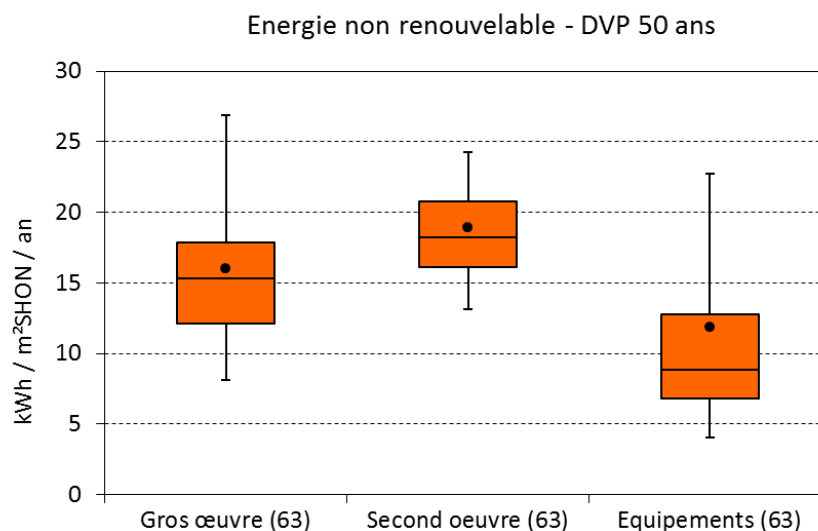


Figure 42 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :

- **15 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [12 – 18].
- **18 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [16 – 21]
- **9 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [7 – 13]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **+1.5 kWh /m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**
- **+1.5 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements)
- **+4 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

On note que les évolutions n'ont pas de caractère homothétique par rapport aux évolutions 2010-2012 identifiées pour l'indicateur énergie primaire totale.

**Contribution par lot technique des bâtiments
Energie non renouvelable - DVP de 50 ans**

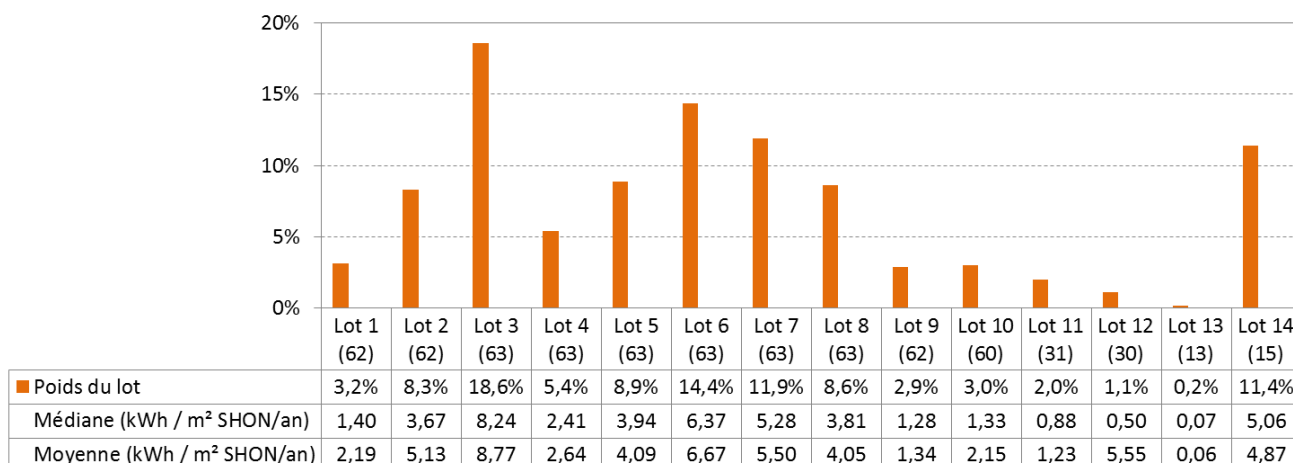


Figure 43 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur énergie non renouvelable avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **énergie non renouvelable**, est de l'ordre de :

- **30%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **27%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **41%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **21%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **20%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **29%** pour les **équipements** dont :
 - **11%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **9%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **3%** pour les équipements de réseaux électriques (lot 10)
 - **3%** pour les équipements sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (sécurité des personnes, éclairage, ascenseurs)

Par rapport à l'échantillon 2010, les différences (en valeurs absolues) entre les médianes sont :

- inférieures à 0.5 kWh/m²/an pour 6 lots (lots 1, 5, 9, 10, 12 et 13),

- comprises entre 0.5 et 1 kWh/m²/an pour 5 lots (lots 3, 4, 7, 11 et 12)
- comprises entre 1 et 2 kWh/m²/an pour 3 lots (lots 2, 8 et 14)
- comprises entre 2 et 3 kWh/m²/an pour 1 lot (lot 6)

4.1.2.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

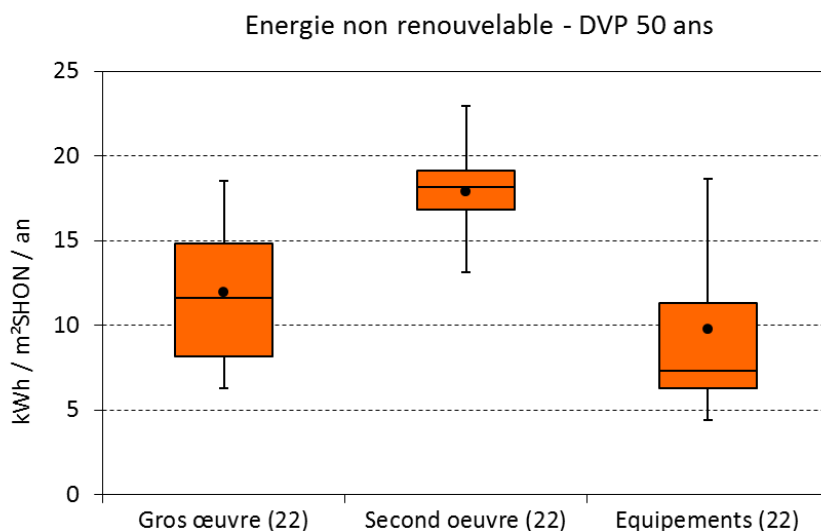


Figure 44 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :



- **11,5 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [8 – 15].
- **18 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [17 – 19]
- **7 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [6 – 11]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- -1 kWh /m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- +1.5 kWh/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)
- +0.5 kWh/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques

**Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Energie non renouvelable- DVP de 50 ans**

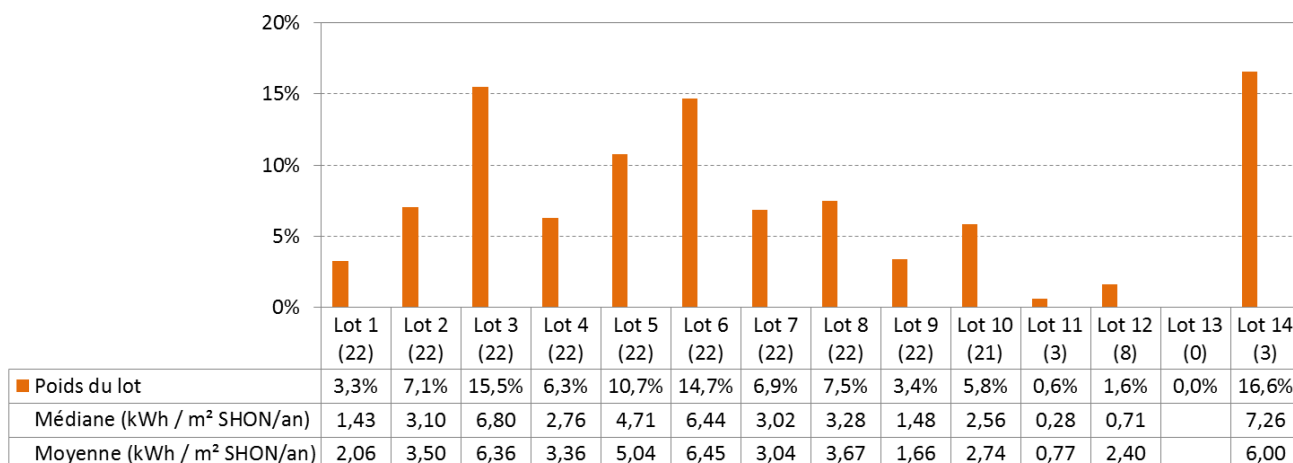


Figure 45 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur énergie non renouvelable avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles** confondues, pour l'indicateur **énergie non renouvelable**, est de l'ordre de :



- **26%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **23%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **39%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **21%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
 - **18%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
- **29%** pour les **équipements** dont :
 - **17%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **7,5%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **6%** pour les équipements de réseaux électriques (lot 10)
 - **3%** pour les équipements sanitaires (lot 9)
 - **Proportions très faibles (< 5%)** pour les autres équipements (sécurité des personnes, éclairage) voire nulle (ascenseurs) du fait de la typologie étudiée

4.1.2.4 Typologie Immeuble Collectif, résultats décomposés par lots techniques

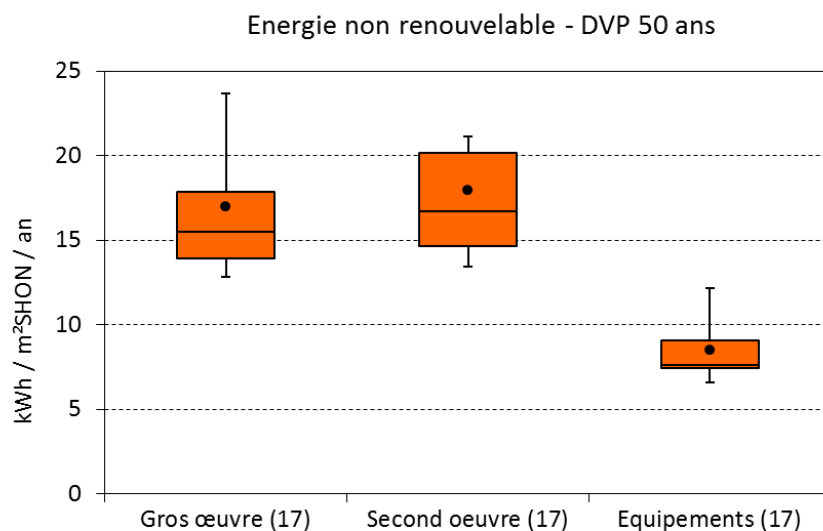


Figure 46 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :



- **15,5 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [14 – 18].
- **17 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [15 – 20]
- **7,5 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [7 – 9]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- -1.5 kWh /m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- +2 kWh/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)
- **+3 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

**Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Energie non renouvelable- DVP de 50 ans**

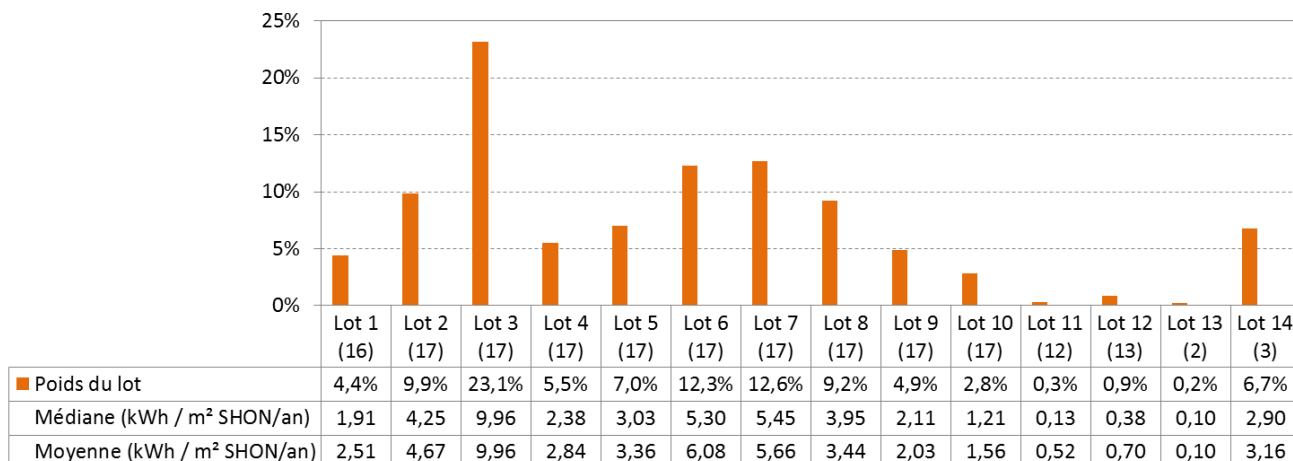


Figure 47 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur énergie non renouvelable avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **énergie non renouvelable**, est de l'ordre de :



- **37%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **33%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **4%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **38%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **20%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **18%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **25%** pour les **équipements** dont :
 - **9%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **7%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **5%** pour les équipements sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (réseaux électriques, éclairage, sécurité des personnes, ascenseurs)

4.1.2.5 Typologie Bâtiments de bureaux, résultats décomposés par lots techniques

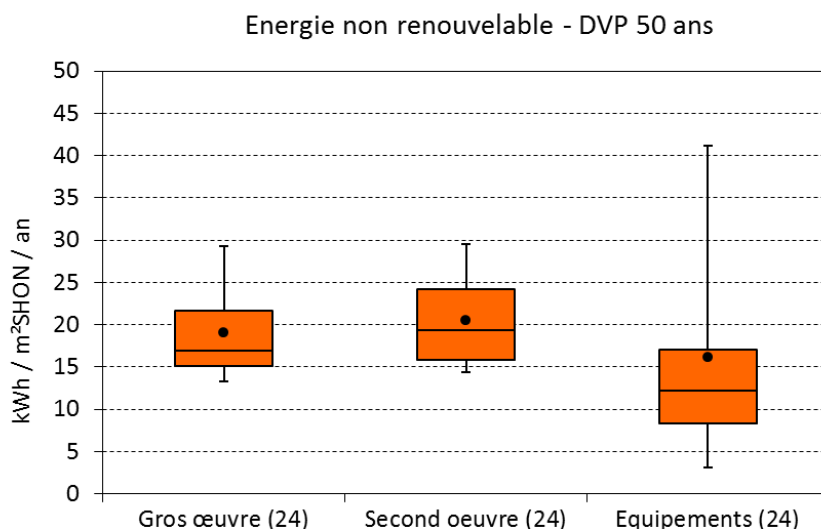


Figure 48 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :



- **17 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [15 – 22].
- **19 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [16 – 24]
- **12 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [8 – 17]⁸

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **+4.5 kWh /m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**
- **+2 kWh/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements)
- **+8 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

⁸ La forte dispersion observée sur les deux bornes supérieures de la boxplot des équipements techniques (regroupant 80% de la distribution des données) s'explique par des niveaux de renseignements des lots techniques très différents entre les bâtiments.

**Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Energie non renouvelable- DVP de 50 ans**

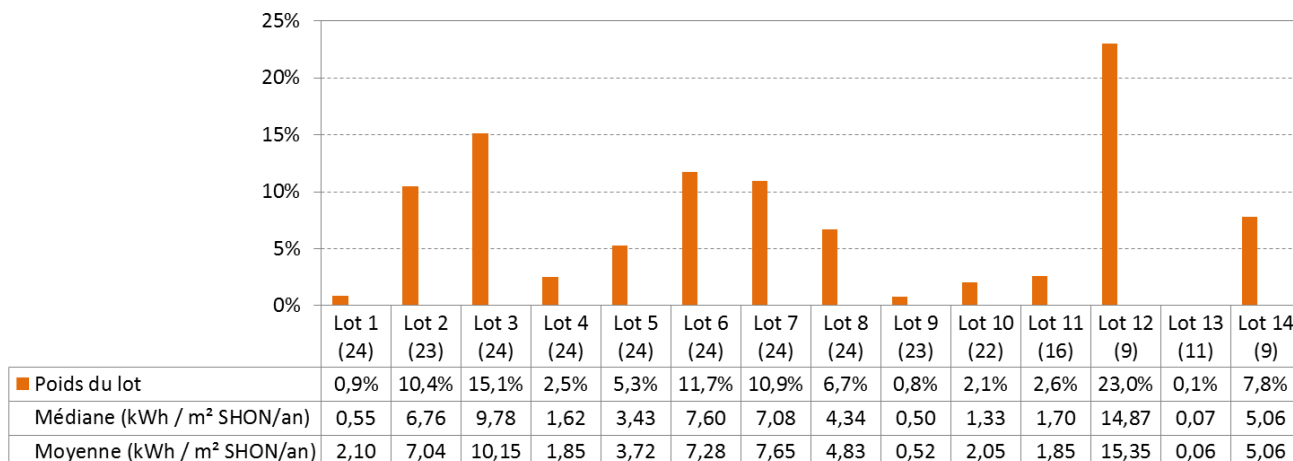


Figure 49 Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur énergie non renouvelable avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **énergie non renouvelable**, est de l'ordre de :



- **26%** pour les composants du **gros œuvre**
 - **25%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **1%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **30%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **16%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **14%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **44%** pour les **équipements** dont :
 - **23%** pour les équipements d'éclairage (lot 12)
 - **8%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **7%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **5%** pour les équipements sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (~ 5%)** pour les autres équipements (sécurité des personnes, installations sanitaires, ascenseurs)

4.1.2.6 L'essentiel

L'étude de cet indicateur montre :

- Une importance relative (en termes de médianes) des macro-lots assez stable d'une typologie à l'autre
- Mais des dispersions et valeurs absolues différentes d'une typologie à l'autre pour les macro-lots
- Un macro-lot « équipement » deux fois plus important pour les bâtiments de bureaux que les bâtiments résidentiels
- Un poids des panneaux PV (17%) à peine moins important que celui de la structure (fondations + superstructure : 23%) pour les maisons individuelles
- Des évolutions sensibles des valeurs entre la première et la seconde expérimentation : Si à l'échelle de chacun des lots, les évolutions sont majoritairement inférieures à 1 kWh/m²de_{SHON}/an, les évolutions considérées au niveau des macro-lots (gros œuvre, second œuvre et équipements) sont relativement importantes (jusqu'à 8 kWh/m²de_{SHON}/an) confirmant notamment la sensibilité des valeurs à l'élargissement du périmètre d'étude (p. ex. équipements).
- Afin d'identifier les lots sur lesquels il faut s'intéresser en priorité, il serait nécessaire de mener une étude de la somme des contributeurs Energie RT + Produits et équipements. Néanmoins, cette partie nous permet d'identifier les lots les plus importants :
 - o Toutes typologies : lots relatifs à la structure (lot 3), aux façades (lot 6), aux revêtements (lot 7), panneaux PV (lot 14) et CVC (lot 8) pour cet indicateur.
 - o En particulier pour les maisons individuelles le lot 14 (panneaux PV) et le lot structure
 - o En particulier pour les bâtiments de bureaux sur le lot 12 (éclairage).

4.1.2.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

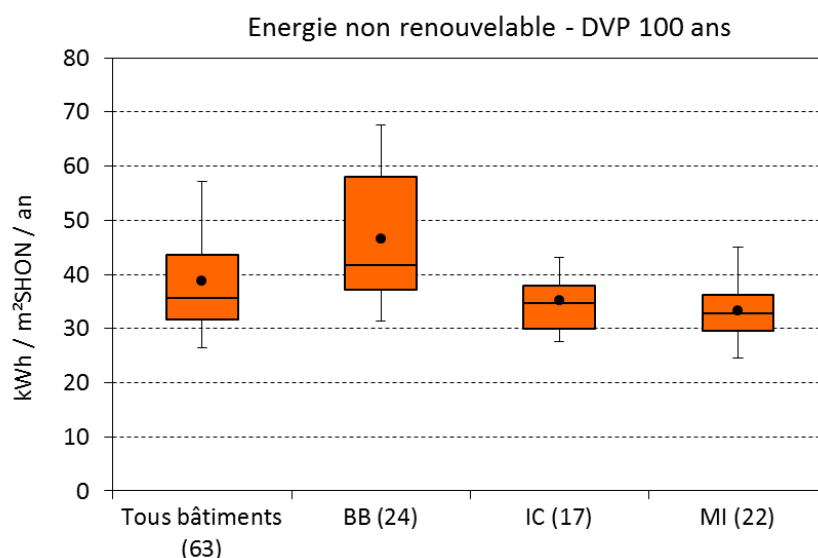


Figure 50 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur énergie non renouvelable, sont de l'ordre de :

- 36 kWh/m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [32 – 44]
 - 42 kWh/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [37 – 58].
 - 35 kWh/m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [30 – 38]
 - 33 kWh/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [30 – 36]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de plus de 20% de la valeur médiane, toutes typologies confondues et 17.5% celle de chaque typologie. Cette diminution s'explique principalement par un amortissement des composants du gros œuvre comme le montre les résultats sur 100 ans de près de 40% et de 10% du second-œuvre et des équipements (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 9 kWh/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [7 – 10].

En revanche, pour les composants de second œuvre et les équipements, toutes typologies confondues, les valeurs sont quasiment inchangées ou en légère baisse de l'ordre de :

- 17.5 kWh/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [15.5 – 18.5]
- 8 kWh/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques [6.5 – 11.5]

4.1.3 INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

4.1.3.1 Toutes typologies, résultats pour le total du contributeur

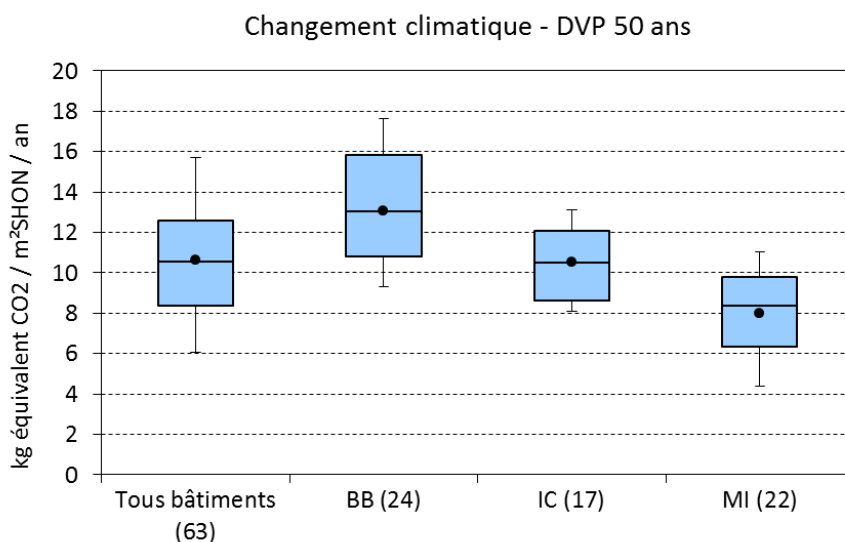


Figure 51 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » de construction en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :

- **10,5 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [8 – 12,5]
 - **13 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [11 – 16].
 - **10,5 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [8,5 – 12]
 - **8,5 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [6 – 10]

Les résultats montrent que les émissions de gaz à effet de serre (GES) en valeur médiane sont de l'ordre de 10 à 11 kg eq-CO₂/m²/an. Pour cet indicateur, les bâtiments de bureaux sont les plus émetteurs de GES suivis par les immeubles collectifs puis par les maisons individuelles. L'écart sur les valeurs médianes est de l'ordre de 20%⁹. A nouveau, nous constatons une dispersion des résultats (intervalle interquartile) plus important pour les bureaux. La distribution des valeurs pour cet indicateur est relativement symétrique avec peu de différence entre la valeur médiane et moyenne.

⁹ Valeur considérée en ACV à dire d'expert en dessous de laquelle un écart est jugé non significatif.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2011 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont proches (11,5 kg eq-CO₂/m²/an en 2011 contre 10,5 kg eq-CO₂/m²/an dans ce rapport). Par contre, dans cette nouvelle expérimentation, les bureaux sont plus émetteurs de GES qu'en 2011 (+2,5 kg eq-CO₂/m²/an) tandis que les maisons individuelles sont beaucoup moins émettrices (-3 kg eq-CO₂/m²/an).

Les explications sont sans doute du même ordre que pour les indicateurs énergétiques (voir 4.1.1.1)

4.1.3.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

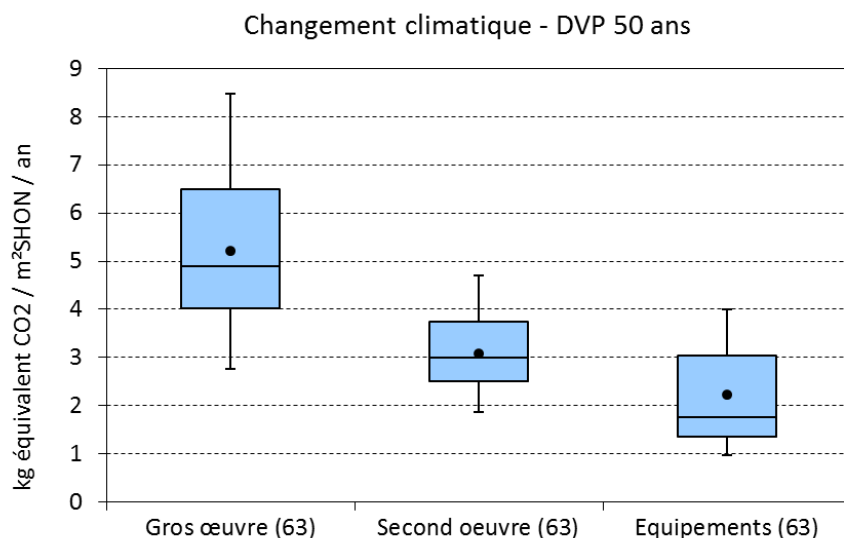


Figure 52 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :

- **5 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [4,0 – 6,5].
- **3 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2,5 – 3,7]
- **1,8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [1,4 – 3,0]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- A peu près aucune différence pour le gros œuvre
- A peu près aucune différence pour le second œuvre (hors équipements)
- **+0.5 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques**

**Contribution par lot technique des bâtiments
Changement climatique - DVP de 50 ans**

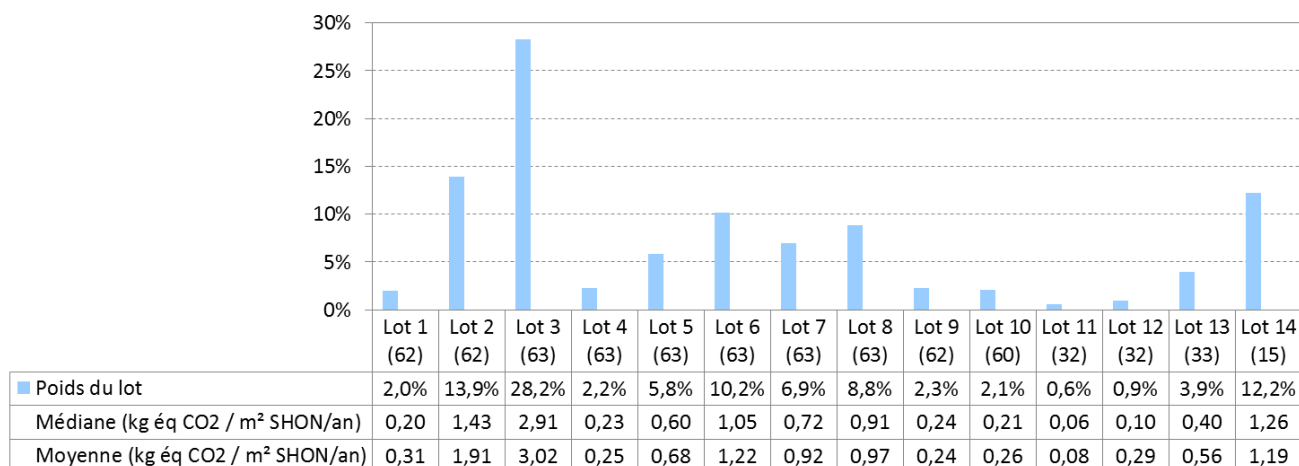


Figure 53 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur changement climatique avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **changement climatique**, est de l'ordre de :

- **44%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **42%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **2%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **25%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **13%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **12%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **31%** pour les **équipements** dont :
 - **12%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **9%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **4%** pour les appareils élévateurs de type ascenseurs (lot 13)
 - **Proportions faibles (~ 5%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, sécurité des personnes)

Par rapport à l'échantillon 2010, les différences (en valeurs absolues) entre les médianes sont :

- inférieures à 0.2 kg eq. CO₂/m²/an pour 9 lots (lots 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11 et 12), soient moins de 2% de différence,
- comprises entre 0.2 et 0.4 kg eq. CO₂/m²/an pour 3 lots (lots 2, 5 et 13)
- comprises entre 0.4 et 0.5 kg eq. CO₂/m²/an pour 2 lots (lots 8 et 14)

4.1.3.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

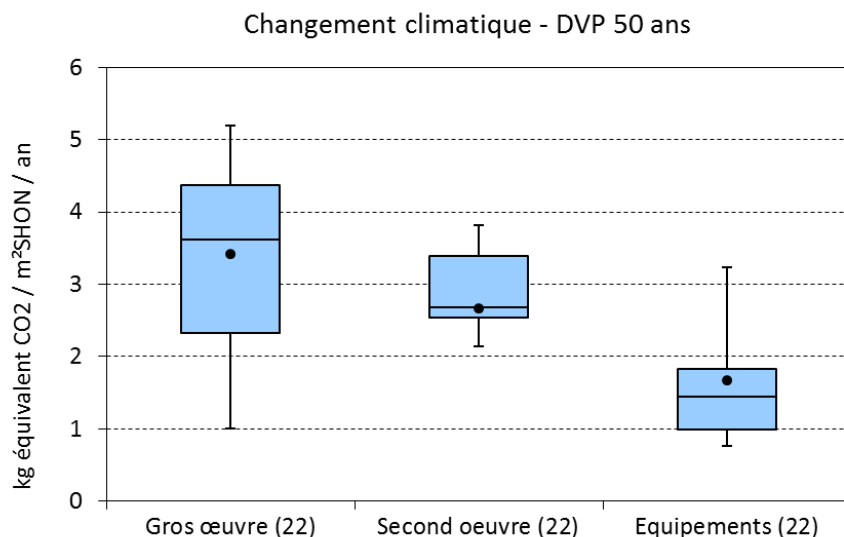


Figure 54 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :



- **3,6 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [2,3 – 4 ,4].
- **2,7 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2,5 – 3,4]
- **1,4 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [1,0 – 1,8]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- +1.5 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- +0.2 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)
- +0.1 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques

**Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Changement climatique - DVP de 50 ans**

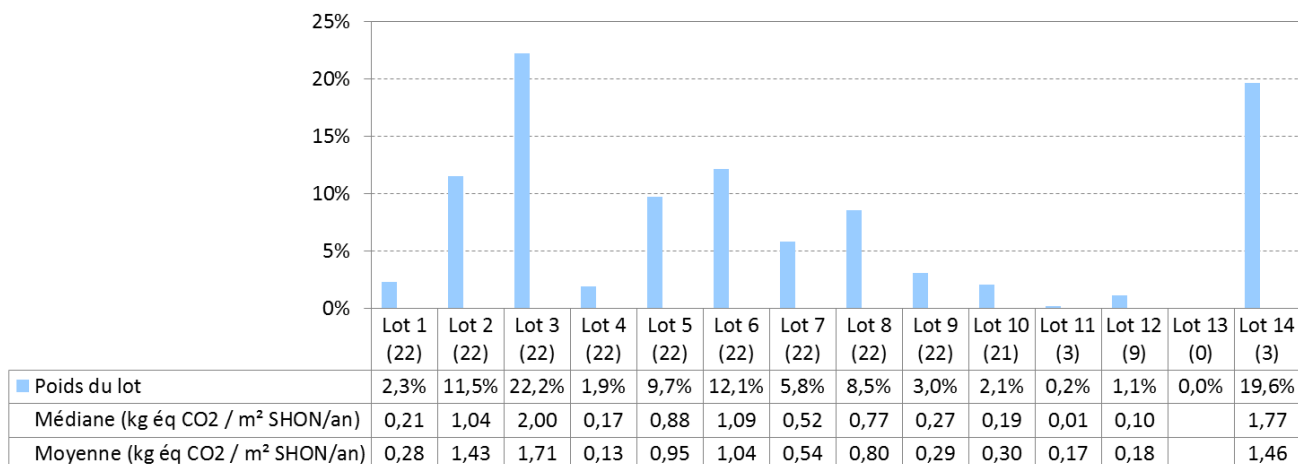


Figure 55 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur changement climatique avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **changement climatique**, est de l'ordre de :



- **36%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **34%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **2%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **30%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **16%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **14%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **34%** pour les **équipements** dont :
 - **20%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **8,5%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **3%** pour les installations sanitaires (lot 9)
 - **Proportions très faibles (< 5%)** pour les autres équipements (réseaux électriques, éclairage, sécurité des personnes)

4.1.3.4 Typologie Immeuble Collectif, résultats décomposés par lots techniques

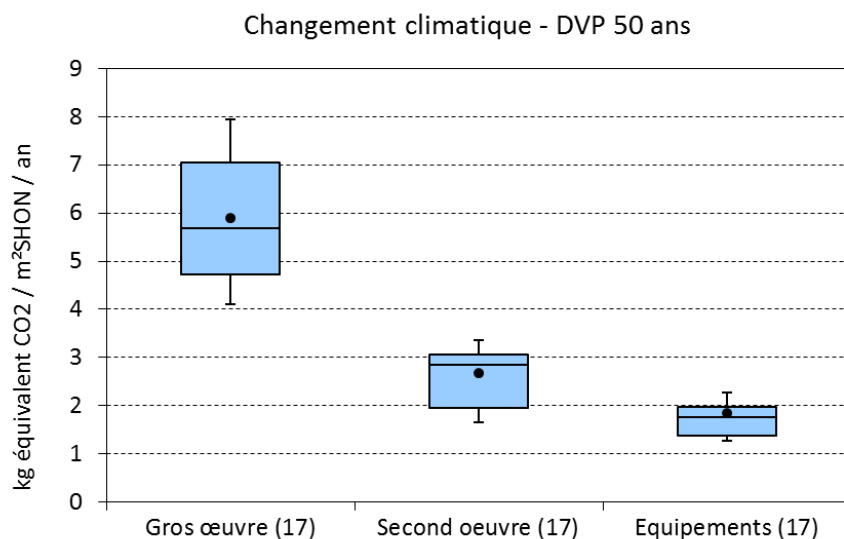


Figure 56 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :



- **5,7 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [4,7 – 7,04].
- **3 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** [1,9 – 3,1]
- **1,8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [1,4 – 2,0]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-1.2 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **+0.6 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)**
- **+0.6 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

**Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Changement climatique - DVP de 50 ans**

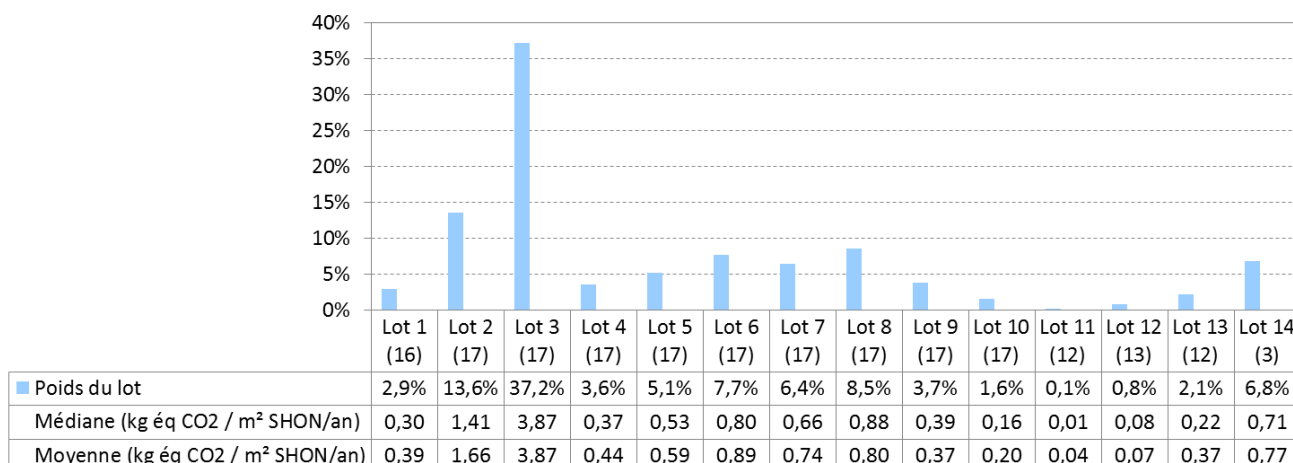


Figure 57 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur changement climatique avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **changement climatique**, est de l'ordre de :



- **54%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **51%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **23%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **12%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **11%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **23%** pour les **équipements** dont :
 - **8,5%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **7%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **4%** pour les installations sanitaires (lot 9)
 - **Proportions faibles (< 5%)** pour les autres équipements (ascenseurs, réseaux électriques, éclairage, sécurité des personnes)

4.1.3.5 Typologie Bâtiments de bureaux, résultats décomposés par lots techniques

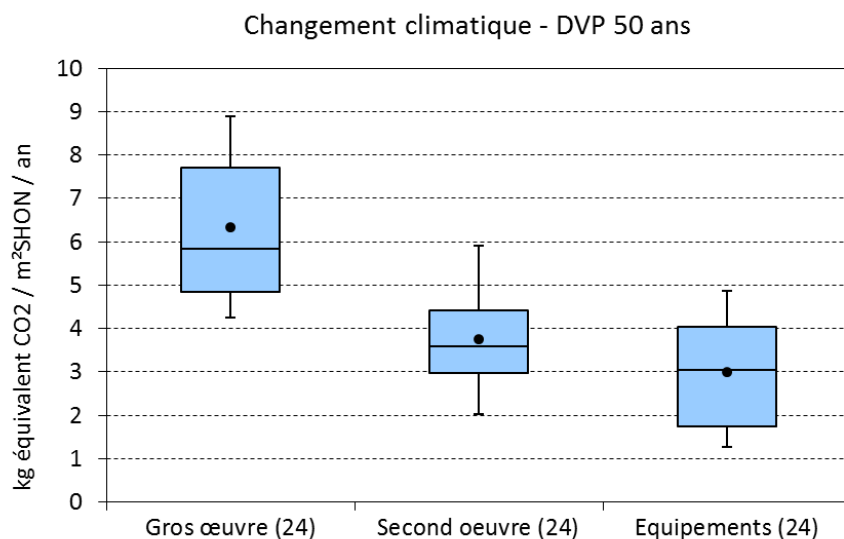


Figure 58 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **changement climatique**, sont de l'ordre de :



- **5,8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [4,8 – 7,7].
- **3,6 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [3,0 – 4,4]
- **3 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [1,7 – 4,0]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- +1.2 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- +0.6 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)
- +1.6 kg eq. CO₂/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques

**Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Changement climatique - DVP de 50 ans**

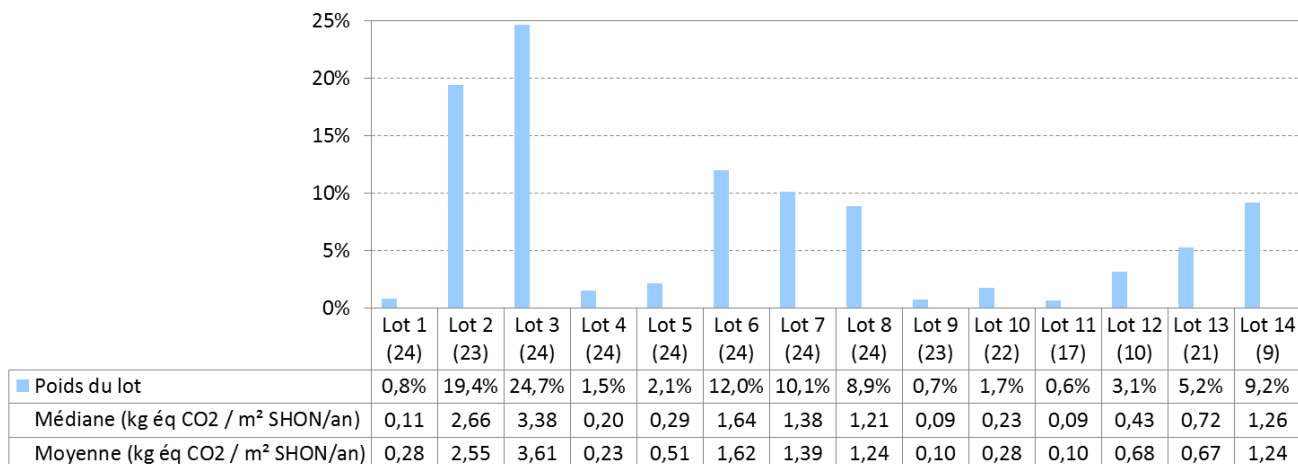


Figure 59 : Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur changement climatique avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **changement climatique**, est de l'ordre de :



- **45%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **44%** pour les éléments structuraux de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **1%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **26%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **14%** pour les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7) et les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5)
 - **12%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **29%** pour les **équipements** dont :
 - **9%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **9%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **5%** pour les ascenseurs (lot 13)
 - **3%** pour les équipements d'éclairage (lot 12)
 - **Proportions très faibles (< 5%)** pour les autres équipements (réseaux électriques, installations sanitaires, sécurité des personnes)

4.1.3.6 L'essentiel

Des pages et graphiques précédents, nous retiendrons le poids considérable de la structure dans le bilan CO2 :

- **Toutes typologies** : la structure engendre plus de 40% des émissions de CO2.
- **Maisons individuelles** : 35% des émissions de CO2 engendrées par la structure
- **Immeubles collectifs** : 50% des émissions de CO2 engendrées par la structure.
- **Immeubles de bureaux** : Un peu moins de 50% des émissions de CO2 engendrées par la structure.

Nous noterons également le poids considérable des panneaux photovoltaïques sur le bilan des maisons individuelles : 20%, soit autant que les lots 4 6 5 et 7 réunis (le « second-œuvre »).

Evolutions entre l'échantillon 2010 et 2012 :

Les évolutions entre les deux échantillons, au niveau des macro-lots sont disparates d'une typologie à l'autre : alors que l'indicateur changement climatique pour le GO diminue pour les immeubles collectifs et maisons individuelles, il augmente d'autant pour les bâtiments de bureaux. Quant aux équipements, c'est encore pour la typologie bâtiment de bureaux que l'accroissement de la médiane est le plus important.

A l'échelle des lots, nous noterons l'évolution des lots 2-fondation et 5-cloisonnement certainement dus à l'évolution de données environnementales et l'apparition des lots 8-CVC et 14-PV avec une évolution de 5% des valeurs pour ces lots (inexistants lors de la 1ère expérimentation).

4.1.3.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

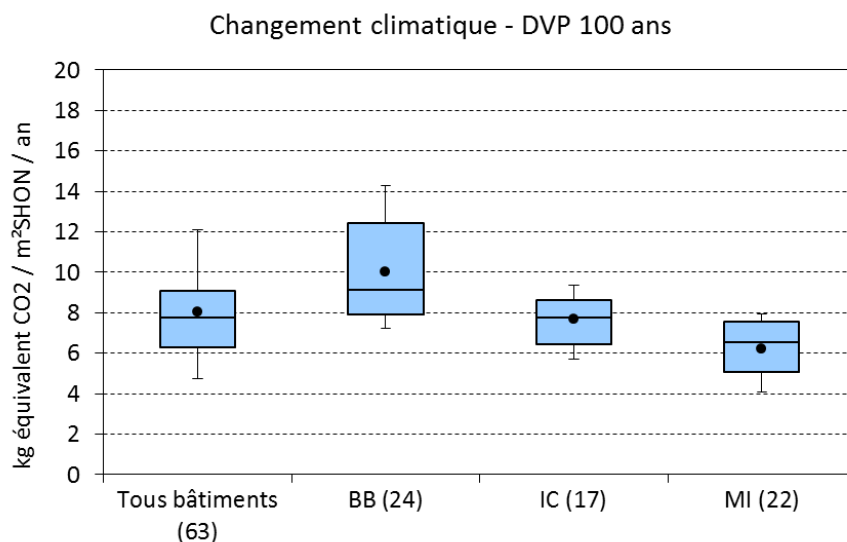


Figure 60 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur changement climatique, sont de l'ordre de :

- 7,7 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [6,3 – 9,1]
 - 9,1 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [7,9 – 12,4].
 - 7,7 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [6,4 – 8,6]
 - 6,6 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [5,1 – 7,6]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de plus de 25% de la valeur médiane, toutes typologies confondues et respectivement par typologie bâtiment de bureaux, Immeubles collectifs et maisons individuelles : 30, 26 et 20%. Cette diminution s'explique principalement par un amortissement des composants du gros œuvre, de près de 43%, comme le montrent les résultats sur 100 ans (respectivement de 46, 40 et 46%) (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 2,8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [2,2– 3,6].

En revanche, pour les composants de second œuvre et les équipements, toutes typologies confondues, les valeurs sont quasiment inchangées ou en légère baisse de l'ordre de :

- 2,8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [2,3 – 3,4]
- 1,6 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques [1,2 – 2,8]

4.1.4 INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS INERTES

Avertissement : L'indicateur Déchets Inertes ne fait pas partie du socle commun d'indicateurs obligatoires retenu par le programme PEP Ecopassport. La part des équipements (hors équipements sanitaires et panneaux PV) est donc absente (ou fortement sous-estimée) des résultats présentés.

4.1.4.1 Toutes typologies, résultats pour le total du contributeur

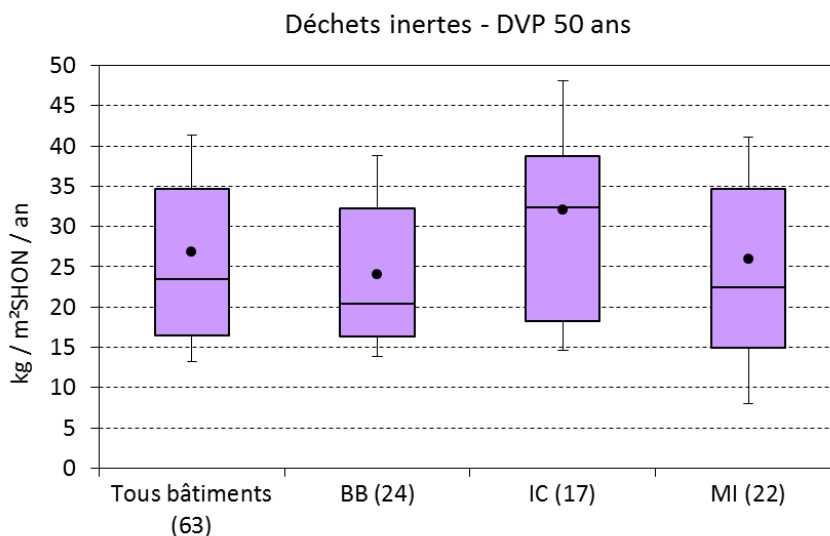


Figure 61 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :

- **23,5 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [16 – 35]
 - **20 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [16 – 32].
 - **32 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [18 – 39]
 - **22,5 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [15 – 35]

Les résultats montrent que la production de déchets inertes en valeur médiane est de l'ordre de 23 kg/m²/an. Pour cet indicateur, nous notons une dispersion des résultats proche entre les typologies et relativement élevée. Les bornes des intervalles interquartiles (regroupant 50% de la distribution) sont comprises entre 15 et 40 kg de déchets inertes quelle que soit la typologie. Les valeurs médianes varient, quant à elles, de 20 à 32 kg/m²/an des bureaux aux immeubles collectifs (22,5 kg/m²/an pour les maisons).

Ces résultats s'expliquent par le type de systèmes constructifs retenus dans les bâtiments de chaque typologie. Par exemple, la majorité des bâtiments en structure béton armé sont des

immeubles collectifs, il est donc plutôt cohérent d'avoir une valeur médiane la plus élevée pour cette typologie¹⁰.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2011 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont beaucoup plus faibles (36 kg/m²/an en 2011 contre 23 kgm²/an dans ce rapport). Cette observation est valable quelle que soit la typologie de bâtiment. Ces différences sont à mettre en relation avec la mise à jour des données environnementales sur la fin de vie du béton prêt à l'emploi. En 2011, un scénario de mise en décharge complète a été considéré¹¹ tandis qu'en 2013, les nouvelles données ACV correspondent à un scénario de 75% recyclage matière et 25% mise en décharge¹².

¹⁰ En effet, comparativement aux autres matériaux employés pour la structure, le béton armé est de loin le plus lourd en masse. Il est donc directement relié aux masses de déchets inertes générés en fin de vie du bâtiment.

¹¹ Correspondant à la méthodologie « Valeur par défaut » du logiciel ELODIE V1

¹² Scénario défini à partir des chiffres du Commissariat Général au Développement Durable (CGDD) par le logiciel BeTie (éditeur de FDES paramétrables en béton prêt à l'emploi) qui a été utilisé par le CSTB pour la mise à jour des données ACV sur le béton.

4.1.4.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

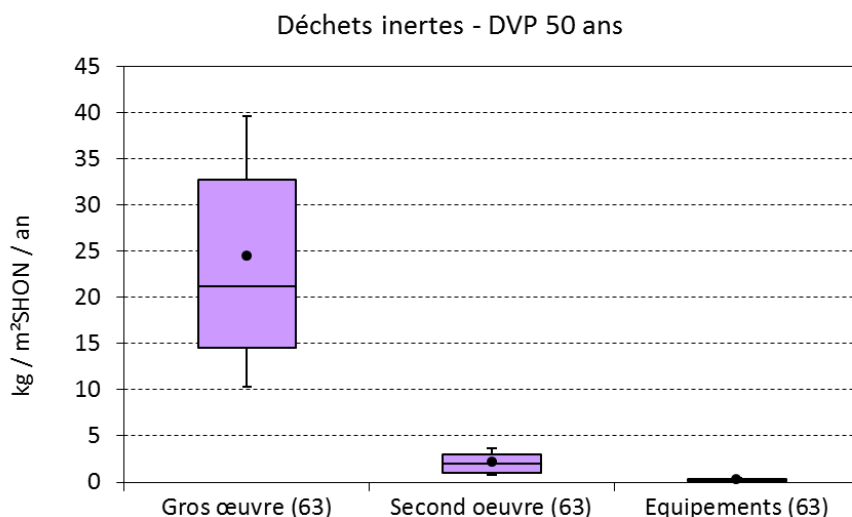


Figure 62 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :

- **21 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [15 – 33].
- **2 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [1 – 3]
- **0,2 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,1 – 0,3]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-13 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **-0.5 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre** (hors équipements)
- **-0.2 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

Contribution par lot technique des bâtiments
Déchets inertes - DVP de 50 ans

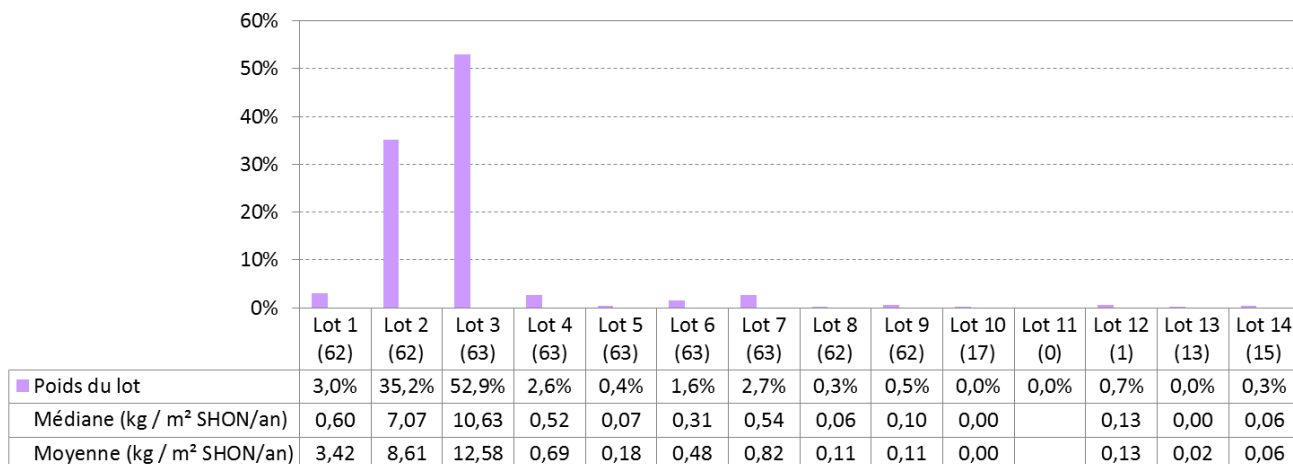


Figure 63 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur déchets inertes avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **toutes typologies**, pour l'indicateur **déchets inertes**, est de l'ordre de :

- **91%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **88%** pour les éléments structuraux de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **7%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements)
- **2%** pour les **équipements** (autres composants du second œuvre)

4.1.4.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

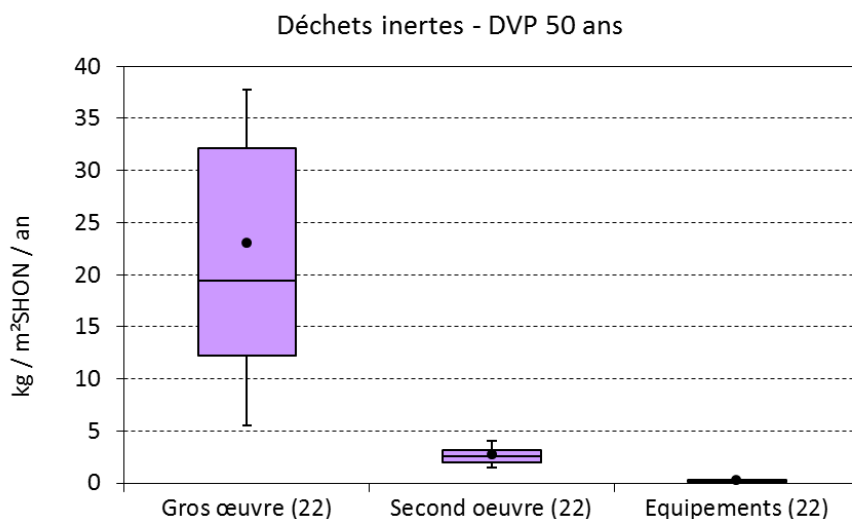


Figure 64 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :



- **19,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [12 – 32].
- **2,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2 – 3]
- **0,2 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,1 – 0,3]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-9.5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**

**Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Déchets inertes - DVP de 50 ans**

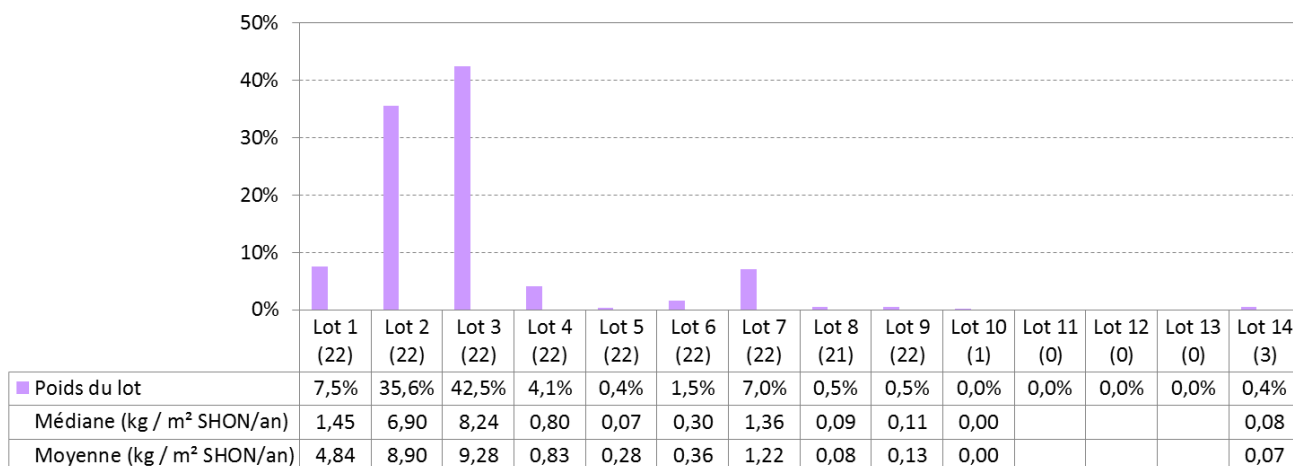


Figure 65 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur déchets inertes avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets inertes**, est de l'ordre de :



- **86%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **78%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **8%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **13%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements)
- **1%** pour les **équipements** (autres composants du second œuvre)

4.1.4.4 Typologie Immeuble Collectif, résultats décomposés par lots techniques

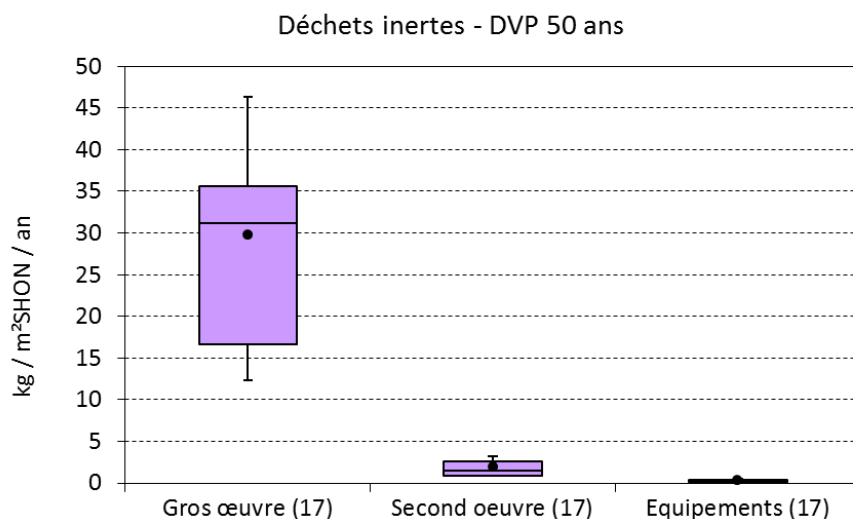


Figure 66 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :



- **31 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [17 – 36].
- **1,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [1 – 3]
- **0,3 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,2 – 0,4]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-11 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**

**Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Déchets inertes - DVP de 50 ans**

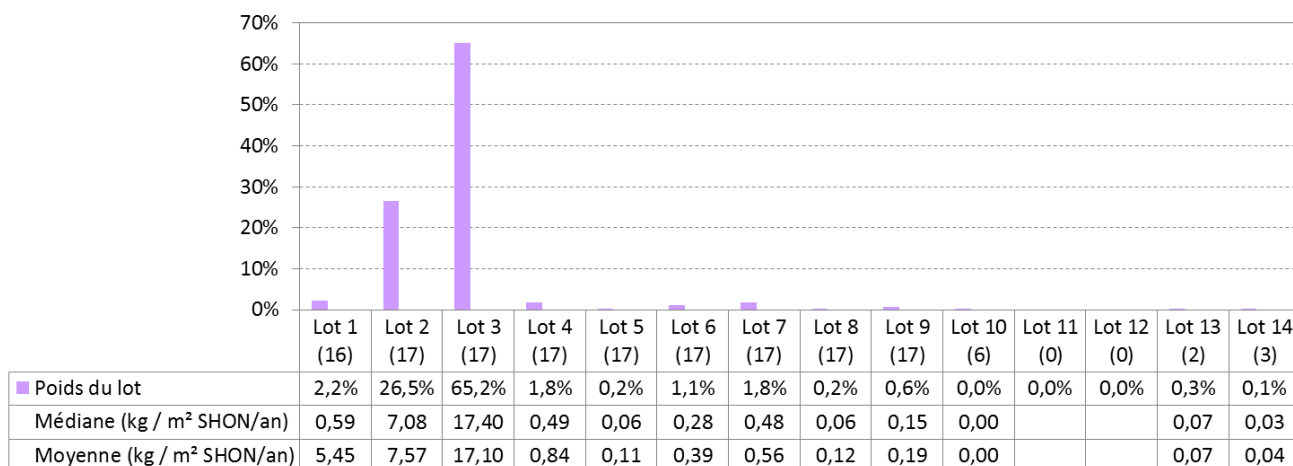


Figure 67 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur déchets inertes avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets inertes**, est de l'ordre de :



- **94%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **92%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **2%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **5%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements)
- **1%** pour les **équipements**

4.1.4.5 Typologie Bâtiments de bureaux, résultats décomposés par lots techniques

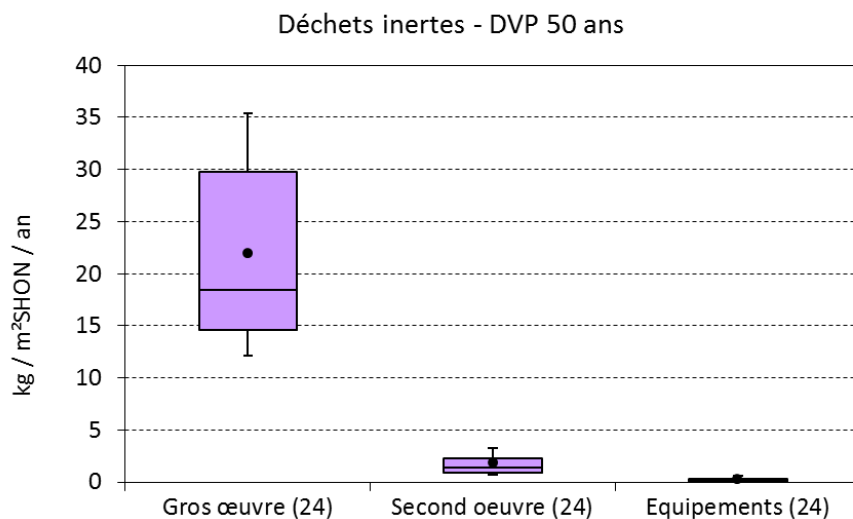


Figure 68 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets inertes**, sont de l'ordre de :



- **18,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [15 – 30].
- **1,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [1 – 2]
- **0,1 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,1 – 0,3]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-8 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre**

**Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Déchets inertes - DVP de 50 ans**

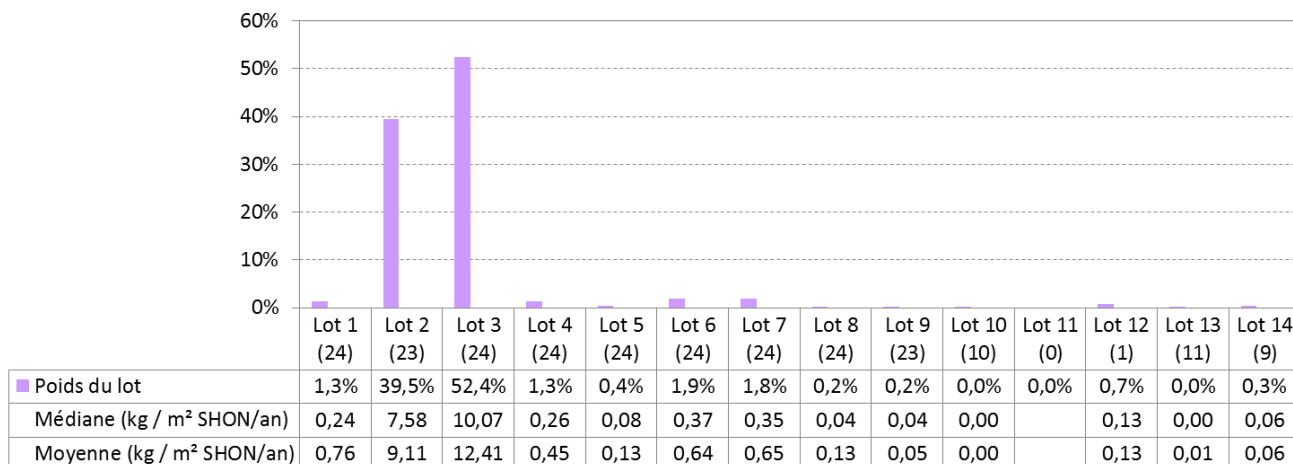


Figure 69 : Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur déchets inertes avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets inertes**, est de l'ordre de :



- **93%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **92%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **1%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **5%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements)
- **2%** pour les **équipements**

4.1.4.6 L'essentiel

L'indicateur déchets inertes est essentiellement constitué de la contribution des lots 1, 2 et 3 quelle que soit la typologie. En effet, quel que soit le type de bâtiment, un volume important de béton armé est utilisé pour le gros œuvre (dallages sur terre-plein ou vide sanitaire même pour les maisons à ossature bois). Le lot VRD est un peu plus important pour la typologie maison individuelle, sans doute en raison du ratio surface construite/ surface de la parcelle. Les lots 2 et 3 ont des pourcentages divergents qui sont certainement liés au mode constructif et à la présence d'infrastructures de parkings. Cet indicateur est donc fortement impacté par le système constructif.

En valeur absolue et ramenée au m² de SHON, ce sont les immeubles collectifs qui engendrent le plus de déchets inertes (+59% par rapport aux maisons individuelles, + 67% par rapport aux immeubles de bureaux). Une comparaison avec les résultats par personne¹³ confirme cette tendance.

Nous observons une forte évolution des ordres de grandeurs entre 2010 et 2012 : la médiane toute typologie confondue a chuté de 38%. Les scénarios de fin de vie du béton ayant changé, il est fort probable que cette évolution soit liée à ce changement. Pour la fin de vie du béton, le scénario est désormais le suivant : 75% de la matière est recyclée (recyclage matière sous forme de granulats concassés) et 25% envoyé en centre de stockage. Alors que précédemment, la totalité de la matière était considérée comme un déchet inerte et envoyée en centre de stockage.

¹³ Non présentés dans ce rapport

4.1.4.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

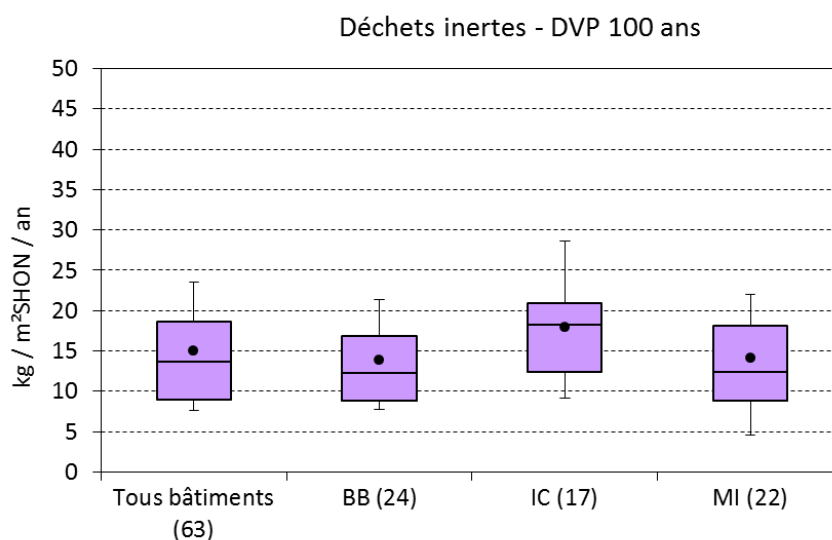


Figure 70 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur déchets inertes, sont de l'ordre de :

- 14 kg /m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [9 – 19]
 - 12 kg/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [9 – 17].
 - 18 kg /m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [12 – 21]
 - 12 kg/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [9 – 18]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de près de 42% de la valeur médiane, toutes typologies confondues (soient respectivement pour les BB, IC et MI : -40, 44 et 45%). Cette diminution s'explique par un amortissement de près de 45% des composants du gros œuvre comme le montrent les résultats sur 100 ans (respectivement 45, 49 et 47%) (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 12 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [7 – 17], soit respectivement des médianes pour les BB, IC et MI de 10, 16 et 10 kg/m².an.

En revanche, pour les composants de second œuvre et les équipements, toutes typologies confondues, les valeurs, déjà négligeables pour une DVP de 50 ans, sont quasiment inchangées de l'ordre de :

- 1,6 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [0,9 – 2,1]
- 0,2 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques [0,1 – 0,3]

Ces résultats montrent que pour une DVP de 100 ans l'amortissement de la production de déchets inertes est exclusivement lié aux composants structurels du gros œuvre (lots 1 à 3 de la nomenclature HQE Performance).

4.1.5 INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS NON DANGEREUX

Avertissement : L'indicateur Déchets Non Dangereux ne fait pas partie du socle commun d'indicateurs obligatoires retenu par le programme PEP Ecopassport. La part des équipements (hors équipements sanitaires et panneaux PV) est donc absente des résultats présentés (ou fortement sous-estimée).

4.1.5.1 Toutes typologies, résultats pour le contributeur

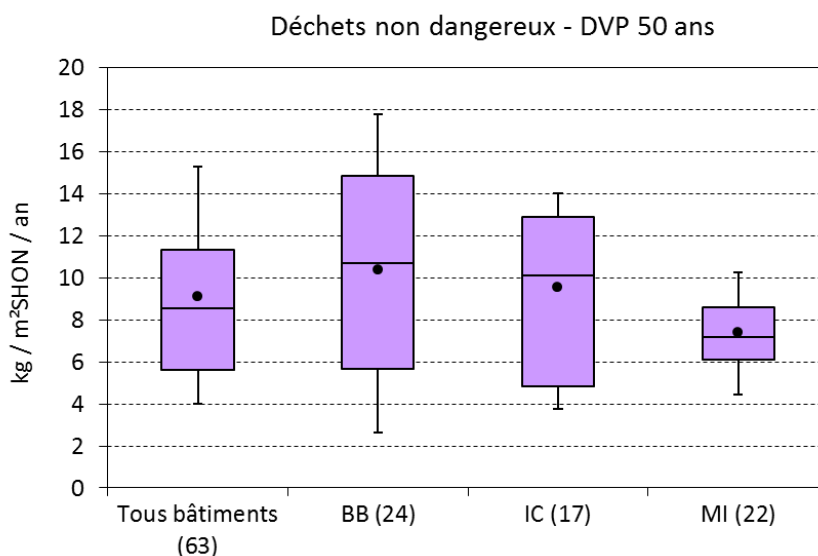


Figure 71 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :

- **8,5 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [6 – 11]
 - **11 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [6 – 15].
 - **10 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [5 – 13]
 - **7 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [6 – 9]

Les résultats montrent que la production de déchets non dangereux en valeur médiane est de l'ordre de 8,5 kg/m²/an. Pour cet indicateur, nous notons une dispersion des résultats élevée pour les typologies bureaux et immeubles collectifs. Les bornes des intervalles interquartiles (regroupant 50% de la distribution) sont comprises entre 6 et 15 kg de déchets non dangereux tandis que pour les maisons individuelles la variation est plus faible (6 à 9 kg). Les valeurs médianes varient, quant à elles, de 7 à 11 kg/m²/an des maisons individuelles aux immeubles collectifs et de bureaux.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2011 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont plus faibles (13 kg/m²/an en 2011 contre 8,5 kg/m²/an dans ce rapport). Cette observation est valable quelle que soit la typologie de bâtiment.

4.1.5.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

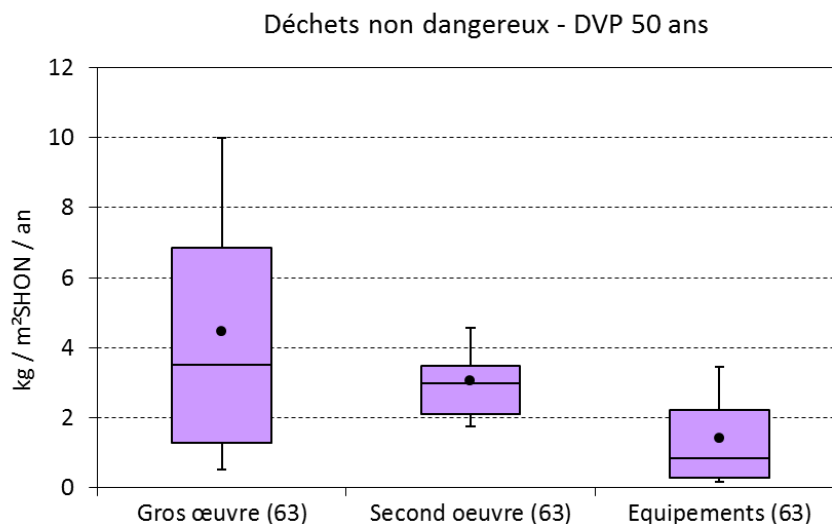


Figure 72 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :

- **3,5 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [1 – 7].
- **3 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2 – 3,5]
- **1 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,3 – 2]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-1.2 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **+0.6 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre** (hors équipements)
- **-0.9 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

**Contribution par lot technique des bâtiments
Déchets non dangereux - DVP de 50 ans**

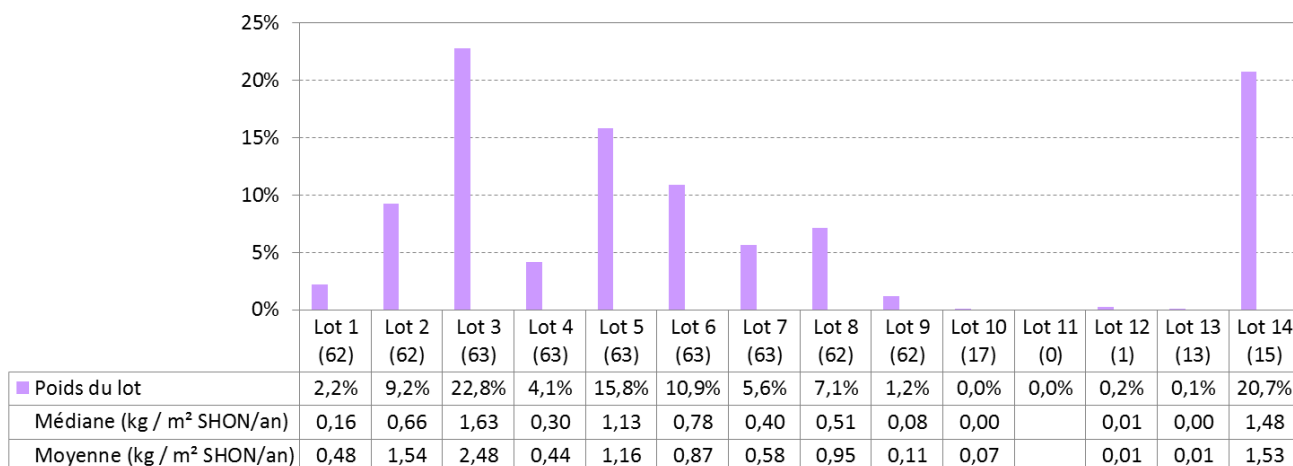


Figure 73 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur déchets non dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :

- **34%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **32%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **2%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **36%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **21%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **15%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **30%** pour les **équipements** dont :
 - **21%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **7%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.5.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

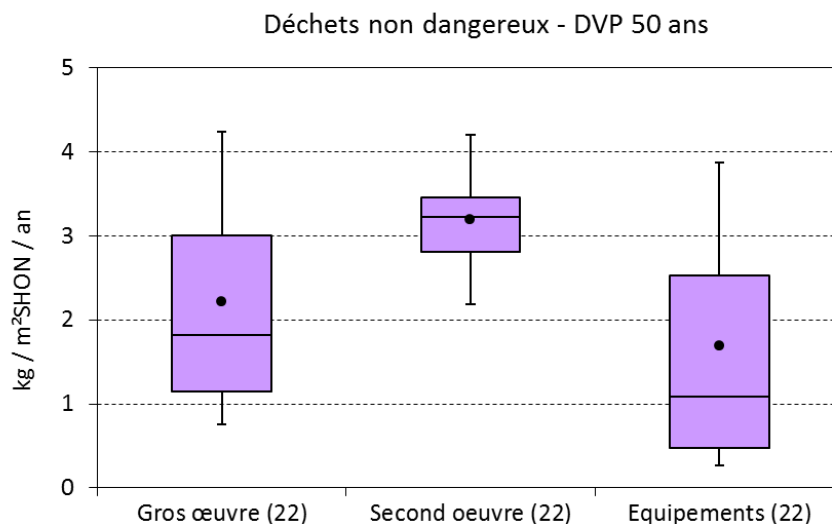


Figure 74 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :



- **1,8 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [1,1 – 3,0].
- **3,2 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2,8 – 3,5]
- **1 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,5 – 2,5]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-1.9 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **-0.1 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements)**
- **-1.2 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

**Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Déchets non dangereux - DVP de 50 ans**

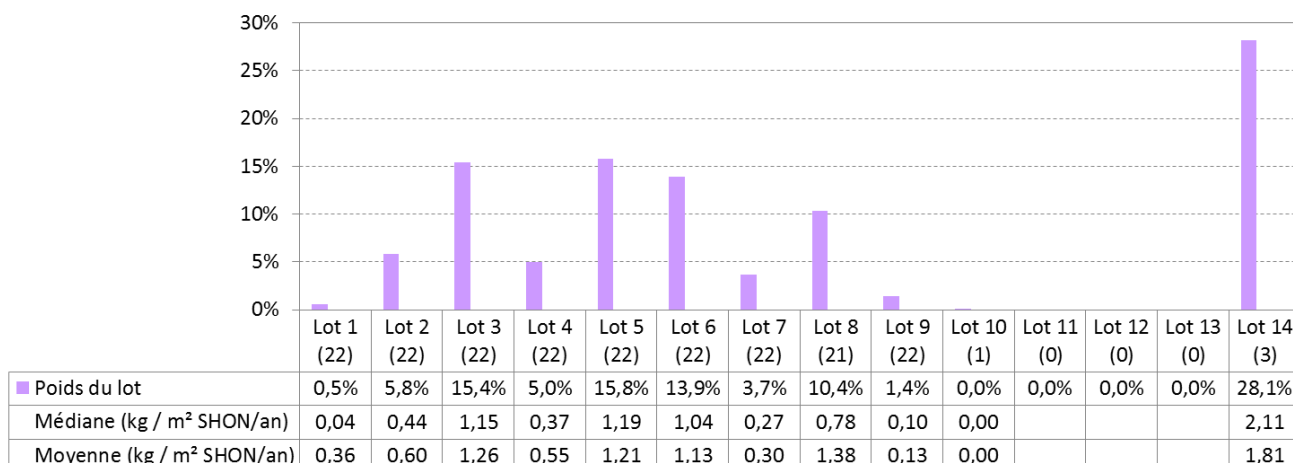


Figure 75 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur déchets non dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :



- **22%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **21%** pour les éléments structuraux de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **1%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **39%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **20%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **19%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **39%** pour les **équipements** dont :
 - **28%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **10%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.5.4 Typologie Immeuble Collectif, à l'échelle des lots

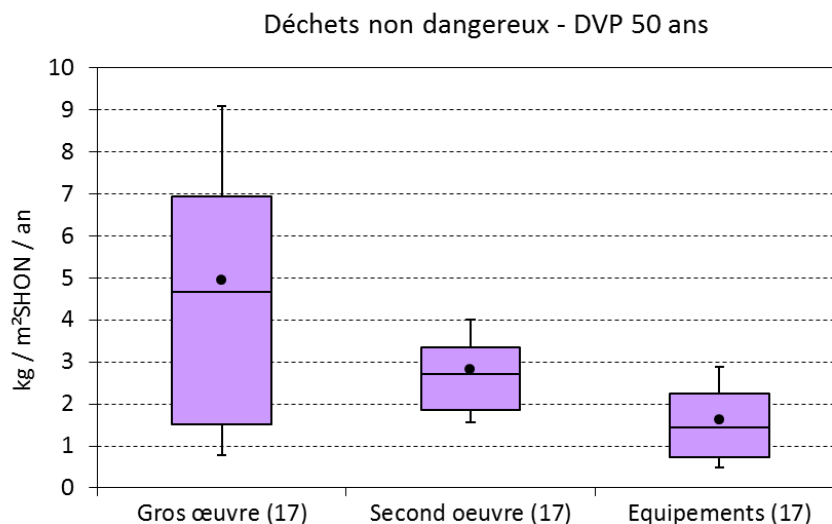


Figure 76 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :



- **4,7 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [1,5 – 6,9].
- **2,7 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [1,8 – 3,3]
- **1,4 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,7 – 2,2]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **-2.9 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **+0.8 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre** (hors équipements)
- **-0.4 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

**Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Déchets non dangereux - DVP de 50 ans**

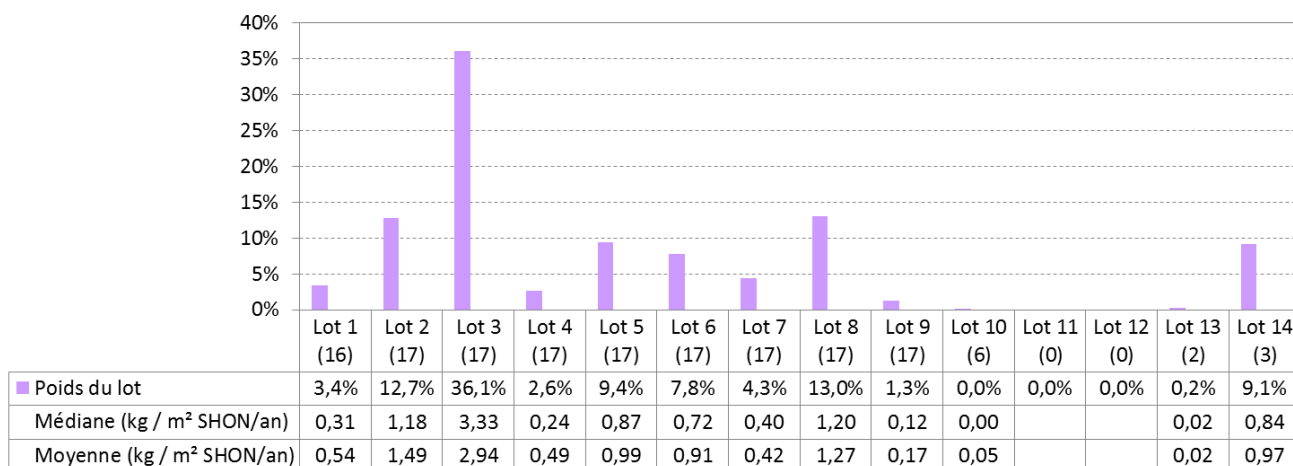


Figure 77 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur déchets non dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :



- **52%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **49%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **3%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **24%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **14%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **10%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **24%** pour les **équipements** dont :
 - **13%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **9%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.5.5 Typologie Bâtiments de bureaux, à l'échelle des lots

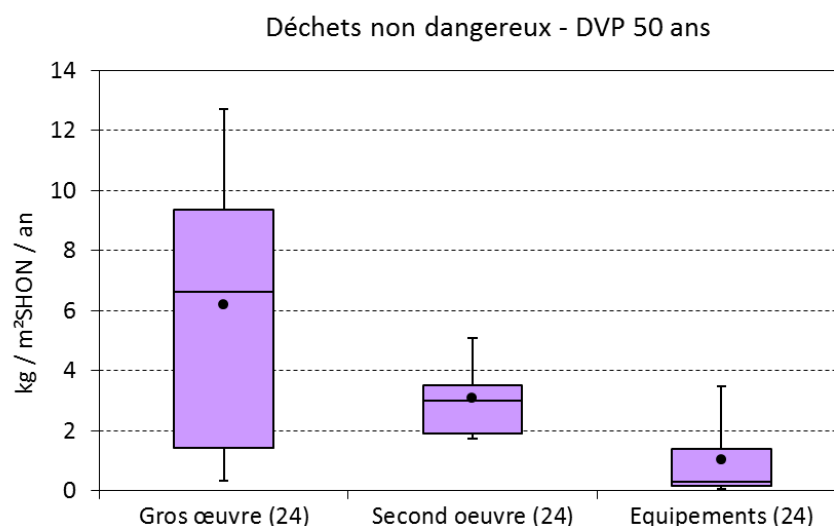


Figure 78 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :



- **6,6 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [1,4 – 9,4].
- **3 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [2 – 3,5]
- **0,3 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,2 – 1,4]

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- **+2 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre**
- **+0.9 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre** (hors équipements)
- **-0.7 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques**

**Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Déchets non dangereux - DVP de 50 ans**

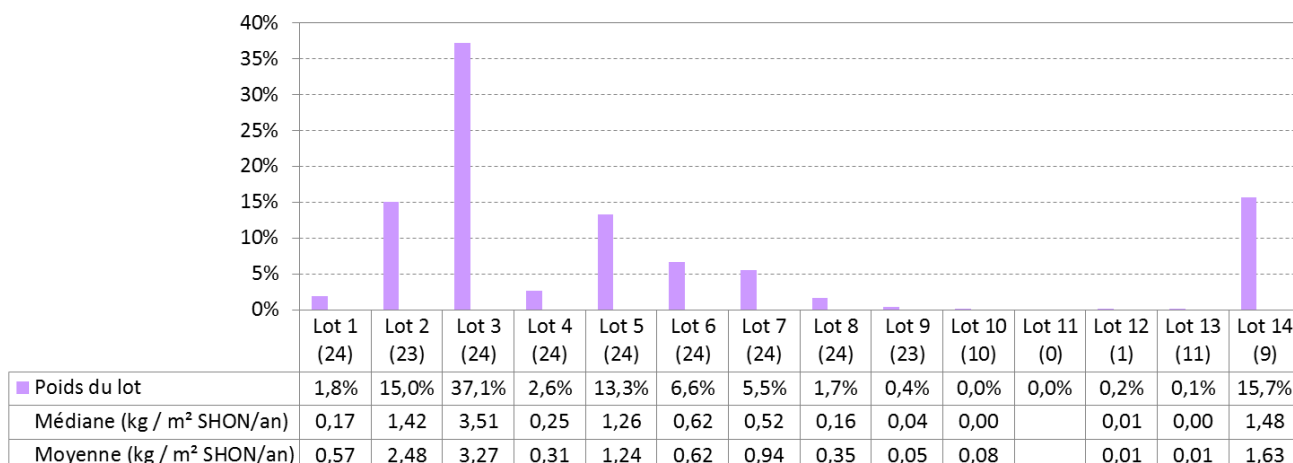


Figure 79 : Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur déchets non dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, est de l'ordre de :



- **54%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **52%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3) et de fondations infrastructures (lot 2)
 - **2%** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1)
- **28%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **19%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **9%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **18%** pour les **équipements** dont :
 - **16%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS, installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.5.6 L'essentiel

C'est pour les bâtiments de bureaux, que le gros œuvre est le plus important en termes de contribution relative vis-à-vis des autres macro-lots, mais c'est également pour les BB que la dispersion est la plus importante.

Pour la maison individuelle, c'est le second-œuvre qui prend le pas devant le gros œuvre.

Toutes typologies confondues, c'est le lot 3 – structure qui est dominant. Ce qui est également le cas pour les immeubles collectifs et les bâtiments de bureaux. D'ailleurs, pour ces derniers, le lot 2- infrastructure est également un contributeur important.

Le lot 14- équipement de production locale d'électricité est d'un poids considérable pour les maisons individuelles (1^{er} contributeur) et les bâtiments de bureaux. Alors que le lot second-œuvre est considérable pour les maisons individuelles (53%), celui-ci est faiblement impactant pour les immeubles collectifs et surtout les bureaux (dont les modélisations sont incomplètes si les bâtiments sont livrés en blanc).

Enfin, entre la première expérimentation, on remarque une évolution des chiffres de l'ordre de 10 à 20% des valeurs initiales.

4.1.5.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

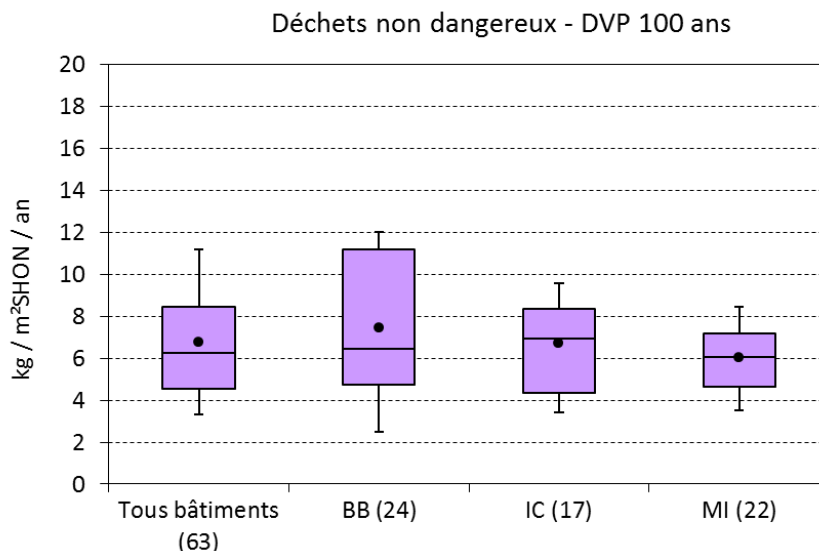


Figure 80 : Boxplots représentant l'indicateur déchets non dangereux pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur déchets non dangereux, sont de l'ordre de :

- 6,2 kg/m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [4,5 – 8,4]
 - 6,5 kg/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [4,7 – 11,2].
 - 7,0 kg/m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [4,4 – 8,3]
 - 6,0 kg/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [4,7 – 7,2]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution de près de 30% de la valeur médiane, toutes typologies confondues (respectivement, pour les BB, IC et MI, des diminutions de 39%, 31% et 16%). Cette diminution s'explique notamment par un amortissement des composants du gros œuvre comme le montrent les résultats sur 100 ans (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 2 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [0,8 – 3,6].

En revanche, pour les composants de second œuvre et les équipements, toutes typologies confondues, les valeurs sont en légère augmentation de l'ordre de :

- 2,7 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [2,0 – 3,7]
- 0,7 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques [0,2 – 2,1]

Ces résultats montrent que pour une DVP de 100 ans l'amortissement de la production de déchets non dangereux lié aux composants du gros œuvre est légèrement atténué par les renouvellements des composants de second œuvre et d'équipements techniques.

4.1.6 INDICATEUR PRODUCTION DE DECHETS DANGEREUX

4.1.6.1 Toutes typologies, résultats pour le contributeur

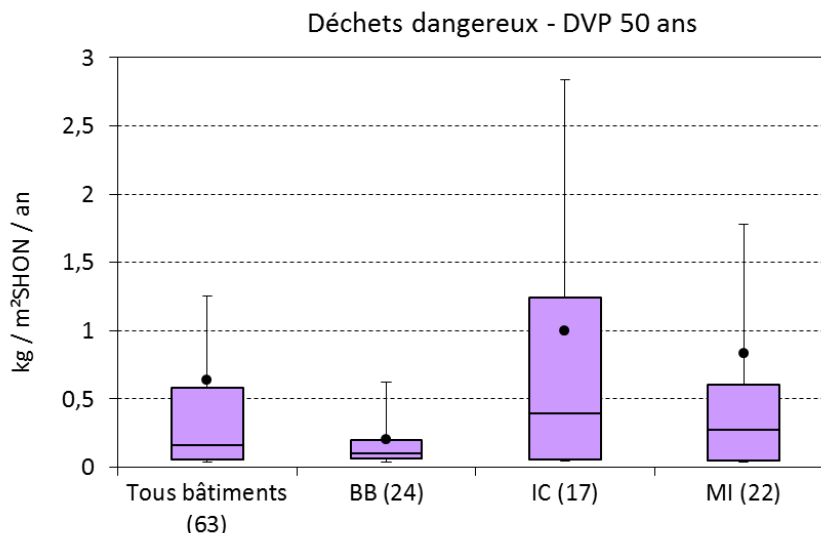


Figure 81 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le **contributeur « produits et équipements »**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, sont de l'ordre de :

- **0,16 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [0,06 – 0,58]
 - **0,10 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [0.06 – 0.20].
 - **0,40 kg/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [0.06 – 1,25]
 - **0,28 kg/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [0,05 – 0,60]

Les résultats montrent que la production de déchets dangereux en valeur médiane est de l'ordre de 0.16 kg/m²/an, soit 60% de l'indicateur tous contributeurs confondus. Pour cet indicateur, nous notons une très forte dissymétrie de l'échantillon, notamment visible sur la figure par l'écart entre la médiane et la moyenne. Nous notons également une dispersion très importante des valeurs pour les immeubles collectifs et au contraire une forte homogénéité des résultats pour les bâtiments de bureaux.

Points de comparaison par rapport à la première expérimentation HQE Performance :

La comparaison avec l'échantillon 2010 montre que les résultats médians toutes typologies confondues sont beaucoup plus élevés (4 à 10 fois plus) avec l'échantillon actuel (0.04 kg/m²/an en 2010 contre 0.16 kg/m²/an dans ce rapport). Cette observation est valable quelle que soit la typologie de bâtiment, avec un paroxysme pour la typologie *immeubles collectifs* pour laquelle la valeur médiane est multipliée par 10. Cette évolution est également vérifiée

pour le 9^e décile, dont les valeurs connaissent une croissance, multipliant la valeur initiale (2010) par 10.

4.1.6.2 Toutes typologies, résultats décomposés par lots techniques

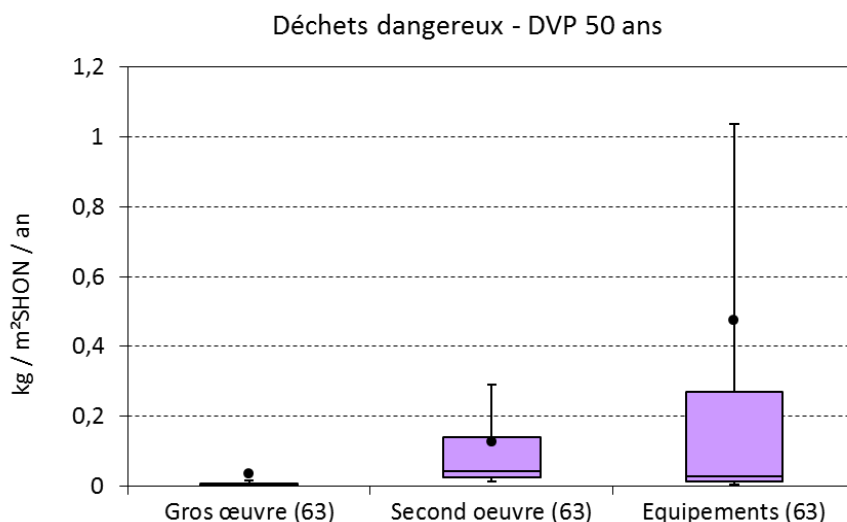


Figure 82 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour tous les bâtiments en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, **toutes typologies** confondues, pour l'indicateur **déchets dangereux**, sont de l'ordre de :

- 0.004 **kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [0.002 – 0.006].
- **0.04 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [0.025 – 0.14]
- **0.03 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0.014– **0.27**]

Si les médianes des macro-lots *second œuvre* et *équipements techniques* sont relativement proches, la dispersion est très différente.

Par rapport à l'échantillon 2010, les médianes ont connu les modifications suivantes :

- +0.001 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre
- +0.02 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) (+100%)
- +0.02 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques (+200%)

Contribution par lot technique des bâtiments
Déchets dangereux - DVP de 50 ans

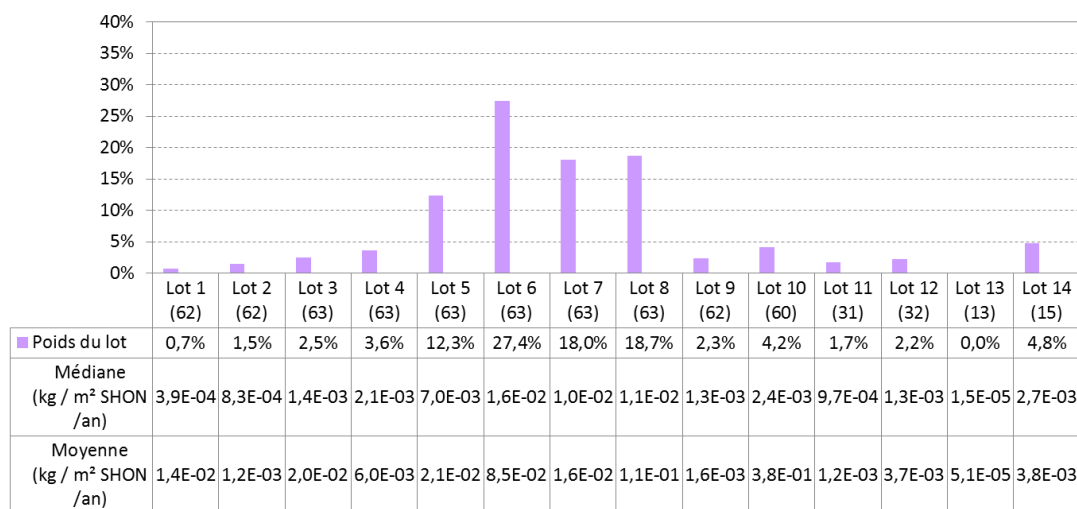


Figure 83 : Contribution par lot technique de tous les bâtiments pour l'indicateur déchets dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts, toutes typologies confondues**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, est de l'ordre de :

- **5%** pour les composants du **gros œuvre**
- **61%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) :
 - **30.5%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **30.5%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **34%** pour les **équipements** :
 - **19%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **5%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **4%** pour les réseaux d'énergie (lot 10)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.6.3 Typologie Maison Individuelle, résultats décomposés par lots techniques

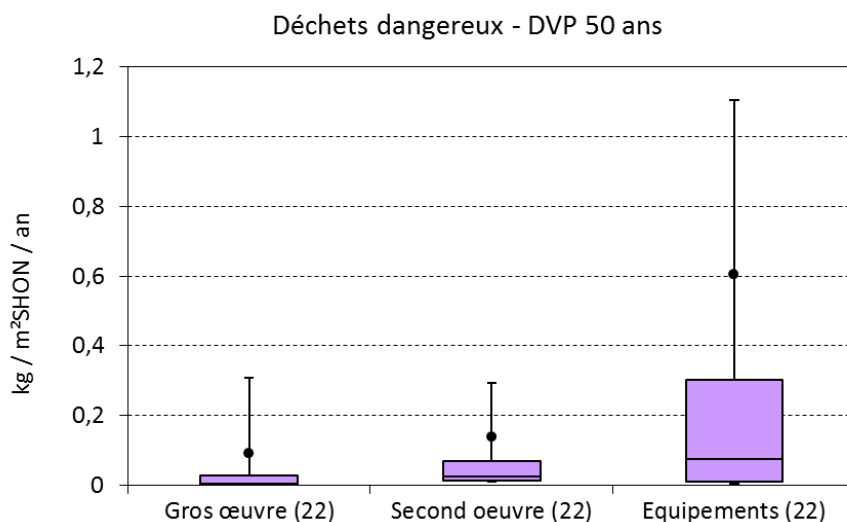


Figure 84 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les maisons individuelles en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, sont de l'ordre de :



- **0.004 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [0.003 – 0.31].
- **0.026 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [0.014 – 0.071]
- **0.076 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0.004 – 0.30]

Avoir la moyenne en dehors de la boxplot dénote la présence d'une valeur anormalement élevée dans notre échantillon : le fabricant responsable de l'édition de la donnée PEP en question a été averti de celle-ci.

Contribution par lot technique des maisons individuelles (MI)
Déchets dangereux - DVP de 50 ans

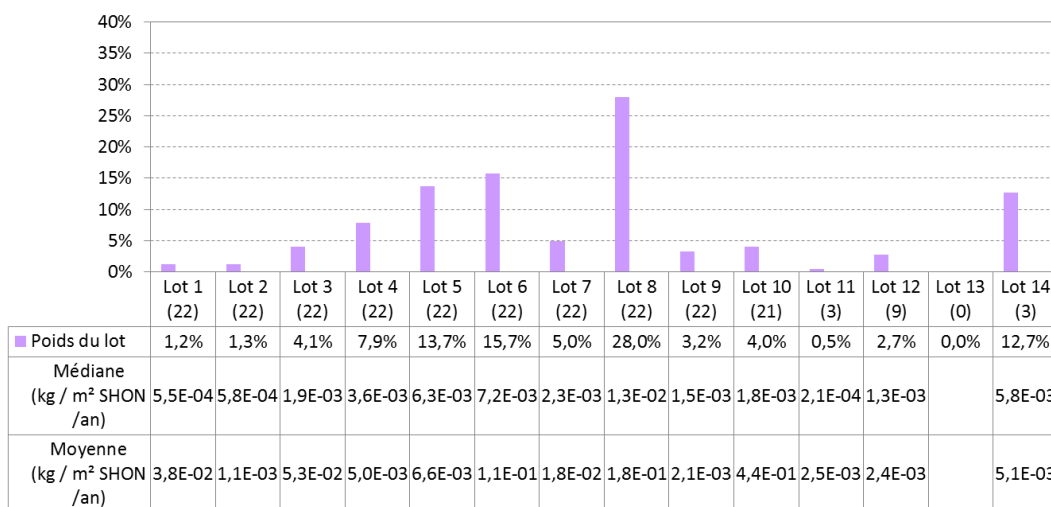


Figure 85 : Contribution par lot technique des maisons individuelles pour l'indicateur déchets dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **maisons individuelles**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, est de l'ordre de :



- **7 %** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - **4%** pour les éléments structurels de superstructure (lot 3)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les composants de voiries et réseaux extérieurs (lot 1) ainsi que pour les fondations.
- **42%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **19%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **24%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **51%** pour les **équipements** dont :
 - **28%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **13%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **entre 3 et 4% pour les** installations sanitaires (lot 9) et les réseaux électriques (lot 10)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.6.4 Typologie Immeuble Collectif, à l'échelle des lots

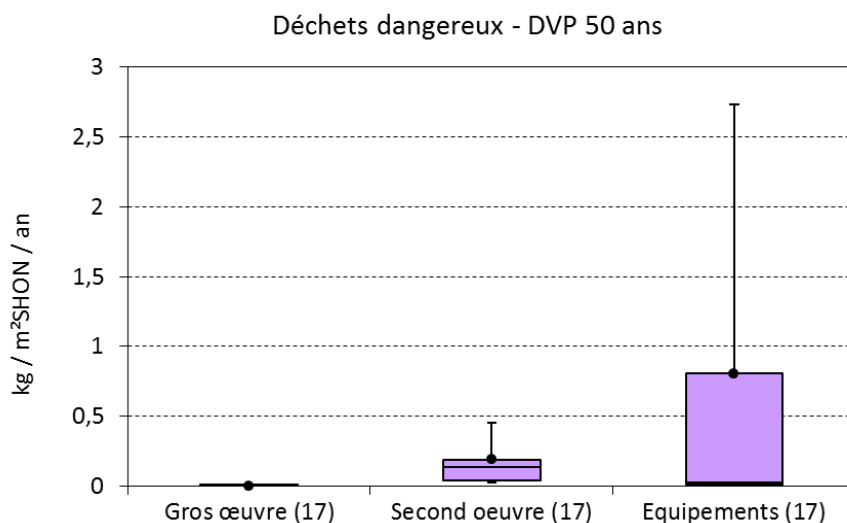


Figure 86 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les immeubles collectifs en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, sont de l'ordre de :



- **0.003 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [0.002 – 0.005].
- **0.14 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [0.04 – 0.19]
- **0.029 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0,014 – 0.81]

Contribution par lot technique des immeubles collectifs (IC)
Déchets dangereux - DVP de 50 ans

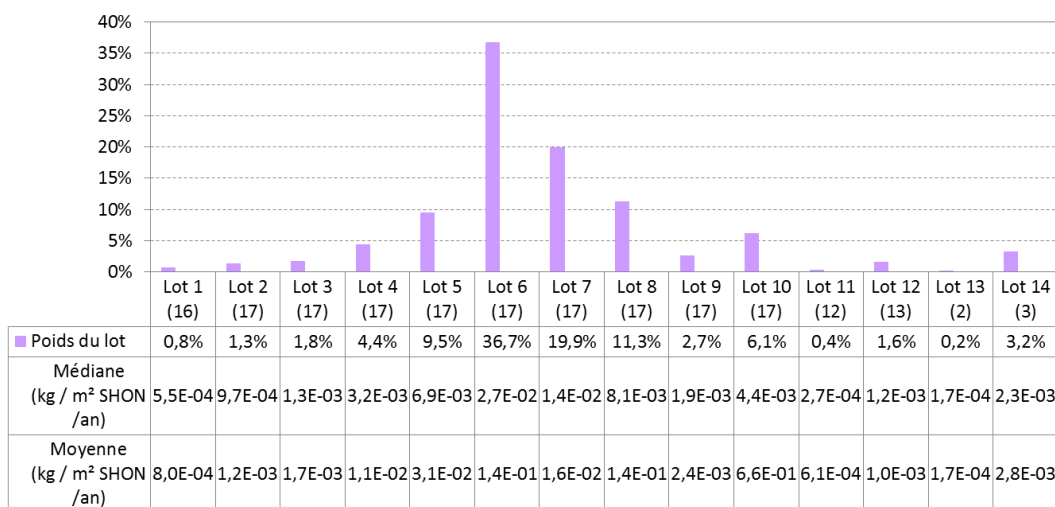


Figure 87 : Contribution par lot technique des immeubles collectifs pour l'indicateur déchets non dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **immeubles collectifs**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, est de l'ordre de :



- **4%** pour les composants du **gros œuvre** :
 - chaque lot représentant moins de 2%
- **70%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **29%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **41%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **25%** pour les **équipements** dont :
 - **11%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS (lot 8)
 - **6%** pour les réseaux électriques (lot 10)
 - **3%** pour les équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, réseaux électriques, éclairage, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.6.5 Typologie Bâtiments de bureaux, à l'échelle des lots

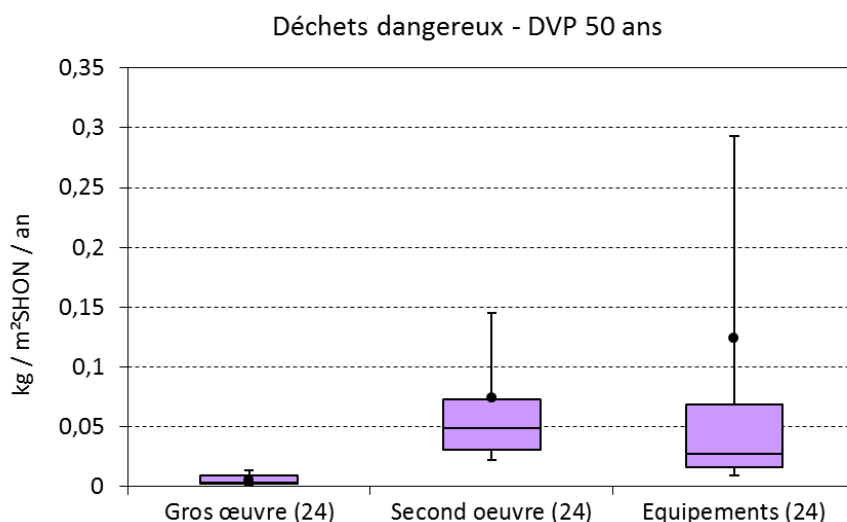


Figure 88 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » pour les bâtiments de bureaux en fonction du regroupement des lots pour une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets non dangereux**, sont de l'ordre de :



- **0.003 kg/m²_{SHON}/an** pour le **gros œuvre** [0.002 – 0.009].
- **0.049 kg/m²_{SHON}/an** pour le **second œuvre** (hors équipements) [0.03 – 0.07]
- **0,03 kg/m²_{SHON}/an** pour les **équipements techniques** [0.02 – 0.07]

Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux (BB)
Déchets dangereux - DVP de 50 ans

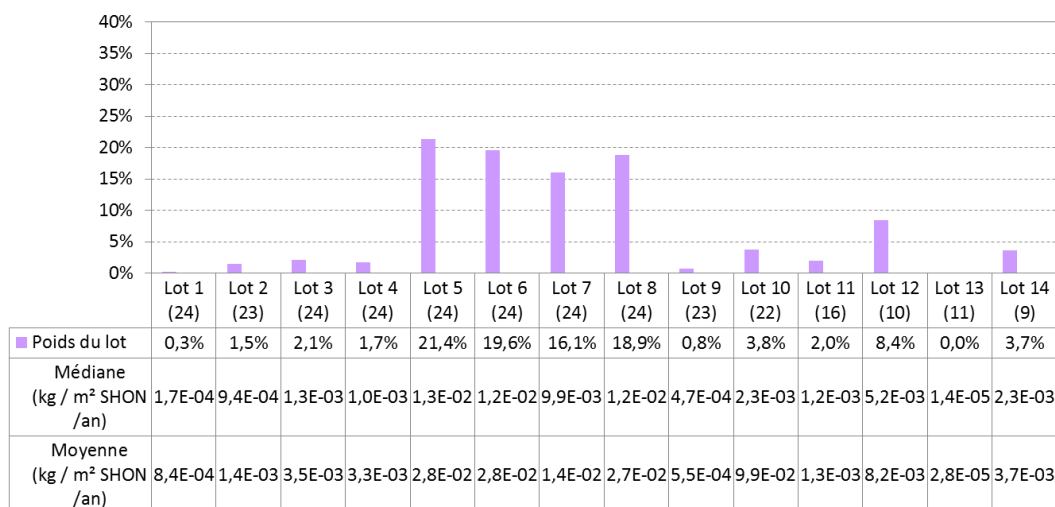


Figure 89 : Contribution par lot technique des bâtiments de bureaux pour l'indicateur déchets dangereux avec une DVP de 50 ans.

Pour une durée d'étude de 50 ans, la **proportion d'impacts**, pour les **bâtiments de bureaux**, pour l'indicateur **déchets dangereux**, est de l'ordre de :



- **4%** pour les composants du **gros œuvre** dont :
 - 2% pour les éléments structuraux de superstructure (lot 3)
 - Les autres lots présentant des proportions négligeables (< 2%)
- **57%** pour les composants du **second œuvre** (hors équipements) dont :
 - **38%** pour les éléments de cloisonnement, plafonds (lot 5) et les revêtements de sols, murs et plafonds (lot 7)
 - **22%** pour les composants de façades, menuiseries extérieures (lot 6) et de couverture, étanchéité et charpente (lot 4)
- **39%** pour les **équipements** dont :
 - **19%** pour les équipements de chauffage, ventilation, refroidissement et d'eau chaude sanitaire ECS
 - 8% par les réseaux électrique et équipements de PLE p. ex. panneaux solaires (lot 14)
 - **8% pour l'éclairage**
 - **Proportions négligeables (< 2%)** pour les autres équipements (installations sanitaires, ascenseurs, sécurité des personnes)

4.1.6.6 L'essentiel

Le gros-œuvre, quelle que soit la typologie, représente au maximum 7% des déchets dangereux produits. Le contributeur majeur est soit les équipements (51% pour la maison individuelle) soit le second-œuvre (entre 60 et 70% pour les immeubles collectifs et bâtiments de bureaux).

Au sein du second œuvre, le cloisonnement et revêtements de sols représentent jusqu'à 40% des impacts globaux du contributeur produits et équipement et ce pour les bâtiments de bureaux (mais dont la médiane est bien en deçà de la médiane toutes typologies confondues). Cette proportion décroît pour les immeubles collectifs (30%) et les maisons individuelles (20%).

Pour les équipements, le lot 8 – CVC est toujours prédominant, quelle que soit la typologie. Pour les maisons individuelles, ce sont les panneaux PV qui arrivent en seconde place, alors que cette place est occupée par l'éclairage pour les bâtiments de bureaux et les réseaux électriques pour les immeubles collectifs.

La forte évolution des ordres de grandeurs entre 2010 et 2012 s'explique par la prise en compte des équipements et certainement de données actualisées pour le second-œuvre.

4.1.6.7 Analyse de sensibilité sur la DVP

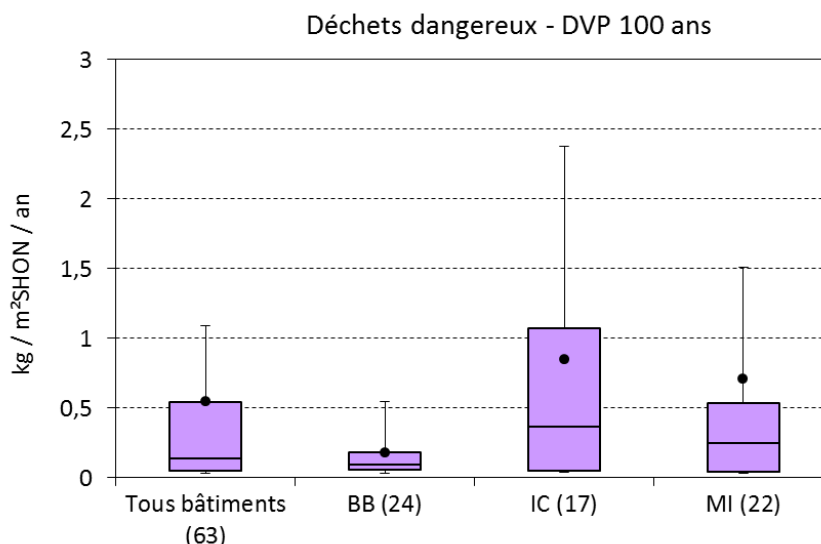


Figure 90 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur « produits et équipements » en fonction de la typologie pour une DVP de 100 ans.

Pour une durée d'étude de 100 ans, les impacts pour le contributeur « produits et équipements », pour l'indicateur déchets dangereux, sont de l'ordre de :

- 0.14 kg/m²_{SHON}/an toutes typologies confondues [0.05 – 0.54]
 - 0.095 kg/m²_{SHON}/an pour les bâtiments de bureaux [0.06 – 0.18].
 - 0.36 kg/m²_{SHON}/an pour les immeubles collectifs [0.05 – 1.08]
 - 0.25 kg/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles [0.041 – 0.54]

Le passage d'une DVP de 50 à 100 ans entraîne une diminution comprise entre 7 et 17% des valeurs médianes (respectivement toutes typologies confondues, CBB, IC et MI : 16.5%, 6.9%, 8.3% et 9.7%). Cette diminution s'explique notamment par un faible amortissement de certains composants du second-œuvre et des équipements, compensant leur renouvellement, comme le montrent les résultats sur 100 ans (cf. Annexe 7 avec les boxplots gros œuvre, second œuvre et équipements et la figure de contribution des lots techniques). Par conséquent, les impacts sont maintenant de l'ordre de :

- 0.002 kg/m²_{SHON}/an pour le gros œuvre [0,0016 – 0.0049].
- 0.037 kg/m²_{SHON}/an pour le second œuvre (hors équipements) [0.023 – 0.13]
- 0.026 kg/m²_{SHON}/an pour les équipements techniques [0.013 – 0.23]

4.2 SYNTHÈSE DES RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR « PRODUITS ET EQUIPEMENTS »

Les tableaux suivants proposent une synthèse des éléments présentés précédemment dans ce chapitre, pour une période d'étude de 50 ans. Ils sont complétés par des tableaux de synthèse des résultats obtenus pour une période d'étude de 100 ans. En complément, des synthèses sont présentées pour l'échantillon complet constitué des 74 bâtiments de l'expérimentation 2010-2011 et des 63 bâtiments de cette expérimentation.

Pour chaque typologie, les informations suivantes ont été reportées :

- Valeur médiane du contributeur produits et équipements, pour six indicateurs (2 indicateurs de consommation de ressources énergétiques, l'indicateur de Changement Climatique et 3 indicateurs de production de déchets)
- Soit pour la première série de tableaux : le poids relatif de chacun des trois macro-lots (« gros œuvre », « second œuvre » et « équipements »)¹ par rapport au contributeur produits et équipements². C'est-à-dire le rapport entre la médiane d'un macro-lot sur la somme des médianes.
- Soit pour la seconde série de tableaux : le poids relatif de chacun des quatorze lots par rapport au contributeur produits et équipements. C'est-à-dire le rapport entre la médiane d'un lot sur la somme des médianes.

Un code couleur a été appliqué à chaque case (du rouge au vert foncé) pour faciliter la lecture du tableau et permettre au lecteur de distinguer pour chaque indicateur, les contributeurs prépondérants (en rouge), des contributeurs moyens (rouge clair, orangé), des contributeurs négligeables (en vert).

Enfin, la correspondance entre les contributeurs traités dans HQE Performance et les modules de la norme EN 15978 ont été indiquées.

Dans les tableaux suivants, l'indicateur de consommation d'eau est reporté par soucis de cohérence même s'il ne constitue pas un levier d'actions pour les produits et équipements³.

¹ Pour les frontières de ces macro-lots, se reporter au paragraphe 4.1.

² Pour les macro-lots seuls les résultats 2012-2013 sont reportés dans ce rapport.

³ Sa contribution à l'échelle des 6 contributeurs étant jugé faible (< 10%)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (63 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		52,5	45,5	128	10,5	23,5	8,5	0,16
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	25%	30%	40%	44%	91%	34%	5%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	40%	41%	41%	25%	7%	36%	61%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	34%	29%	19%	31%	2%	30%	34%
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		42,8	35,7	95	7,7	13,7	6,2	0,14
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	24%	26%	28%	39%	87%	37%	4%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	50%	50%	49%	39%	12%	50%	57%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	25%	24%	23%	22%	1%	12%	40%

Tableau 16 : Synthèse des résultats toutes typologies confondues pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (63 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		52,5	45,5	128	10,5	23,5	8,5	0,16
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	2%	3%	2%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	7%	8%	15%	14%	35%	9%	2%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	16%	19%	19%	28%	53%	23%	3%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	5%	5%	2%	3%	4%	4%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	10%	9%	7%	6%	0%	16%	12%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	14%	14%	15%	10%	2%	11%	27%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	11%	12%	11%	7%	3%	6%	18%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	7%	9%	6%	9%	0%	7%	19%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	2%	0%	1%	2%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	4%	2%	0%	0%	4%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	2%	2%	1%	1%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	1%	0%	2%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	7%	0%	0%	4%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	11%	11%	12%	12%	0%	21%	5%

Tableau 17 : Synthèse des résultats toutes typologies confondues pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (63 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		42,8	35,7	95	7,7	13,7	6,2	0,14
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	2%	4%	2%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	5%	6%	10%	10%	32%	6%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	10%	12%	14%	19%	50%	15%	1%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	5%	4%	3%	3%	4%	3%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	11%	10%	8%	8%	1%	19%	13%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	17%	17%	17%	13%	3%	12%	28%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	11%	13%	12%	8%	5%	6%	18%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	8%	10%	7%	10%	0%	8%	18%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	3%	1%	1%	2%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	4%	2%	0%	0%	4%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	2%	2%	1%	1%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	1%	0%	2%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	8%	0%	0%	5%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	13%	14%	15%	16%	1%	25%	5%

Tableau 18 : Synthèse des résultats toutes typologies confondues pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (115 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		48,4	40,0	106,7	9,4	24,2	8,3	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	4%	5%	3%	3%	3%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	7%	8%	15%	14%	32%	9%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	20%	21%	24%	32%	58%	32%	4%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	6%	6%	3%	2%	2%	4%	4%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	12%	10%	6%	8%	0%	11%	18%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	15%	14%	12%	10%	1%	8%	19%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	12%	12%	12%	7%	2%	5%	17%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,15
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	2%	0%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	2%	0%	0%	8%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	0%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	1%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	1%	0%	1%	2%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	8%	9%	10%	9%	0%	16%	6%

Tableau 19 : Synthèse des résultats toutes typologies confondues pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (115 bâtiments, toutes typologies)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		38,8	31,7	81,9	7,0	13,4	6,3	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	3%	4%	5%	3%	4%	3%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	4%	5%	10%	10%	30%	6%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	14%	13%	17%	22%	55%	21%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	5%	4%	2%	2%	3%	3%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	15%	12%	8%	10%	1%	15%	19%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	18%	17%	15%	13%	2%	10%	19%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	12%	13%	13%	8%	4%	5%	17%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,16
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	3%	1%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	4%	3%	4%	3%	0%	0%	8%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	1%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	2%	2%	1%	1%	1%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	1%	0%	1%	2%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	10%	11%	13%	12%	0%	22%	6%

Tableau 20 : Synthèse des résultats toutes typologies confondues pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (22 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [KWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [KWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		51	40	115	8,5	22,5	7	0,28
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	26%	26%	38%	36%	86%	22%	7%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	40%	30%	40%	30%	13%	39%	42%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	34%	44%	22%	34%	1%	39%	51%
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		39,6	32,8	87,4	6,6	12,3	6,1	0,25
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	21%	23%	27%	33%	83%	21%	3%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	56%	55%	46%	44%	15%	61%	24%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	23%	22%	27%	22%	1%	18%	73%

Tableau 21 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (22 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		51	40	115	8,5	22,5	7	0,28
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	3%	6%	2%	8%	1%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	6%	7%	14%	12%	36%	6%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	15%	16%	15%	22%	43%	15%	4%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	8%	6%	7%	2%	4%	5%	8%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	12%	11%	7%	10%	0%	16%	14%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	16%	15%	15%	12%	2%	14%	16%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	6%	7%	7%	6%	7%	4%	5%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	7%	8%	6%	9%	1%	10%	28%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	3%	3%	1%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	5%	6%	4%	2%	0%	0%	4%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	1%	1%	0%	0%	0%	0%	1%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	1%	0%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	16%	17%	14%	20%	0%	28%	13%

Tableau 22 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (22 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		39,6	32,8	87,4	6,6	12,3	6,1	0,25
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	4%	6%	2%	9%	1%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	4%	4%	9%	8%	32%	4%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	10%	10%	10%	15%	40%	9%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	6%	5%	6%	2%	4%	3%	6%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	14%	13%	9%	12%	1%	19%	14%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	18%	17%	18%	15%	3%	16%	16%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	6%	7%	8%	6%	9%	4%	5%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	7%	8%	7%	10%	1%	10%	30%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	4%	4%	3%	1%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	6%	6%	5%	2%	0%	0%	4%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	1%	0%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	19%	20%	18%	25%	1%	34%	14%

Tableau 23 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		52,0	41,9	114,9	9,2	25,4	9,0	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	3%	3%	9%	2%	12%	1%	2%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	5%	6%	13%	12%	31%	5%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	17%	17%	14%	23%	45%	17%	5%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	8%	6%	6%	2%	4%	5%	7%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	13%	13%	7%	10%	0%	13%	17%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	14%	13%	11%	11%	1%	11%	14%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	7%	7%	7%	6%	6%	3%	6%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,19
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	3%	0%	1%	4%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	4%	4%	3%	3%	0%	0%	5%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	1%	0%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	17%	18%	20%	19%	0%	26%	16%

Tableau 24 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 maisons individuelles)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		43,9	35,2	90,8	7,3	13,7	7,7	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	3%	3%	8%	2%	12%	1%	2%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	3%	4%	9%	7%	31%	3%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	10%	11%	9%	15%	41%	10%	3%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	6%	5%	4%	2%	4%	3%	5%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	15%	14%	9%	13%	0%	15%	19%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	16%	15%	14%	13%	2%	12%	15%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	8%	8%	7%	6%	8%	3%	6%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,21
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	3%	1%	1%	4%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	5%	4%	4%	3%	0%	0%	5%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	2%	1%	1%	0%	0%	4%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	20%	21%	25%	24%	1%	30%	18%

Tableau 25 : Synthèse des résultats pour les maisons individuelles pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (17 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [KWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [KWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		50	42	150	10,5	32	10	0,4
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	34%	37%	46%	54%	94%	52%	4%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	38%	38%	37%	23%	5%	24%	70%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	28%	25%	17%	23%	1%	24%	26%
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		41,5	34,8	102	7,7	18,2	7	0,36
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	26%	30%	32%	46%	91%	43%	1%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	53%	49%	46%	32%	8%	38%	81%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	21%	22%	22%	22%	1%	19%	18%

Tableau 26 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (17 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		50	42	150	10,5	32	10	0,4
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	4%	2%	2%	8%	3%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	9%	10%	14%	14%	36%	13%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	21%	23%	25%	28%	43%	36%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	6%	5%	2%	4%	3%	4%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	9%	7%	5%	6%	0%	9%	10%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	12%	12%	15%	10%	2%	8%	37%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	12%	13%	9%	7%	7%	4%	20%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	8%	9%	8%	9%	1%	13%	11%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	5%	5%	3%	2%	1%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	1%	2%	0%	0%	6%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	1%	0%	0%	0%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	2%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	5%	0%	3%	4%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	7%	7%	9%	12%	0%	9%	3%

Tableau 27 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (17 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		41,5	34,8	102	7,7	18,2	7	0,36
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	5%	3%	3%	3%	4%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	6%	7%	9%	10%	24%	9%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	13%	15%	20%	28%	63%	26%	1%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	6%	6%	6%	4%	3%	3%	4%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	11%	9%	5%	7%	0%	13%	10%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	15%	15%	16%	10%	2%	9%	36%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	13%	14%	10%	8%	3%	6%	21%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	9%	11%	9%	11%	0%	15%	12%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	5%	5%	3%	4%	1%	2%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	2%	0%	0%	6%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	2%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	6%	0%	4%	3%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	8%	9%	12%	9%	0%	13%	4%

Tableau 28 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (35 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		47,4	39,7	125,3	10,4	32,1	10,5	0,05
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	5%	4%	3%	2%	7%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	8%	9%	15%	14%	26%	14%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	24%	27%	39%	41%	67%	39%	3%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	5%	3%	2%	1%	2%	3%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	12%	9%	5%	7%	0%	8%	15%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	12%	11%	9%	7%	1%	5%	22%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	12%	12%	8%	6%	2%	3%	25%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1	0,09
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	4%	4%	2%	3%	0%	1%	4%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	2%	2%	2%	0%	0%	9%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	2%	1%	1%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	8%	8%	7%	7%	0%	10%	4%

Tableau 29 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (35 immeubles collectifs)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		37,1	30,4	87,6	7,2	17,6	7,2	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	4%	5%	4%	3%	2%	6%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	6%	7%	12%	10%	24%	10%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	16%	18%	28%	30%	65%	29%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	5%	5%	3%	3%	2%	3%	3%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	15%	11%	7%	10%	0%	11%	15%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	14%	14%	13%	10%	1%	6%	23%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	14%	14%	11%	8%	3%	4%	25%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,10
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	4%	4%	2%	3%	1%	1%	3%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	3%	0%	0%	9%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	2%	1%	1%	1%	0%	0%	3%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	1%	0%	1%	2%	1%	1%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	10%	10%	10%	10%	0%	15%	5%

Tableau 30 : Synthèse des résultats pour les immeubles collectifs pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (24 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [KWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [KWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		63	50,5	130	13	20	11	0,1
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	26%	26%	38%	45%	93%	54%	4%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	34%	31%	45%	26%	5%	28%	58%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	40%	43%	17%	29%	2%	18%	38%
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		53,5	41,7	102	9,1	12,3	6,5	0,09
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Gros œuvre (lots 1-3)	[modules A-B-C]	22%	25%	26%	34%	89%	53%	3%
Second œuvre (lots 4 à 7)	[modules A-B-C]	44%	46%	54%	37%	10%	43%	62%
Equipements (lots 8 à 14)	[modules A-B-C]	34%	29%	19%	30%	1%	4%	35%

Tableau 31 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux pour le gros œuvre, le second œuvre et les équipements (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans et 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (24 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		63	50,5	130	13	20	11	0,1
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	1%	2%	0%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	10%	10%	15%	19%	40%	15%	2%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	15%	15%	17%	25%	52%	37%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	2%	1%	3%	2%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	7%	5%	6%	2%	0%	13%	21%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	13%	12%	12%	12%	2%	7%	20%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	11%	11%	20%	10%	2%	6%	16%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	7%	7%	4%	9%	0%	2%	19%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	2%	2%	3%	2%	0%	0%	4%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	1%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	12%	23%	7%	3%	1%	0%	8%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	7%	0%	0%	5%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	9%	8%	10%	9%	0%	16%	4%

Tableau 32 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour l'échantillon 2012-2013 (24 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		53,5	41,7	102	9,1	12,3	6,5	0,09
		soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %	soit en %
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	2%	2%	0%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	6%	6%	10%	13%	37%	10%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	9%	9%	11%	16%	49%	26%	1%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	1%	2%	4%	2%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	8%	6%	7%	3%	1%	18%	20%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	14%	13%	14%	15%	3%	8%	21%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	13%	13%	24%	13%	3%	7%	17%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	7%	7%	4%	12%	0%	2%	19%
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	2%	2%	3%	2%	0%	0%	3%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	1%	0%	0%	2%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	15%	27%	8%	4%	1%	0%	9%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	8%	0%	0%	7%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	10%	9%	13%	12%	1%	22%	4%

Tableau 33 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux pour les 14 lots (échantillon 2012-2013, DVP : 100 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 50 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		60,2	58,2	112,3	11,2	21,5	7,6	0,04
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	2%	2%	2%	2%	1%	3%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	6%	6%	13%	14%	30%	11%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	17%	16%	23%	29%	62%	38%	3%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	2%	1%	3%	2%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	7%	5%	5%	3%	0%	10%	21%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	14%	12%	12%	14%	2%	9%	17%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	13%	12%	18%	10%	2%	7%	15%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,12
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	1%	1%	0%	1%	0%	0%	1%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	3%	2%	3%	2%	0%	0%	9%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	1%	0%	0%	3%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	14%	26%	7%	4%	1%	0%	12%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	3%	0%	1%	3%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	6%	6%	7%	7%	0%	16%	3%

Tableau 34 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 50 ans)

Synthèse des résultats HQE Performance pour les échantillons 2010-2011 et 2012-2013 (40 bâtiments de bureaux)								
		CONSOMMATION D'ENERGIE et D'EAU			EMISSIONS DANS L'AIR	PRODUCTION DE DECHETS		
Contributeurs	Correspondance modules de la norme EN 15978	E. primaire totale [kWh/m²SHON/an]	E. non renouvelable [kWh/m²SHON/an]	Conso d'eau [L/m²SHON/an]	Changement climatique [kg-eqCO2/m²SHON/an]	Inertes [kg/m²SHON/an]	Non dangereux [kg/m²SHON/an]	Dangereux [kg/m²SHON/an]
DVP = 100 ans								
PRODUITS et EQUIPEMENTS		51,0	50,5	88,0	8,7	12,2	5,5	5,53
		<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>	<i>soit en %</i>
Lot 1 - VRD	[modules A-B-C]	2%	2%	2%	2%	2%	4%	1%
Lot 2 - Fondations et infra.	[modules A-B-C]	4%	4%	9%	9%	27%	8%	1%
Lot 3 - Superstructure	[modules A-B-C]	11%	10%	15%	21%	61%	26%	2%
Lot 4 - Couverture	[modules A-B-C]	3%	3%	2%	2%	2%	4%	2%
Lot 5 - Cloisonnement intérieurs	[modules A-B-C]	8%	5%	6%	4%	1%	13%	22%
Lot 6 - Façades extérieures	[modules A-B-C]	16%	14%	15%	17%	2%	10%	18%
Lot 7 - Revêtements	[modules A-B-C]	15%	13%	21%	12%	3%	8%	15%
Lot 8 - CVC	[modules A-B-C]	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,12
Lot 9 - Installations sanitaires	[modules A-B-C]	1%	1%	1%	1%	0%	0%	1%
Lot 10 - Réseaux électriques	[modules A-B-C]	2%	2%	4%	2%	0%	0%	8%
Lot 11 - Sécurité	[modules A-B-C]	4%	3%	2%	1%	0%	0%	3%
Lot 12 - Eclairage	[modules A-B-C]	16%	29%	9%	5%	1%	0%	13%
Lot 13 - Ascenseurs	[modules A-B-C]	4%	0%	0%	4%	0%	0%	0%
Lot 14 - Equipements de PLE	[modules A-B-C]	7%	7%	9%	10%	0%	22%	3%

Tableau 35 : Synthèse des résultats pour les bâtiments de bureaux pour les 14 lots (échantillons 2010-2011 et 2012-2013, DVP : 100 ans)

5. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATION D'ENERGIE LIMITEE AUX POSTES REGLEMENTAIRES

5.1 PRELIMINAIRE

Pour rappel, le contributeur « *consommations d'énergie, pendant la vie en œuvre du bâtiment, limitée aux postes réglementaires* » représente les services/processus de mise à disposition et d'utilisation de l'énergie liés aux 5 usages pris en compte dans la RT. La consommation d'énergie correspondante est à rapprocher du calcul de la consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment, exprimée par le coefficient Cep des méthodes RT 2005, BBC ou RT2012.

Cette consommation regroupe l'énergie utilisée pour :

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

Les données d'entrée pour ce contributeur sont les sorties des logiciels de calcul RT. Il convient de rappeler que les valeurs à entrer dans ELODIE sont les consommations finales des différents usages réglementés.

L'essentiel des bâtiments sont des bâtiments labellisés BBC ou conformes à la RT2012. Une poignée de bâtiments va au-delà de ces exigences. Et au regard des résultats, une poignée est en deçà.

L'échantillon exploité pour ce chapitre reste très proche de celui utilisé auparavant (62 bâtiments, puisqu'au moment de l'expérimentation, un seul bâtiment ne disposait pas encore d'étude thermique). Par ailleurs, 3 bâtiments ne font appel qu'à de l'énergie renouvelable locale pour répondre aux besoins relatifs aux exigences de la RT. Sur ce contributeur, ils ont ainsi des impacts environnementaux nuls i sauf pour l'indicateur « consommation d'énergie renouvelable¹.

Pour l'étude de ce contributeur, contrairement au contributeur « produits et équipements », il n'y a pas lieu de distinguer les résultats selon que la DVT vaut 50 ou 100 ans, vu que les consommations d'énergie des postes RT et les données environnementales des filières énergétiques sont, par hypothèse, les mêmes tout au long du cycle de vie.

Dans ce chapitre, nous allons nous intéresser aux différentes filières ou vecteurs énergétiques et à leur influence sur les indicateurs suivants : énergie primaire totale, énergie primaire non renouvelable et changement climatique. Ensuite les postes « chauffage » et « ECS » seront analysés de plus près.

5.2 DONNEES RELATIVES AUX PRINCIPAUX VECTEURS ENERGETIQUES

¹ Cependant, les graphiques correspondant à ces indicateurs reportent malgré tout les bâtiments qui ont des valeurs nulles.

La plupart des bâtiments sont labellisés ou de niveau BBC². Pour les bâtiments d'habitation BBC, individuels ou collectifs, l'objectif de consommation maximale en énergie primaire est fixé à **50 kWhep/m².an**, modulé selon la zone climatique et l'altitude :

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

Le coefficient a est compris entre 0,8 et 1,3 et b est compris entre 0 et 0,2. Ainsi, selon les conditions géographiques, un bâtiment BBC a des consommations conventionnelles maximales comprises entre 40 et 75 kWhep/m²SHON/an.

12 des 62 bâtiments ont été conçus selon la RT2012. La formule du Cep maximum de la RT 2012 est un peu plus complexe, avec davantage de coefficients de modulation, tout en partant de la valeur cible de **50 kWhep/m².an**.

Il convient de préciser que les calculs faits selon la RT ou le label BBC comportent des conventions pour le passage de l'énergie finale à l'énergie primaire. Pour l'électricité de réseau, le coefficient conventionnel de conversion est égal à 2,58. Lorsqu'on réalise une étude ACV avec un outil tel qu'Elodie, l'ACV du kWh d'électricité de réseau (selon le mix électrique français) fournit un coefficient de conversion égal à 3,33 pour l'énergie primaire totale et 3,19 pour l'énergie primaire non renouvelable, ce qui peut aboutir à des valeurs d'énergie primaire calculées par l'ACV supérieures aux valeurs conventionnelles RT ou label. Par exemple si on considère le cas (théorique) d'un Cep max de 75 kWhep correspondant à des usages RT uniquement alimentés en électricité de réseau, cette valeur de 75 deviendrait 97 kWhep en utilisant le coefficient de 3,33.

Les autres vecteurs énergétiques ont eux aussi, avec l'approche ACV, leurs coefficients de conversion entre l'énergie finale et l'énergie primaire soit totale, soit non renouvelable. Le tableau suivant présente ces valeurs. Concernant les réseaux de chaleur locaux, c'est en principe du cas par cas en fonction des vecteurs énergétiques mobilisés et de leurs parts respectives, mais par défaut ELODIE fournit un profil environnemental moyen français.

Vecteur énergétique	Coeff. Energie primaire totale / Energie finale	Coeff. Energie primaire non-renouvelable / Energie finale	Changement climatique en kg eqCO ₂ / kWh _{ep}
Electricité (mix moyen français)	3,33	3,19	0,089
Gaz naturel	1,08	1,07	0,225
Fioul	1,25	1,25	0,330
Charbon	1,20	1,20	0,371
Bois (granulés) P=15kW	1,60	0,27	0,0457
Bois (granulés) P=50kW	1,55	0,26	0,0435
Bois (plaquettes forestières) P=1000kW	1,45	0,09	0,0085
Réseau de chaleur (moyenne française)	1,20	1,05	0,249
Production locale d'énergie (PLE)	1,00	0	0

² Une maison individuelle est de niveau THPE ENR 2005 et une autre est THPE 2005.

Tableau 36 : Facteurs de conversion entre énergie finale et énergie primaire pour les principaux vecteurs énergétiques et émissions de GES (données issues des DES d'ELODIE)

Le calcul des impacts du contributeur « consommation d'énergie limitée aux postes réglementaires » se fait dans ELODIE par association de la consommation d'énergie finale de chaque usage réglementé (en kWh_{ef}/m²shon.an) au profil environnemental du vecteur énergétique correspondant. Ces profils sont appelés déclarations environnementales de service (DES), ils sont issus d'ACV génériques et sont intégrés dans ELODIE.

La figure suivante visualise chaque vecteur énergétique selon son coefficient de conversion en énergie primaire totale et son indicateur de changement climatique.

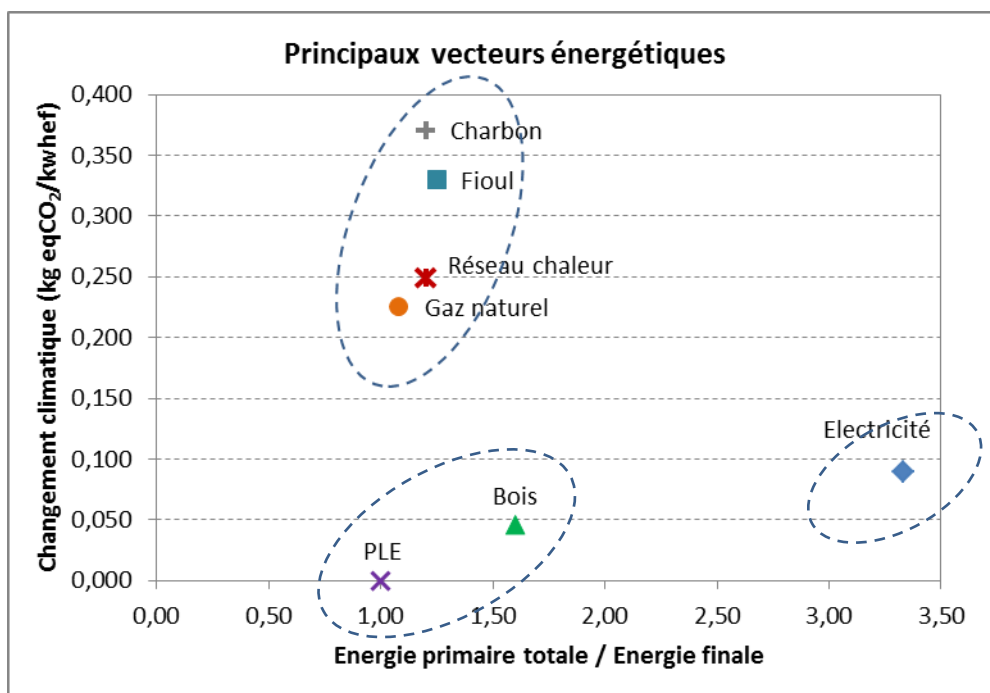


Figure 91 : Valeurs des ratios énergie primaire totale/énergie finale et des indicateurs changement climatique selon les principaux vecteurs énergétiques (source : ELODIE)

Ce graphique permet de distinguer 3 familles de vecteurs énergétiques, plus ou moins carbonées, et plus ou moins consommatrices d'énergie primaire (délimitées par des pointillés).

En ce qui concerne la production locale d'énergie ou PLE, la convention adoptée pour l'affectation de cette énergie aux usages du bâtiment est celle préconisée dans la norme NF EN 15978:2012. Cette énergie produite est affectée prioritairement aux consommations liées au bâtiment, puis éventuellement aux usages spécifiques aux activités hébergées. Ceci est représenté dans la figure suivante :

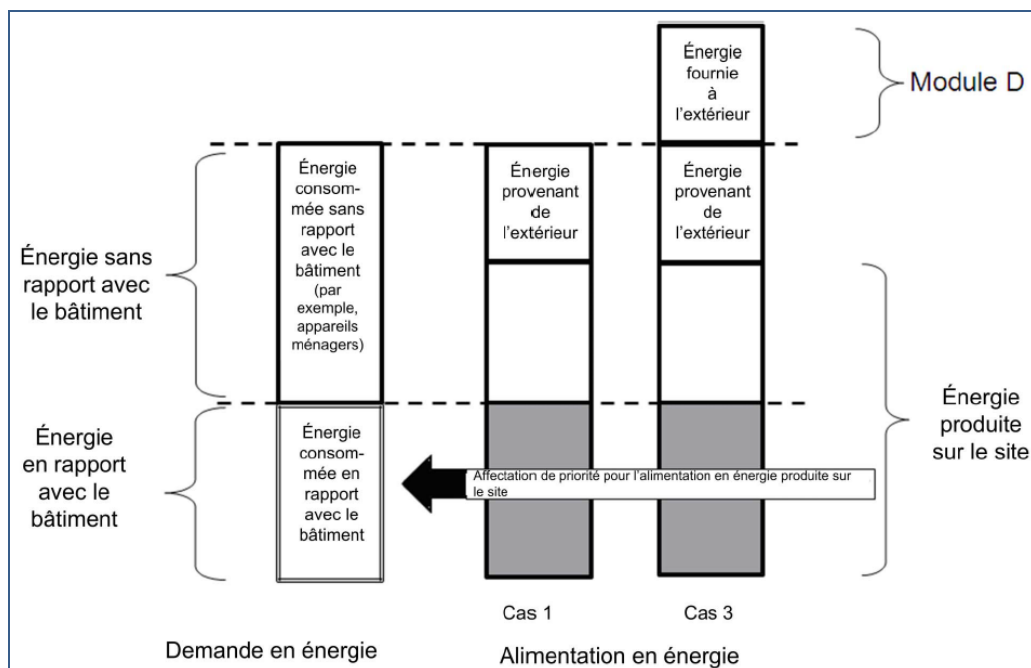


Figure 92 : Convention d'affectation de la PLE (extrait de NF EN 15978:2012)

5.3 RESULTATS INDICATEUR PAR INDICATEUR

5.3.1 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

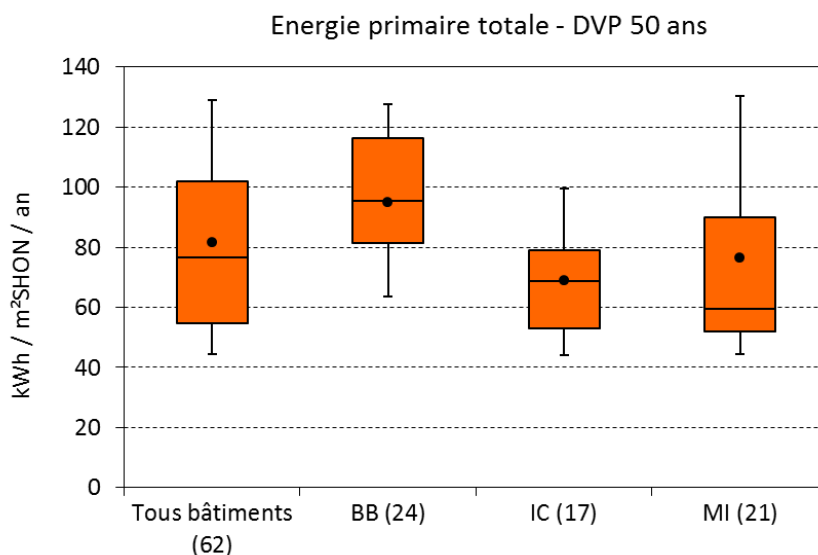


Figure 93 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'énergie liées aux postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.

Les valeurs médianes sont les suivantes :

- Toutes typologies confondues : 76,5 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an
- Bâtiments de bureaux : 95,3 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an
- Immeubles collectifs : 68,8 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an

- Maisons individuelles : 59,4 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an

Pour les bâtiments résidentiels, les consommations liées aux postes RT, exprimées en énergie primaire totale, sont en dessous de la barre de 50 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an pour à peine 25% des bâtiments modélisés. Les bâtiments collectifs d'habitation offrent des plages de variations (50% ou 80 % des valeurs) plus faibles que les autres typologies.

Pour les bâtiments résidentiels, 7 bâtiments affichent des performances supérieures à la limite théorique de 97 kWh/m²_{SHON}/an. Il s'agit de 3 maisons et 2 immeubles ayant obtenu le label BBC, utilisant pour vecteur énergétique le bois (profitant ainsi du coefficient énergie primaire/énergie finale de 0.6)³ et de 2 maisons de niveau THPE ENR 2005 et THPE 2005.

5.3.2 INDICATEUR ENERGIE NON RENOUVELABLE

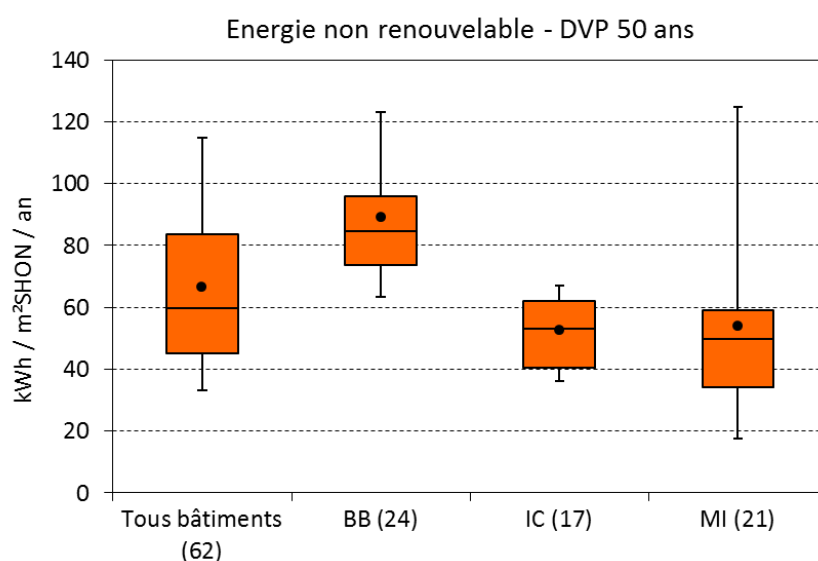


Figure 94 : Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie liées aux postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.

Les valeurs médianes sont les suivantes :

- Toutes typologies confondues : 60 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an
- Bâtiments de bureaux : 85 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an
- Immeubles collectifs : 53 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an
- Maisons individuelles : 50 kWh_{ep}/m²_{SHON}/an

On note la présence de valeurs très élevées pour l'échantillon des maisons individuelles, au regard de la médiane. Il s'agit en outre de 3 maisons, qui ont pour caractéristiques des besoins élevés pour l'ECS (autour de 30 kWh_{ep}/m²/an), une ECS produite via un vecteur électrique. Par ailleurs, il s'agit d'une maison BBC utilisant du bois-énergie et les deux maisons labellisées THPE et THPE EnR 2005.

³ Pour en savoir plus : <http://www.effinergie.org/index.php/les-labels-effinergie/bbc-effinergie>

5.3.3 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE RENOUVELABLE

L'indicateur énergie primaire renouvelable est sensible :

- Au profil de l'électricité du réseau. Pour les 63 bâtiments constitutifs de l'échantillon, c'est le profil environnemental du mix électrique français qui a été proposé (profil disponible dans ELODIE).
- A la production d'énergie renouvelable sur site (PLE : production locale d'énergie). Via ELODIE, les expérimentateurs ont comptabilisé l'électricité produite localement comme élément de substitution de l'électricité du réseau. Le profil environnemental de la PLE, hors équipements de PLE (ex. panneaux solaires), donne 1 kWh d'énergie primaire totale (=renouvelable) pour 1kWh d'énergie finale, les autres impacts étant supposés nuls (CO₂, etc.)

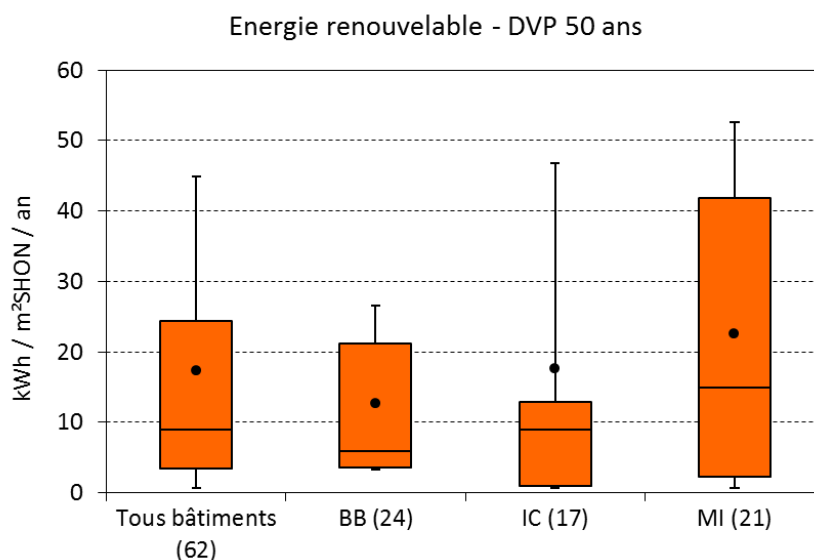


Figure 95 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire renouvelable pour le contributeur consommations d'énergie liées aux postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.

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 : 14,9 kWh/m²/an contre 9.0 toutes typologies confondues
- de très forts potentiels (dispersion élevée pouvant illustrer les variations selon les choix effectués de puissance installée ou les opportunités offertes par le site).

Toutes typologies confondues, en valeur moyenne, 23% de l'énergie primaire consommée est issue d'énergie renouvelable. Si on calcule le rapport médiane EnR / médiane EPT on obtient 9.0/76.5 soit 12%.

5.3.4 INDICATEUR DECHETS RADIOACTIFS

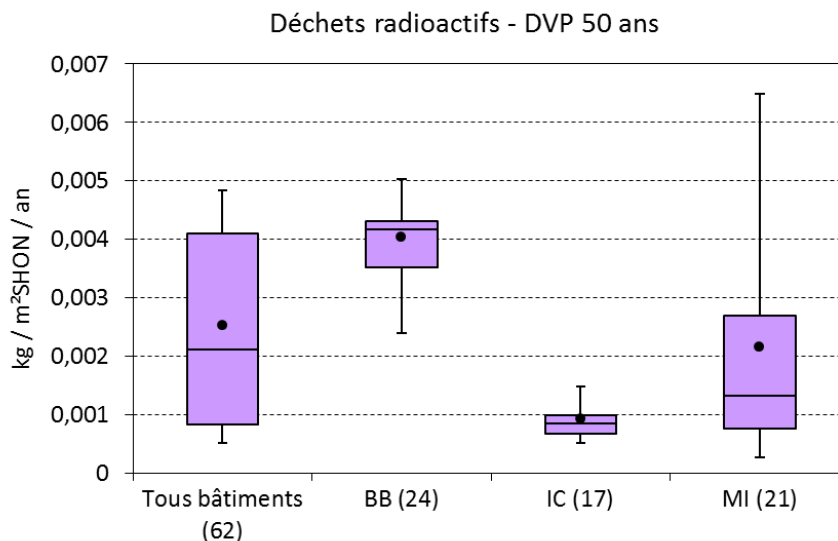


Figure 96 : Boxplots représentant l'indicateur déchets radioactifs pour le contributeur consommations d'énergie liées aux postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.

Les valeurs et leur dispersion sont très différentes selon le type de bâtiment. On notera la très faible dispersion des valeurs relatives aux immeubles collectifs, utilisant plus souvent le vecteur gaz que les autres typologies. En revanche celles des maisons individuelles sont très dispersées, c'est peut-être dû à des valeurs parfois élevées de consommations d'électricité de réseau.

5.3.5 INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

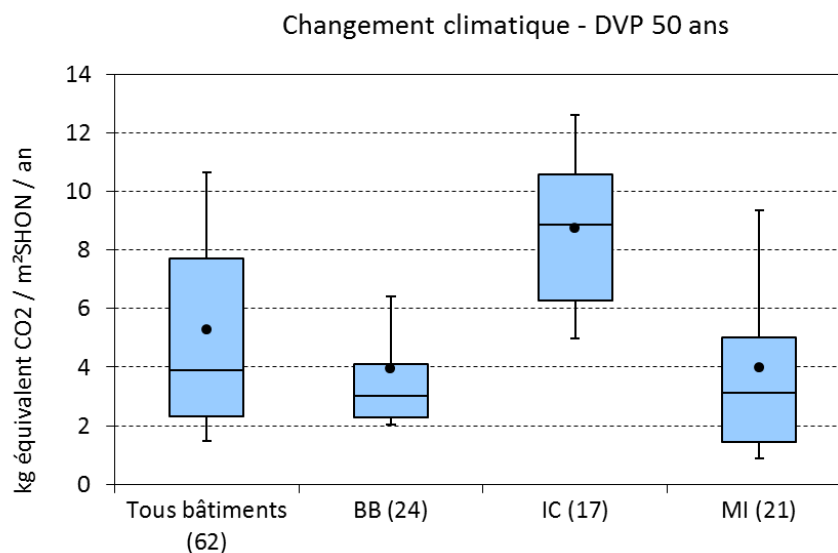


Figure 97 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie liées aux postes RT en fonction de la typologie des bâtiments.

Les valeurs médianes sont les suivantes :

- Toutes typologies confondues : 3,9 kg eq.CO₂/m²_{SHON}/an
- Bâtiments de bureaux : 3,0 kg eq.CO₂/m²_{SHON}/an
- Immeubles collectifs : 8,9 kg eq.CO₂/m²_{SHON}/an

- Maisons individuelles : 3,1 kg eq.CO₂/m²_{SHON}/an

Pour l'indicateur changement climatique également, les valeurs et leur dispersion sont très différentes selon le type de bâtiment. La dispersion des échantillons est à l'image de la diversité des vecteurs énergétiques. Le choix des vecteurs énergétiques (dominante énergie fossile pour les immeubles collectifs et dominante électricité pour les bâtiments de bureaux) influe beaucoup sur les valeurs. Globalement – et logiquement - les tendances sont inversées entre l'indicateur changement climatique et déchets radioactifs.

5.4 AUTRES ELEMENTS D'ANALYSE

5.4.1 ENERGIE ET CO₂ LIES AU POSTE CHAUFFAGE

Dans cette partie, nous nous sommes intéressés de façon croisée aux impacts énergie primaire et changement climatique du poste chauffage, et cela pour chaque type de bâtiment.

L'analyse de l'échantillon 2012 a montré (voir dans partie B-1 et Annexe 3) qu'il n'était que moyennement représentatif des bâtiments BBC au niveau des vecteurs énergétiques chauffage pour chaque type de bâtiment :

- Bâtiments de Bureaux : électricité majoritaire, bois-énergie sous-représenté, réseaux de chaleur surreprésentés,
- Immeubles collectifs d'habitation : gaz majoritaire, bois-énergie surreprésenté,
- Maisons individuelles : vecteurs variés, bois-énergie surreprésenté, électricité sous-représentée.

Ce que l'on a représenté dans les figures suivantes sont les nuages de points associant les indicateurs d'énergie primaire (totale et non renouvelable) et l'indicateur changement climatique, afin de visualiser la cohérence des modélisations, vecteur par vecteur, toujours pour chaque type de bâtiment. Il faut garder à l'esprit que certains bâtiments associent plusieurs vecteurs pour le chauffage. En principe les points des sous-groupes homogènes (même vecteur ou combinaison de vecteurs) doivent être alignés⁴.

⁴ Nous précisons que les différents systèmes énergétiques associés à chaque vecteur n'ont pas été reportés dans cette analyse de dispersion. Dans un travail futur, il serait intéressant de les étudier.

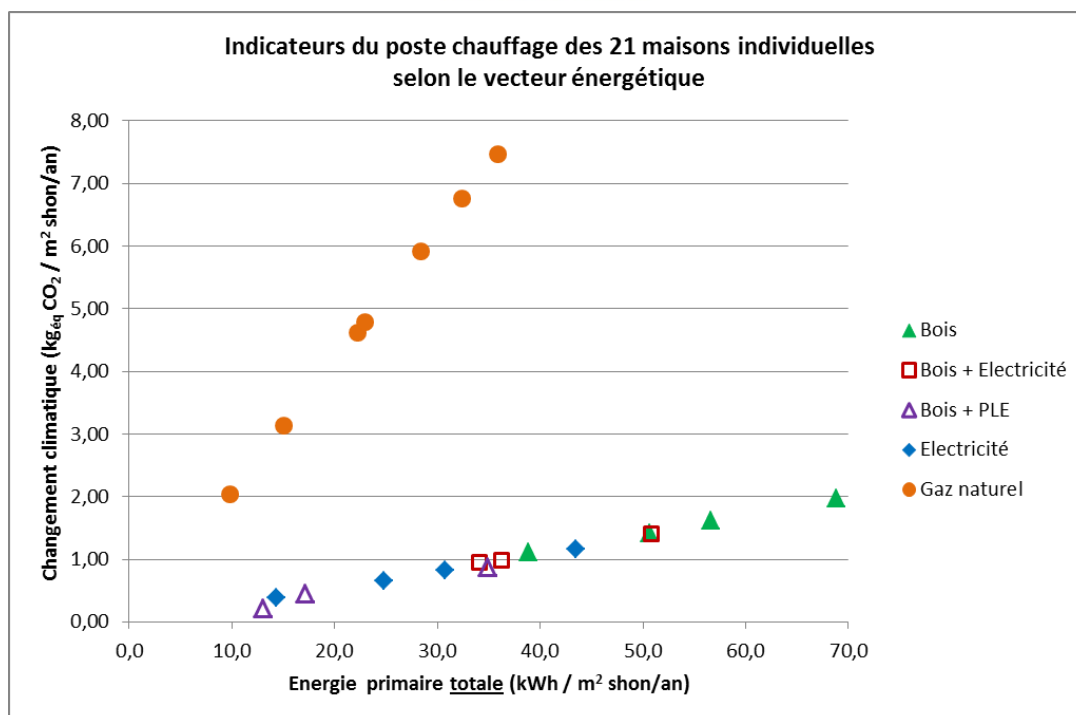


Figure 98 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les maisons individuelles.

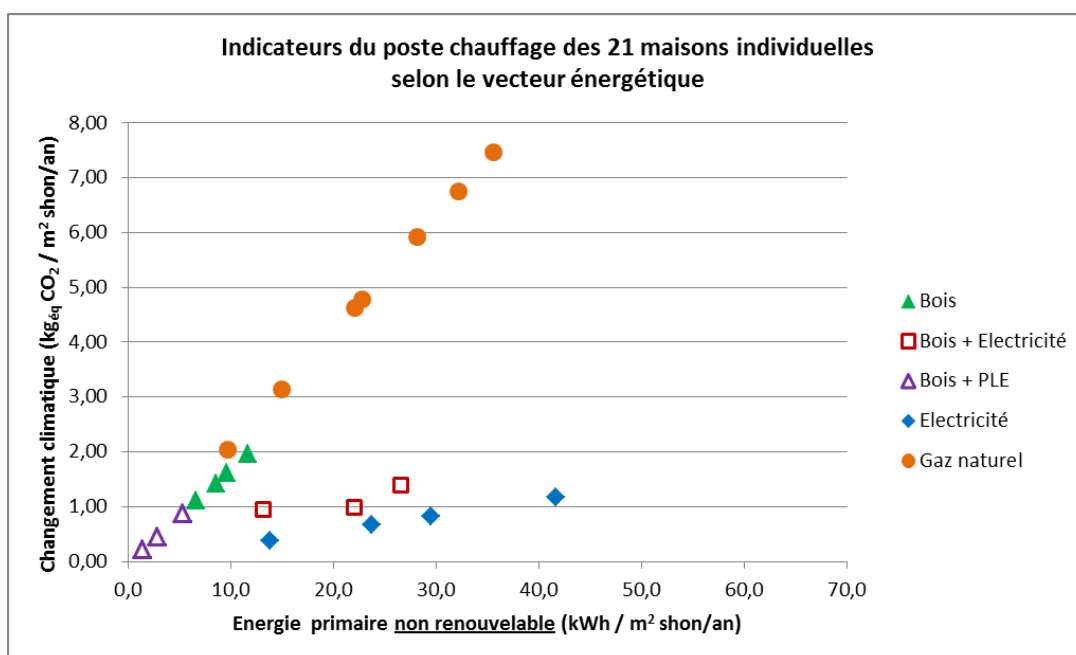


Figure 99 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les maisons individuelles.

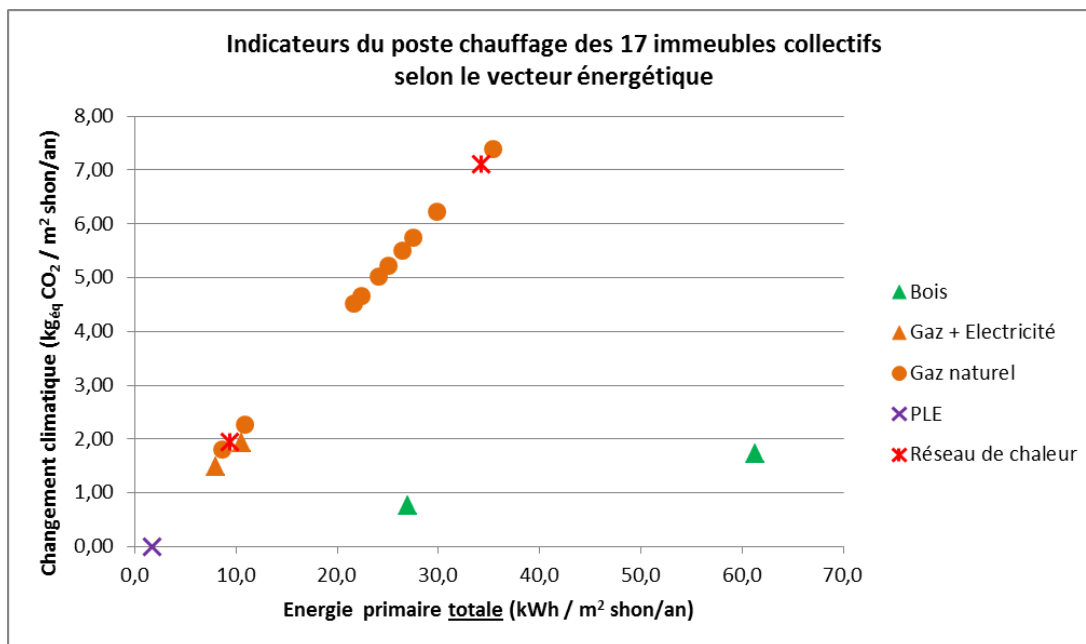


Figure 100 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les immeubles collectifs.

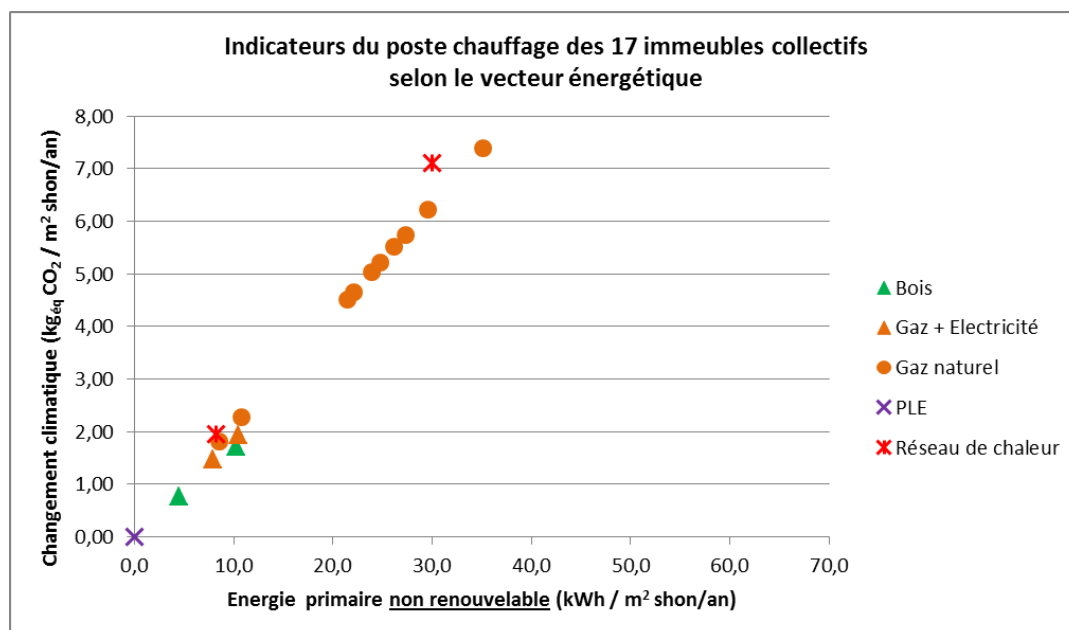


Figure 101 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les immeubles collectifs.

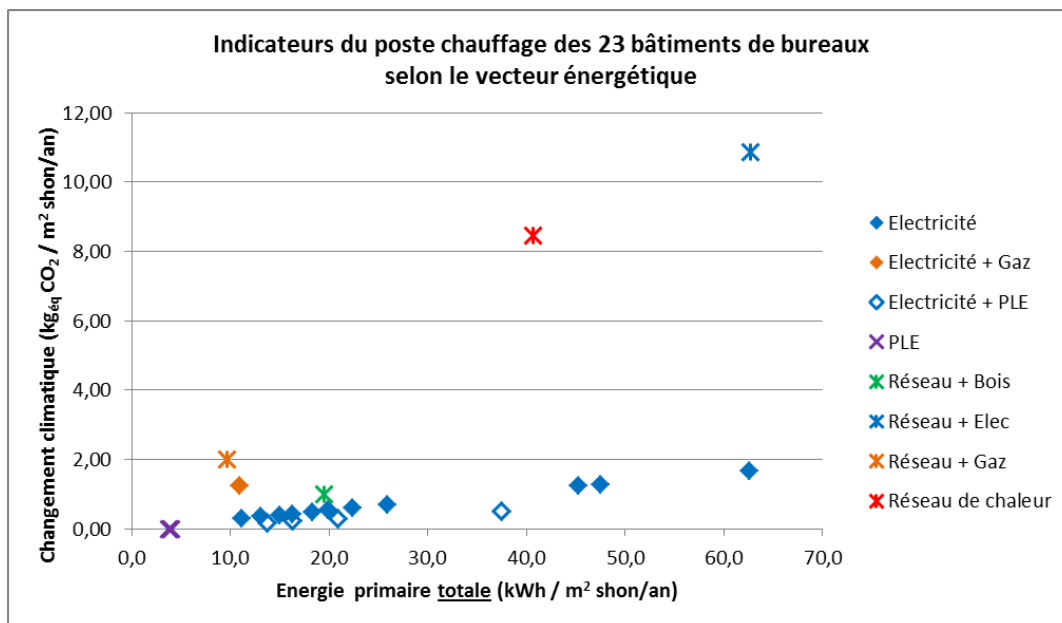


Figure 102 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les bâtiments de bureaux.

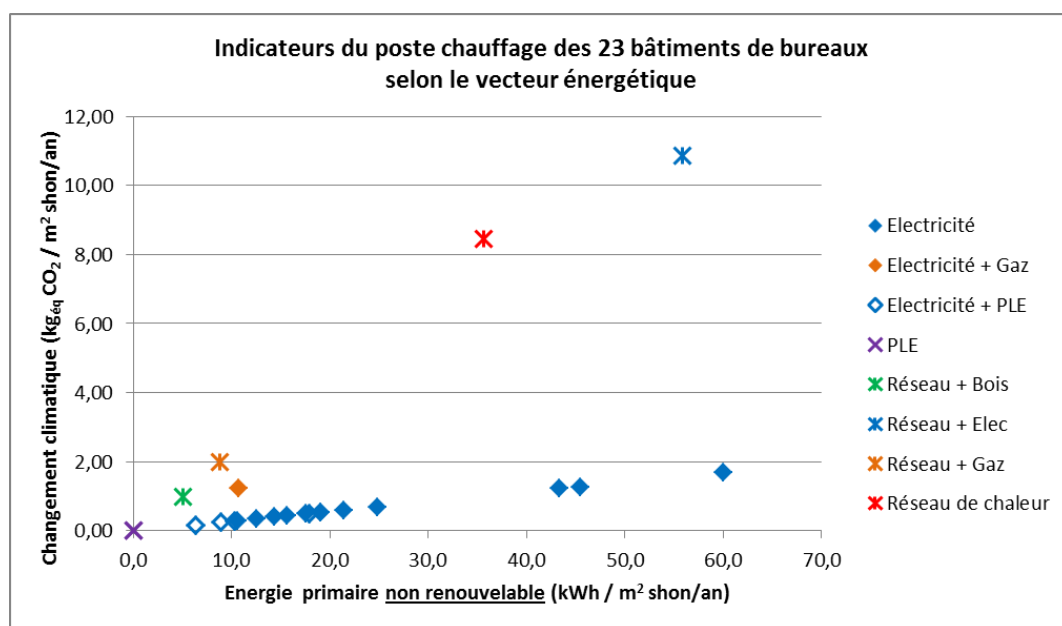


Figure 103 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques du poste chauffage pour les bâtiments de bureaux.

L'un des bâtiments de bureaux ayant des consommations RT anormalement faibles, il a été sorti de l'échantillon.

5.4.2 ANALYSE SELON LES VECTEURS ENERGETIQUES DU POSTE ECS

Ici, la démarche d'analyse est la même que précédemment, appliquée aux vecteurs énergétiques du poste ECS.

Notre échantillon se caractérise schématiquement ainsi, au regard de l'ECS :

- Bâtiments de Bureaux : électricité majoritaire, PLE présente dans 2/3 des cas,
- Immeubles collectifs d'habitation : gaz majoritaire, PLE présente dans la moitié des cas
- Maisons individuelles : vecteurs variés mais électricité majoritaire, PLE présente dans une petite moitié des cas.

Les données du poste ECS concernent 21 maisons individuelles, 17 immeubles collectifs et seulement 14 bâtiments de bureaux.

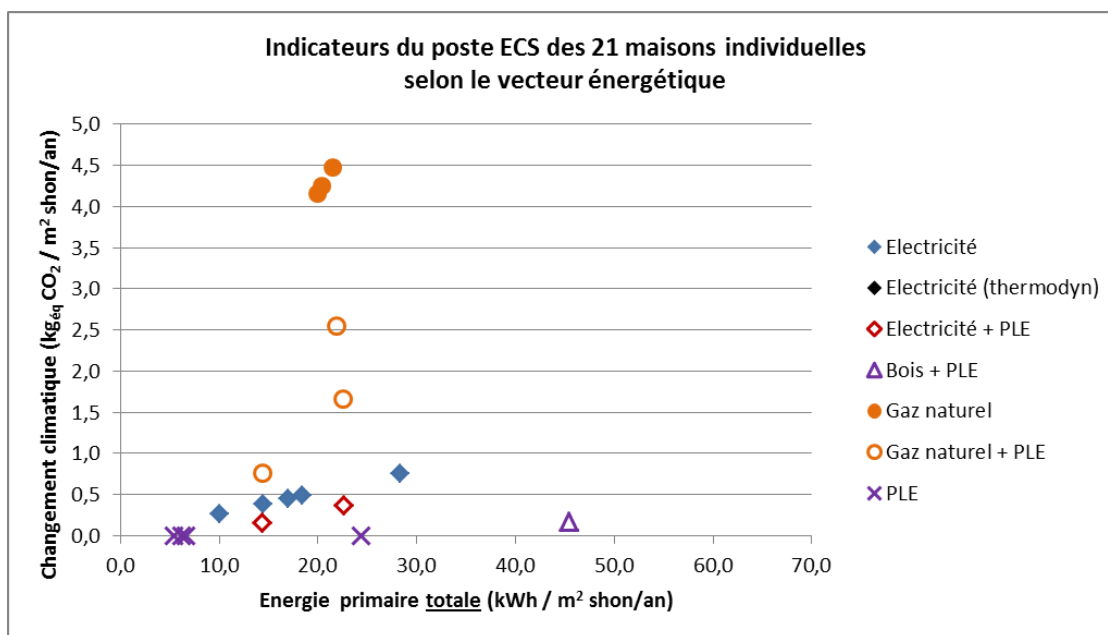


Figure 104 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques ECS pour les maisons individuelles.

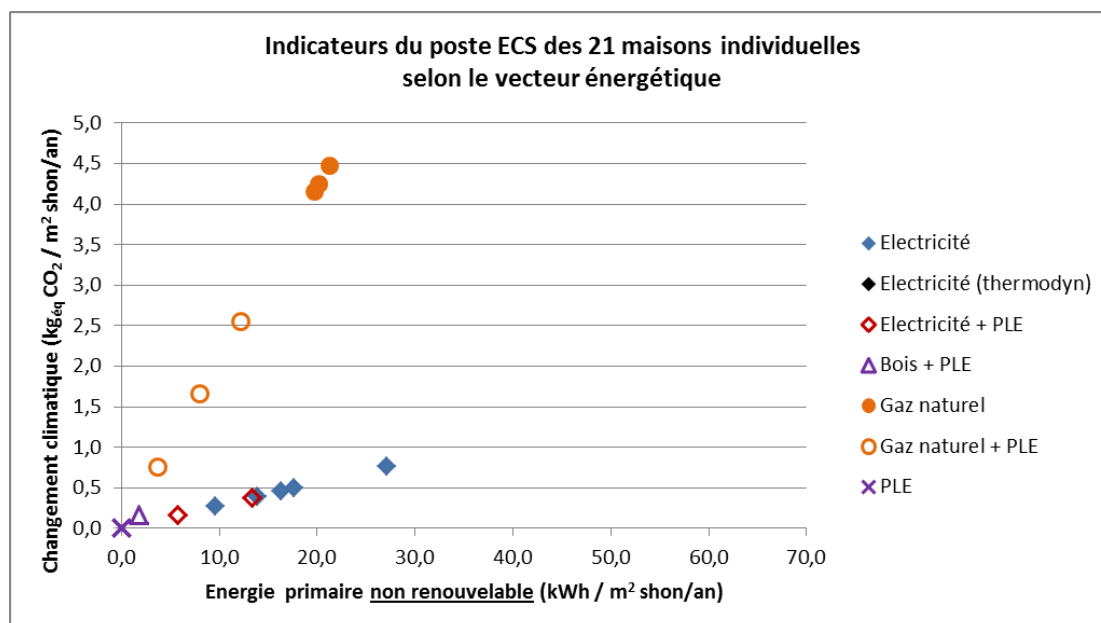


Figure 105 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques ECS pour les maisons individuelles.

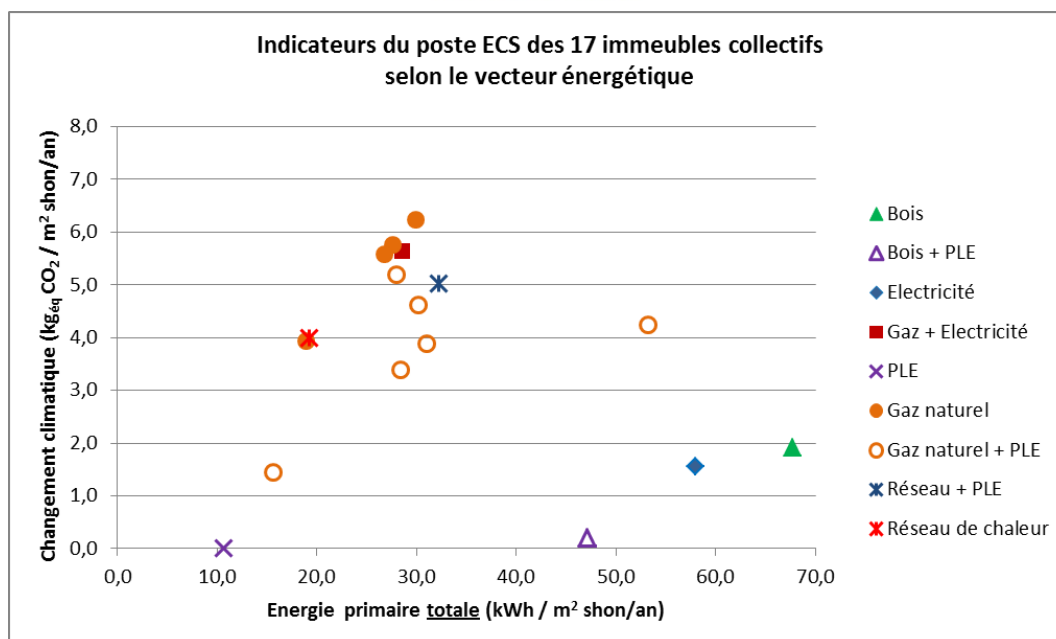


Figure 106 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques pour les immeubles collectifs.

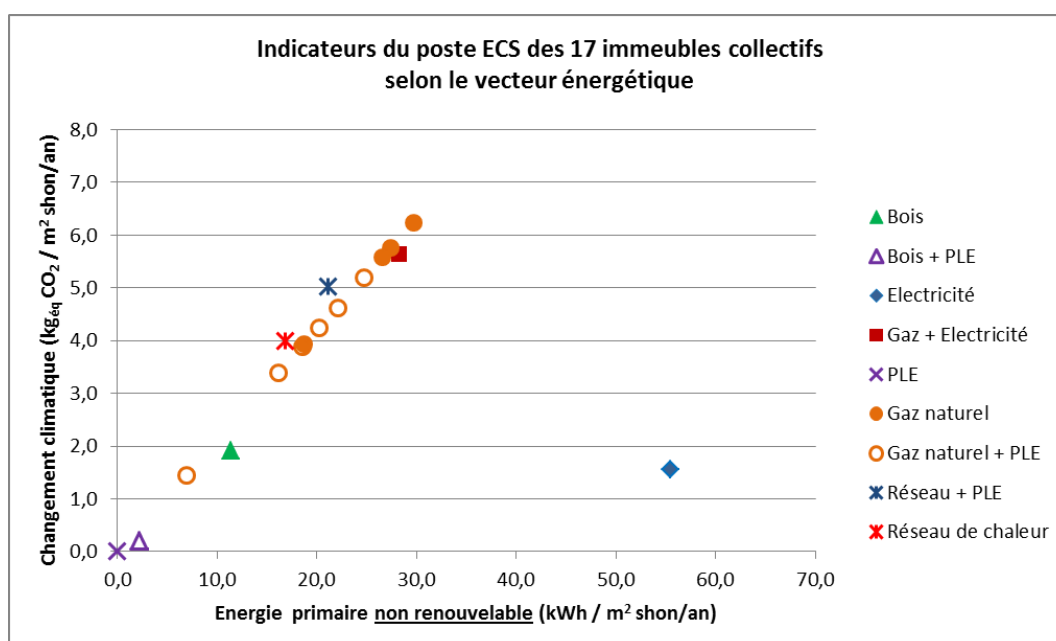


Figure 107 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques pour les immeubles collectifs.

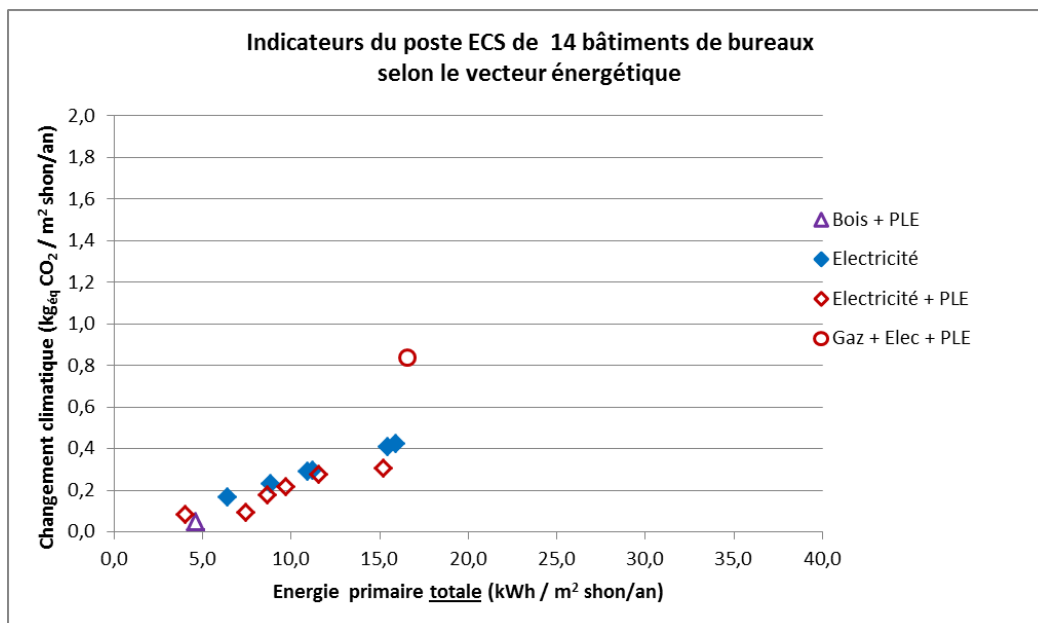


Figure 108 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie primaire totale selon les vecteurs énergétiques pour les bâtiments de bureaux.

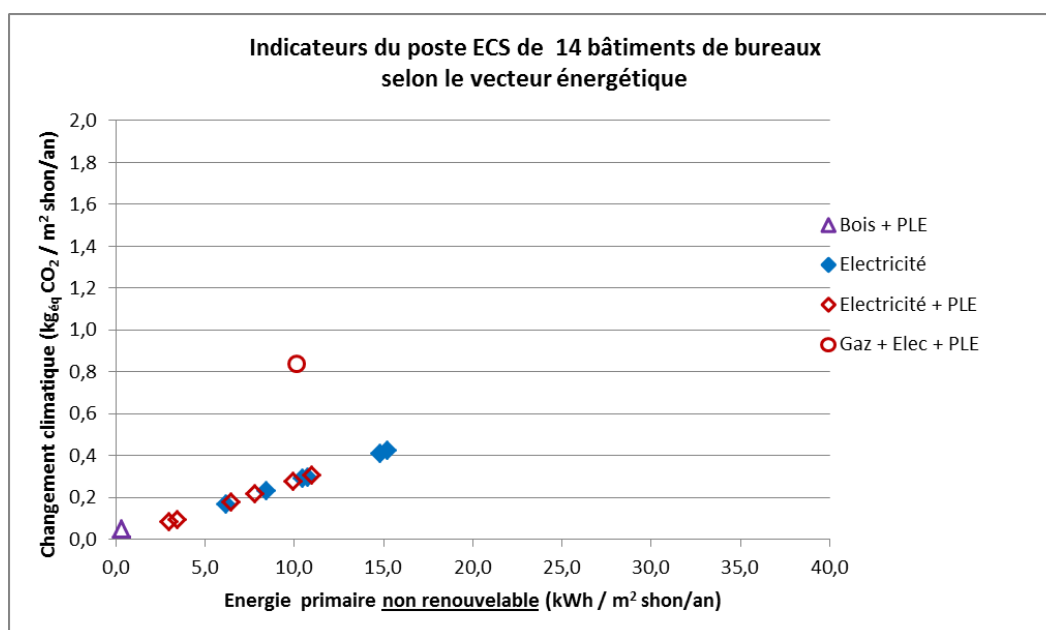


Figure 109 : Valeurs des indicateurs changement climatique et énergie non renouvelable selon les vecteurs énergétiques pour les bâtiments de bureaux.

Les constatations pour le poste ECS sont assez analogues au poste chauffage. Ce genre de visualisation permet de mettre en évidence plus clairement pour chaque vecteur énergétique les performances énergétiques et l'intensité CO₂, et de vérifier la cohérence des modélisations.

5.5 L'ESSENTIEL

Comme escompté, l'observation de différences entre les typologies de bâtiments n'est pas directement fonction de la typologie, mais bien de la performance énergétique des projets et des vecteurs énergétiques choisis, en plus de l'influence de la zone climatique.

Certains bâtiments atypiques ont pu être détectés, ayant des consommations primaires excessives ou des émissions de GES élevées. La présence de quelques bâtiments moins performants que l'essentiel des bâtiments explique ces points particuliers.

L'analyse des résultats au regard des vecteurs énergétiques des postes chauffage et ECS a permis d'observer la cohérence des modélisations entre elles et vis-à-vis des profils environnementaux des différents vecteurs, et d'identifier quelques anomalies de modélisation. Les cas où plusieurs vecteurs sont associés, notamment si leurs caractéristiques environnementales sont très différentes, sont plus difficiles à interpréter que les autres cas.

6. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CONSOMMATIONS D'ENERGIE LIEES A L'ACTIVITE

6.1 AVERTISSEMENT

Ce contributeur consommations d'énergie liées à l'activité s'intéresse aux consommations relatives à l'exercice d'une activité dans un bâtiment donné. Il s'agit d'inclure les éléments non directement liés au bâti lui-même mais représentatifs de l'activité. Les postes considérés pour ce contributeur pouvant être les suivants:

- Pour le résidentiel : Cuisine et postes de cuisson, informatique domestique, audiovisuel, divers et veilles
- Pour les bâtiments de bureaux : Equipements de bureautique (ordinateurs fixes, portables, écrans, imprimantes, photocopieuses, fax, scanner, installation de visioconférence, etc.), centre de reprographie et d'impression, consommations du local à serveur (Serveurs, onduleurs, alimentation sans interruption, etc.) et le cas échéant : service de restauration, de laverie, etc.

Malgré l'obligation de prendre en compte ce contributeur et la proposition de ratios pour le résidentiel, la difficulté de collecte des informations liées à ces consommations spécifiques, a pour conséquence la diminution de l'échantillon considéré, notamment sur l'échantillon de bâtiments de bureaux, pour lequel 79% des bâtiments comportent ce contributeur sont renseigné.

Le tableau suivant présente le nombre de bâtiments modélisés par typologie dont ceux incluant le contributeur « consommations d'énergie liées au bâti, hors poste RT».

Nombre de bâtiments maximum pour lesquels les informations sont disponibles, par typologie :	BB	IC	MI
Echantillon avec prise en compte du Contributeur « Consommations d'énergie liées à l'activité »	19 (79%)	17 (100%)	22 (100%)
<i>Echantillon initial (pour mémoire)</i>	24	17	22

Tableau 37 : Echantillon considéré pour l'étude du contributeur consommations d'énergie liées à l'activité.

Il faut noter, tout comme pour le contributeur précédent, **l'absence de méthode conventionnelle ou même partagée de calcul des consommations d'énergie spécifique** liées à l'activité. Ainsi, les informations liées à ces consommations liées au bâti, hors RT peuvent être issues :

- de mesures *in situ* dans le cas de bâtiments existants ou issus de bâtiments similaires ;
- de retours statistiques sur l'ensemble d'un parc de bâtiments de même typologie (c'est le cas pour la majorité des bâtiments de bureaux modélisés) ;
- de ratios provenant de retours d'expérience sur des parcs instrumentés, telles les études menées par Enertech. C'est le cas par exemple pour la majorité des immeubles collectifs, le ratio considéré valant environ 1000 kWh d'énergie finale d'électricité par logement (soit 25 kWh_{ef}/m²_{SHON}/an pour les logements collectifs et 20 kWh/m²_{SHON}/an pour les maisons individuelles).

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 strictement identiques pour 50 et 100 ans (les consommations sont considérées stables au cours du temps et les valeurs sont rentrées pour une année pour les modélisations), les graphiques ne sont reportés que pour 50 ans.

6.2 RESULTATS INDICATEUR PAR INDICATEUR

Voir graphiques page suivante par m²SHON et par personne.

6.3 L'ESSENTIEL

L'observation de ces résultats :

- Confirme l'absence de méthode ou d'outil d'estimation des consommations pour les bâtiments résidentiels, seuls les ratios ont été utilisés.
- Illustre une certaine diversité des consommations liées à l'activité pour les bâtiments de bureaux. Les liens entre ces consommations et des paramètres tels que le nombre d'étage, la densité d'occupations n'ont pas été recherchés ici.
- Montre que – dans l'état de l'affectation de la production locale d'énergie – l'énergie utilisée pour les activités semble rarement d'origine renouvelable.

Les ordres de grandeur à retenir par m²SHON sont les suivants :

Pour l'indicateur **énergie primaire totale**, sont de l'ordre de :

- **83 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [67 – 83]
 - **124 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [83 – 155].
 - **83 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [83 – 83]
 - **67 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [67 – 67]

Pour l'indicateur **énergie primaire non renouvelable**, sont de l'ordre de :

- **80 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [64 – 88]
 - **124 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [80 – 149].
 - **80 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [80 – 80]
 - **64 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [64 – 64]

Pour l'indicateur **changement climatique** :

- **2.2 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [1.8 – 2.45]
 - **3.4 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [2.2 – 4.2].
 - **2.2 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [2.2 – 2.2]
 - **1.8 kg eq-CO₂/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [1.8 – 1.8]

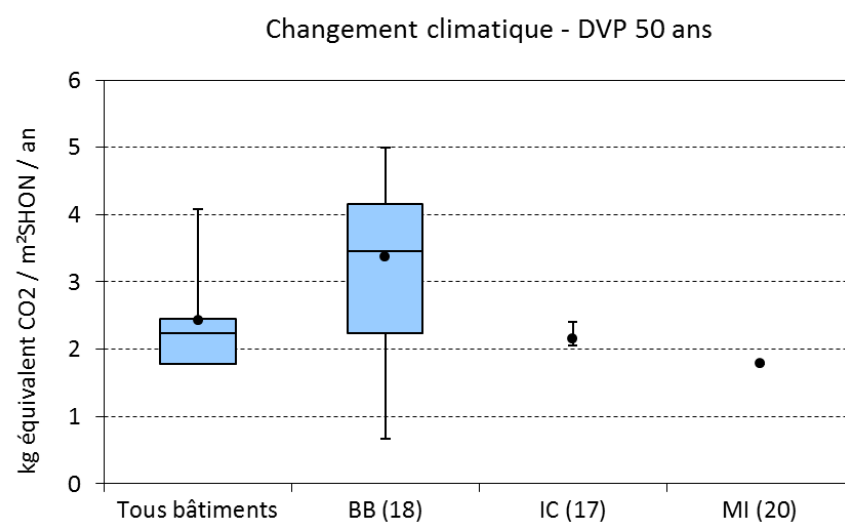
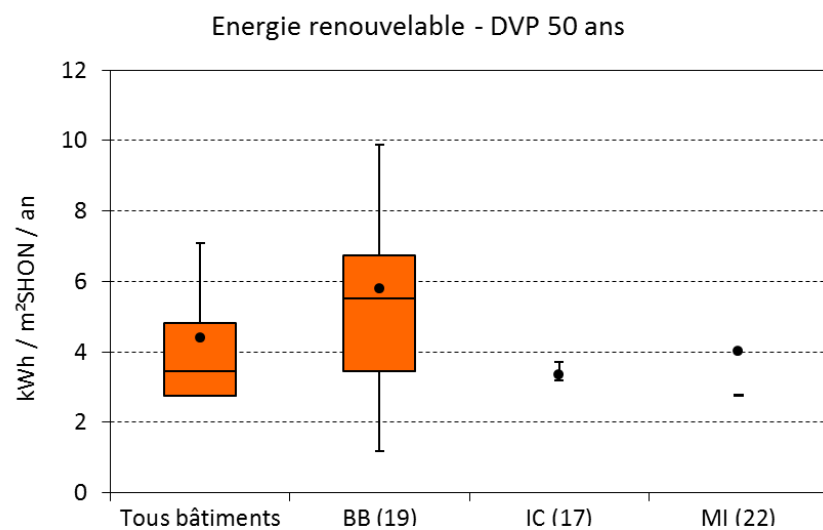
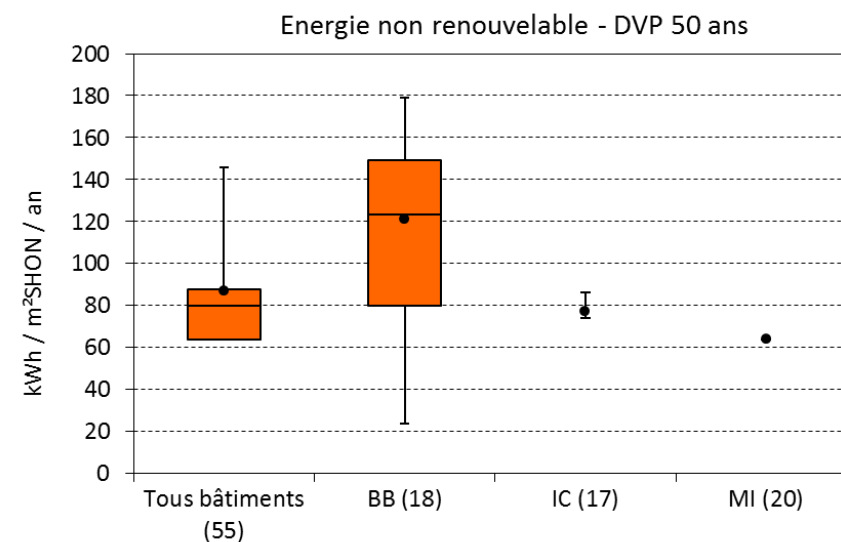
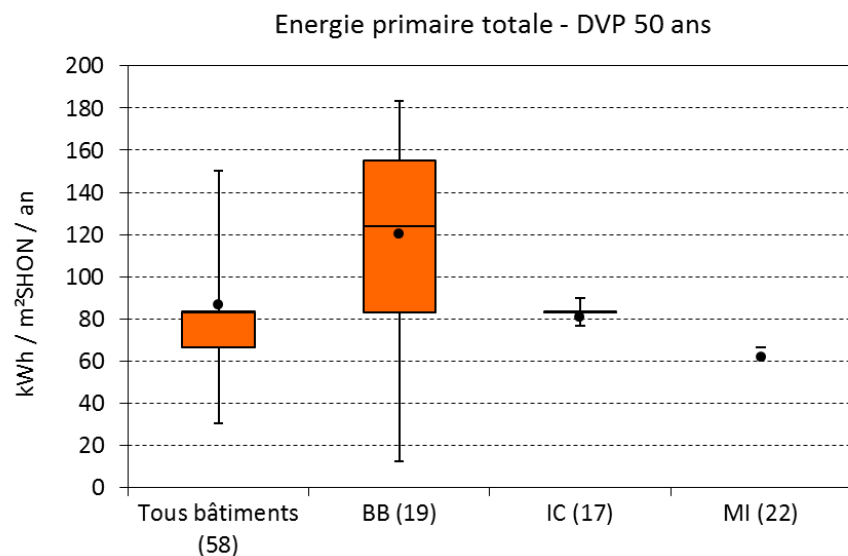


Figure 110 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale, puis l'énergie non renouvelable, puis l'énergie renouvelable et enfin l'indicateur de changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie liées à l'activité en fonction de la typologie des bâtiments

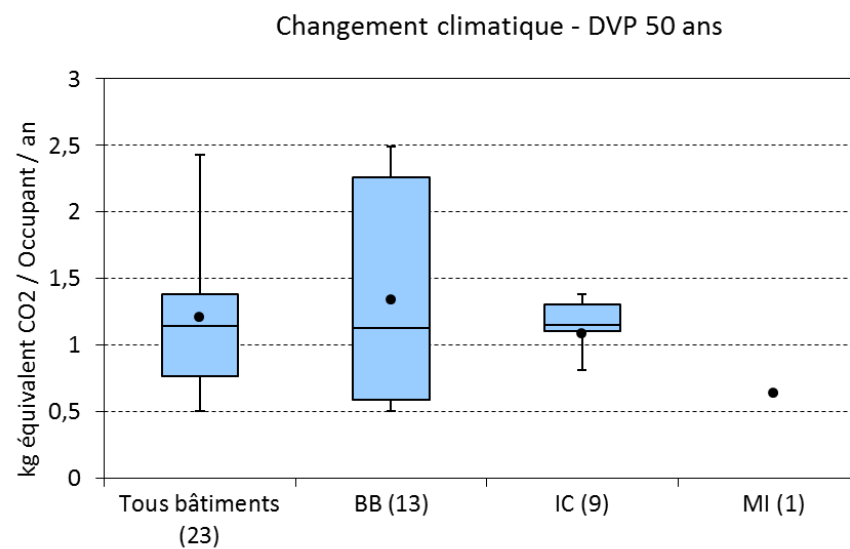
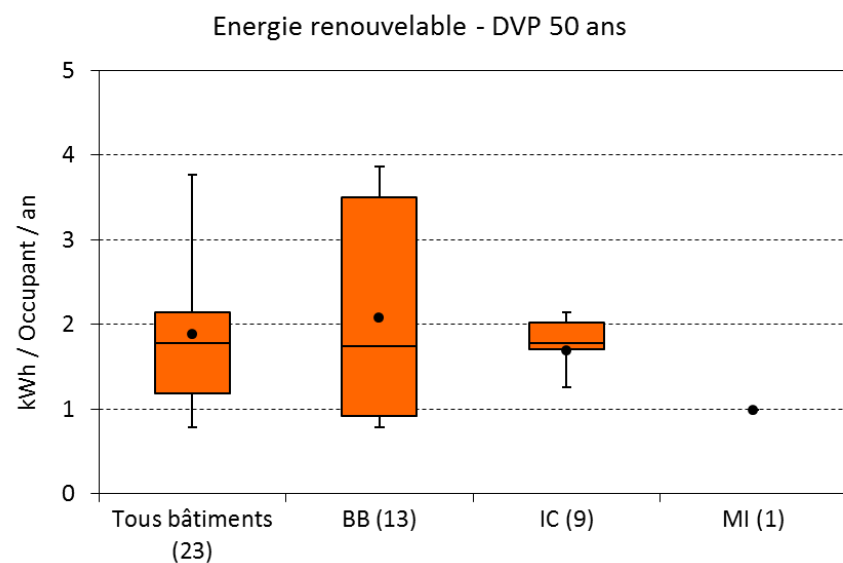
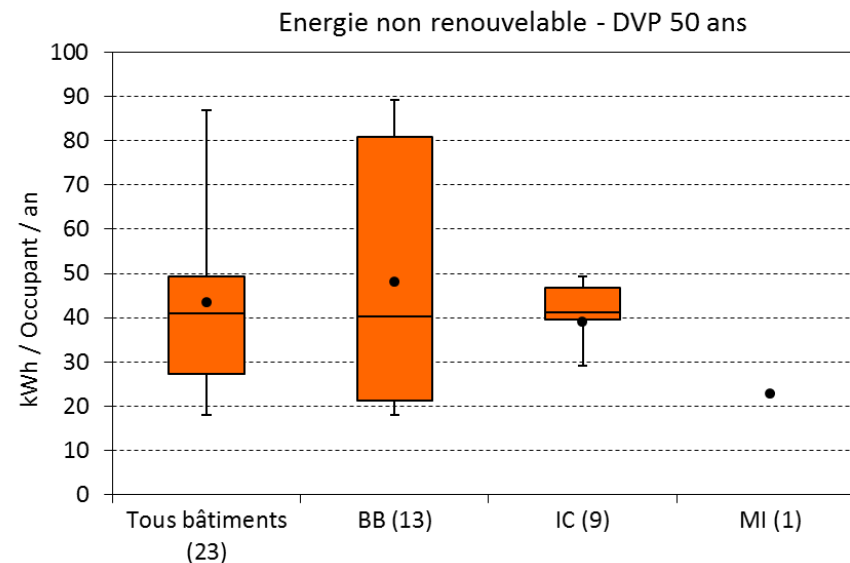
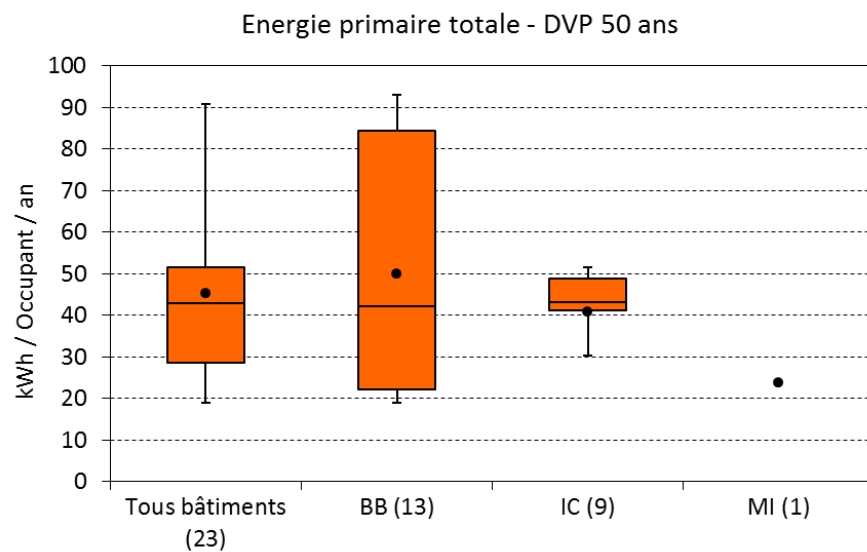


Figure 111 Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale, puis l'énergie non renouvelable, puis l'énergie renouvelable et enfin l'indicateur de changement climatique pour le contributeur consommations d'énergie liées à l'activité en fonction de la typologie des bâtiments (exprimés par personne)

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

7.1 AVERTISSEMENT

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	BB	IC	MI
A minima consommations d'eau renseignées	62	23	17	22
Echantillon initial	63	24	17	22

Tableau 38 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.
Pour rappel, voici les consignes données aux expérimentateurs si ceux-ci ne disposaient pas d'assez d'information pour effectuer un calcul estimatif des consommations et rejets d'eau.

Pour le test HQE Performance 2012 :

Les données conventionnelles retenues sont les suivantes :

- Pour les bâtiments résidentiels : 50 m³/personne/an
- Pour les bâtiments de bureaux :
100L/agent/ jour dans le cas d'un bâtiment de bureaux disposant d'une cantine et/ou d'une climatisation
30 L/agent/ jour dans les autres cas.

Les volumes de rejets sont estimés égaux aux consommations.

- 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.

7.2 VOLUMES D'EAU CONSOMMES ET REJETES

Le tableau et la figure suivante présentent les volumes d'eau consommés et les rejets par typologie de bâtiment. Les résultats sont exprimés en $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$ puis en $\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{SHON}}/\text{an}$.

Consommation d'eau, par typologie de bâtiment	BB	IC	MI
Moyenne, $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$	8	38	40
Médiane, $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$	8	41	34
Min, $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$	4	17	18
Max, $\text{m}^3/\text{personne}/\text{an}$	16	56	52
Moyenne, $\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{SHON}}/\text{an}$	0.43	1.2	0.90
Médiane, $\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{SHON}}/\text{an}$	0.45	1.2	0.80
Min, $\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{SHON}}/\text{an}$	0.10	0.3	0.5
Max, $\text{m}^3/\text{m}^2_{\text{SHON}}/\text{an}$	0.75	1.8	1.5

Tableau 39 : Valeurs de la consommation d'eau par m^2_{SHON} par an et par personne et par an

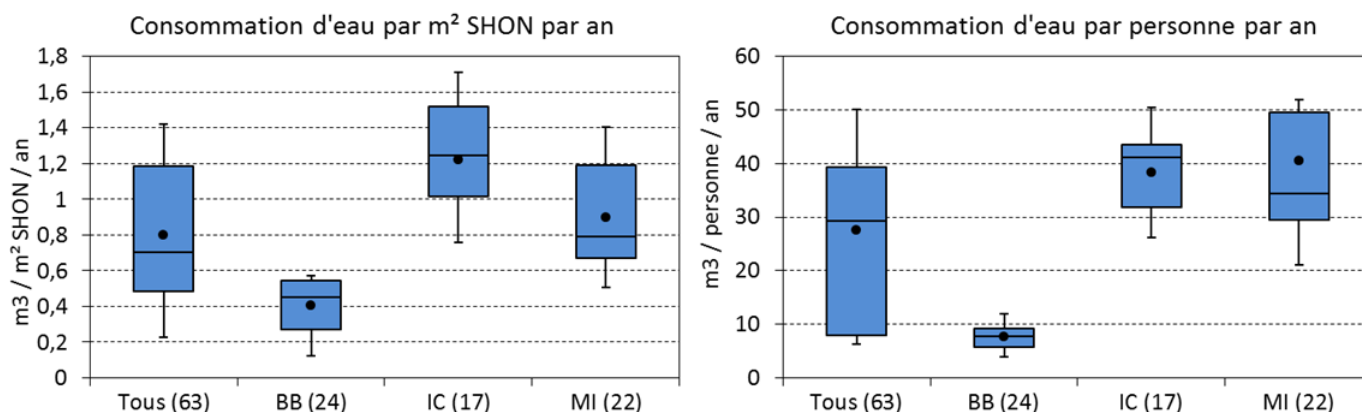


Figure 112 : Valeurs de la consommation d'eau par m^2_{SHON} par an et par personne par an en fonction de la typologie des bâtiments.

Au regard des figures précédentes, nous observons un dualisme entre bâtiments résidentiels et bâtiments de bureaux, quelle que soit l'unité choisie. La dispersion est la plus importante dans le cas des bâtiments résidentiels et les valeurs y sont plus élevées. La valeur *Toutes typologies confondues* représente deux cas très différents, une valeur *Bâtiment Résidentiels* d'une part, et *Bâtiments de bureaux* d'autre part serait sans doute plus pertinente.

Etude de la plausibilité des valeurs pour les maisons individuelles

En prenant en compte l'ensemble des résultats obtenus (i.e. 22 bâtiments modélisés), la valeur moyenne de consommation d'eau est de **40 m³/personne/an**. En excluant du calcul les valeurs minimale et maximale obtenues, i.e. 7 m³/an/personne, respectivement 150 m³/an/personne, la moyenne est de **37 m³/personne/an**. Les résultats sont compris entre 18 et 52 m³/personne/an. **Ces valeurs sont cohérentes avec les résultats issus d'une enquête sur la consommation d'eau, selon la facture** (pour 14 maisons individuelles : moyenne 32,9 ; min 20,0 ; max 46,0 m³/personne/an) [Schiopu, 2009].

La consommation d'eau exprimée par m² de SHON conduit à une moyenne de **0,90 m³/m²_{SHON}/an** pour l'ensemble des bâtiments modélisés. En excluant les valeurs minimale et maximale obtenues par personne, la moyenne est de **0,92 m³/m²_{SHON}/an**. Excepté la valeur de 0.1 m³/an/m² SHON pour la maison occupée que 2 mois par an, les résultats sont compris entre 0,5 et 1,5 m³/m²_{SHON}/an. **Ces valeurs sont cohérentes avec les résultats issus d'une enquête sur la consommation d'eau, selon la facture** (pour 14 maisons individuelles : moyenne 0,97 ; Min 0,35 ; Max 1,97 m³/an/personne) [Schiopu, 2009].

L'unité utilisée pour l'expression des résultats pour ce contributeur a une forte influence sur leur interprétation: la valeur maximale de consommation, selon l'unité choisie, n'est pas enregistrée pour le même bâtiment. En effet le maximum de 1,5 m³/m²_{SHON}/an est enregistré pour une valeur de 52 m³/personne/an, valeur qui est supérieure à la moyenne exprimée par personne mais cette valeur est loin de la valeur maximale de 150 m³/personne/an. A contrario, les 150 m³/personne/an correspondent à 1,2 m³/m²_{SHON}/an pour le bâtiment en question. **Le nombre d'occupant est le paramètre le plus influant sur les résultats** des consommations d'eau pendant la vie en œuvre d'un bâtiment (qui est l'étape la plus impactante pour ce contributeur sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment). Par conséquent, **en vue d'un benchmarking, l'expression des résultats en m³/an/personne est plus pertinente** (que celle par m³/m²_{SHON}/an).

Exemple :

Consommation d'eau facturée pour un logement occupé par 2 personne :: 60 m³/an, i.e. 30 m³/an/personne, soit une consommation légèrement inférieure à la moyenne des bâtiments modélisés dans cette étude (ainsi qu'à la consommation moyenne en France qui est de 137 L/jour/personne (i.e. 50 m³/an/personne) d'après les données CIEau [CIEau, en ligne])

- *cas 1) le logement fait 40 m² SHON, alors la consommation est de 1,5 m³/an/m²SHON, soit une valeur bien supérieure à la moyenne des bâtiments modélisés dans cette étude;*
- *cas 2) le logement fait 120 m² SHON alors la consommation est de 0.5 m³/an/m²SHON, soit une valeur bien inférieure à la moyenne des bâtiments modélisés dans cette étude ;*

Pour une même consommation d'eau, dans le cas d'un benchmarking, le bâtiment se voit pénalisé pour le premier cas si on exprime les résultats par m²/SHON (on peut même parler de « double peine » car pour ce premier cas il s'agit d'un faible ratio surface / occupant).

Etude de la plausibilité des valeurs pour les immeubles collectifs

En prenant en compte l'ensemble des résultats obtenus (i.e. 17 bâtiments modélisés), la valeur moyenne de consommation d'eau est de **38 m³/an/personne**. On constate une consommation légèrement inférieure au cas des MI. Les résultats sont compris entre 17 et 56 m³/an/personne. **Ces valeurs sont cohérentes avec les résultats issus d'une enquête sur la consommation d'eau, selon la facture** (pour 9 logements dans immeubles collectifs : moyenne 32,6; min 20,0 ; max 44,0 m³/an/personne) [Schiopu, 2009].

Etude de la plausibilité des valeurs pour les bâtiments de bureaux

Sur les 24 bâtiments modélisés, les résultats d'un bâtiment ne sont pas exploitables (valeurs nulles pour tous les indicateurs) ; 23 bâtiments ont été pris en compte dans l'analyse. La valeur moyenne de consommation d'eau est de **8 m³/an/personne**. Les résultats sont compris entre 4 et 16 m³/an/personne.

Selon le Centre d'Information sur l'Eau [CIEAU, 2009b], en France les consommations moyennes au travail sont de l'ordre de 100 L/jour/employé. Selon l'Agence de l'Eau Loire – Bretagne, citée dans un guide de l'EPBV [EPBV, 2009], les consommations d'eau dans les bâtiments administratifs (bureaux) sont de 10 à 30 L/jour/employé. Selon Suez Environnement/Lyonnaise des Eaux [Lyonnaise des Eaux, en ligne], la consommation d'eau dans les bâtiments de bureaux est estimée entre 10 et 30 litres par jour par employé dans les structures les moins équipées et jusqu'à 225 L/ jour/employé, pour un établissement de bureaux climatisé et s'il dispose d'une cantine. Une étude CSTB [2004], fournit les valeurs suivantes: consommations de 20 à 30 L/ jour/employé et restauration : proche des 8L par jour et par convive. Nous pouvons constater que les valeurs trouvées dans la bibliographie sont très variables, bien évidemment en fonction des équipements consommateurs d'eau et du comportement des usagers mais aussi des consommations prises en compte pour obtenir ces valeurs. Cependant, les valeurs les plus courantes sont d'environ **30 L/jour/employé, i.e. 6 à 7 m³/an/employé**.

Les valeurs obtenues dans cette étude sont cohérentes avec les résultats les plus courants dans la littérature.

Ainsi, pour chacune des typologies, les valeurs des consommations d'eau considérées pour les calculs d'impacts sont cohérentes.

7.3 USAGE DES DECLARATIONS ENVIRONNEMENTALES DE SERVICE

Les données affectées aux consommations d'eau sont :

- des données issues de la base de données EcoInvent (« tap water ») qui ont été retraitées avec des outils internes pour mettre en conformité celles-ci avec le format d'affichage de la norme NF P01-010.

Les données affectées aux rejets d'eau sont :

- pour les bâtiments raccordés au réseau : des données issues de la base de données EcoInvent qui ont été retraitées avec des outils internes pour mettre en conformité celles-ci avec les exigences des normes françaises.

- pour les bâtiments équipés d'un système d'assainissement autonome pour le traitement des eaux usées domestiques : une DES réalisée par le CSTB pour le DES pour le traitement d'un mètre-cube d'eaux usées domestiques via un système d'assainissement autonome (DES ANC).

Représentativité géographique des données environnementales :

- Pour les données issues d'EcolInvent : Les analyses de cycle de vie du traitement des eaux usées et de la potabilisation ont été réalisées pour des systèmes suisses. Les impacts du mix d'électricité française ont été substitués à ceux de l'électricité suisse.
- Pour la DES relative au système d'assainissement non collectif, il s'agit d'une donnée moyenne, établie sur la situation en France (épandage à faible profondeur, majoritairement utilisé en France).

Cohérence de l'usage des données environnementales :

En 2008, environ 5 millions de logements étaient équipés d'installations d'assainissement autonome en France métropolitaine, soit un taux d'équipement de 15 % du parc français (MEDDTL, 2011). Notre échantillon est relativement peu représentatif, le pourcentage d'opération pour l'assainissement non collectif étant élevé.

7.4 RESULTATS PAR INDICATEUR A L'ECHELLE DU CONTRIBUTEUR

Pour l'étude de ce contributeur, contrairement au contributeur « produits et équipements », il n'y a pas lieu de distinguer les résultats selon que la DVT vaut 50 ou 100 ans, étant donné que les consommations d'eau et les données environnementales sont considérées comme identiques tout au long du cycle de vie.

Sont reportés dans le corps du rapport, les résultats pour l'indicateur Energie primaire totale (le contributeur Eau est considéré comme ayant une influence négligeable à l'échelle du bâtiment, voir partie B-3), l'indicateur consommation d'eau et déchets dangereux (pour lesquels les influences du contributeur Eau sont considérées comme élevées). Le reste des indicateurs est présenté en Annexe 11.

7.4.1 INDICATEUR CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

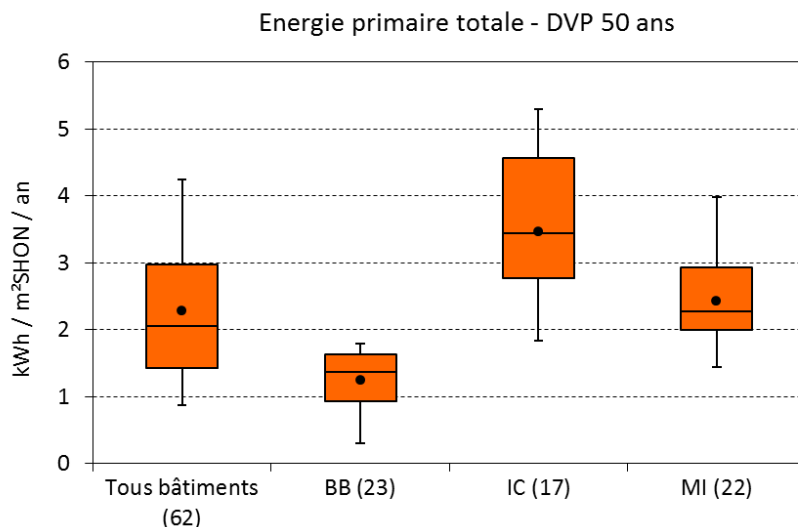


Figure 113 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par m²SHON.

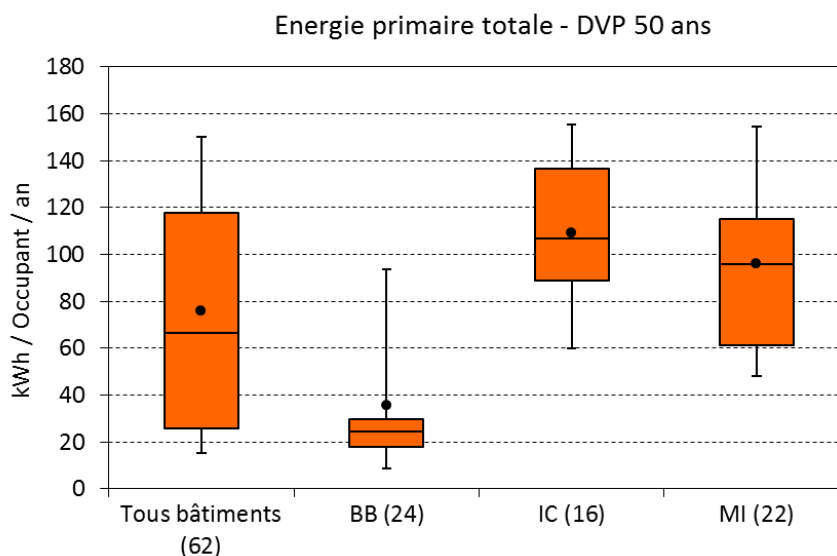


Figure 114 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par occupant.

Le contributeur Consommation d'eau, pour l'indicateur **énergie primaire totale**, représente :

- **2.1 kWh/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [1.4 – 3.0]
 - **1.4 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [0.9 – 1.6].
 - **3.4 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [2.8 – 4.6]
 - **2.3 kWh/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [2.0 – 2.9]

Soit :

- **24.5 kWh/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [18-29.5]
- **106.9 kWh/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [88.7-136.7]
- **95.9 kWh/personne/an** pour les **maisons individuelles** [61.3 - 115.0]

7.4.2 INDICATEUR CONSOMMATION D'EAU

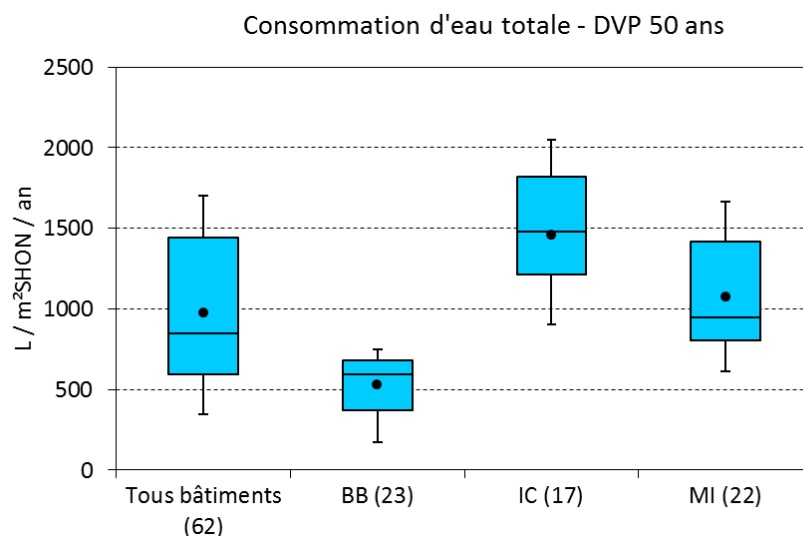


Figure 115 : Boxplots représentant l'indicateur consommations d'eau pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par m²SHON.

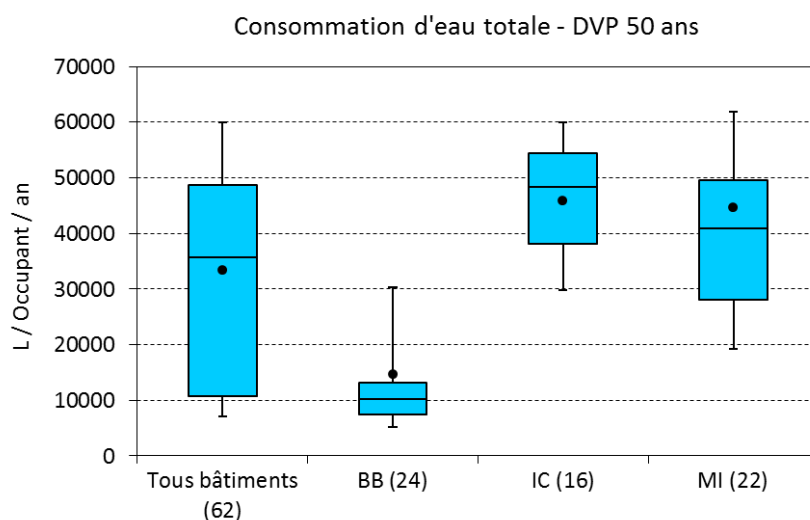


Figure 116 : Boxplots représentant l'indicateur consommations d'eau pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par occupant.

Le contributeur Consommation d'eau, pour l'indicateur **consommation d'eau**, représente :

- **846.6 L/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [595.7 – 1441.4]
 - **593.1 L /m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [370.3 – 679.9]
 - **1480.9 L/m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [1212.8– 1822.4]
 - **945.1 L/m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [804.9 – 1415.7]

Soit :

- **10.2 m³/personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [7.4 -13.2]
- **48.3 m³/personne/an** pour les **immeubles collectifs** [38 - 54.5]
- **40.9 m³/personne/an** pour les **maisons individuelles** [28.1 – 49.6]

7.4.3 INDICATEUR DECHETS DANGEREUX

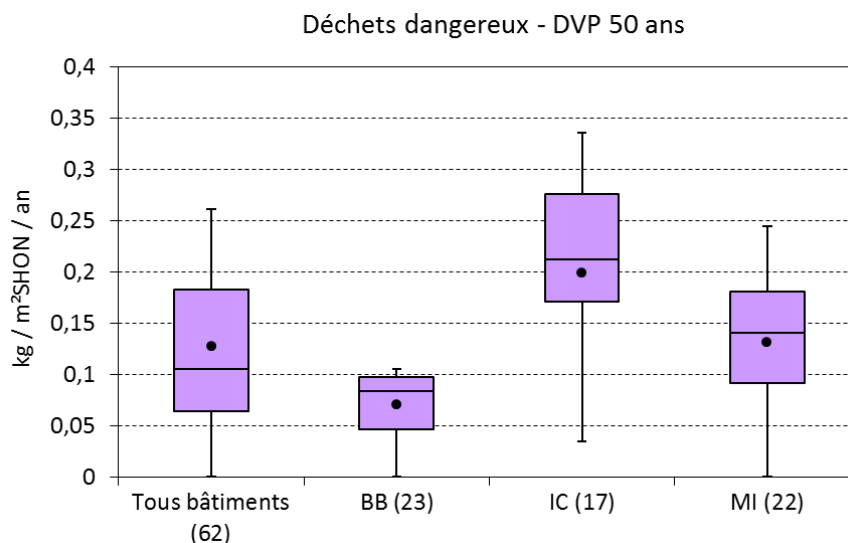


Figure 117 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par m²SHON.

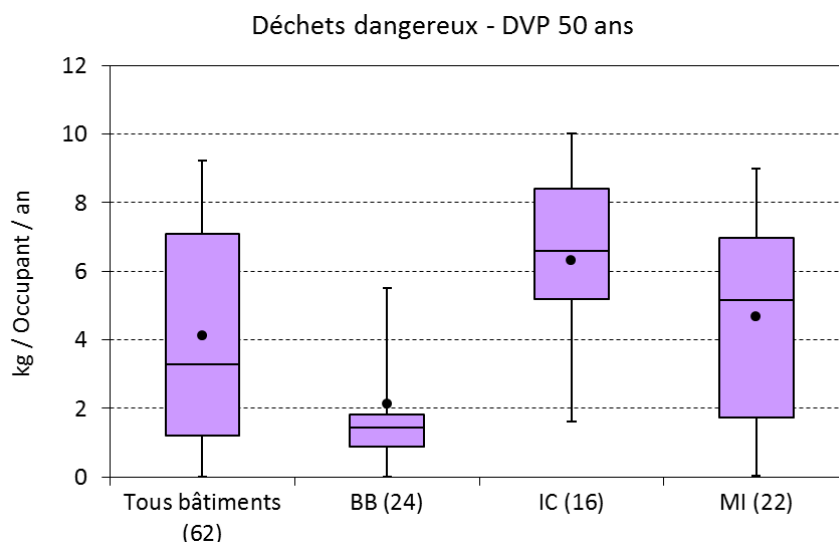


Figure 118 : Boxplots représentant l'indicateur déchets dangereux pour le contributeur consommations d'eau en fonction de la typologie des bâtiments par occupant.

Le contributeur Consommation d'eau, pour l'indicateur **Déchets dangereux**, représente :

- **0.10 kg/m²_{SHON}/an** toutes typologies confondues [0.06 – 0.18]
 - **0.08 kg/m²_{SHON}/an** pour les bâtiments de **bureaux** [0.05 – 0.10]
 - **0.21 kg /m²_{SHON}/an** pour les **immeubles collectifs** [0.17– 0.28]
 - **0.14 kg /m²_{SHON}/an** pour les **maisons individuelles** [0.09 – 0.18]

Soit :

- **1.4 kg /personne/an** pour les bâtiments de **bureaux** [0.9 -1.8]
- **6.6 kg /personne/an** pour les **immeubles collectifs** [5.2 – 8.4]
- **5.1 kg /personne/an** pour les **maisons individuelles** [1.7 – 7.0]

Au regard des suppositions d'erreur d'affectation des DES *Assainissement* notamment pour les BB (voir 7.3), il est probable que les indicateurs d'impacts soient minimisés pour les IC et très fortement minimisés pour les BB au regard des données environnementales disponibles.

Entre 2010 et 2012, les chiffres ont fortement diminué : la médiane a diminué de 55% pour les BB, de 16% pour les IC, de 65% pour les MI et la médiane *Toutes typologies* a diminué de 63%. Ces différences s'expliquent partiellement par la possibilité d'affecter des DES Assainissement Non Collectif qui n'existaient pas lors de la première expérimentation.

Eléments sur les données environnementales :

Pour les données issues d'EcoInvent : Les réglementations de traitement des déchets ne sont pas harmonisées entre la France et la Suisse. En Suisse, jusqu'en 2000, les boues de station d'épurations étaient traitées 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 considère les boues comme des déchets dangereux. La non-représentativité géographique des données n'explique donc pas cette particularité.

7.5 L'ESSENTIEL

La consommation d'eau pendant la vie en œuvre est un contributeur peu influent sur l'indicateur d'énergie primaire totale. Il représente seulement 2 kWh/m²_{SHON}/an ou plus précisément environ 100 kWh/personne/an pour les bâtiments résidentiels et 25 kWh/personne/an pour les bâtiments de bureaux.

Pour l'indicateur de consommation d'eau, sans surprise, le contributeur Consommations et Rejets d'Eau est le plus important à l'échelle du bâtiment. Il représente de **40 à 48 m³/personne/an pour les bâtiments résidentiels** (respectivement MI et IC) et environ **10 m³/personne/an pour les bâtiments de bureaux**¹.

Pour l'indicateur Déchets Dangereux, le contributeur Consommations et Rejets d'Eau est fortement impactant à l'échelle du bâtiment. Il représente de 5 à 7 kg/personne/an pour les bâtiments résidentiels (respectivement MI et IC) et environ **1.5 kg/personne/an pour les bâtiments de bureaux**. Pour cet indicateur, les chiffres ont beaucoup évolué entre les expérimentations 2010 et 2012. Ces évolutions sont notamment liées aux données environnementales. Ainsi, il serait pertinent de comparer ces chiffres à des études tierces.

Pour améliorer notre connaissance de ce contributeur, nous aurions besoin de :

¹ Attention, ces chiffres sous-estiment fortement les pertes des réseaux de distribution (souvent évalués à 5% alors qu'un réseau considéré comme bon a un taux de perte proche de 40%).

- Distinguer les consommations d'eau relatives aux usages des occupants (et dépendant de la fonctionnalité du bâtiment) de celles relatives à l'entretien du bâtiment.
- 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 mieux adaptées au contexte français.

8. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR CHANTIER

L'analyse du contributeur Chantier est altérée par une collecte difficile des données relatives au chantier par les expérimentateurs. En effet, les données de consommations d'énergie et d'eau, ou celles concernant les déchets et les déplacements liés au chantier sont rarement facilement accessibles aux modélisateurs.

Cependant, lors de cette expérimentation, le renseignement dans ELODIE d'une partie contributeur Chantier a été favorisé par la mise en place d'un assistant à l'évaluation des impacts liés aux activités de terrassement. Cet assistant permet d'estimer les consommations de carburant, les transports et les quantités de déchets induites par le terrassement, à partir des données de volumes de terres excavées, apportées et évacuées.

Contrairement à la première expérimentation, la majorité des projets a ainsi pu, a minima, renseigner les impacts liés aux activités de terrassement du chantier. Pour un certain nombre de projets, d'autres informations ont pu être renseignées concernant l'immobilisation d'engins, les consommations et rejets d'eau, les consommations d'énergie de la vie de chantier...

Nombre de bâtiments maximum pour lesquels les informations sont disponibles, par typologie	Total	BB	IC	MI
Contributeur chantier renseigné	49 (78%)	18 (75%)	16 (94%)	15 (68%)
<i>Echantillon initial</i>	63	24	17	22

Tableau 40 Echantillon considéré pour l'étude du contributeur chantier.

8.1 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE TOTALE

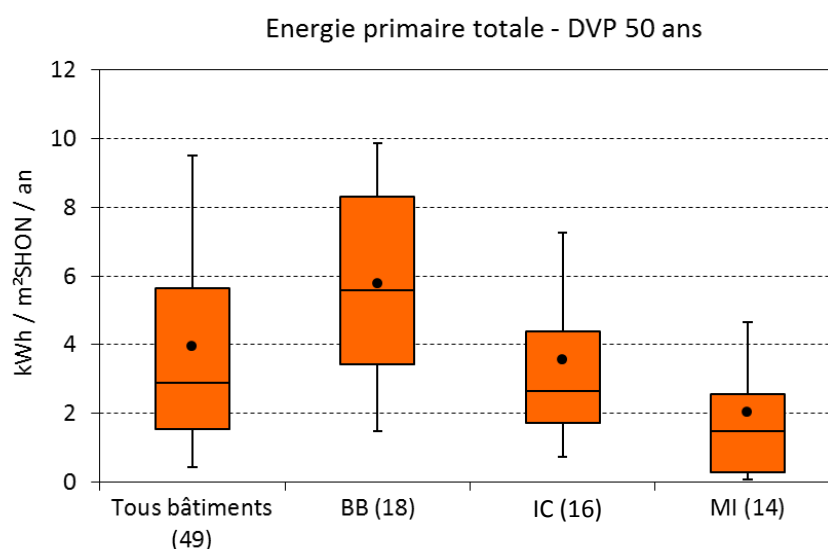


Figure 119 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur chantier en fonction de la typologie des bâtiments pour une DVP de 50 ans.

8.2 INDICATEUR ENERGIE PRIMAIRE NON RENOUVELABLE

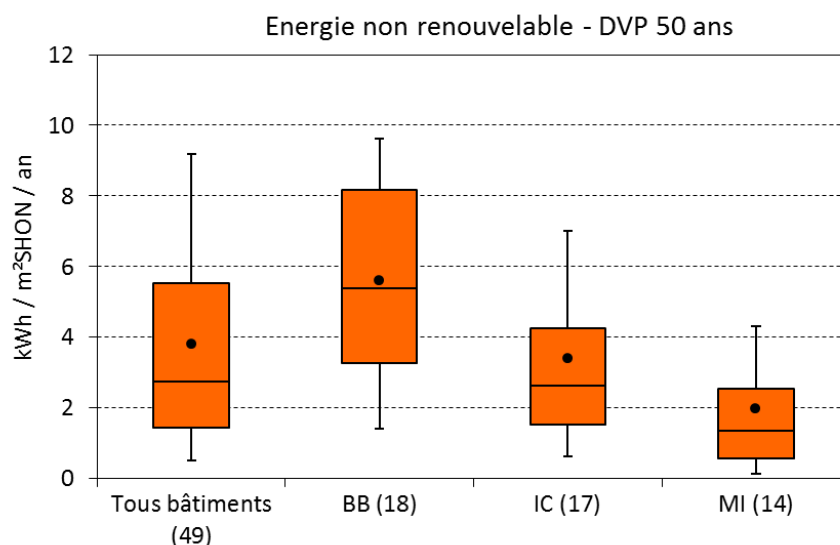


Figure 120 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire non renouvelable pour le contributeur chantier en fonction de la typologie des bâtiments pour une DVP de 50 ans

8.3 INDICATEUR CHANGEMENT CLIMATIQUE

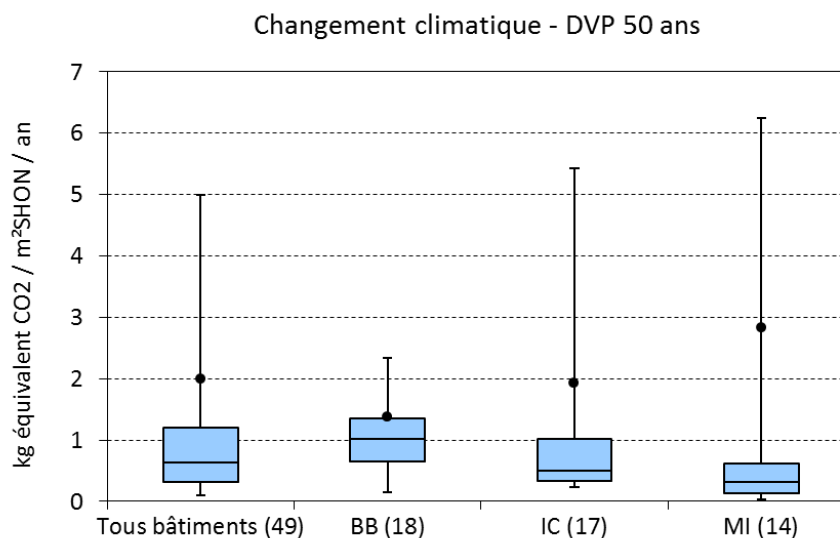


Figure 121 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur chantier en fonction de la typologie des bâtiments pour une DVP de 50 ans.

8.4 INDICATEUR DÉCHETS INERTES

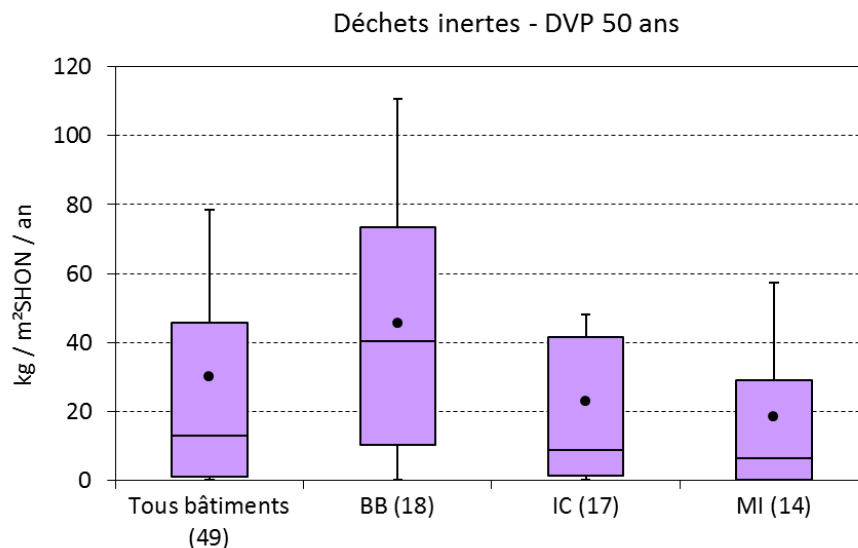


Figure 122 : Boxplots représentant l'indicateur déchets inertes pour le contributeur chantier en fonction de la typologie des bâtiments pour une DVP de 50 ans.

8.5 INDICATEUR CONSOMMATION D'EAU TOTALE

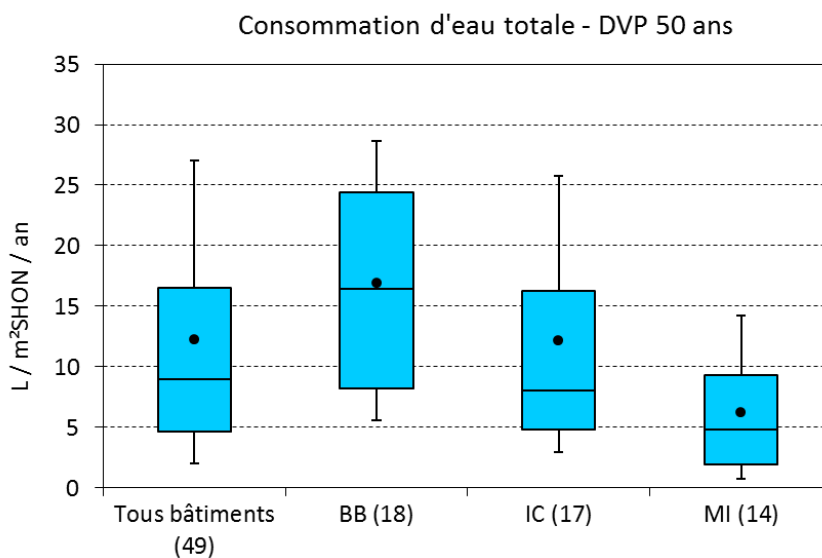


Figure 123 : Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau totale pour le contributeur chantier en fonction de la typologie des bâtiments pour une DVP de 50 ans.

8.6 L'ESSENTIEL

Les figures précédentes présentent le poids du contributeur chantier suivant différents indicateurs environnementaux. Pour toutes les typologies confondues et pour une DVP de 50 ans, le chantier représente environ :

- 3 kWh d'énergie primaire non renouvelable/m²_{SHON}/an, représentant la quasi-totalité de l'énergie primaire totale,
- 1 kg équivalent CO₂/m²_{SHON}/an,
- 9 L d'eau consommée/m²_{SHON}/an,

Pour ces indicateurs, l'influence du chantier à l'échelle du bâtiment est très minime.

Par contre, le chantier est contributeur d'une très grande part de l'indicateur déchets inertes :

- 13 kg de déchets inertes/m²_{SHON}/an environ, toutes typologies confondues.

Pour l'ensemble des indicateurs, on remarque une incidence plus forte du contributeur chantier pour la typologie Bâtiments de bureaux que pour les immeubles collectifs. Les impacts environnementaux du chantier semblent toujours moins importants pour la typologie Maison individuelle.

Cependant, l'analyse des impacts environnementaux liés au contributeur chantier présente des limites. Bien souvent, l'évaluation du chantier de construction s'est faite uniquement au travers du terrassement grâce à l'assistant mis à disposition par l'outil ELODIE. Cet assistant propose à l'expérimentateur des scénarii par défaut, notamment, pour le traitement des déchets du terrassement (terres évacuées). Ces scénarii ont rarement fait l'objet de paramétrages spécifiques à chaque projet. Peu d'informations complémentaires sur la vie du chantier et l'usage d'engins ont été recueillies. Il serait donc intéressant de consolider ces premiers chiffres.

Par ailleurs, seule la phase relative au chantier de construction des bâtiments a été considérée, même partiellement ici. Conformément aux Règles d'application HQE Performance, ni les chantiers liés aux éventuelles réhabilitations, ni ceux relatifs aux phases de fin de vie des bâtiments n'ont fait l'objet d'une analyse spécifique de leurs impacts environnementaux (au-delà de la gestion de la fin de vie des produits et équipements aux travers des PEP et FDES).

La sensibilité à la période d'étude des indicateurs du contributeur Chantier n'est pas étudiée en détail ici. En effet, la phase Chantier étant un évènement ponctuel du cycle de vie du bâtiment, ses impacts environnementaux exprimés par annuité seront divisés par 2 si la durée de vie programmée du bâtiment est considérée à 100 ans au lieu de 50.

9. RESULTATS POUR LE CONTRIBUTEUR DEPLACEMENT DES OCCUPANTS

Bien que considéré comme obligatoire, ce contributeur n'a été renseigné que pour 87% des bâtiments.

Nombre de bâtiments maximum pour lesquels les informations sont disponibles, par typologie	Total	BB	IC	MI
Contributeur déplacement renseigné	55 (87%)	21 (88%)	14 (82%)	20 (90%)
<i>Echantillon initial</i>	63	24	17	22

Tableau 41 Echantillon considéré pour l'étude du contributeur déplacement.

9.1 ANALYSE GLOBALE DES SEPT CONTRIBUTEURS

Ce paragraphe présente les impacts globaux des bâtiments lorsque le contributeur « déplacement des occupants » est pris en compte dans le périmètre de l'étude. Sont alors considérés les sept contributeurs suivants :

- Consommations et production d'énergie liées au bâti
 - o couvertes par la réglementation thermique
 - o hors RT
- Consommations d'énergie liées à l'activité
- Produits et équipements
- Chantiers
- Consommation et rejets d'eau
- Déplacement des occupants

Les figures ci-après présentent la part relative du contributeur Déplacement à l'échelle du bâtiment pour les différents indicateurs environnementaux. En gris sont représentés les 6 autres contributeurs, sans distinctions.

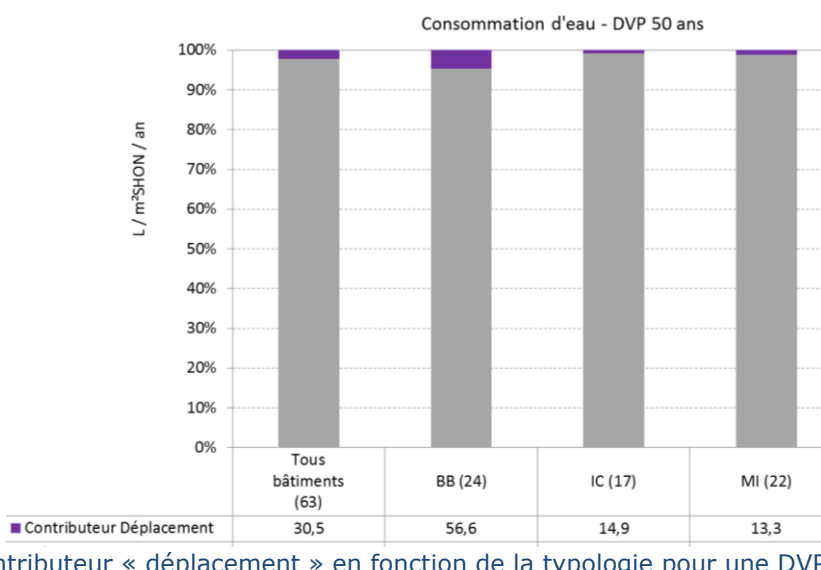
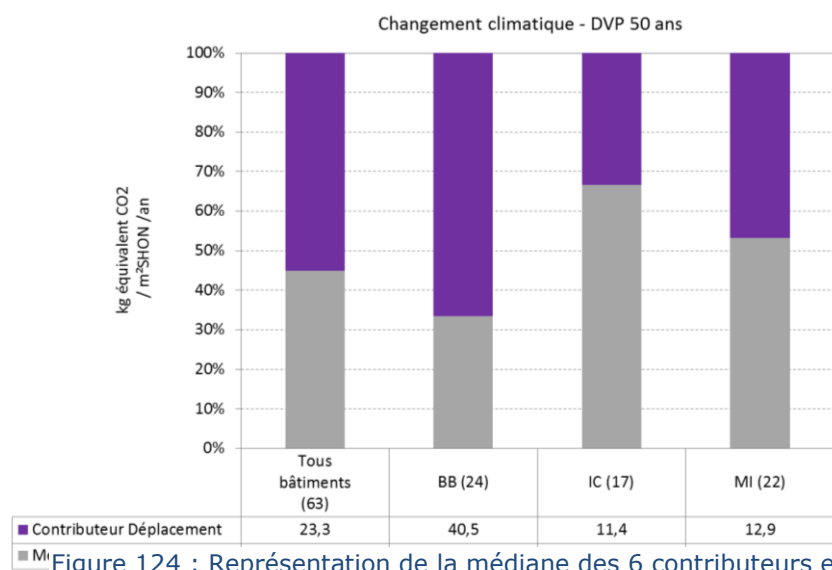
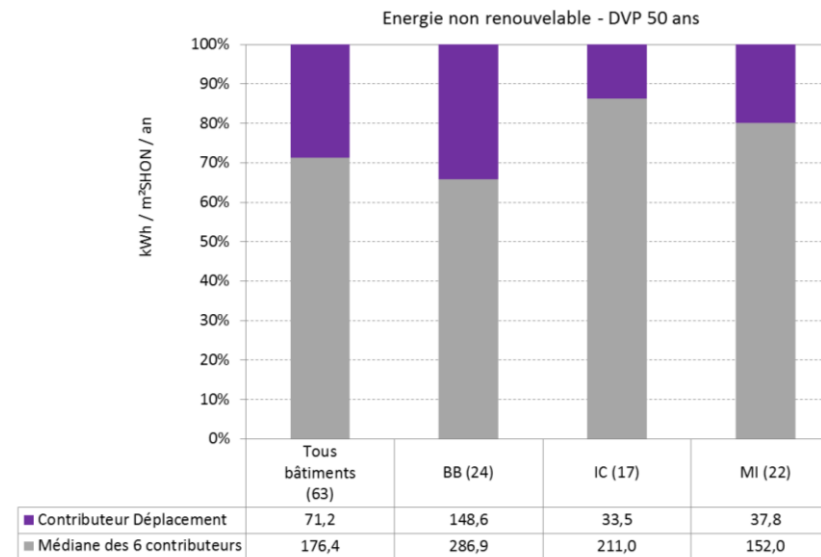
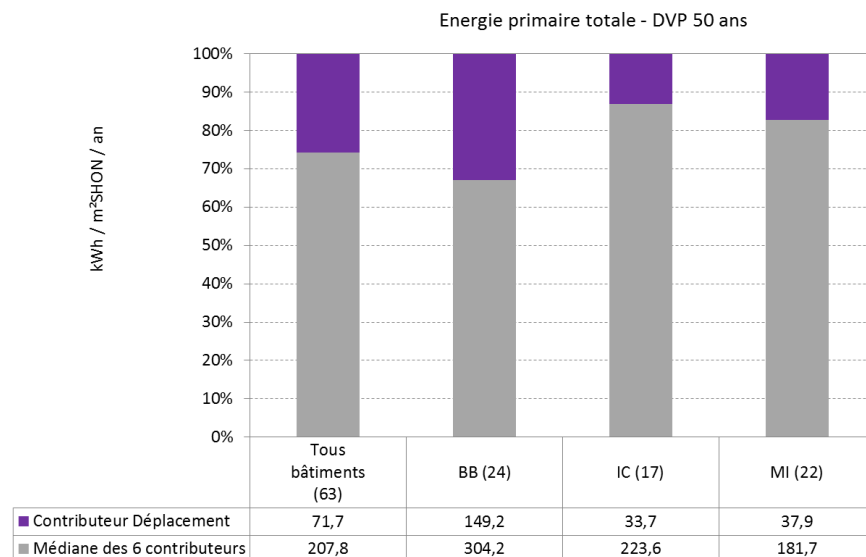


Figure 124 : Représentation de la médiane des 6 contributeurs et la médiane du contributeur « déplacement » en fonction de la typologie pour une DVP de 50 ans. Pour les indicateurs suivants : énergie primaire totale (kWh/m²shon/an), énergie non renouvelable (kWh/m²shon/an), changement climatique (kg équivalent CO2/m²shon/an) et consommation d'eau (L/m²shon/an).

Les figures ci-dessus démontrent l'importance du contributeur Déplacement lors de l'analyse globale de tous les contributeurs à l'échelle du bâtiment sur la plupart des indicateurs environnementaux. En effet, toutes typologies confondues, les déplacements des usagers du bâtiment représentent :

- 25 % de l'indicateur Energie primaire totale
- 29 % de l'indicateur Energie primaire non renouvelable
- 55 % de l'indicateur Changement climatique
- 2 % de l'indicateur Consommation d'eau

9.2 DISTANCES CUMULEES

Les distances parcourues par les usagers lors de la vie en œuvre du bâtiment – pour les déplacements de la mobilité quotidienne- ont été calculées à partir de l'outil Effinergie-Ecomobilité (www.effinergie-ecomobilite.fr). Ce simulateur permet d'estimer les déplacements des utilisateurs à partir d'informations spécifiques au bâtiment comme le contexte urbain, le nombre d'occupants, les aménagements spéciaux...

Suivant le mode de transport, les distances parcourues représentent environ :

- Déplacements en voiture :
 - o 3140 km/occupant/an pour les maisons individuelles
 - o 1675 km/occupant/an pour les immeubles collectifs
 - o 3787 km/occupant/an pour les bâtiments de bureaux
- Déplacements en transport en commun :
 - o 300 km/occupant/an pour les maisons individuelles
 - o 440 km/occupant/an pour les immeubles collectifs
 - o 1450 km/occupant/an pour les bâtiments de bureaux
- Déplacements en modes « doux » :
 - o 270 km/occupant/an pour les maisons individuelles
 - o 210 km/occupant/an pour les immeubles collectifs
 - o 150 km/occupant/an pour les bâtiments de bureaux

9.3 RESULTATS PAR INDICATEUR

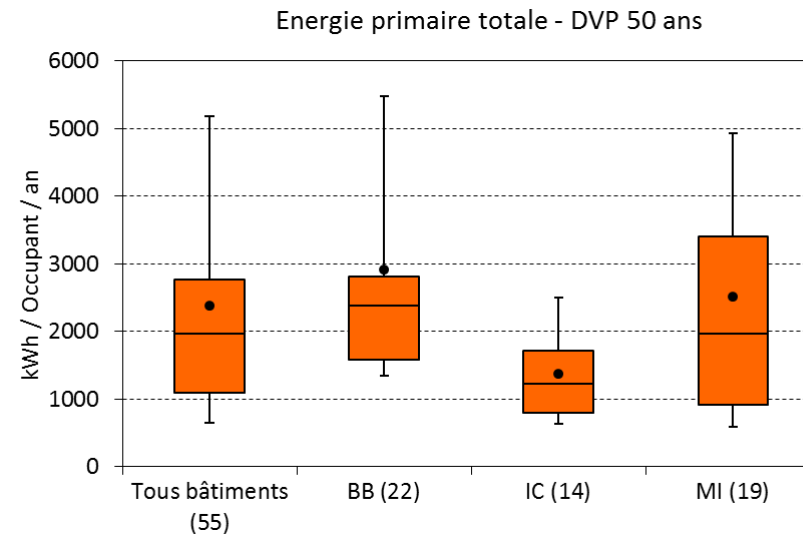
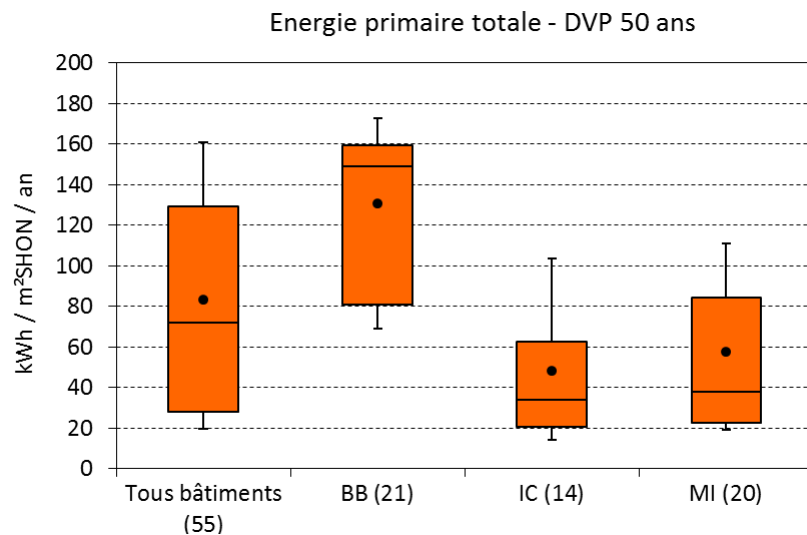


Figure 125 : Boxplots représentant l'indicateur énergie primaire totale pour le contributeur déplacement en fonction de la typologie des bâtiments, par m² de SHON puis par occupant.

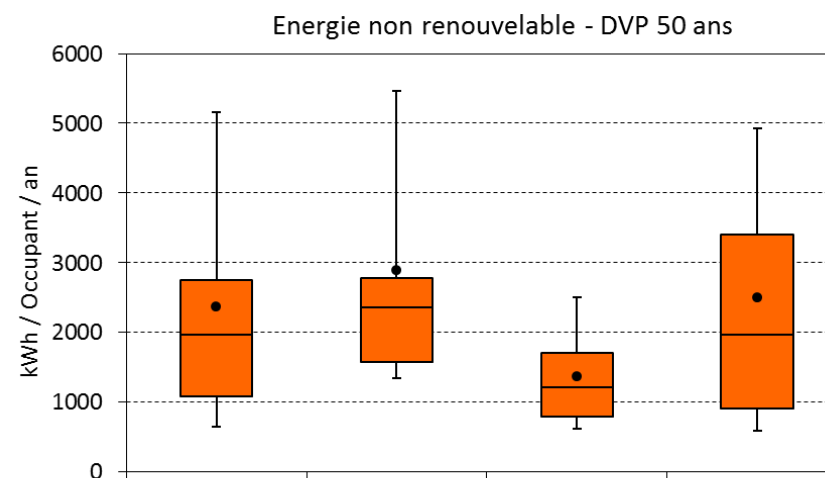
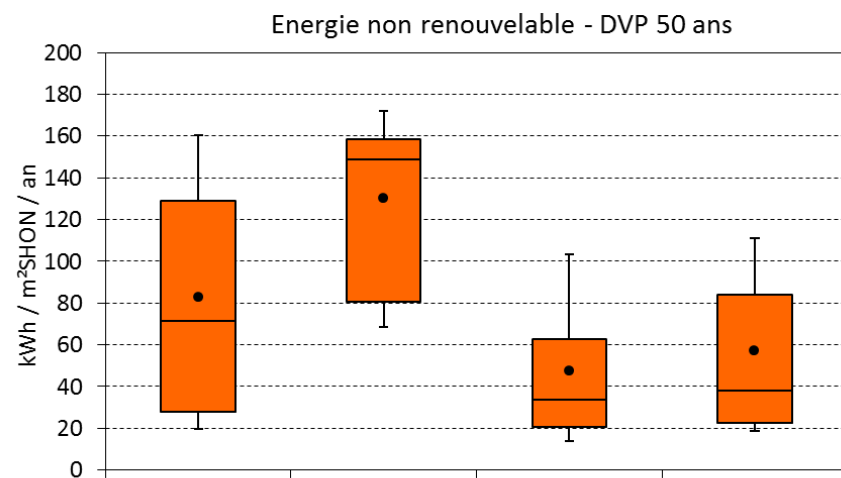


Figure 126 Boxplots représentant l'indicateur énergie non renouvelable pour le contributeur déplacement en fonction de la typologie des bâtiments par m²SHON.

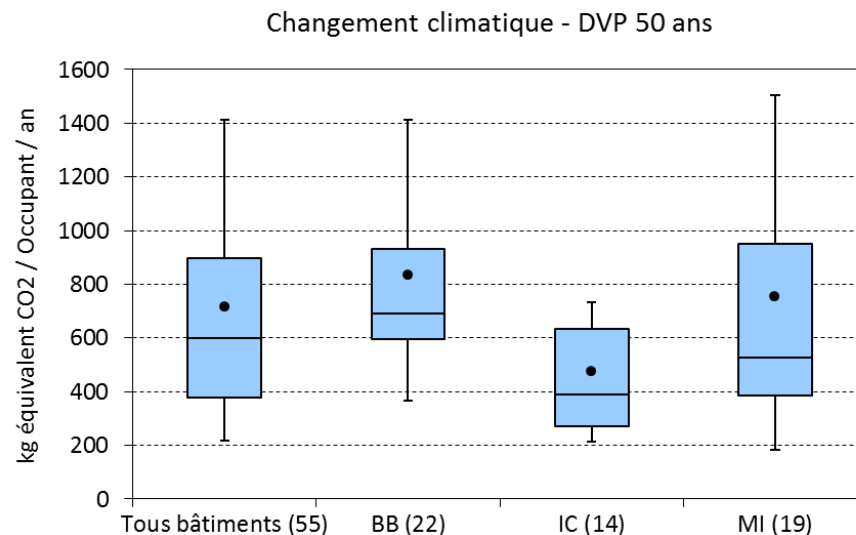
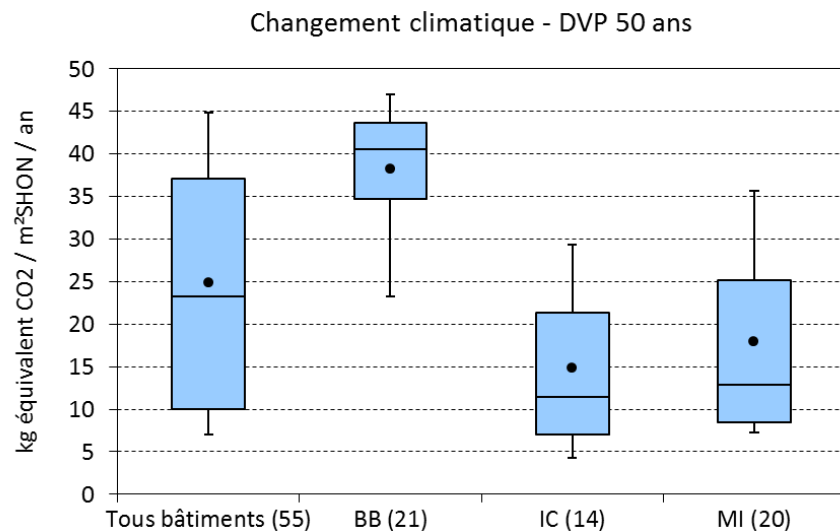


Figure 128 : Boxplots représentant l'indicateur changement climatique pour le contributeur déplacement en fonction de la typologie des bâtiments par m²SHON, puis par occupant.

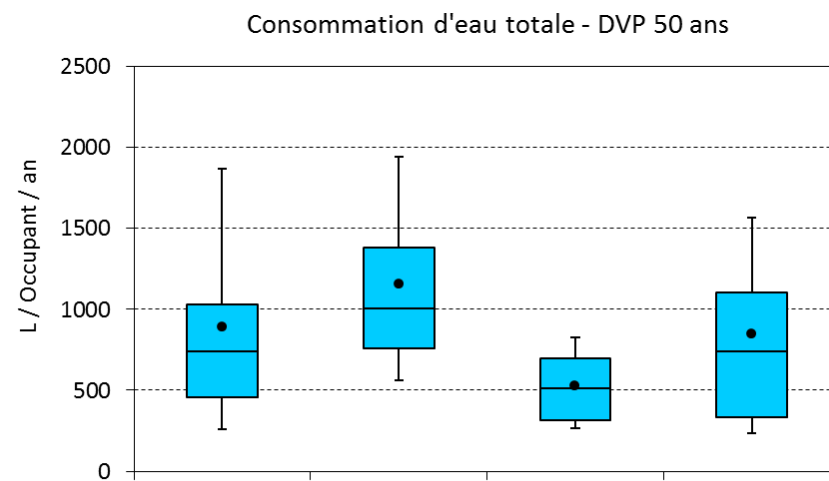
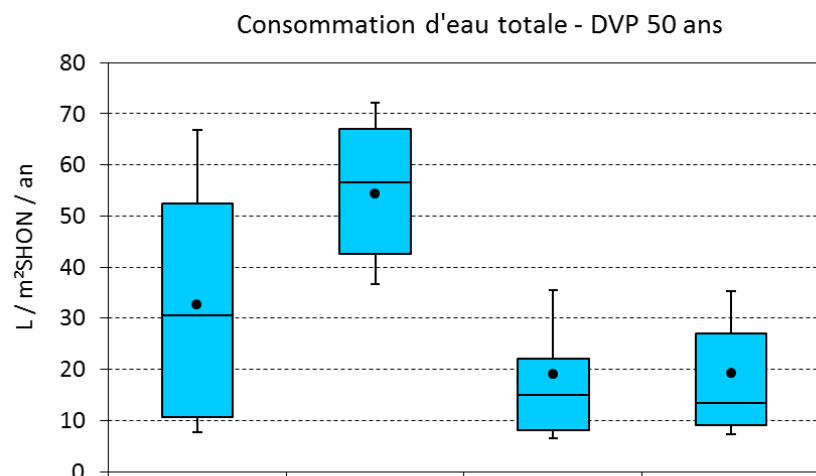


Figure 127 : Boxplots représentant l'indicateur consommation d'eau pour le contributeur déplacement en fonction de la typologie des bâtiments par m² de SHON, puis par occupant.

9.4 L'ESSENTIEL

Les figures ci-dessus présentent les indicateurs environnementaux liés aux déplacements des usagers du bâtiment :

- Pour l'indicateur Energie primaire totale, (en quasi-totalité de l'Energie primaire non renouvelable) :
 - 2000 kWh/occupant/an toutes typologies confondues
- Pour l'indicateur Changement climatique :
 - 600 kg équivalent CO₂/occupant/an toutes typologies confondues
- Pour l'indicateur Consommation d'eau totale :
 - 750 L/occupant/an toutes typologies confondues

Ces figures montrent clairement que l'interprétation peut être assez différente selon que l'on exprime les résultats par m² de SHON ou par habitant. On observe en effet sur ces figures que les impacts liés aux déplacements des usagers, rapportés à la surface, augmentent pour les bâtiments de bureaux car la densité d'usagers est plus importante, relativement aux autres typologies.

L'étude démontre, s'il en était encore besoin que les déplacements des occupants d'un bâtiment ont un impact important au regard des impacts liés au bâti. C'est sur l'indicateur de changement climatique que cette contribution est la plus forte (55%).

Par contre, en absence d'interprétation des résultats par type de localisation, il est difficile de tirer des conclusions en termes d'aide au choix pour la réduction des impacts environnementaux.

Durant cette étude, il n'a pas été possible d'étudier l'influence des facteurs liés au bâti sur ce contributeur.

10. ANALYSES COMPLEMENTAIRES POUR LES CONTRIBUTEURS « PRODUITS ET EQUIPEMENTS », « ENERGIE POSTE RT », ET « CONSOMMATION D'EAU »

Jusqu'à présent, nous avons distingué les échantillons par typologie d'usage du bâtiment (maisons individuelles, logements collectifs, bâtiments de bureaux), en considérant *a priori* que celle-ci était de fait un caractère distinctif pour les résultats. De même, nous avons présenté les résultats en comparant les typologies au sein de chaque graphique ou boxplot.

Dans cette partie, nous présentons des résultats complémentaires pour approfondir l'analyse au sein de chaque typologie. Nous nous limiterons à l'analyse de l'influence sur les indicateurs d'énergie primaire non renouvelable et changement climatique des paramètres suivants : système constructif, zone climatique et vecteur énergétique pour le poste RT chauffage.

Les résultats sont présentés pour l'échantillon complet (2010-2011 + 2012-2013) pour une période d'étude de référence de 50 ans.

Pour chaque typologie, sont présentées :

- Les nuages de points représentant les zones climatiques et les vecteurs énergétiques du poste RT chauffage en fonction des indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » et « consommation d'énergie poste RT »)
- Les boxplots pour le périmètre d'étude limité aux 3 contributeurs « produits et équipements », « consommation d'énergie poste RT », « consommation d'eau » décomposées par système constructif pour l'indicateur énergie non renouvelable.

10.1 MAISONS INDIVIDUELLES

10.1.1 INFLUENCE DES ZONES CLIMATIQUES ET DES VECTEURS ENERGETIQUES POUR LE POSTE RT CHAUFFAGE

Les figures suivantes présentent les nuages de points des indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique. Un code couleur et des symboles permettent de représenter les paramètres « zones climatiques » au sens de la RT2012 et « vecteur énergétique du poste RT chauffage ».

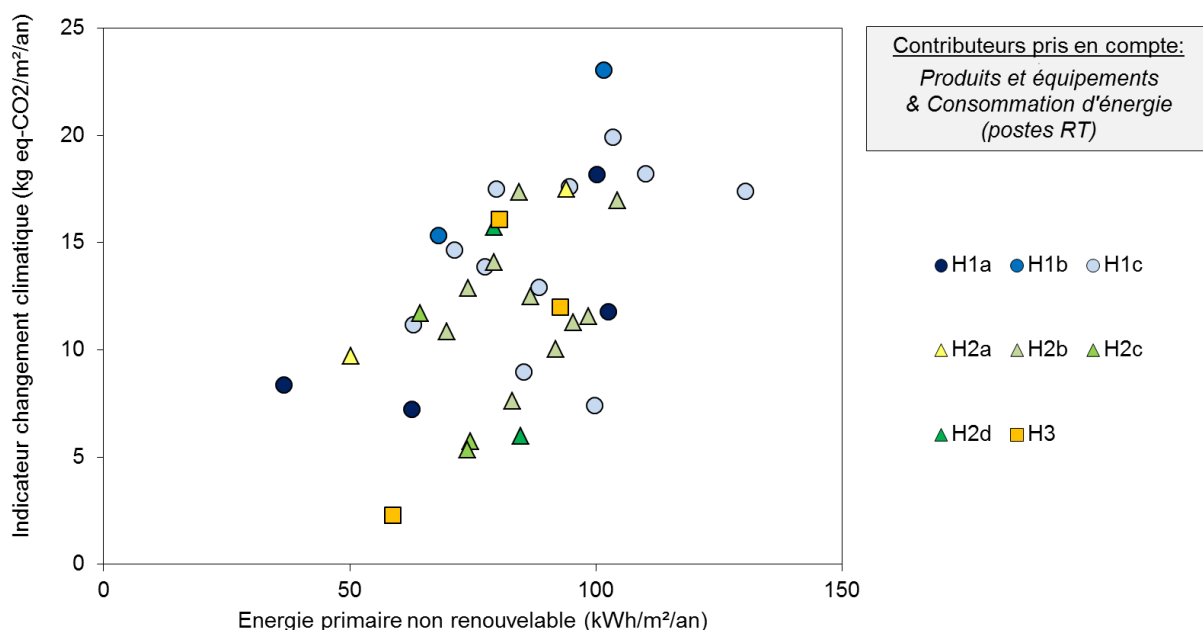


Figure 129 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

Les résultats de la figure ci-dessus montrent une relation linéaire entre la consommation d'énergie non renouvelable et les émissions de gaz à effet de serre. Il n'existe pas d'influence nette de la zone climatique sur ces résultats¹. Par exemple, les points représentant les 3 bâtiments de la zone climatique H3 (bassin méditerranéen) ont des valeurs de consommation d'énergie non renouvelable dispersées comprises entre 60 et 90 kWh/m²/an et des émissions de gaz à effet de serre variant de 2 à 15 kWh/m²/an. De même, un des trois projets de cette zone climatique a la valeur minimale de consommation d'énergie non renouvelable de l'échantillon de données.

¹ C'est-à-dire qu'il n'y a pas de regroupement de points pour une même zone climatique.

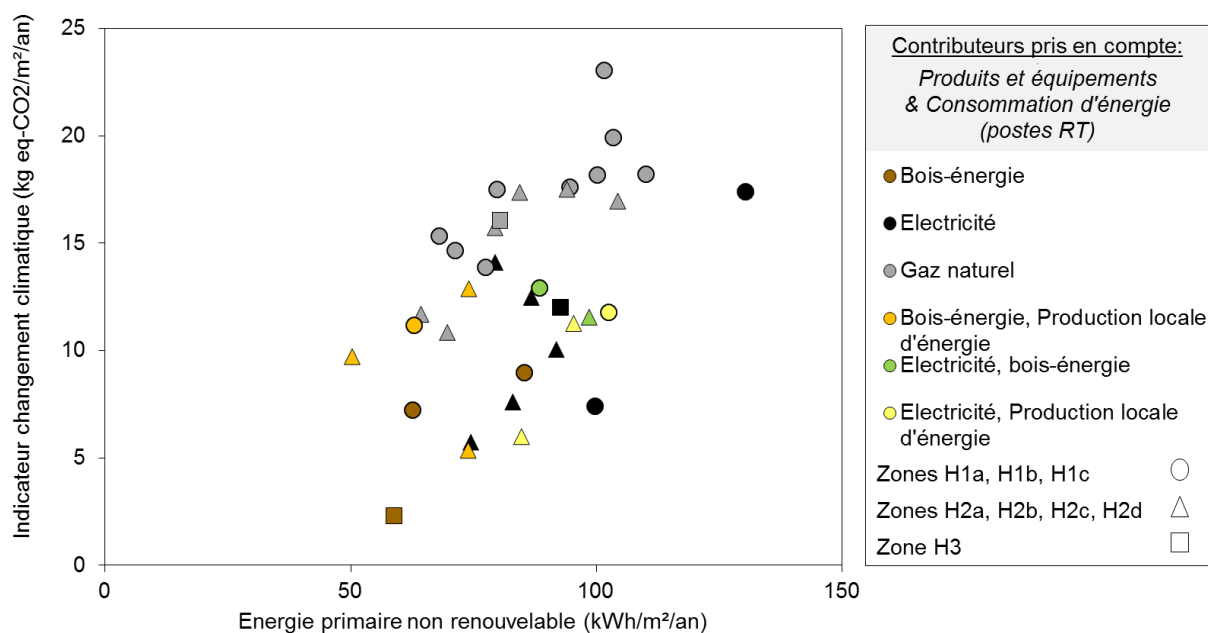


Figure 130 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 (H1, H2, H3) et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

La représentation des vecteurs énergétiques pour le poste chauffage dans le nuage de points permet d'approfondir l'analyse (cf. figure ci-dessus). Contrairement aux zones climatiques, nous notons ici un regroupement des projets notamment pour les solutions gaz naturel et pour l'indicateur changement climatique. Ces dernières ont un contenu carbone le plus élevé (à l'exception de deux d'entre elles) compris entre 14 et 23 kg eq-CO₂/m²/an sur le périmètre « produits et équipements » et « énergie poste RT ». Les solutions électriques ne sont pas clairement différenciées du nuage de points et se situent entre 5 et 15 kg eq CO₂/m²/an. A l'inverse, une des trois solutions en bois-énergie a l'impact CO₂ et énergie non renouvelable le plus faible. Il s'agit d'une des trois maisons de la zone climatique H3. Les deux autres sont regroupées avec des solutions mixtes (électricité-bois-énergie, bois-énergie-production locale d'énergie, ou électricité-production locale d'énergie via des panneaux photovoltaïque en toiture).

10.1.2 INFLUENCE DES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

La figure suivante présente les boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie maison individuelle pour l'indicateur d'énergie non renouvelable pour les 3 contributeurs « produits et équipements », « consommation d'énergie RT » et « consommation d'eau ». Seuls les systèmes constructifs ayant au moins 2 bâtiments dans l'échantillon complet HQE Performance sont représentés.

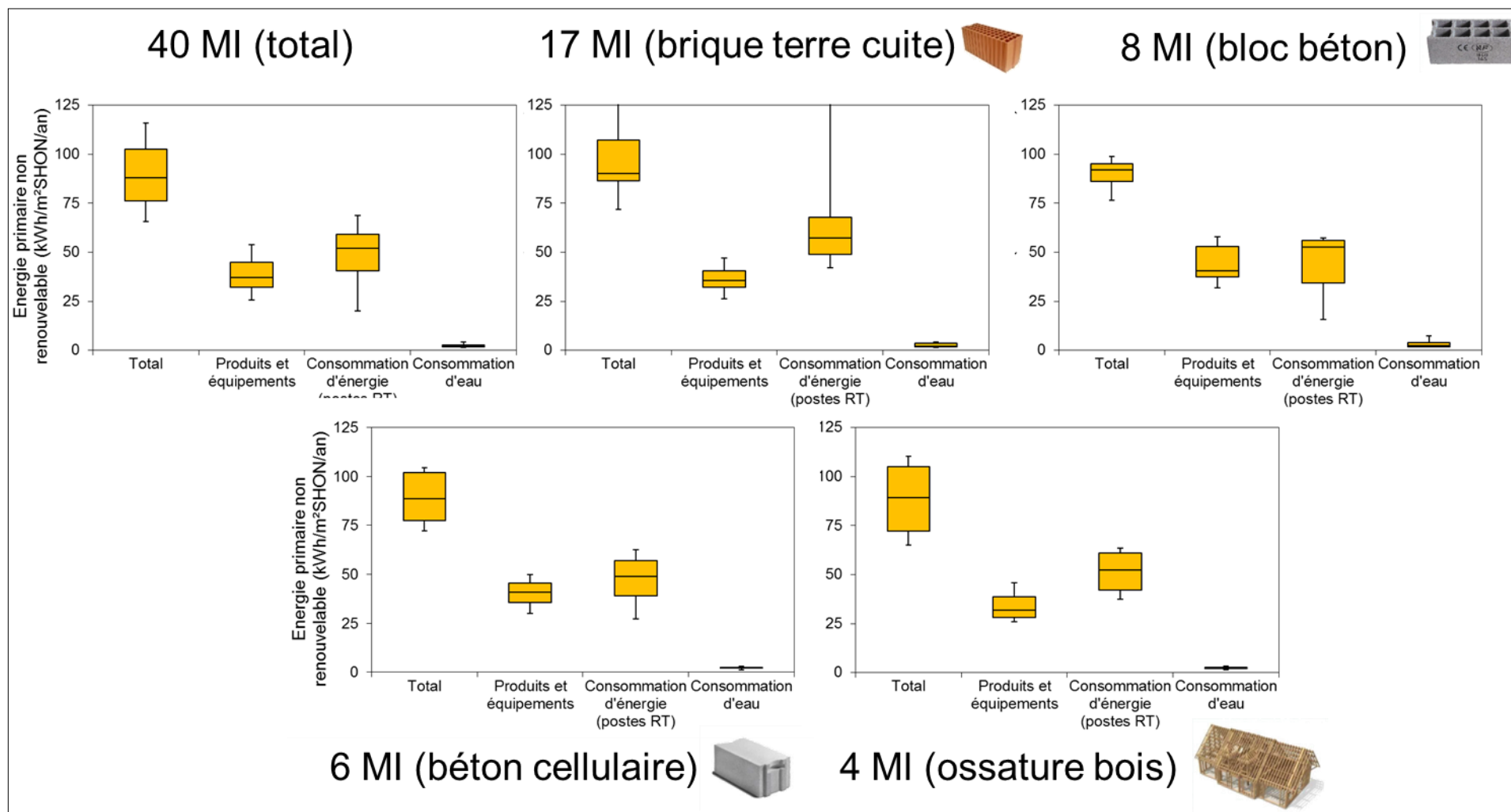


Figure 131 : Boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie maison individuelle pour l'indicateur d'énergie non renouvelable (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT » + « consommation d'eau », DVP = 50 ans).

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour un périmètre 3 contributeurs (« produits et équipements », « consommation d'énergie postes RT » et « consommation d'eau ») de la typologie maisons individuelles sont de l'ordre de :

Pour l'indicateur **énergie non renouvelable**,

- **88 kWh/m²_{SHON}/an** pour toutes les maisons individuelles [76 – 102]
 - **37 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [32 – 45].
 - **52 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [41 – 59]
 - 2,1 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [1,8 – 2,7]
- **90 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons en **brique terre cuite** [86 – 107]
 - **36 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [32 – 40].
 - **57 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [49 – 68]
 - 2,2 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [1,9 – 3,5]
- **92 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons en **bloc béton** [86 – 95]
 - **41 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [37 – 53].
 - **52 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [34 – 56]
 - 2,6 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [1,9 – 3,8]
- **89 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons en **béton cellulaire** [77 – 102]
 - **41 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [36 – 45].
 - **49 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [39 – 57]
 - 2,1 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [1,9 – 2,1]
- **89 kWh/m²_{SHON}/an** pour les maisons en **ossature bois** [72 – 105]
 - **32 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [28 – 39].
 - **52 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [42 – 61]
 - 2,2 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [2,0 – 2,7]

Les résultats par système constructif sont quasiment identiques en valeur médiane sur le périmètre à trois contributeurs (autour de 90 kWh/m²/an). De manière générale, les valeurs médianes du contributeur « produits et équipements » sont légèrement inférieures au contributeur « énergie poste RT ». Nous notons également des consommations d'énergie non renouvelables pour le contributeur « produits et équipements » plus basses pour les maisons à ossatures bois (32 kWh/m²/an contre 36 à 41 kWh/m²/an pour les autres modes constructifs).

10.2 IMMEUBLES COLLECTIFS

10.2.1 INFLUENCE DES ZONES CLIMATIQUES ET DES VECTEURS ENERGETIQUES POUR LE POSTE RT CHAUFFAGE

Les figures suivantes présentent les nuages de points des indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique. Un code couleur et des symboles permettent de représenter les paramètres « zones climatiques » au sens de la RT2012 et « vecteur énergétique du poste RT chauffage ».

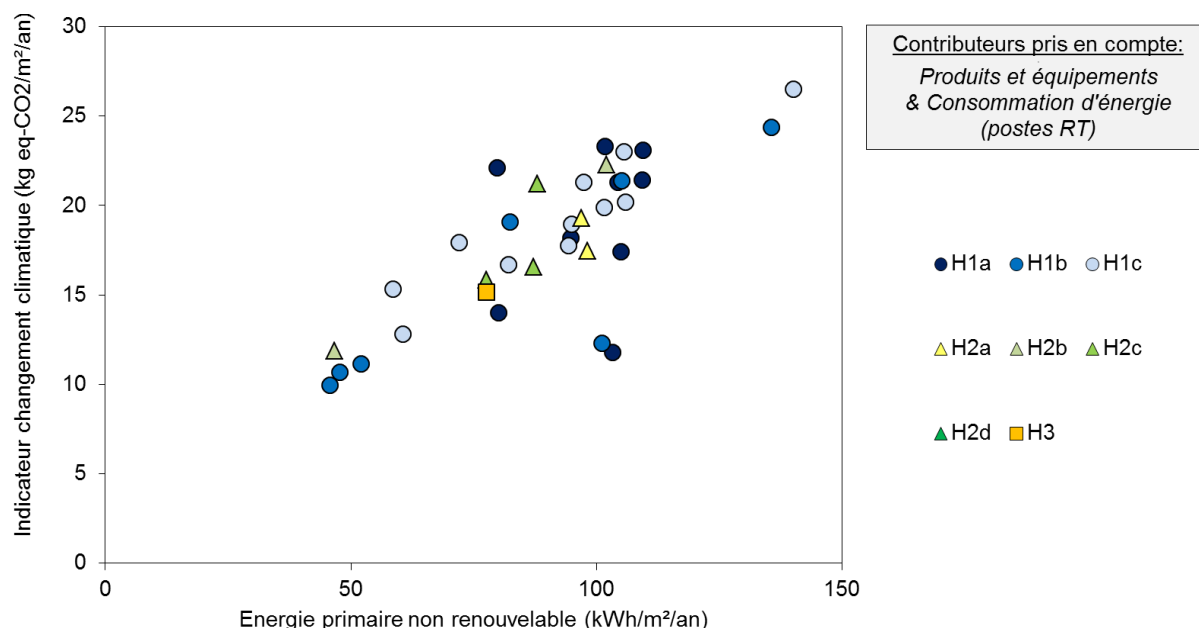


Figure 132 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

Les résultats pour les immeubles collectifs montrent, à nouveau, une relation linéaire entre la consommation d'énergie non renouvelable et les émissions de gaz à effet de serre. Comme pour les maisons individuelles, il n'existe pas d'influence nette de la zone climatique sur les résultats. Par exemple, une partie des bâtiments de la zone climatique H1b correspondent aux valeurs minimales et maximales sur les deux indicateurs (énergie et changement climatique). On note également la position au centre du nuage de point de l'immeuble collectif situé en zone H3 (bassin méditerranéen).

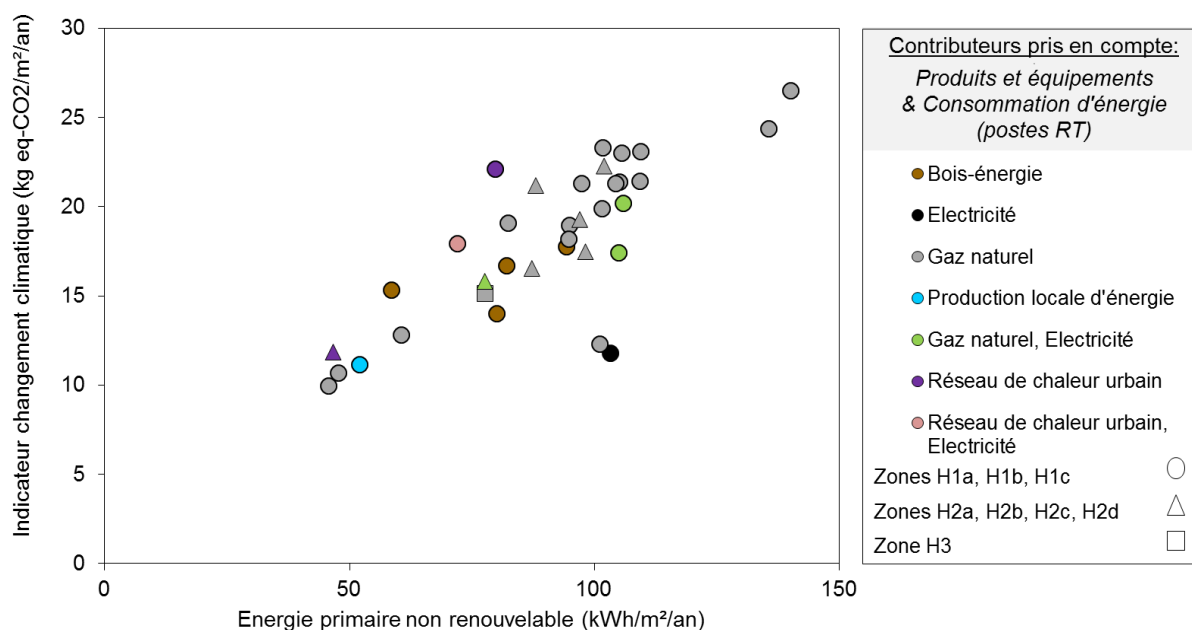


Figure 133 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 (H1, H2, H3) et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

La représentation des vecteurs énergétiques pour le poste chauffage dans le nuage de points permet d'approfondir l'analyse (cf. figure ci-dessus). A la différence des résultats pour les maisons individuelles, nous n'observons pas un regroupement des projets pour les solutions gaz naturel et pour l'indicateur changement climatique. Les valeurs minimales et maximales pour ces deux indicateurs correspondant à des solutions de chauffage au gaz naturel. Nous observons la présence de nouveaux vecteurs énergétiques par rapport aux maisons individuelles (réseau de chaleur urbain). Les bâtiments correspondant sont situés au milieu du nuage de points.

Quelques points singuliers et plutôt cohérents à noter dans cette figure :

- le décrochage du nuage de point d'un immeuble à solution électrique (à faible contenu carbone)
- la présence dans les valeurs les plus faibles d'une production locale d'énergie (panneaux solaires photovoltaïques) qui n'émet pas de CO2 dans les valeurs du contributeur énergie.

Toutefois, les résultats devront être approfondis dans la mesure où nous notons à côté de ces points des vecteurs gaz naturel ou réseau de chaleur urbain. Le paramètre « vecteur énergétique pour le chauffage » ne permet donc pas d'expliquer entièrement ces résultats.

10.2.2 INFLUENCE DES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

La figure suivante présente les boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie immeuble collectif pour l'indicateur énergie non renouvelable pour les 3 contributeurs « produits et équipements », « consommation d'énergie RT » et « consommation d'eau ». Seuls les systèmes constructifs ayant au moins 2 bâtiments dans l'échantillon complet HQE Performance sont représentés.

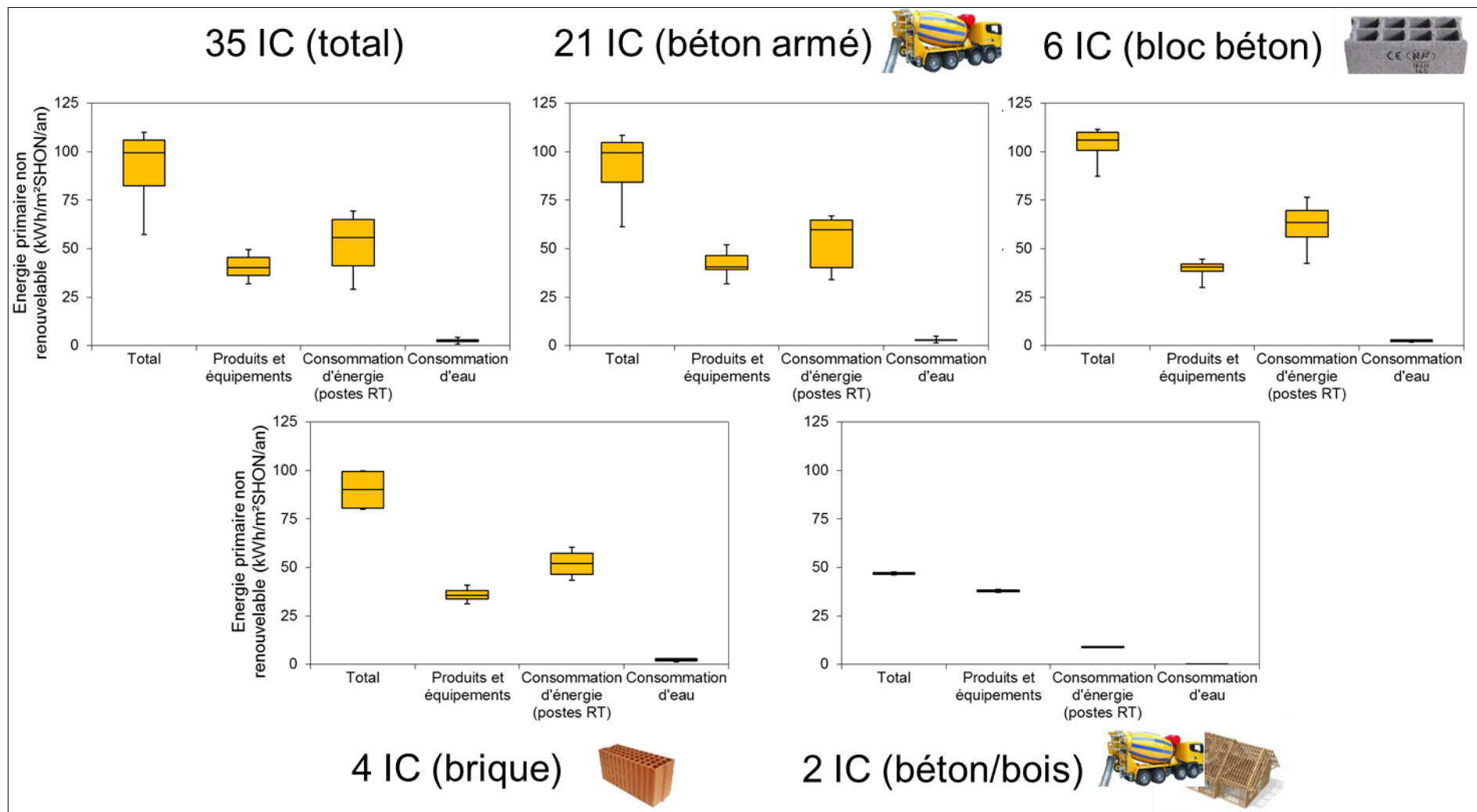


Figure 134 : Boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie immeuble collectif pour l'indicateur d'énergie non renouvelable (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT » + « consommation d'eau », DVP = 50 ans).

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour un périmètre 3 contributeurs (« produits et équipements », « consommation d'énergie postes RT » et « consommation d'eau ») de la typologie immeubles collectifs sont de l'ordre de :

Pour l'indicateur **énergie non renouvelable**,

- **99 kWh/m²_{SHON}/an** pour tous les immeubles collectifs [82 – 106]
 - o **40 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [36 – 45].
 - o **56 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [41 – 65]
 - o 2,7 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [2,0 – 2,7]
- **99 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles en **béton armé** [84 – 105]
 - o **40 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [39 – 46].
 - o **60 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [40 – 65]
 - o 2,7 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [2,7 – 3,1]
- **106 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles en **bloc béton** [101 – 110]
 - o **41 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [38 – 42].
 - o **63 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [56 – 70]
 - o 2,6 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [2,2 – 2,7]
- **90 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles en **brique terre cuite** [81 – 99]
 - o **36 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [34 – 38].
 - o **52 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [46 – 57]
 - o 2,3 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [1,6 – 2,9]
- **47 kWh/m²_{SHON}/an** pour les immeubles en **bois / béton** [46 – 47]
 - o **38 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [37 – 39].
 - o **9 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'**énergie postes RT** [8,7 – 8,8]
 - o *Contributeur consommation d'eau non calculé pour les 2 bâtiments*

Les résultats par système constructif sont similaires en valeur médiane sur le périmètre à trois contributeurs (autour de 90 kWh/m²/an) pour les immeubles en béton armé, bloc béton et brique terre cuite (entre 90 et 106 kWh/m²/an). Les valeurs médianes du contributeur « produits et équipements » sont, à nouveau, inférieures au contributeur « énergie poste RT » sauf pour les immeubles en construction mixte (bois/béton). Elles sont de l'ordre de 37 à 39 kWh/m²/an. Nous notons pour ces immeubles en ossature bois/béton une très faible consommation d'énergie non renouvelable pour le contributeur énergie poste RT.

10.3 BATIMENTS DE BUREAUX

10.3.1 INFLUENCE DES ZONES CLIMATIQUES ET DES VECTEURS ENERGETIQUES POUR LE POSTE RT CHAUFFAGE

Les figures suivantes présentent les nuages de points des indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique. Un code couleur et des symboles permettent de représenter les paramètres « zones climatiques » au sens de la RT2012 et « vecteur énergétique du poste RT chauffage ».

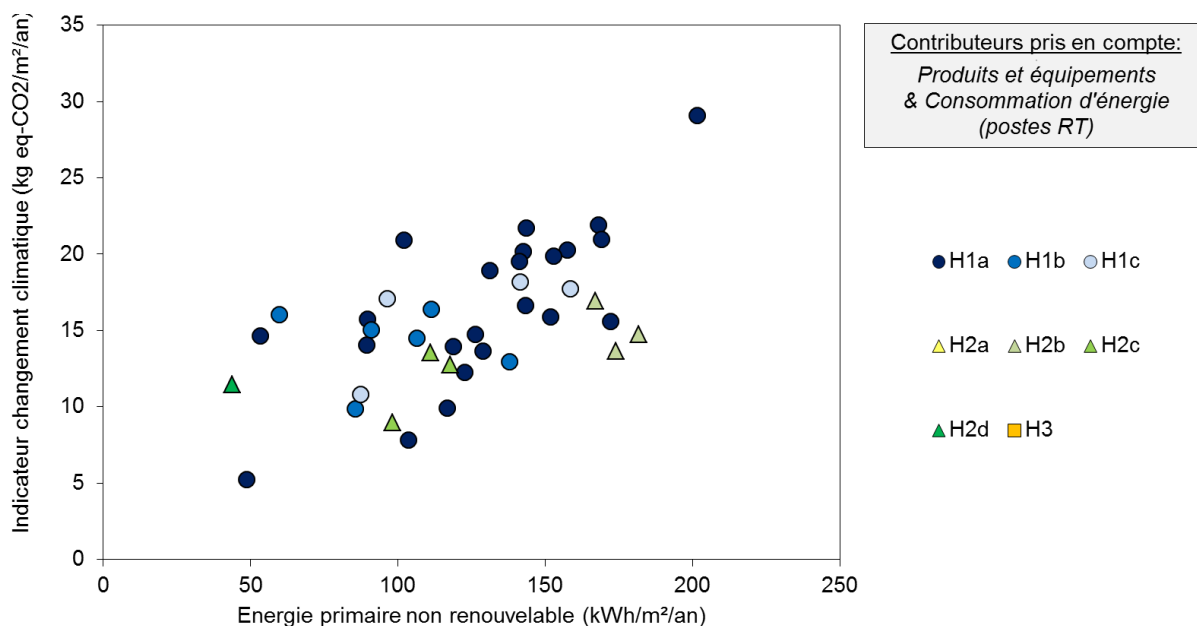


Figure 135 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

Les résultats pour les bâtiments de bureaux montrent, à nouveau, une relation plutôt linéaire entre la consommation d'énergie non renouvelable et les émissions de gaz à effet de serre. A la différence des deux typologies précédentes, aucun bâtiment de bureaux n'est présent en zone H3. Nous notons que les nuages de points des zones H1 et H2 sont confondus. Il n'existe donc pas d'influence nette de la zone climatique sur les résultats.

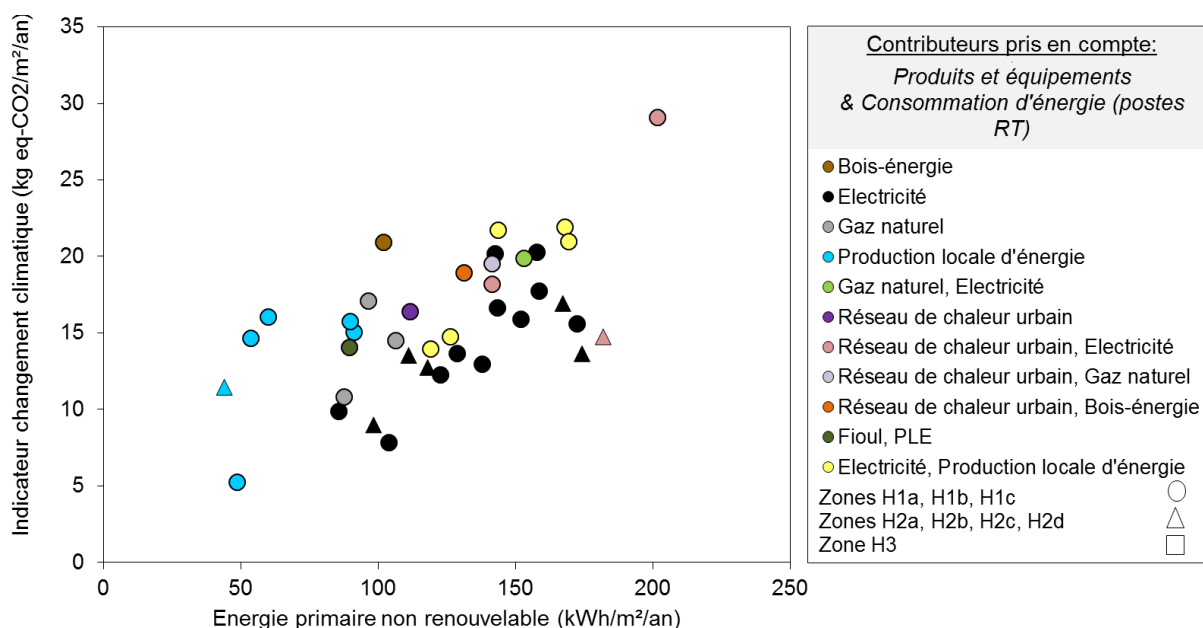


Figure 136 : Nuage de point représentant l'influence des zones climatiques de la RT 2012 (H1, H2, H3) et des vecteurs énergétiques pour le poste RT chauffage pour les indicateurs énergie non renouvelable et changement climatique (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT », DVP = 50 ans).

La représentation des vecteurs énergétiques pour le poste chauffage permet d'approfondir l'analyse (cf. figure ci-dessus). Nous pouvons remarquer que les solutions électriques alimentées par le réseau dominent l'échantillon de bâtiment. Elles sont réparties sur l'ensemble du nuage de points (de 7 à 20 kg eqCO₂/m²/an et de 70 à 170 kWh/m²/an). Nous retrouvons ensuite les solutions électriques alimentées par une production locale (PV ou récupération des calories sur l'air ou le sol pour une PAC) à gauche du nuage. Il s'agit des bâtiments ayant les plus faibles consommations d'énergie non renouvelable (autour de 50 kWh/m²/an) à l'exception de deux d'entre eux plutôt aux alentours de 80 à 90 kWh/m²/an.

Nous observons la présence de nouvelles combinaisons de vecteurs énergétiques par rapport aux deux typologies précédentes : réseaux de chaleur combinée avec des vecteurs électrique, gaz ou bois-énergie.

10.3.2 INFLUENCE DES SYSTEMES CONSTRUCTIFS

La figure suivante présente les boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie bâtiments de bureaux pour l'indicateur d'énergie non renouvelable pour les 3 contributeurs « produits et équipements », « consommation d'énergie RT » et « consommation d'eau ». Seuls les systèmes constructifs ayant au moins 2 bâtiments dans l'échantillon complet HQE Performance sont représentés.

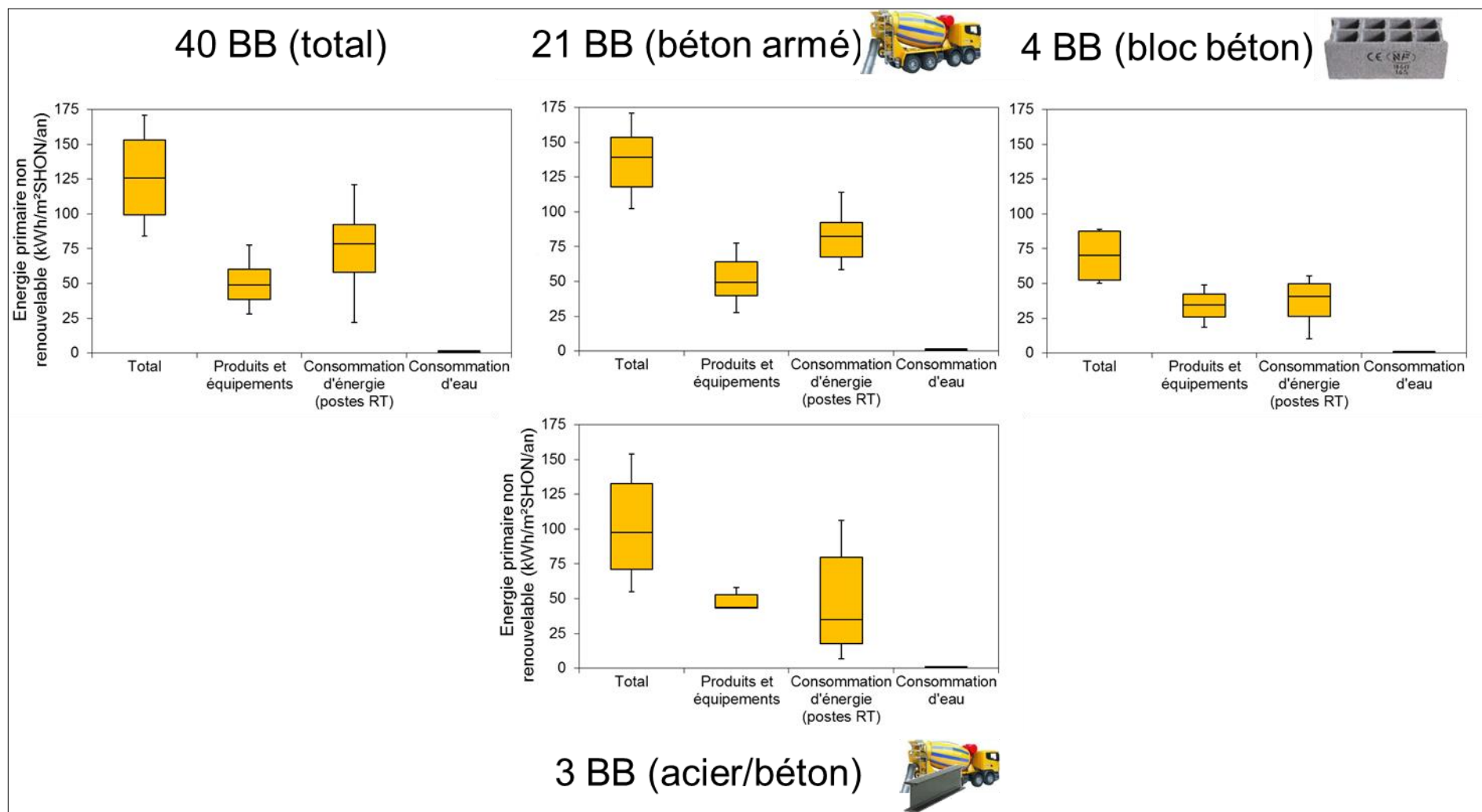


Figure 137 : Boxplots représentant l'influence des systèmes constructifs de la typologie bâtiments de bureaux pour l'indicateur d'énergie non renouvelable (contributeurs « produits et équipements » + « consommation d'énergie RT » + « consommation d'eau », DVP = 50 ans).

Pour une durée d'étude de 50 ans, les impacts pour un périmètre 3 contributeurs (« produits et équipements », « consommation d'énergie postes RT » et « consommation d'eau ») de la typologie bâtiments de bureaux sont de l'ordre de :

Pour l'indicateur **énergie non renouvelable**,

- **126 kWh/m²_{SHON}/an** pour tous les bâtiments de bureaux [99 – 153]
 - o **49 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [38 – 60].
 - o **78 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'énergie postes RT [58 – 92]
 - o 1,1 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [0,8 – 1,4]
- **139 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bureaux en **béton armé** [118 – 154]
 - o **49 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [40 – 64].
 - o **82 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'énergie postes RT [68 – 92]
 - o 1 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [0,9 – 1,5]
- **70 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bureaux en **bloc béton** [52,5 – 87,5]
 - o **34 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [26 – 42,5].
 - o **41 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'énergie postes RT [26 – 50]
 - o 0,5 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [0,3 – 0,8]
- **98 kWh/m²_{SHON}/an** pour les bureaux en **ossature mixte acier / béton** [71 – 133]
 - o **44 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur **produits et équipements** [43 – 53].
 - o **35 kWh/m²_{SHON}/an** pour le contributeur consommation d'énergie postes RT [17 – 80]
 - o 0,9 kWh/m²_{SHON}/an pour le contributeur consommation d'eau [0,8 – 1,0]

Les résultats par système constructif varient du simple ou double en valeur médiane sur le périmètre à trois contributeurs pour les bureaux en béton armé, bloc béton et ossature mixte acier / béton (valeurs comprises entre 70 et 139 kWh/m²/an). Les valeurs médianes du contributeur « produits et équipements » sont, à nouveau, inférieures au contributeur « énergie poste RT » sauf pour les bureaux en ossature mixte. Nous pouvons noter une valeur relativement faible pour les bureaux en bloc béton (34 kWh/m²/an contre 44 à 49 kWh/m²/an pour les autres modes constructifs). Les valeurs médianes du contributeur « énergie poste RT » sont très différentes avec une valeur deux fois plus importantes pour les bureaux en ossature béton armé. Il est probable que les besoins p. ex. en climatisation soient différents entre ces bâtiments. Une étude plus approfondie serait à mener.

10.4 SYNTHÈSE

L'analyse combinée des contributeurs produits et équipements, consommation d'énergie RT, et consommation d'eau a permis d'analyser plus en détails l'influence de certains paramètres clés comme la zone climatique, le vecteur énergétique pour le poste chauffage ou le système constructif. Cette première étude a été réalisée pour l'indicateur d'énergie non renouvelable¹.

Ces premiers résultats semblent montrer qu'il n'existe pas de paramètres influents pris un par un. Certes, l'ajout d'une production locale d'énergie de type panneaux photovoltaïque réduit la consommation d'énergie non renouvelable du contributeur énergie RT mais dans le même temps, la consommation d'énergie non renouvelable du contributeur composant augmente pour tenir compte de la fabrication des panneaux.

Il est probable que l'optimisation de la performance environnementale des bâtiments nécessite une optimisation combinée du mode constructif, des systèmes énergétiques mais également d'autres paramètres non étudiés à ce stade (altitude, contraintes locales de type sismique ou géotechnique). Une étude complémentaire devra être réalisée sur un jeu d'indicateur plus large et sur un nombre de paramètres plus grand en tenant compte des interactions entre ces paramètres.

¹ Et l'indicateur changement climatique pour les nuages de points des zones climatiques / vecteurs énergétiques pour le chauffage

11. DISCUSSION DES RESULTATS

11.1 EVALUATION DE L'ÉCHANTILLON D'ÉTUDE

En terme de technologies constructives couvertes, notre échantillon est assez représentatif l'échantillon couvre un grand nombre de solutions. Par contre, au regard de ses caractéristiques (voir chapitre 1 et Annexe 3), l'échantillon étudié n'est pas représentatif de l'ensemble des constructions neuves actuelles (en répartition des technologies).

Toutes les valeurs affichées, toutes les conclusions apportées sont donc valables pour l'échantillon étudié et ne sont sans doute pas toutes extrapolables à la construction neuve actuelle.

11.2 EVALUATION DE LA QUALITE DES MODELISATIONS

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

11.2.1 LE PROCESSUS 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 des modélisations et jouer sur la qualité globale de l'échantillon considéré :

- **La qualité des données relatives au bâtiment :**
 - **Complétude et homogénéité des métrés** (voir ci-après).
- **La pertinence de l'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.
- **La qualité des données environnementales utilisées**
- **Les choix et l'interprétation du modélisateur.**

En cas de manque d'informations, de données ou de méthodologie, l'expérimentateur peut modéliser son projet « à sa manière ». C'est notamment vrai pour les cas suivants : absence de règles écrites (p. ex. allocation des impacts entre bâtiment et réseau électrique pour des équipements de production locale d'énergie), 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).

Chaque étape et les problématiques qui lui sont associées sont détaillées ci-après.

11.2.2 LES DONNEES RELATIVES AU BATIMENT

Frontières du système :

Les règles d'application HQE Performance précisent que l'objet d'étude est l'ensemble « bâtiment + parcelle ». En annexe des règles d'application, un découpage du contributeur produits et équipement, constituant une checklist pour l'expérimentateur, a été proposé. 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'a été introduite pour l'évaluation à l'échelle bâtiment, l'exhaustivité étant recherchée pour cette expérimentation. Toutefois, l'absence de données facilement accessibles, le caractère général de la checklist (e.g. précisant « réseau gaz sur parcelle » sans plus de détail) encouragent le modélisateur à une interprétation des frontières et de la finesse du niveau de modélisation nécessaire. Ceci entraîne donc une certaine hétérogénéité des modélisations. Toutefois, une nette amélioration s'est observée entre les deux expérimentations, notamment par la mise en place de cette check-list.

En effet, l'étape de vérification des modélisations a permis de constater un bon niveau de renseignement de l'ensemble des contributeurs Produits et Equipements de construction. Par ailleurs, les modélisations étaient en général relativement complètes et homogènes pour les contributeurs Energies, Eau et Déplacements. Le contributeur Chantier a été renseigné avec plus de difficultés. Seules les informations liées à la production et gestion des déchets d'activité n'ont pas été correctement modélisées (voir chapitre 11.2.4).

Les données d'entrée du projet pour le contributeur produits et équipements :

Elles sont constituées principalement par le mètre du bâtiment. Or, en pratique, il n'y a pas un seul et unique mètre, mais plusieurs mètres. Etablies à différentes 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 mètres, 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 mètre.

La plupart des modélisations ont reposé sur les DPGF². En complément, ou en substitution de ces documents, certains acteurs ont pu également utiliser les CCTP³, des factures, des notices de description du bâtiment, etc.

Il a globalement été constaté une assez bonne utilisation de données spécifiques à chaque projet (voir chapitre 11.2.4). Les lots techniques ont été renseignés avec plus de difficultés (périmètres souvent incomplets, association de données environnementales parfois approximative, voir chapitre 11.2.4).

Les données d'entrée du projet pour le contributeur consommations d'énergie – postes RT :

Elles sont constituées par les sorties des logiciels RT (de préférence) ou de simulations thermiques dynamiques (pour 1 ou 2 bâtiments).

² DPGF : Décomposition des Prix Globale et Forfaitaire

³ CCTP : Cahier des Clauses Techniques Particulières

Les données d'entrée du projet pour le contributeur consommations d'énergie hors RT, liées et non liées au bâti :

En l'absence de méthode partagée (conventionnelle ou non), les données utilisées sont 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 ou qu'il existe des projets très similaires à ceux étudiés). Ces données peuvent donc être fortement disparates (cas des bâtiments de bureaux) reflétant ainsi des projets variés et des méthodes de calculs différentes ou au contraire présenter un caractère uniforme par l'utilisation massive de ratio (cas des bâtiments résidentiels).

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 calculette pour aider l'utilisateur du logiciel à estimer les consommations d'eau. Mais l'utilisateur peut également renseigner une valeur à partir de ses propres calculs, de ratios, de ses retours d'expérience ou des consommations réelles mesurées sur site. Les données d'entrée du contributeur Eau sont donc disparates, les expérimentateurs ayant utilisé différentes méthodes d'estimations.

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 pouvaient faire appel soit à des données issues de retours d'expérience, soit à des ratios, soit à des mesures réalisées sur site. Le logiciel ELODIE propose un outil d'estimation, à partir des volumes de terres déplacés, des consommations d'énergie, de transport, et de traitement de déchets liées aux activités de terrassement. Cet outil a permis aux expérimentateurs de renseigner a minima le contributeur chantier. Les données non liées au terrassement, lorsqu'elles ont pu être identifiées, peuvent donc être fortement disparates.

Les données d'entrée du projet pour le contributeur déchets d'activité :

Très peu d'informations liées à la production et à la gestion des déchets d'activité des bâtiments ont pu être renseignées, les ratios proposés ayant été massivement utilisés. Ce contributeur n'a donc pas été analysé.

11.2.3 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 14025⁴) 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 correspondant à d'anciens millésimes de FDES (uniquement lorsque leur absence a été jugée préjudiciable par le CSTB au calcul à l'échelle

⁴ ISO (2006) ISO 14025 - Environmental labels and declarations — Type III environmental declarations — Principles and procedures, 35 p.

du bâtiment), des EPDs, les PEP diffusés dans le cadre de l'expérimentation 2012, des valeurs par défaut, des fiches génériques, ou des données exprimées sous d'autres formats. L'ensemble de ces données représente donc des produits spécifiques (référence commerciale, gammes de produits...) ou des produits moyens, des données dites génériques. Il a globalement été constaté une utilisation plus importante de données génériques pour les lots 1 à 3 et 14 que les autres lots, généralement modélisés à l'aide de données plus spécifiques (voir chapitre 11.2.4).

Les données environnementales utilisées pour :

- **le contributeur consommations d'énergie – postes RT**
- **le contributeur consommations d'énergie– hors RT – liées et non liées au bâti**
- **pour les consommations et rejets d'eau**
- **pour le contributeur chantier**
- **pour la production et la gestion des déchets d'activité**

Il s'agit de données génériques reconstituées à partir de données EcoInvent. Elles permettent de combler l'absence 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).

11.2.4 SYNTHESE

Les tableaux ci-après synthétisent les niveaux moyens de qualité des modélisations suivant la typologie des bâtiments. Sont évalués les caractéristiques suivantes :

- Pour le contributeur produits et équipements, pour chaque typologie :
 - o Le **niveau de complétude** des modélisations pour chacun des 14 lots (les frontières de l'étude sont-elles cohérentes ?)
 - o Le **type de données sources** utilisées pour les **données relatives au bâtiment** : s'agit-il de quantitatifs précis, disponibles pour le modélisateur et issus de documents relatifs à l'opération elle-même (chiffrages d'économistes) ou s'agit-il de ratios utilisés par le modélisateur à défaut de disposer de données spécifiques ?
 - o Le **type de données environnementales** utilisées : Au regard de l'avancement du projet (et donc de la disponibilité et du type de données relatives au bâtiment) et des données environnementales disponibles ; est-ce que se sont plutôt des **données génériques** qui ont été utilisées (données moyennes utilisées avant de connaître exactement le produit qui sera mis en œuvre) **ou des données spécifiques** (références commerciales connues) ?
 - o Enfin, le modélisateur a-t-il eu accès aux données nécessaires à son projet ? A-t-il pu correctement associer des données environnementales génériques à des données génériques relatives au bâtiment et des données spécifiques aux quantitatifs précis ?
- L'association des données est-elle cohérente ?**

Ces informations qualitatives sont issues du processus de vérification des modélisations. Les vérificateurs (accompagnateurs et CSTB) ont consigné au fur et à mesure des vérifications leur avis (à dire d'expert) sur celles-ci. Il ne s'agit en aucun cas pas d'un processus objectif mais d'une tendance donnée sur chaque opération modélisée.

Les fabricants de produits d'équipements ont eu à leur disposition la documentation relative aux lots techniques avec la demande de juger de la complétude de ces lots. Nous sommes aujourd'hui en attente de leurs retours.

Nous noterons que les frontières d'étude sont considérées être en général au niveau attendu (cohérentes), pour une majorité d'opérations pour une majorité de lots techniques, mais rarement complètes (parfois pour le lot 3- Structure et 5- Cloisonnement). De plus, les lots techniques, en particulier le lot 11 – Equipement pour la sécurité des personnes et des bâtiments et le lot 12- Eclairage sont difficilement renseignés par les modélisateurs et leur périmètre d'étude est jugé très souvent incomplet.

L'observation de la deuxième partie de la grille corrobore la première partie : de manière générale, les informations sont issues de quantitatifs spécifiques aux opérations modélisées, mais pour certains lots (11 et 12), les données sont bien souvent manquantes et ont pu être complétées par des ratios par les expérimentateurs.

Les données environnementales utilisées sont pour moitié considérées - pour la majorité - comme cohérentes. Mais, si nous regardons le détail (fréquence du nombre d'opération pour lesquelles l'association est jugée « bonne ») rarement l'association n'est considérée comme très bonne.

Expérimentation HQE Performance (qualité des modélisations)														
Contributeur Produits et équipements, lots techniques														
	1. VRD (Voirie et Réseaux Divers)	2. Fondations et infrastructure	3. Superstructure - Maçonnerie	4. Couverture – Etanchéité –	5. Cloisonnement - Doublage - Plafonds	6. Façades et menuiseries	7. Revêtements des sols, murs et	8. CVC (Chauffage – Ventilation –	9. Installations sanitaires	10. Réseaux d'énergie électrique et de	11. Sécurité des personnes et des	12. Eclairage	13. Appareils élévateurs et autres	14. Equipelement de production locale
Typo.	Cohérence des Frontières													
Bâtiment de Bureaux	—	—	—	—	—	✓	✓	—	—	—	—	✗	—	—
Immeuble Collectif	—	—	✓	—	—	✓	✓	—	✓	—	—	—	—	—
Maison Individuelle	—	—	✓	✓	✓	—	—	—	✓	—	✗	✗	—	—
	Type de quantitatifs													
Bâtiment de Bureaux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Immeuble Collectif	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Maison Individuelle	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Type de données Environnementales													
Bâtiment de Bureaux	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Immeuble Collectif	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Maison Individuelle	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Association Données environnementales/Quantitatif													
Bâtiment de Bureaux	—	—	✓	—	✓	—	✓	—	—	—	—	✗	—	—
Immeuble Collectif	✓	—	✓	✓	—	—	✓	—	—	—	—	—	—	✓
Maison Individuelle	—	✓	✓	✓	✓	—	—	—	✓	—	✗	✗	—	—

Légende :

	Frontières
✓	Cohérentes
—	Approximatives
✗	Ne sont pas au niveau attendu

	Quantitatif
●	Spécifique au projet
●	Plutôt spécifique au projet
●	Plutôt générique
●	Absence de quantitatif

	Données environnementales
●	Usage majoritaire de données spécifiques
●	Usage majoritaire de données génériques
●	Absence de données environnementales

	Association
✓	Plutôt cohérente
—	Mix de données cohérentes
✗	Impossible de trouver des données cohérentes

Tableau 42: Tableau de synthèse du niveau de renseignement des différents lots du contributeur Produits et Equipements suivant la typologie des projets modélisés

CONCLUSION

Les objectifs du projet de l'expérimentation « HQE performance » étaient notamment de :

- Tester l'opérationnalité de la démarche d'évaluation des performances environnementales des bâtiments par analyse de cycle de vie par le biais de modélisations réalisées par des experts mais aussi par des acteurs représentant différents métiers,
- Quantifier et, mieux connaître les contributeurs aux impacts environnementaux d'un bâtiment,
- Définir des échelles de référence pour les principaux indicateurs environnementaux pour permettre aux acteurs de positionner les performances de leurs bâtiments sur cette échelle.

La démarche HQE Performance est novatrice (peu de travaux aussi importants sur le nombre de bâtiments pris en compte, le périmètre de l'étude etc. sont reportés dans la littérature) et a permis de mettre au point un cercle vertueux pour diffuser l'ACV dans la construction tout en consolidant les méthodologies de calcul à travers plusieurs aspects :

- Les Règles d'application HQE Performance (anciennement l'annexe technique) ont permis de donner un caractère opérationnel à la norme XP P01-020-3, plus d'un an avant la parution de la norme européenne 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 PEB qu'elle défend au niveau international s'appuyant sur arsenal normatif conséquent (série NF P01_0XX), des programmes de déclarations environnementales des produits et équipements du bâtiment et une base de données nationale de référence (INIES) mettant à disposition les données déclarées.

La première expérimentation avait trouvé un écho européen avec celle engagée par SBA.....

Depuis quelques mois, le chemin parcouru est immense. Si la démarche peut encore mûrir et gagner en opérationnalité, via des simplifications de l'évaluation, une consolidation des règles d'application ou la diffusion massive de nouvelles données environnementales, la dynamique créée devrait permettre de répondre à ces défis.

S'il fallait résumer les enseignements de cette étude, il est possible de mettre en exergue les points suivants.

Concernant les contributeurs aux impacts environnementaux, doivent focaliser notre attention :

- la forte contribution des produits de construction à certains indicateurs environnementaux (changement climatique notamment),

- la prépondérance (pour ces bâtiments déjà performants énergétiquement) du contributeur consommations d'énergie liées à l'activité.

Or nous sommes face au même défi face à ces deux contributeurs :

- Il est crucial de mieux les connaître pour les maîtriser,
- Ils nous posent la question de savoir exactement ce qui est imputable au bâtiment ou non lors de son évaluation de performances et ce qui est donc opposable aux équipes de conception.

Concernant les données environnementales alimentant la démarche, 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.

En matière d'éco-conception, l'étude a permis de confirmer que l'optimisation multicritère serait difficile et spécifique à chaque projet (cet enseignement provient notamment de l'analyse détaillée du contributeur « produits et équipements »). 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.

Concernant, la constitution de valeurs de référence des indicateurs environnementaux, nous disposons à présent d'un premier jeu de valeurs. Celles-ci nous paraissent non seulement utilisables dans les outils de conception comme ordres de grandeur ou points de repère mais aussi pour le développement de référentiels expérimentaux de certification.

Enfin, nous ne devons jamais perdre de vue que l'objectif premier de nos travaux est de réduire considérablement les impacts sur l'environnement liés au secteur de la construction. Si cette étude a permis d'apporter des premières réponses aux interrogations soulevées par la mise en place d'une nouvelle forme d'évaluation. Il faut aller plus loin pour faciliter l'appropriation et l'application de cette démarche d'évaluation. Ceci passe notamment par

- une large diffusion de la méthode accompagnée d'actions de formation,
- une fiabilisation des résultats,
- une adaptation/simplification des méthodes,
- proposer des aides (méthodologiques et financières) pour une démarche d'éco-conception efficiente et transparente (où et comment agir efficacement), etc.,
- l'enrichissement de la démarche de contributions de nouveaux acteurs.

Toutefois, cette étude montre aussi les limites de l'expérimentation sur projets « réels ». Les études bibliographiques internationales menées récemment démontrent le besoin complémentaire de travaux de recherche plus ciblés visant la simplification et la consolidation des conclusions des études précédentes. Ces études ciblées permettent souvent de conforter des hypothèses et de développer des généralisations applicables à la plupart des ouvrages.

A cet égard, une nouvelle expérimentation HQE Performance devra peut-être cibler l'opérationnalité de la démarche et le test de quelques paramètres sur un échantillon plus homogène.

BIBLIOGRAPHIE

Achim F (2013) Analyses statistiques exploratoires sur les performances environnementales à l'échelle du bâtiment et des matériaux, Rapport de stage de 2^{ème} année de DUT Statistique et Informatique Décisionnelle, juin 2013, 117 p.

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

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. 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.

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)

ASSOCIATION POUR LA HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE. HQE Performance Règles d'application pour l'évaluation environnementale des bâtiments. Version du 14/06/2012, pour le test HQE Performance 2012. Paris, 2012, 38 p. Available on : <www.assohqe.org> (Accessed on 26.08.2013)

Association HQE. INIES Database. Available on: <<http://www.inies.fr>>

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

CSTB. ELODIE tool, Available on: <www.elodie-cstb.fr>

CSTB. Evaluation de la performance environnementale des bâtiments. Définition d'ordres de grandeur. Traitement statistique, 2011, 166 pages. Greening the Building Life Cycle. Life cycle assessment tools in building and construction, Available on: <<http://buildlca.rmit.edu.au/links.html>>

CSTB, IZUBA, BOUYGUES CONSTRUCTION, MAISONS DE QUALITE, ARMINES. BENEFIS – Bilan Energétique et Environnemental Fiable Simple et reproductible des bâtiments. Développements méthodologiques. Version 1. Juin 2013. 328 pages.

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

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

EFFINERGIE. Observatoire BBC sur <http://www.observatoirebbc.org/site/ObservatoireBBC/> PEP EcoPassport. PCR- Règles de définition des catégories de produits du programme PEP Ecopassport. Profil Environnementaux de Produits Electriques, Electroniques et du Génie Climatique. Version de décembre 2012. 31 pages. Disponible sur <http://www.pep-ecopassport.org>

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



CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA-ANTIPOLIS