

ÉTUDE

REGARDS SUR LA FIABILITÉ DES ÉVALUATIONS DE $E_{ges,PCE}$ RÉALISÉES DANS LE CADRE DE L'EXPÉRIMENTATION E+C-

RAPPORT FINAL JUIN 2019

L'ÉQUIPE PROJET

IZUBA ÉNERGIES

L'optimisation énergétique et environnementale du bâtiment : études énergétiques, logiciels, formation.

H3C ÉNERGIES

Services et conseil en efficacité énergétique.

I CARE & CONSULT

Accompagne les organismes publics et privés dans la réussite de leur transition environnementale. Entre autres réalisateurs et vérificateurs de PEP.

ESTEANA

Consultants pour la construction durable, entre autres réalisateurs et vérificateurs de FDES.

EVEA

S.A.S coopérative spécialiste du cycle de vie des produits. Entre autres réalisateurs et vérificateurs de FDES et PEP.

ENVIROBATBDM

Accompagne les collectivités, les bailleurs et les promoteurs afin d'améliorer la qualité environnementale de leurs opérations de bâtiments et de quartiers dans un contexte méditerranéen.

Izuba énergies, H3C énergies et I Care & Consult sont les BE référents OBEC pour les régions Occitanie, PACA et Corse.



Sommaire

Introduction.....	3
1. Le calcul de la performance environnementale vu comme une mesure.....	3
2. Les sources d'incertitudes en ACV.....	4
2.1. Les sources d'incertitudes en ACV	4
2.2. La caractérisation de l'incertitude en ACV	5
3. Analyse des retours de l'expérimentation E+C- en PACA	9
3.1. Cas d'étude n°1 : Logements.....	9
3.1.1. Mise à jour du calcul.....	10
3.1.2. Détails des métrés	12
3.1.3. Saisie forfaitaire et saisie détaillée.....	15
3.1.4. Influence des quantités // bons de livraison	17
3.1.5. Influence du transport pour l'approvisionnement du béton	18
3.1.6. Analyse de la contribution spécifique de la mise en œuvre de l'étanchéité	18
3.1.7. Taux de complétude.....	18
3.2. Cas d'étude n°2 : Résidence hôtelière.....	19
3.2.1. Influence du choix de la donnée environnementale.....	20
3.2.2. Saisie forfaitaire et saisie détaillée.....	21
3.2.3. Influence du transport pour l'approvisionnement des éléments en CLT.....	22
Références.....	24

Introduction

Depuis les années 2000 et l'établissement des premières Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES), les fabricants des produits de construction n'ont cessé de rappeler que leur but premier n'était pas la comparaison des FDES entre elles. Les FDES devaient constituer un outil pour les fabricants dans le but de connaître l'origine des impacts environnementaux de leurs produits et de déterminer les actions envisageables pour les réduire.

Les premières expérimentations d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) bâtiment ont eu lieu dès le début des années 2010, et les discussions sont en cours pour la mise en place d'une réglementation environnementale dès 2020 dont l'un des critères est le calcul, à l'échelle bâtiment, de l'impact sur le réchauffement climatique des produits de construction et équipements, calculé par l'addition des valeurs d'impact présentées dans les FDES et PEP (Profil Environnemental Produit).

Avec l'accumulation des retours d'expérience, plusieurs questions sont soulevées, en particulier certains résultats à l'échelle bâtiment surprennent, et certains sont même parfois contre-intuitifs. Mais quelle valeur peut-on donner à ces résultats ? Quelle est la précision des calculs réalisés ? Les écarts observés sont-ils significatifs ? Quelles sont les sources d'incertitudes et comment peut-on les minimiser ?

Dans ce projet, nous avons interrogé un échantillon de résultats de l'expérimentation E+C-, grâce à une lecture experte ACV de modélisations réalisées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur et de leurs résultats, en regard avec les méthodologies de réalisation des FDES et PEP, et en abordant les notions de fiabilité, de justesse, de fidélité, d'incertitude, d'erreur... Ces notions bien connues de la métrologie (science de la mesure) ont permis de **mieux cerner la représentativité des résultats observés, leurs limites, et les pistes à envisager pour rendre plus robuste l'évaluation de E_{gesPCE}** .

Les travaux réalisés ont été basés sur un **dialogue permanent entre les échelles « produit » et « bâtiment »**. L'équipe projet est constituée d'experts de l'échelle « produit » (réalisateurs et vérificateurs de FDES et PEP) et d'experts de l'échelle « bâtiment » (BE référents OBEC pour les régions Occitanie, PACA et Corse).

1. Le calcul de la performance environnementale vu comme une mesure

Les experts en Analyse du Cycle de Vie (ACV) s'intéressent à la fiabilité des résultats depuis le début des années 90 en développant notamment des approches d'analyse de sensibilité et d'incertitudes. Cette première partie a pour objectif de faire une revue des définitions des différents concepts liés à l'analyse d'incertitudes, en commençant par les notions issues de la métrologie :

- **Fiabilité** : qualifie une mesure qui donne le même résultat à chaque fois qu'elle est réalisée (Bachelet, 2011) ;
- **Justesse** : étroitesse de l'accord entre la moyenne d'un nombre infini de valeurs mesurées répétées et une valeur de référence ;
- **Incertitude** : dispersion des mesurages autour de la valeur moyenne de ces mesurages ;
- **Incertitude de mesure** : paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande¹, à partir des informations utilisées. L'incertitude de mesure comprend l'incertitude définitionnelle, qui résulte de la quantité finie de détails dans la définition d'un mesurande. L'incertitude définitionnelle est l'incertitude minimale que l'on peut obtenir en pratique par tout mesurage d'un mesurande donné ;
- **Erreur de mesure** : différence entre la valeur mesurée d'une grandeur et une valeur de référence. Elle comprend l'erreur systématique qui, dans des mesurages répétés, demeure constante ou varie de façon prévisible (Bureau International des Poids et des Mesures, 2012) ;
- **Répétabilité** : étroitesse de l'accord entre les résultats de mesures successifs du même mesurande effectués dans la totalité des mêmes conditions de mesure ;

¹ Mesurande : désigne une grandeur particulière soumise à mesure

- **Reproductibilité** : mesurages effectués en faisant varier les conditions de mesure.

Ainsi, à partir de ces différents concepts, il est possible de définir l'incertitude en ACV comme l'impossibilité de prévoir avec certitude les impacts environnementaux d'un système. Cependant l'ACV, en tant qu'outil d'aide à la décision, doit être capable de fournir des résultats les plus représentatifs possibles de la réalité (justesse) et les plus fiables possibles (précision), c'est-à-dire avec le moins d'incertitudes possibles (Patouillard, 2018).

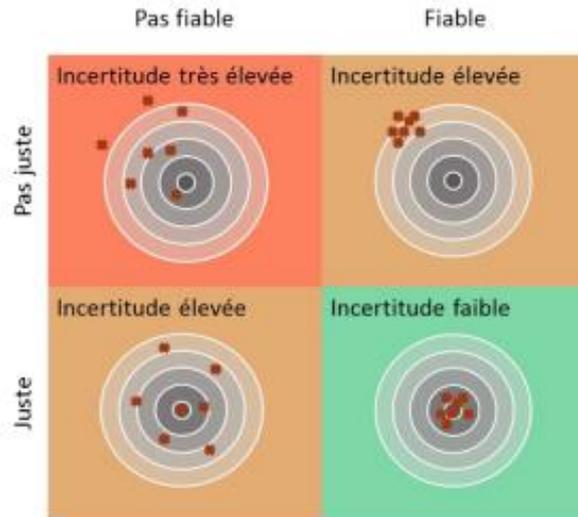


Figure 1 : Evolution des incertitudes des résultats en ACV en fonction de leur justesse et de leur fiabilité (Patouillard, 2018)

Ainsi, l'amélioration de la justesse et de la fiabilité d'un outil, tel que l'ACV, doit principalement se concentrer sur les facteurs ayant une forte influence sur les résultats. C'est tout l'objectif de cette étude de déterminer quels sont les facteurs ayant aujourd'hui le plus d'influence sur les résultats de l'indicateur $E_{GES,PCE}$ à l'échelle du bâtiment.

2. Les sources d'incertitudes en ACV

2.1. Les sources d'incertitudes en ACV

Selon la littérature, il existe plusieurs sources d'incertitudes en ACV, qui peuvent être classées en trois sources principales (Igos & Benetto, 2015) : incertitudes sur les **paramètres** (données d'entrée), sur les **choix** (développement de scénarios) et sur les **modèles** (relations mathématiques). Ces incertitudes peuvent être ensuite classées selon trois typologies (systématique, stochastique et épistémique).

Tableau 1 : Exemples de sources d'incertitudes systématique, stochastique et épistémique sur les paramètres, les choix et les modèles en ACV (Igos & Benetto, 2015)

Typologie et source d'incertitude	Paramètres	Choix normatifs	Modèles
Systématique	Erreur de mesure du paramètre	Erreur de mesure des caractéristiques du scénario	Erreur de mesure des constantes utilisées pour le modèle
Stochastique	Variabilité inhérente (ou naturelle) du paramètre	Variabilité inhérente des caractéristiques du scénario	Variabilité inhérente des relations mathématiques
Epistémique	Manque de données, estimation de la valeur du paramètre	Définition de l'unité fonctionnelle, des frontières du système, des règles d'allocation, etc.	Manque de connaissance, extrapolation des relations, simplification du système

Ainsi, de manière plus spécifique et concrète, il est possible de dresser une première liste (non-exhaustive) de certaines incertitudes inhérentes au processus d'établissement d'une FDES ou d'un PEP, concernant :

- Les données d'entrée et données spécifiques
 - Période de collecte et âge des données (évolution d'une année sur l'autre)
 - Sites de production et déclarations moyennes (y compris collectives)
 - Coupures effectuées (éclairage, chauffage, locaux administratifs...)
 - Omissions volontaires de certains flux
 - Affectations (sites multi-produits)
 - Type de collecte (mesure directe, mesure indirecte, estimation)
- Les données génériques
 - Critère de coupure (1%, 5%)
 - Représentativité temporelle (base 2018 avec jeux de données 2000)
 - Représentativité technologique (ex : classes d'émissions PL, un plastique proche, nuance alu, substances dangereuses...)
 - Représentativité géographique (ex : donnée Europe pour un processus en France)
 - Conformité méthodologique EN 15804 (affectations, impacts évités...)
 - Correction/ajustement de la donnée générique (paramètres sensibles, recontextualisation élec...)
- Le développement de scénarios
 - Absence de scénario pour certaines étapes (mise en œuvre, émissions dans air/eau/sol...)
 - Type de scénario (probable, pondéré, plausible...)
 - Définition du scénario (éléments de preuve)
 - Définition de la DVR (durée visée, durée constatée maxi, durée constatée courante...)
- L'affectation des données au modèle d'ACV
 - Définition de l'unité fonctionnelle (écart sur la dimension, jeux, vides/pleins...)
 - Définition du flux de référence
 - Représentativité du calcul réalisé (produit moyen, moyen pondéré, variabilité gamme/collectif)
 - Quantité d'ICV générique par unité de flux d'ICV spécifique (inclusion chutes...)
- Les autres aspects méthodologiques
 - Facteurs de caractérisation (substances non caractérisées)
 - Non affectation aux co-produits de valeur inférieure à 1% du CA
 - Bénéfices dans le module D de déchets produits en A3

Les sources d'incertitudes évoquées ci-dessus sont mis en regard des éléments méthodologiques contraignants (ou non) fournis par les documents de référence (norme EN 15804 et PCR ed3 du programme PEP) dans un ensemble de fiches, annexées à ce rapport.

2.2. La caractérisation de l'incertitude en ACV

Il existe plusieurs possibilités en ACV pour caractériser l'incertitude. Comme la fiabilité des résultats et des conclusions d'une étude dépend de la qualité des données utilisées, la qualité des données en ACV est un élément majeur. Il faut donc la prendre en compte, d'après les normes de référence ISO 14040-44 (ISO, 2006), tout au long du processus de réalisation de l'ACV. Ainsi, à chaque étape de l'ACV, certaines vérifications sont nécessaires, comme présentées à la figure suivante.

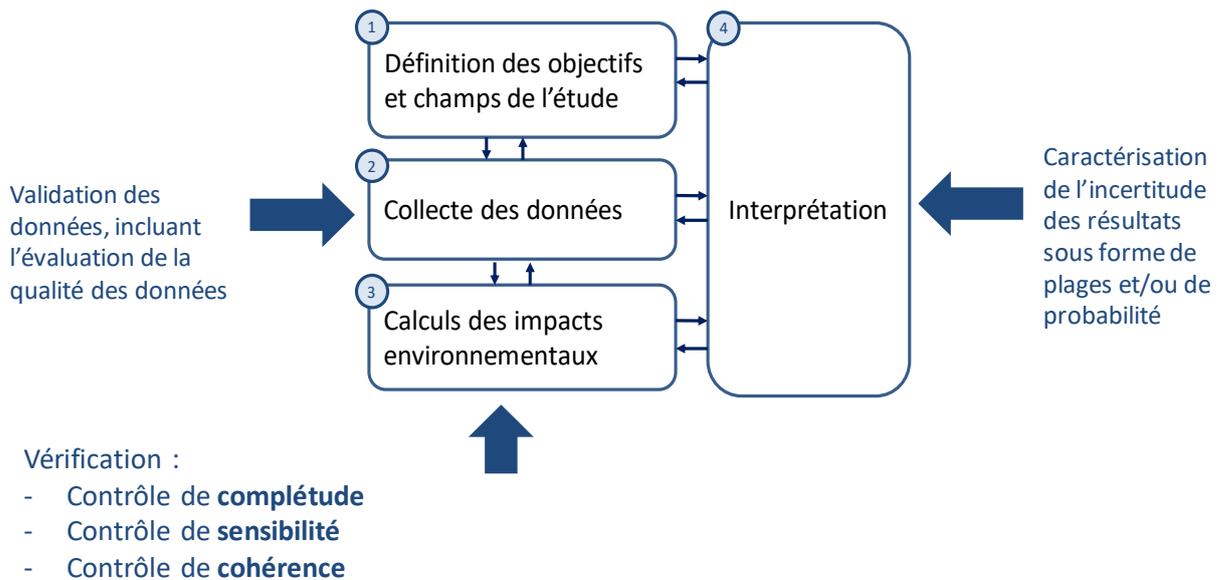


Figure 2 : Eléments méthodologiques relatifs à la qualité des données dans l'ACV

En particulier, à l'étape 3 « Calculs des impacts environnementaux », les contrôles suivants sont attendus afin d'évaluer l'influence de certains paramètres sur les résultats :

- Contrôle de **complétude** pour identifier les lacunes en termes de données ;
- Contrôle de **sensibilité** afin de déterminer notamment l'influence des paramètres d'entrée sur les résultats ;
- Contrôle de **cohérence** pour identifier d'éventuelles différences dans les sources, précisions, couverture technologiques, spatiales et temporelles, âge des données.

Ensuite, l'analyse de la qualité des données et l'analyse d'incertitudes en tant que telles peuvent être effectuée selon différentes approches (Arpin, 2013; ISO, 2006) :

- Approche qualitative : jugement d'experts, indicateur de qualité des données ;
- Approche semi-quantitative : analyse de scénarios, approche Pedigree ;
- Approche quantitative : analyse statistique (Monte-Carlo, logique floue).

Note : Dans la suite de ce rapport, seules certaines approches semi-quantitatives seront développées.

A travers une approche semi-quantitative basée principalement sur du jugement d'expert, le CIRAIG propose une évaluation de la qualité des données selon deux critères, avec une note de 1 à 5 pour chaque critère :

- **Fiabilité** : elle concerne les sources de données, les méthodes de collecte et les processus de vérification des données. Les données qualifiées de fiables sont des données mesurées sur le terrain et vérifiées. Cet aspect renvoie à la quantification des flux déclarés.
- **Représentativité** : il s'agit de la situation géographique, temporelle et technologique. Les données qualifiées de représentatives sont des données représentant la situation étudiée. Cet aspect fait référence au choix des processus utilisés pour modéliser les systèmes à l'étude.

La **Erreur ! Source du renvoi introuvable**. Figure 3 ci-dessous, issue d'une étude du CIRAIG, est un exemple d'évaluation de la qualité des données en ACV. Les critères de qualité des données sont mis en regard de la contribution du processus à l'impact du cycle de vie.

Étape du cycle de vie / Processus	Contribution à l'impact global du système	Qualité	
		Fiabilité (Quantité)	Représentativité (Processus)
1A. Géothermie liquide-eau	100%		
Production	8-40%	2	2
Installation	2-37%	2	2
Exploitation (1 seul processus)	21-89%	3	3
Gestion en fin de vie	0-4%	2	3
Production	100%		
Boucle souterraine verticale	8-47%	2	2
Pompe à chaleur liquide-eau	14-61%	2	2
Planchers radiants	30-53%	2	3
Réservoir à eau chaude	1-1%	3	3
Installation	100%		
Système boucle-pompe	43-78%	2	2
Planchers radiants	22-57%	3	3
Réservoir à eau chaude	0-0,2%	2	2
Gestion en fin de vie	100%		
Système boucle-pompe	3-83%	2	4
Planchers radiants	17-97%	2	3
Réservoir à eau chaude	0-1,6%	2	3

Figure 3 : Contribution des processus et qualité des données des systèmes de production décentralisée d'énergie thermique à petite échelle (Arpin, 2013)

Sur le même principe, l'approche Pedigree est une méthode semi-quantitative permettant de traduire la qualité d'une donnée. Elle est utilisée en particulier dans la base de données ecoinvent (Wernet et al., 2016). Il s'agit de noter entre 1 et 5 la donnée, sur différents critères développés dans la Figure 4 ci-dessous.

Indicator score	1	2	3	4	5 (default)
Reliability	Verified data based on measurements	Verified data partly based on assumptions or non-verified data based on measurements	Non-verified data partly based on qualified estimates	Qualified estimate (e.g. by industrial expert)	Non-qualified estimate
Completeness	The data is representative for the process considered, over an adequate period to even out normal fluctuations	The data is representative for >50% of the process considered, over an adequate period to even out normal fluctuations	The data is representative for only part of the process (<<50%), or >50% but for shorter time periods	The data is representative for only one part of the process considered, or for small part of the process but for shorter time periods	It is not known which part of the process the data represents
Temporal correlation	Less than 3 years of difference to the time period of the dataset	Less than 6 years of difference to the time period of the dataset	Less than 10 years of difference to the time period of the dataset	Less than 15 years of difference to the time period of the dataset	Age of data unknown or more than 15 years of difference to the time period of the dataset
Geographic correlation	Data from area under study	Average data from larger area in which the area under study is included	Data from area with similar production conditions.	Data from area with slightly similar production conditions	Data from unknown or distinctly different area (North America instead of Middle East, OECD-Europe instead of Russia)
Further technical correlation	Data from enterprises, processes and materials under study	Data from processes and materials under study (i.e. identical technology) but from different enterprises	Data from processes and materials under study but from different technology	Data on related processes or materials	Data on related processes on laboratory scale or from different technology

Figure 4: Matrice Pedigree issue d'ecoinvent

Enfin, la Commission Européenne a également développé une méthode de notation de la qualité des données : le « data quality rating » (DQR). Une note globale, entre 1 et 5, est obtenue en faisant la moyenne de notes sur plusieurs critères dont la représentativité technologique, géographique, temporelle, et la précision.

Ainsi, le Product Environmental Footprint Category Rules Guidance (European Commission, 2018) propose une « Data Need Matrix » (Figure 5) basée sur la valeur du DQR, permettant de prioriser les efforts lors de la collecte de données. Il s'agit d'un arbre de décisions, précisant le type de données à collecter pour une ACV (données spécifiques, données secondaires ou par défaut) en fonction de l'importance du procédé pour la catégorie de produits concernée.

		Most relevant process	Other process
Situation 1: process run by the company applying the PEFCR	Option 1	Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company-specific dataset partially disaggregated at level 1 (DQR≤1.6) Calculate the DQR values (for each criterion + total)	
	Option 2		Use default secondary dataset in PEFCR, in aggregated form (DQR≤3.0) Use the default DQR values
Situation 2: process <u>not</u> run by the company applying the PEFCR but with access to company-specific information	Option 1	Provide company-specific data (as requested in the PEFCR) and create a company-specific dataset partially disaggregated at level 1 (DQR≤1.6) Calculate the DQR values (for each criterion + total)	
	Option 2	Use company-specific activity data for transport (distance), and substitute the sub-processes used for electricity mix and transport with supply-chain specific EF compliant datasets (DQR≤3.0) Re-evaluate the DQR criteria within the product specific context	
	Option 3		Use company-specific activity data for transport (distance), and substitute the sub-processes used for electricity mix and transport with supply-chain specific EF compliant datasets (DQR≤4.0) Use the default DQR values
Situation 3: process <u>not</u> run by the company applying the PEFCR and without access to company-specific information	Option 1	Use default secondary data set in aggregated form (DQR≤3.0) Re-evaluate the DQR criteria within the product specific context	
	Option 2		Use default secondary data set in aggregated form (DQR≤4.0) Use the default DQR values

Figure 5 : Data Need Matrix issue du PEFCR Guidance (European Commission, 2018)

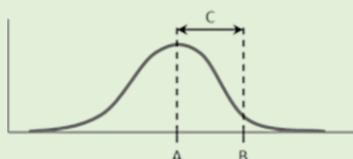
Ces approches semi-quantitatives représentent donc un ensemble d'exemples (non exhaustif) pour évaluer la qualité des données utilisées dans une ACV ou pour définir les besoins initiaux en termes de qualité des données dans le cas de la Data Need Matrix.

Zoom sur l'incertitude dans le calcul de structure

Des méthodes statistiques sont utilisées pour la détermination des caractéristiques mécaniques des produits de structure, et pour le calcul de résistance du bâti.

PRINCIPE

Le calcul de structure est réalisé comme un calcul de gestion du risque, combinant la déclaration de performances couvrant 95% des cas, avec un jeu de coefficients de sécurité tenant compte de la variabilité des actions agissant sur les structures.



Légende :

A = valeur la plus probable

B = valeur couvrant 95% des cas

C = incertitude, variabilité...

CARACTÉRISATION PRODUIT

Les performances mécaniques d'un produit peuvent être déterminées par des essais, dont les résultats sont interprétés de façon statistique pour fournir par exemple une résistance à la compression couvrant 95% des cas (fractile à 95%).

CALCUL ÉCHELLE BÂTIMENT

À l'échelle bâtiment, les propriétés de résistance des produits sont manipulées dans leurs valeurs statistiques (par exemple fractiles à 95%). Elles peuvent être ajoutées, multipliées... par le réalisateur du calcul bâtiment tout comme s'il s'agissait de valeurs moyennes.

L'ensemble des éléments présentés dans cette partie représente des pistes de réflexion pour améliorer la prise en compte de la qualité des données dans la réalisation des FDES et des PEP, et donc mieux appréhender les incertitudes.

3. Analyse des retours de l'expérimentation E+C- en PACA

L'objectif de l'étude est d'arriver à déterminer dans quelle mesure les résultats de l'évaluation de l'indicateur $E_{GES,PCE}$ sont influencés par les données d'entrée ainsi que les valeurs d'impacts issus des FDES et des PEP. Comme indiqué en introduction, il s'agit donc d'un dialogue permanent entre les échelles « produit » et « bâtiment ». À ce titre, deux cas d'étude ont été réalisés afin de mettre en lumière la variabilité des résultats d'impact au niveau de l'indicateur $E_{GES,PCE}$.

3.1. Cas d'étude n°1 : Logements

La première opération sélectionnée pour cette étude est une opération de construction de logements intégrée à l'expérimentation dans les projets livrés. Les éléments initiaux du projet sont rappelés à la figure ci-dessous.

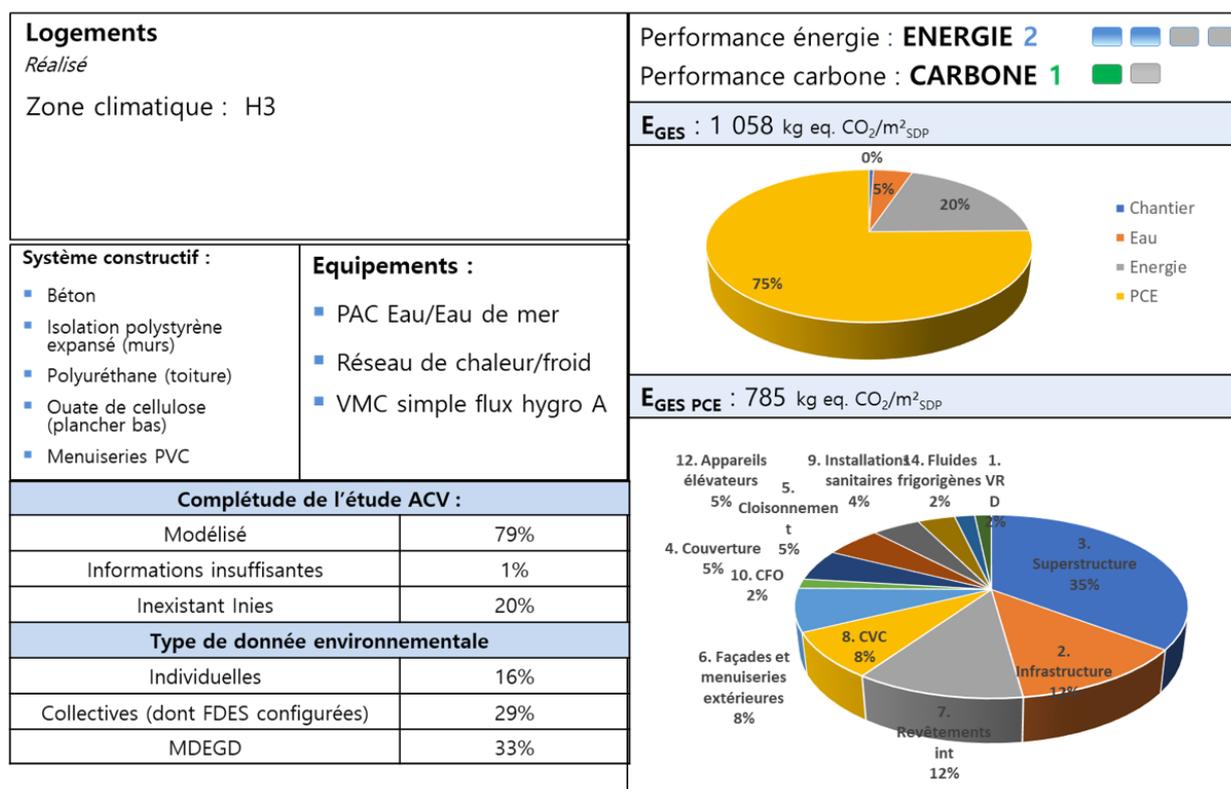


Figure 6 : Rappel des éléments initiaux du projet de logements issus de l'expérimentation E+C-

3.1.1. Mise à jour du calcul

Dans la première version du calcul ACV réalisé sur le programme de logements pour le programme OBEC en PACA, certains éléments en béton armé ont été saisis en isolant le béton d'un côté et les aciers de l'autre. Lors de la mise à jour du calcul réalisée le 6 mars 2019, tous les éléments qui avaient été sélectionnés en « béton pour ... » n'étaient plus disponibles dans la base Inies. Il a donc fallu revoir la saisie de ces éléments béton avec des données environnementales (DE) spécifiques issues du configurateur BETie. Or, le niveau de précision des métrés fournis dans les DPGF n'est pas suffisant pour réaliser des DE BETie, il faut donc poser des hypothèses et revenir sur les calculs qui ont été déjà réalisés dans la première saisie, pour adapter les unités de métrés.

A ce titre, tous les éléments béton n'ont pas été définis de la même manière. Par exemple les semelles filantes sont définies en ml, sans quantitatif d'aciers associé. Certains poteaux sont exprimés, eux, en unités, sans précisions quant à leurs dimensions.

Les hypothèses posées peuvent donc être aussi diverses que les métrés exprimés, sans un échange précis avec le bureau d'études structure (difficulté de l'étude ACV réalisée a posteriori versus une étude réalisée en phase conception, en lien direct avec la maîtrise d'œuvre).

Ainsi, dans cette version du calcul actualisée le niveau carbone C1 de l'indicateur $E_{GES,PCE}$ n'est pas atteint, comme présenté à la figure ci-dessous.

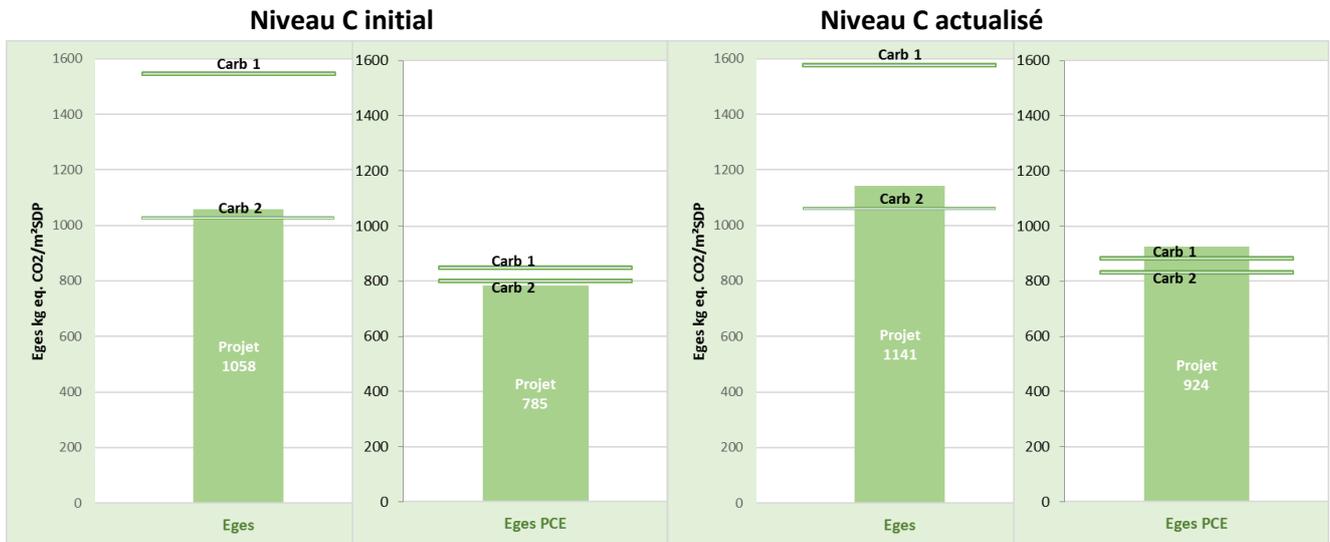


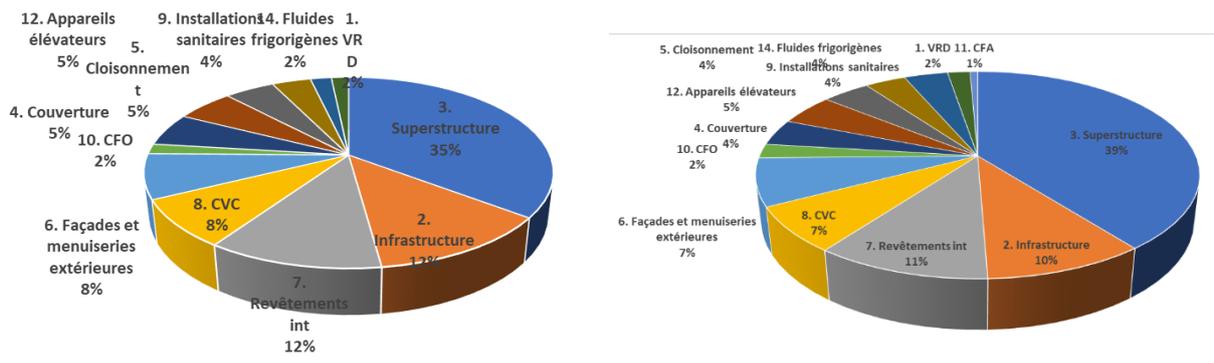
Figure 7 : Résultats carbone pour le projet de logements

Tableau 2 : Résultats carbone pour le calcul ACV initial et mis à jour

	Calcul initial	Mise à jour 06/03/2019
EgesPCE (kg CO ₂ eq/SDP)	785	924
EgesPCE max 1 (kg CO ₂ eq/SDP)	882	882

Comme présenté à la figure ci-dessous et suivantes, la majorité des impacts supplémentaires provient de la modification de la saisie des éléments béton des lots 2 et 3.

Figure 8 : Contribution des différents lots à l'indicateur $E_{GES,PCE}$



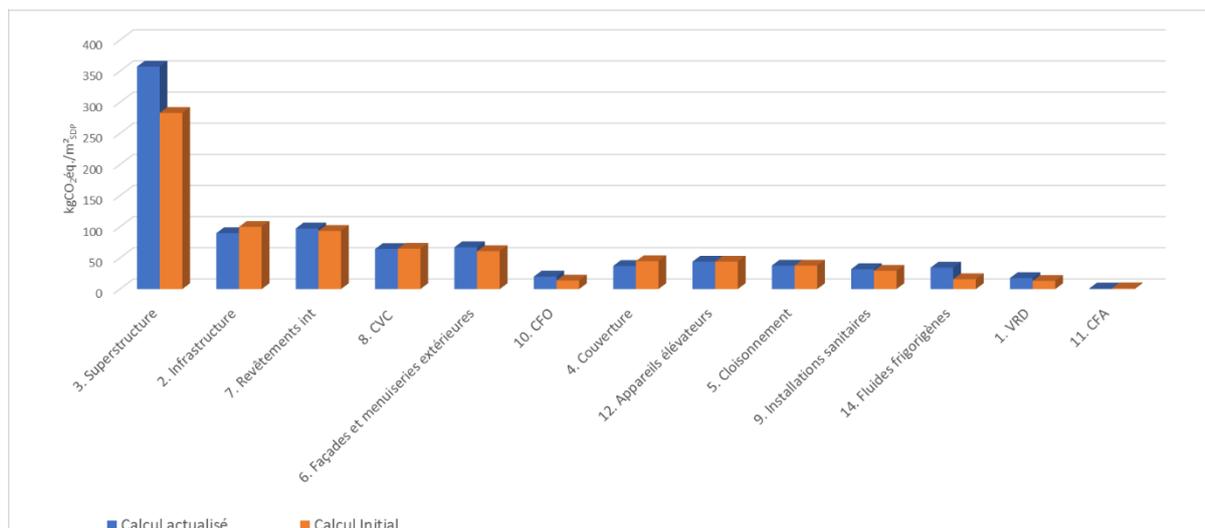


Figure 9 : Variation de l'impact des différents lots en fonction du calcul réalisé

Dans la nouvelle version du calcul, les éléments béton qui étaient saisis d'une part avec une fiche pour le béton et d'autre part avec une fiche pour les aciers, sont désormais saisis avec le configurateur BETie. Des hypothèses ont donc été posées sur plusieurs éléments et la classe de béton saisie correspond à la classe mise en œuvre, contrairement à la saisie précédente. Ceci influe beaucoup sur les résultats car la classe de résistance du béton effectivement mise en place est élevée, et l'on a pu constater que la classe de résistance conditionnait l'utilisation de ciments à fort impact carbone.

La mise à jour de l'impact du fluide frigorigène (évolution de la donnée environnementale sur la base INIES) a aussi un impact négatif sur le niveau carbone.

3.1.2. Détails des métrés

Le projet de logements regroupe deux bâtiments sur un unique îlot. Certains lots sont communs aux deux bâtiments construits sur la même parcelle (VRD, fondations et infrastructure). Une répartition au prorata de la SDP a été réalisée pour l'étude ACV.

Note : La majorité des éléments en béton armé sont exprimés en m³ de béton et en kg d'acier.

Comme indiqué au paragraphe précédent, il n'est aujourd'hui plus possible de saisir isolément la quantité de béton et celle d'acier car il n'y a plus la donnée environnementale du béton seul dans la base INIES. **Sur BETie il est possible de créer un béton seul, sans dimension. Or, lors de l'import de la fiche dans la bibliothèque Pléiades, il n'est pas possible de l'utiliser car il n'y a pas d'unité associée.**

L'avantage de ces métrés est que l'on connaît le ratio d'acier dans chaque élément béton. Ce ratio d'acier est parfois éloigné des ratios proposés par défaut par le configurateur BETie. Les ratios d'acier peuvent être très variés dans un même projet. Ceci rend la création de « DE BETie » et la saisie des éléments béton très fastidieuse. Dans la saisie du projet de logements des ratios d'acier moyens ont été pris en compte afin de ne pas multiplier les DE issues de BETie, déjà nombreuses. Le tableau suivant présente la variation d'impact induit par ces choix.

Tableau 3 : Différence d'impact entre des éléments similaires (dimensions et caractéristiques béton) qui n'ont pas les mêmes ratios d'acier

Ratio d'aciers dans un mur	Impact DE BETie kgeqCO2/UF	Ecart à la valeur par défaut
Valeur par défaut : 50 kg/m3	42,39	-
55 kg/m3	43,39	2 %
65 kg/m3	45,42	7 %
Ratio acier dans une dalle		
Valeur par défaut : 50 kg/m3	54,61	-
80 kg/m3	62,25	14 %

Ainsi, plus la quantité d'acier est importante plus l'impact carbone est important. Il est donc nécessaire de bien connaître les ratios d'aciers, notamment lorsque l'on a des voiles porteurs et de nombreuses poutres voiles. Ce ratio d'acier varie aussi en fonction de la zone sismique du projet. Mais la saisie de chacun des éléments nécessite un temps dédié important (impact sur le coût de la prestation ou la fiabilité de l'étude).

En appliquant cette approche au projet de logements, on détermine que les murs extérieurs, acrotères et garde-corps ont un ratio d'acier similaire. Une DE issue de BETie a donc été créée spécialement pour ces éléments avec **un ratio d'acier supérieur à celui par défaut**, qui correspond au ratio réel exprimé dans les DPGF de l'opération. Par ailleurs, les **voiles intérieurs ont un ratio d'acier plus faible que celui par défaut**. Une DE issue de BETie a donc été créée spécialement pour ces éléments.

Tableau 4 : Différence d'impact en utilisant les ratios réels et ceux par défaut

	Quantité	Impact projet kgeqCO2/m ² SDP	Impact avec ratio d'aciers par défaut kgeqCO2/m ² SDP
Voiles 65 kg acier/m3	1 344 m ²	10,7	10,0
Voiles 20 kg acier/m3	5 767 m ²	50,5	52,8

Il y a donc une différence d'impact de +0,7 kgeqCO2/m²SDP pour les murs contenant plus d'aciers que la valeur par défaut et une différence d'impact de -4% soit de -2,3 kgeqCO2/m²SDP pour les murs contenant moins d'aciers que la valeur par défaut.

Ainsi, plus la **quantité d'éléments saisie est importante plus l'enjeu du niveau de détail et de précision est important**. On voit que l'enjeu du niveau de précision est plus important sur la paroi de plus de 5000 m², et qui présente une différence de ratio d'aciers de 30kg/m³, par rapport à la paroi de 1 344 m² qui présente une différence de ratio d'aciers de 15 kg/m³.

Tableau 5 : Détail de la saisie des éléments béton et hypothèses sur le ferrailage

	qte aciers par défaut car pas de détail					
	aciers par défaut car DE déjà créée avec qte par défaut					
	véritable qte aciers					
	quantité d'acier supposée car DE déjà créée (dans ce projet ou autre projet)					
		ratios aciers pris en compte (kg)	ratio réel projet (kg)	ratio par défaut (kg)	Ecart entre ratio pris en compte et ratio par défaut (kg)	Ecart entre ratio pris en compte et ratio par défaut %
Dalle de reprise R+8 C30/37	140kgaciers	140	140	50	-90	-42%
poutre C25/30 XC1 0,2x0,4	80kgaciers	80	80	80	0	0%
mur XC4 C25/30 18 cm	aciers 65kg/m	65	65	50	-15	-7%
Mur intérieur ou mitoyen aux bureau		20	20	50	30	14%
Mur de façade 16 cm	B40 44kg aciers	45	45	50	5	2%
mur XC4 C25/30 18 cm	aciers 65kg/m	65	NC	50	-15	-7%
Poteaux DN 0.4	aciers 120kg	120	180	80	-40	-19%
poteaux C40/50 50x50		150	NC	80	-70	-33%
Poteau C25/30 XC1 20x40	80kgaciers	80	180	80	0	0%
Dalle BA C30/37 23cm	50kgaciers	50	39	50	0	0%
Dalle BA C30/37 20cm	50kgaciers	50	69	50	0	0%
Semelles filantes 30x40cm	C40/50, XC1	50	NC	50	0	0%
Voile C25/30 XC1 ep 18cm	50kgaciers	50	NC	50	0	0%
poutre C25/30 XC1 0,2x0,4	80kgaciers	80	NC	80	0	0%
Dalle BA C30/37 20cm	50kgaciers	50	NC	50	0	0%

Il est donc possible de regarder l'influence d'une saisie avec les ratios d'aciers par défaut sur l'ensemble du bâtiment, comme présenté au tableau suivant.

Tableau 6 : Tableau des impacts par élément

	Quantité	Impact projet kgeqCO2/m ² SDP	Evolution impact si ratio par défaut kgeqCO2/m ² SDP
Poteau, Poutres, semelles, longrines	2 045 ml	11,27	- 0,9
Voiles	12 112 m ²	101,24	+ 7,0
Dalle	10 997 m ²	173,8	- 5,4
TOTAL		286,3	+ 0,7

Une différence d'impact de +7 kqCO₂eq/m²SDP est observée sur les voiles car ils sont en majorité moins ferrillés que la valeur par défaut. En revanche, pour les dalles qui sont ont un taux de ferrailage plus élevé que la valeur par défaut, la différence d'impact est de -5,4 kgCO₂eq/m²SDP. Enfin, **sur la saisie globale du projet, la différence d'impact entre la saisie par défaut et la saisie du projet est minime (+0,7 kgCO₂eq/m²SDP).**

Par ailleurs, un autre inconvénient réside dans le fait qu'il n'est pas possible de différencier tous les éléments qui s'expriment en ml dans l'ACV (poutres, poteaux, semelles, pieux). La méthode utilisée dans notre cas a consisté à prendre une section moyenne et à diviser le volume total de béton par la section supposée.

Sur les plans béton, il apparaît parfois les nomenclatures des éléments avec leur section. On peut alors savoir combien il y a d'élément de telle ou telle dimension. Mais c'est loin d'être toujours le cas. En l'occurrence, nous n'avions pas le détail pour le projet de logements.

Cette disposition peut être évitée en phase conception dans le cadre d'un échange fluide avec le BET Structure.

L'écart entre l'impact de la DE et celui calculé proportionnellement (par une règle de trois) grandit lorsque l'épaisseur de mur considérée est éloignée de celle de référence. Mais l'écart maximal reste de l'ordre de 0,6 kgeqCO₂/m² de voile.

Tableau 7 : Calcul de l'impact des voiles de différentes épaisseurs à partir de DE issues de BETie

Epaisseur voile (m)	Impact DE BETie kgeqCO ₂ /m ²	Impact par règle de trois à partir des DE d'autres épaisseurs kgeqCO ₂ /m ²	
0,18	50,3	49,8	50,0
0,20	55,6	55,9	55,4
0,25	69,2	69,5	69,9

Le même exercice a été fait pour des poutres et des poteaux de sections différentes. On observe un écart de moins de 0,5 kgeqCO₂/ml d'élément. En appliquant cette approche au cas d'étude, nous supposons que les dimensions moyennes estimées par éléments engendrent une augmentation ou une réduction de 0,6 kgeqCO₂/UF.

Tableau 8 : Variation de l'impact des éléments du projet à partir de l'impact maximum calculé proportionnellement

	Quantité	Impact projet kgeqCO ₂ /m ² SDP	Variation avec 0,6 kgeqCO ₂ /UF/m ² SDP
Poteau, Poutres, semelles, longrines	2 045 ml	11,27	0,2
Voiles	12 112 m ²	101,24	1,1
Dalle	10 997 m ²	173,8	1,0
TOTAL		286,3	2,3

Ainsi, cette marge d'erreur représente moins de 1% de l'impact environnemental des éléments béton concernés. Dans ce cas, pour un même type de béton et un même taux de ferrailage, il a été possible de prendre une moyenne des dimensions de l'élément concerné pour créer une seule DE à partir de BETie sans impacter de plus de 1% le niveau carbone du bâtiment.

3.1.3. Saisie forfaitaire et saisie détaillée

Lors de la première étude, il a été possible de faire la différence entre saisie détaillée et méthode forfaitaire pour les lots techniques, comme nous disposons de données sur le lot CVC. La différence observée montrait une réduction de l'impact carbone du bâtiment en passant en méthode détaillée. Avec la mise à jour, la saisie du lot CVC en forfaitaire a un impact carbone supérieur de +11 kgCO₂eq/m²SDP par rapport à la saisie détaillée.

Tableau 9 : Eléments pris en compte et non pris en compte dans le lot CVC en utilisant la méthode détaillée

Dans la saisie détaillée, sont pris en compte les éléments suivants :	Ne sont pas pris en compte :
- Radiateur à eau chaude	<ul style="list-style-type: none"> - Les éléments de la sous station du réseau de thalassothermie (échangeur, réseau, pompes, éléments de régulation) - Les petits organes de réseau tels que les coudes et les raccords - Le réseau de désenfumage et ses organes coupe-feu
- Thermostats	
- Robinets thermostatiques	
- Réseaux de chauffage	
- Caissons de ventilation simple flux	
- Conduits de ventilation	
- Bouches d'extraction	
- Entrées d'air	
- Caissons de désenfumage	
- Vannes d'isolement	
- Calorifuge du réseau de chauffage	
- Compteurs	

De la même manière, la saisie du lot Courant fort (CFO) en forfaitaire a un impact carbone supérieur de +32 kgCO₂eq/m²SDP par rapport à la saisie détaillée.

Tableau 10 : Eléments pris en compte et non pris en compte dans le lot CFO en utilisant la méthode détaillée

Dans la saisie détaillée, sont pris en compte les éléments suivants :	Ne sont pas pris en compte :
- Compteur énergie	<ul style="list-style-type: none"> - Une grande quantité d'éclairage par manque de précisions - Equipements de GTC
- Prises de courant fort	
- Interrupteurs	
- Prises diverses	
- Chemins de câble	
- Switch	
- Boîte de dérivation	
- Câbles	
- Conduits	
- Disjoncteurs	
- Coffrets électrique	
- Détecteurs de fumée	
- Eclairage	
- Détecteurs de mouvement	
- Bornes éclairage extérieur	
- Carillons et sonneries	

Enfin, la saisie du lot Courant faible (CFA) en forfaitaire a un impact carbone supérieur de +5 kgCO₂eq/m²SDP par rapport à la saisie détaillée.

Tableau 11 : Eléments pris en compte et non pris en compte dans le lot CFA en utilisant la méthode détaillée

Dans la saisie détaillée, sont pris en compte les éléments suivants :	Ne sont pas pris en compte :
Câblage telecom	Antennes et paraboles
Câblage antenne	Prétubage fibre optique
BAEH	Eléments de contrôle d'accès Eléments de sécurité incendie

Cependant, le manque de détail sur ces lots, et de connaissances précises sur les impacts des éléments non pris en compte, ne permet pas de juger précisément du taux de complétude de la saisie. Pour autant, nous avons jugé que l'exercice était justifié par une quantité de données présentes plus importantes en nombre que celles absentes. La figure suivante présente les différentiels d'impact sur les différents lots étudiés en méthode forfaitaire et détaillée. Erreur ! Liaison incorrecte.

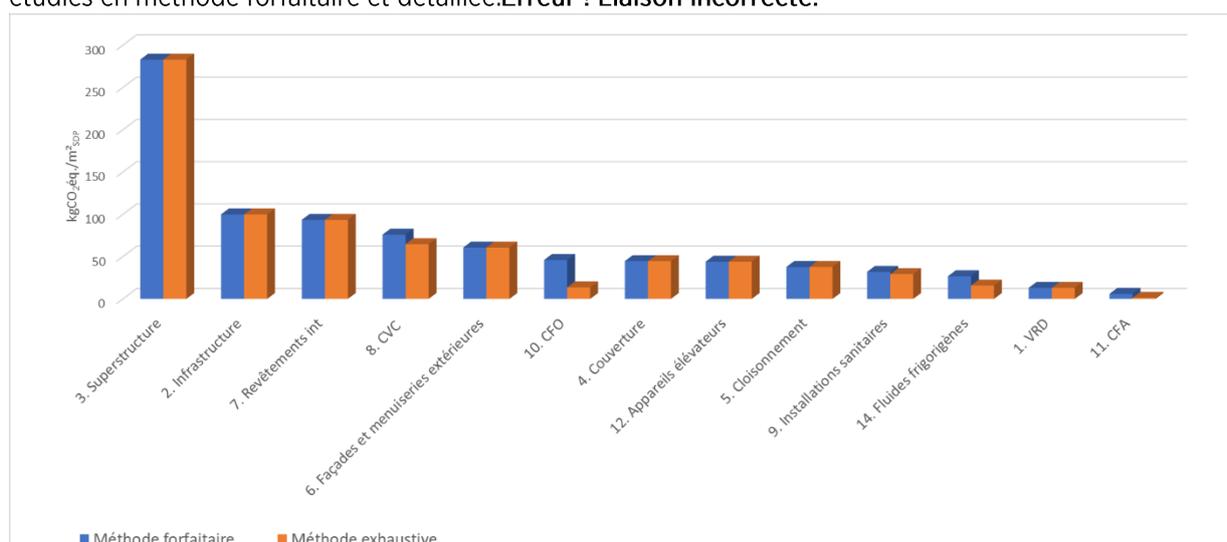


Figure 10 : Différentiel d'impact pour les lots CVC, CFO et CFA

Les valeurs absolues des différentiels d'impact sont également indiquées dans le tableau suivant.

Tableau 12 : Impact carbone sur les différents lots en méthode forfaitaire et détaillée

	kgCO ₂ eq. Exhaustif	kgCO ₂ eq. Forfaitaire	Différence entre les deux (kg CO ₂ eq.)	Différence entre les deux (%)
3. Superstructure	283	283	0	N/A
2. Infrastructure	100	100	0	N/A
7. Revêtements int	93	93	0	N/A
8. CVC	65	76	-11	-14%
6. Façades et menuiseries extérieures	61	61	0	N/A
10. CFO	14	46	-32	-70%
4. Couverture	45	45	0	N/A
12. Appareils élévateurs	44	44	0	N/A
5. Cloisonnement	38	38	0	N/A
9. Installations sanitaires	29	32	-3	-9%
14. Fluides frigorigènes	16	27	-11	-41%
1. VRD	13	13	0	N/A
11. CFA	1	6	-5	-83%
TOTAL	801	863	-62	-7%

3.1.4. Influence des quantités // bons de livraison

Nous ne disposons pas des bons de livraison dans le dossier. Les DOE ont été fournis principalement sous forme de DPGF détaillés issus de l'analyse des DOE réalisée par le constructeur du bâtiment. Il n'est pas prévu généralement de comparatif entre les DPGF des DOE et les bons de livraison pour la partie ACV.

3.1.5. Influence du transport pour l'approvisionnement du béton

Dans le configurateur BETie la distance de transport du béton par défaut est de 18,5 km. Une étude de sensibilité a été menée sur l'évolution des impacts sur une dalle en fonction de la distance entre la centrale et le chantier. Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Influence de la distance de transport du béton sur l'impact environnemental

Distance centrale-chantier (km)	Impact DE BETie kgeqCO2/m ²	Ecart à la valeur par défaut
1	53,21	- 2,6 %
5	53,54	- 2,0 %
18,5	54,64	-
30	55,58	+ 1,7 %

La centrale à béton qui a alimenté le projet de logements se trouvait à seulement 1 km du chantier. Dans la saisie initiale du projet, la valeur par défaut a été laissée à 18,5 km. En prenant en compte la distance réelle de la centrale à béton, les impacts des éléments en béton peuvent être réduits de 2,6%, soit de 7,4 kgeqCO2/m²SDP.

Les prédalles préfabriquées ont été fabriquées sur le chantier. L'impact environnemental de ce poste est donc surestimé dans l'ACV. Le module 4 pourrait être réduit, mais il n'est pas possible de le faire manuellement dans le logiciel.

3.1.6. Analyse de la contribution spécifique de la mise en œuvre de l'étanchéité

Le projet a sélectionné le produit suivant : étanchéité de toiture bi-couche base bitume modifié SBS (quantité 3450 m²). Ce produit a nécessité une mise en œuvre par soudage en place au chalumeau. L'impact global de cet élément est de 4,4 kgCO2eq/m²SDP soit moins de 1% de l'impact PCE du projet.

3.1.7. Taux de complétude

Le taux de complétude présenté dans notre rapport initial OBEC tient compte du nombre d'éléments qui ont pu être modélisés par rapport au nombre d'éléments total recensés dans le projet sur le tableur Excel de recensement des éléments mis en œuvre.

Dans notre étude initiale, nous avons considéré comme « négligeable » un élément présent en très petite quantité ou un élément de très petite taille au regard de celle du projet (exemple : façon de seuil au mortier).

Un élément qui n'est pas comptabilisé car inexistant dans la base Inies, dit « inexistant INIES », n'a été compté absent qu'une seule fois dans un même lot pour ne pas pénaliser le taux de complétude, c'est-à-dire que le total d'éléments du projet ne correspond pas strictement au total de ligne des DPGF. Certaines lignes redondantes sont regroupées en une seule ligne de total.

Dans la première version de l'ACV le projet avait un taux de complétude de 79 %. Dans la mise à jour, le taux de complétude atteint 82 %. Sur 318 éléments du projet, 22 sont qualifiés de négligeables. Les éléments définis comme négligeables ne font pas partie du total d'éléments du projet afin de bonifier le

taux de complétude. Le total d'éléments du projet qui sert à calculer le taux de complétude est donc de 296. Voici une liste (non exhaustive) des données non modélisées dans les projets OBEC étudiés :

- Barbacanes, Pissettes, Skydome, exutoire en toiture, relevés d'étanchéité exprimés en ml dans les DPGF et en m² dans l'ACV, Souches de VMC, Plots béton exprimés en unité dans les DPGF, crosses exprimées en unité dans les DPGF et en ml dans l'ACV
- Sable, stabilisé, couche de forme en GNT pour différents calibres,
- Finition désactivée du béton,
- Bandes podotactiles,
- Delta MS,
- Rupteurs de ponts thermiques,
- Encoffrements et retombées de poutres car exprimés en ml ou unité dans les DPGF alors que les cloisons s'expriment en m² dans l'ACV,
- Trappes de visite, façades de gaines techniques,
- Boîtes aux lettres,
- Joint de dilatation et traitement/ finition de ceux-ci en intérieur comme en extérieur.

3.2. Cas d'étude n°2 : Résidence hôtelière

La deuxième opération sélectionnée pour cette étude est une opération de construction de résidence hôtelière intégrée à l'expérimentation dans les projets livrés. Les éléments initiaux du projet sont rappelés à la figure ci-dessous.

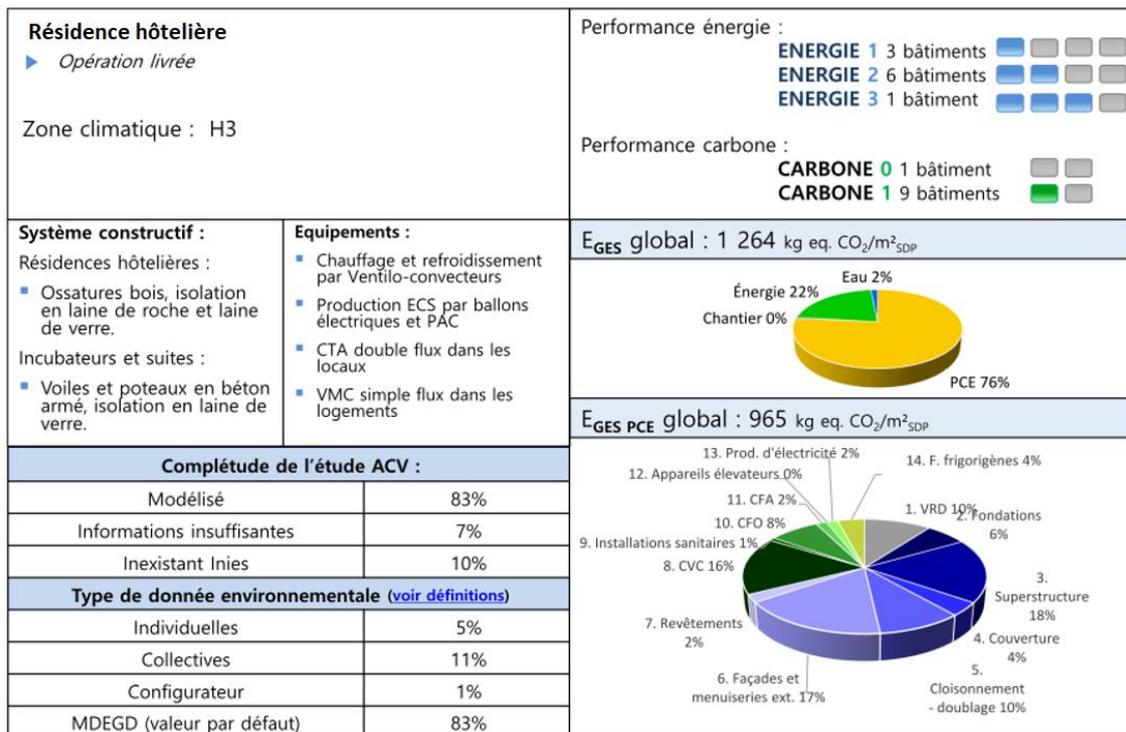


Figure 11 : Rappel des éléments initiaux du projet issus de l'expérimentation E+C- (décembre 2018)

Le système constructif de la résidence hôtelière est composé de :

- Murs en ossature bois ;
- Charpente en bois ;

- Refends en bois CLT ;
- Doublage en laine minérale et plaques de plâtre ;
- Bardage bois et isolation extérieure laine de roche ;
- Toiture en bois CLT, végétalisée et isolée par du polyuréthane.

L'intérêt de ce second cas d'étude réside dans le fait que le système constructif est très différent du premier ce qui va permettre de faire varier un certain nombre de paramètres qui n'ont pas été exploré précédemment. Pour rappel, la première évaluation ACV réalisée dans le cadre de l'expérimentation avait montré que la résidence hôtelière est C1, avec un indicateur EGES,PCE atteignant le niveau C2. Les principaux contributeurs à l'impact carbone identifiés étaient :

- Lot 8 CVC (20%) ;
- Lot 5 Cloisonnement-Doublage (19%) ;
- Lot 6 Façades et menuiseries extérieures (15%).

Dans les sections suivantes, différentes variantes vont être testées afin de voir leur influence sur les résultats carbone du projet.

3.2.1. Influence du choix de la donnée environnementale

Au niveau des éléments en bois du projet, un certain nombre de variantes ont été testées afin de déterminer l'influence de l'utilisation de données spécifiques (FDES individuelle ou configurateur), de données collectives (FDES collectives) ou de données par défaut (MDEGD). Les variantes testées et leur influence sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 14 : Variantes étudiées sur le projet de résidence hôtelière et leur influence sur l'impact carbone

Élément du projet	Paroi CLT	Portes extérieures bois	Fenêtres
Donnée environnementale de référence	FDES individuelle	MDEGD	MDEGD
Variante 1	FDES collective	FDES collective	FDES collective
Ecart observé entre donnée environnementale de référence et variante 1	Pas d'écart entre la FDES individuelle et la FDES collective	L'écart est de -16% d'impact sur le lot 6, et de -2,3% d'impact sur l'indicateur $E_{GES,PCE}$	L'écart est de -8,4% d'impact sur le lot 6, et de -0,6% d'impact sur l'indicateur $E_{GES,PCE}$
Variante 2	MDEGD	N/A	FDES paramétrée via le configurateur DEbois
Ecart observé entre donnée environnementale de référence et variante 2	L'impact du lot 3 est doublé avec l'utilisation de la MDEGD (+101,7 kgCO₂eq/m²SDP), ce qui représente +16% d'impact sur l'indicateur $E_{GES,PCE}$		L'écart est de -10% d'impact sur le lot 6, et de -0,7% d'impact sur l'indicateur $E_{GES,PCE}$

A travers ce nouvel exemple, il est possible de mettre en évidence que l'utilisation de données environnementale spécifique (FDES individuelle) permet de réduire l'impact environnemental de l'indicateur EGES,PCE, mais pas forcément de manière significative (cas des portes extérieures et des fenêtres). Par contre, dans le cas de la paroi CLT, l'utilisation de la MDEGD à la place de la donnée individuelle entraîne une augmentation significative de l'impact (+16% sur l'indicateur $E_{GES,PCE}$).

En dehors des éléments bois, une autre variante a été testée pour la mise en œuvre de l'étanchéité bitumineuse. Le système de référence utilisé est un revêtement d'étanchéité bicouche apparent en bitume modifié, de 361,4 m². Les résultats de l'utilisation de différentes données environnementales sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau 15 : Variante d'utilisation de données environnementales pour la mise en œuvre de l'étanchéité

Elément du projet	Etanchéité bitumineuse
Donnée environnementale de référence	MDEGD
Variante 1	FDES collective (monocouche)
Ecart observé entre donnée environnementale de référence et variante 1	L'écart est de -22% d'impact sur le lot 4, et de -0,3% d'impact sur l'indicateur E _{GES,PCE}
Variante 2	Collective (bicouche)
Ecart observé entre donnée environnementale de référence et variante 2	L'écart est de +23% d'impact sur le lot 4, et de +0,2% d'impact sur l'indicateur E _{GES,PCE}
Variante 3	FDES collective (monocouche), avec mise en œuvre plus impactante
Ecart observé entre donnée environnementale de référence et variante 3	L'écart est de +4% d'impact sur le lot 4, et de +0,04% d'impact sur l'indicateur E _{GES,PCE}

En se focalisant sur l'impact du lot 4, les variantes étudiées pour l'étanchéité bitumineuse montrent que l'écart peut être significatif pour ce lot suivant le choix de la donnée environnementale. Cependant, à l'échelle du projet, comme le lot 4 ne contribue qu'à hauteur de 4% (dans la modélisation de base), les variations d'impact pour l'indicateur E_{GES,PCE} sont relativement limitées.

3.2.2. Saisie forfaitaire et saisie détaillée

Lors de la première étude, il a été possible de faire la différence entre saisie détaillée et méthode forfaitaire pour certains lots techniques, notamment les lots 10 (CFO) et 11 (CFA). Les lots 8 (CVC) et 9 (Installations sanitaires) étaient modélisés de manière forfaitaire dans l'ACV de base.

Lors de la modélisation des lots 8 et 9 de manière détaillé, par rapport à la version de base forfaitaire, les écarts suivants ont pu être observés :

- Lot 8 : +11% d'impact
- Lot 9 : impact multiplié par 20
- Indicateur E_{GES,PCE} : +25% d'impact

Ces éléments montrent que le modèle ACV est clairement sensibles à l'utilisation d'autres données que les données forfaitaires. De la même manière, une variante de modélisation a été testée sur les lots 10 et 11, en utilisant les valeurs forfaitaires, au lieu des valeurs détaillées de l'ACV de base. Les écarts suivants ont pu être observés :

- Lot 10 : impact multiplié par 5
- Lot 11 : -51% d'impact
- Indicateur E_{GES,PCE} : +7,5% d'impact

Dans ce cas, il apparaît clairement que le lot forfaitaire est plus impactant pour le lot courant fort. L'utilisation de données spécifiques permet donc la réduction de l'impact de ce lot. Par contre, ce n'est pas

le cas pour le lot 11, courant faible, ce qui représente un biais et ne permet pas d'encourager les fabricants à réaliser des données environnementales spécifiques.

3.2.3. Influence du transport pour l'approvisionnement des éléments en CLT

Comme pour le cas d'étude n°1, l'influence des distance de transport pour l'approvisionnement sur le chantier a été testée. Ainsi, pour les éléments en CLT, les données de transport suivantes ont été collectées :

- 1189 km pris en moyenne dans la FDES ;
- Usine n°1 du fabricant à 1264 km du site de construction ;
- Usine n°2 du fabricant à 1099 km du site de construction ;
- Pas de précision du fabricant pour savoir de quel site vient le CLT.

Le modèle ACV n'apparaît pas sensible à ce paramètre car les écarts observés sont les suivants :

- Pour un écart de 90 km (notre cas), on obtient : $49,2 \cdot 90 / 1189 \cdot 135,12 / 772 = 0,65$, soit $\pm 0,65\%$ lot 3, $\pm 0,1\%$ sur l'indicateur EGES,PCE ;
- Pour un écart de 640 km (écart maximum possible), on obtient : $49,2 \cdot 640 / 1189 \cdot 135,12 / 772 = 4,65$, soit $4,6\%$ lot 3, $\pm 0,7\%$ sur l'indicateur EGES,PCE.

Conclusion, limites et perspectives

Une nécessité d'harmoniser les pratiques de réalisation des FDES et des PEP

Les textes régissant la réalisation des FDES et des PEP présentent, sur certains points méthodologiques, une diversité de choix qui entraîne une variabilité des résultats à l'échelle produit ou équipement. Les pistes d'amélioration présentées ci-dessous visent à harmoniser les pratiques sur ces points afin de réduire la variabilité associée. Elles combinent précisions sur l'interprétation des textes et mise à disposition d'outils pratiques pour les réalisateurs de FDES et PEP :

1. Précision sur les méthodes d'allocation « fabricant » et « amont »
2. Meilleur encadrement des déclarations moyennes (produits, sites, fabricants...)
3. Fourniture de jeux de données ACV « amont » fixes pour les procédés courants
4. Meilleur encadrement du choix et de l'adaptation des autres données ACV « amont »
5. Fourniture de scénarios par défaut fixes pour les scénarios communs
6. Meilleur encadrement du choix et de la justification des autres scénarios
7. Fourniture de facteurs de caractérisation tabulés suivant les nomenclatures des bases de données

Un accompagnement indispensable des réalisateurs d'ACV bâtiment

Les principales pistes d'amélioration identifiées à l'échelle bâtiment ne relèvent pas d'une amélioration de la méthodologie, mais surtout de la formation et de l'accompagnement des réalisateurs d'ACV bâtiment. En effet, parmi les principales sources d'incertitudes identifiées se trouvent le choix et la quantification des données à utiliser. Ainsi, nous identifions comme piste d'amélioration significative, la production de supports et la mise au point de formations sur les aspects suivants :

1. **Choisir la données adaptée** : au-delà de la séquence réglementaire (spécifique individuelle > spécifique collective > par défaut), les réalisateurs d'ACV bâtiment ont besoin de connaître de façon approfondie les différents produits, leurs variantes, leurs performances, et de faire le lien avec les données environnementales existantes

2. **Déterminer la quantité de la donnée** : les réalisateurs d'ACV ont besoin de connaître de façon approfondie les unités métiers de chaque produit/équipement et leurs éventuelles conversions dans les unités des données environnementales disponibles

Les supports de formation relatifs à ces deux aspects pourraient être proposés par les fabricants des produits et équipements, individuellement ou collectivement.

Une précision de certaines méthodologies dans l'ACV bâtiment nécessaire

D'autres pistes d'amélioration à l'échelle bâtiment ont été identifiées et portent sur la méthodologie de calcul réglementaire :

1. Affiner les lots forfaitaires par typologie de bâtiment
2. Autoriser et encadrer les règles d'extrapolation en lien avec l'échelle « produit »
3. Encadrer la notion de complétude de la modélisation
4. Encadrer la modification de la Durée de vie de référence (DVR) des produits et équipements

Limites de l'analyse conduite dans ce rapport

Cette première étude sur le sujet ne se veut pas exhaustive et propose des pistes basées sur les analyses réalisées et sur l'expérience du groupement sur la question de la réalisation/vérification de FDES et de PEP, et sur la réalisation d'ACV bâtiment. Ces éléments pourront tout à fait être complétés dans le futur, avec notamment d'autres études de cas.

Vers une prise en compte de l'incertitude ?

S'il existe des moyens de réduire les incertitudes et variabilités, il est certainement impossible de les annuler complètement. Aussi, ces moyens ont des coûts, et la variabilité économique des solutions proposées ne doit pas être écartée.

Ainsi, on peut s'interroger sur la pertinence de la prise en compte des incertitudes et variabilités dans les méthodes de calcul aux échelles « produit » et « bâtiment ». Les fabricants de produits de structure et BE structure utilisent déjà des méthodes statistiques pour déclarer les performances mécanique de leurs produits et calculer la résistance structurelle du bâti. La propagation d'incertitudes existe aussi en simulation énergétique, elle est utilisée notamment dans le cadre d'engagements de performance (Garantie de Performance énergétique).

Il faudrait donc envisager, de manière progressive et économiquement viable, de renforcer l'évaluation environnementale des produits, équipements et bâtiments par une harmonisation des pratiques et une prise en compte de manière plus spécifique des enjeux liés aux incertitudes.

Références

- Arpin, M.-L. (2013). *Analyse du cycle de vie des filières de production décentralisée d'énergie thermique à petite échelle*.
- Bachelet, R. (2011). *Analyse & traitement de données : Validité et fiabilité*, 27.
- Bureau International des Poids et des Mesures. (2012). *Vocabulaire international de métrologie - Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*.
- European Commission. (2018, May). *Product Environmental Footprint Category Rules Guidance*, version 6.3.
- Igos, E., & Benetto, E. (2015). *Les différentes sources d'incertitudes en ACV, leurs modes de calcul et impacts sur l'interprétation*.
- ISO. (2006). *ISO 14044 - Management environnemental - Analyse du cycle de vie - Exigences et lignes directrices*.
- Patouillard, L. (2018). *Régionalisation en Analyse du Cycle de vie: Analyse conséquentielle des filières alternatives pour le transport en France*. Ecole Polytechnique de Montréal - Université de Montréal et Institut des sciences et industries du vivant et de l'environnement (AgroParisTech).
- Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B. (2016). The ecoinvent database version 3 (part I): overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230. <http://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>