

L'analyse du cycle de vie dans le bâtiment

Comprendre et réaliser une ACV

- > Comprendre l'approche ACV
- > Réaliser l'ACV d'un produit du bâtiment
- > Réaliser l'ACV d'un bâtiment

Sommaire

Préface	5	6. Comment l'ACV se positionne-t-elle vis-à-vis d'autres démarches ?.....	66
Sommaire	7	6.1 ACV et écolabel.....	66
Introduction	9	6.2 ACV et bilan carbone.....	67
1. « Le développement durable est un oxymore »	9	6.3 ACV et calcul en coût global	68
2. Le secteur du bâtiment et des travaux publics (BTP) contribue largement aux effets sur l'environnement	10	Partie II : Comprendre les analyses de cycle de vie à l'échelle d'un produit de construction	69
3. Le secteur du bâtiment se distingue des autres secteurs industriels par sa complexité et ses spécificités	11	1. Qui réalise l'ACV d'un produit de construction ?	71
4. Vision globale et échelle d'observation	14	2. Dans quels objectifs sont réalisées les ACV des produits de construction ou des équipements ?	71
5. L'analyse du cycle de vie (ACV) dans le bâtiment	15	3. Que signifient les sigles EPD et DEP, FDES et PEP ?	74
Partie I : Comprendre l'approche analyse de cycle de vie (ACV)	17	4. Comprendre comment sont réalisées les FDES ou DEP dans la pratique.....	76
1. Qu'est-ce que l'ACV ? Les grands principes.....	19	4.1 Première phase : définir les objectifs et le champs de l'étude	76
1.1 L'ACV : la méthode en 4 phases.....	19	4.2 Seconde phase : la réalisation de l'inventaire du cycle de vie (ICV)	84
1.2 Les usages de l'ACV	22	4.3 Troisième phase : l'évaluation des impacts environnementaux.....	85
2. L'histoire de l'ACV	24	4.4 Quatrième phase : l'interprétation des résultats.....	88
2.1 L'apparition de l'ACV dans l'industrie	24	5. Qu'est-ce qu'une donnée vérifiée ?	89
2.2 Entrée en scène de l'ACV dans le monde du bâtiment.....	26	6. Où trouver les ACV des produits de construction ?	90
2.3 Vers la normalisation.....	28	6.1 La base réglementaire pour ceux qui communiquent sur l'environnement.....	90
2.4 L'état des lieux fin 2017 : en marche vers la réglementation	31	6.2 La base INIES pour les fabricants volontaires	90
3. Des notions indispensables pour comprendre l'ACV.....	37	6.3 Autres initiatives françaises, européennes et internationales	91
3.1 Quelles sont les grandes étapes de l'ACV ?	37	6.4 Sur quels critères choisir une base de données ?	94
3.2 Qu'est-ce que l'unité fonctionnelle ?	39	6.5 Pourquoi ne pas comparer des valeurs issues de bases de données différentes ?...	95
3.3 Quelques règles méthodologiques	40	7. Fiches pratiques.....	97
4. L'évaluation des impacts sur l'environnement	44	7.1 L'ACV permet-elle de valoriser un produit recyclé ?	97
4.1 Les atteintes à l'environnement : de quoi parle-t-on ?	44	7.2 Est-ce que l'ACV permet de valoriser et de choisir un produit d'origine locale ?	107
4.2 Des flux d'inventaire aux indicateurs.....	45	7.3 Est-ce que l'ACV permet de valoriser les produits naturels, les éco-matériaux et les matériaux biosourcés ?	113
4.3 Le jeu d'indicateurs dans les normes françaises	47		
4.4 Les indicateurs	48		
5. Les limites de l'ACV, lecture critique.....	64		

Partie III : Réaliser une analyse du cycle de vie à l'échelle d'un bâtiment..... 115

1.	Pourquoi réaliser l'ACV de votre bâtiment ?	117
1.1	Pour concevoir son bâtiment.....	118
1.2	Pour répondre à un appel d'offres	119
1.3	Pour valoriser la conception de son bâtiment par l'obtention d'une certification environnementale et/ou d'un label	119
1.4	Pour un bon bâtiment du point de vue environnemental	129
2.	Les grands principes de la réalisation d'une ACV bâtiment et ses spécificités.....	132
2.1	Les contributeurs	132
2.2	Principe de modularité, des EPD aux ACV bâtiment.....	136
2.3	Des 17 modules des FDES aux 17 modules d'une ACV bâtiment.....	137
2.4	Le choix du type d'étude et de la finesse des données dans la description du bâtiment.....	144
2.5	Une photographie millésimée d'un système.....	147
3.	Les bâtiments au prisme de l'ACV : les chiffres clefs.....	148
3.1	Les chiffres qui justifient la réalisation des ACV	149
4.	Réaliser une ACV d'un bâtiment aux différents stades d'avancement d'un projet	154
4.1	Programmation	155
4.2	Conception	161
4.3	Réalisation – Réception	177
4.4	Exploitation – Réhabilitation.....	182
4.5	Fin de vie du bâtiment.....	186

Conclusion 189

Bibliographie 193

Liste des abréviations 197

L'indicateur : « énergie fournie à l'extérieur » trace l'export d'énergie vers un réseau, sous forme d'électricité ou de chaleur qui serait produite dans le cadre des processus étudiés. Par exemple, cela peut être de l'électricité produite localement, partiellement autoconsommée et dont le reste serait renvoyé au réseau électrique. L'indicateur s'exprime en MJ.

4.4.13 Pollution de l'air et pollution de l'eau – 2 indicateurs

Les impacts d'acidification, de réchauffement climatique, d'eutrophisation, et de formation d'ozone photochimique, traitent déjà d'effets spécifiques de l'émission de certaines substances dans l'air, dans l'eau ou dans les deux milieux.

Il s'agit ici de rendre compte maintenant de l'impact des émissions dans l'air et dans l'eau sur le plan de l'écotoxicité. Les contributeurs sont nombreux : les COV, le dioxyde de soufre (SO₂), les métaux lourds, le monoxyde de carbone (CO), les particules (poussières, particules fines) et les hydrocarbures. Chacun d'entre eux a été étudié du point de vue de sa toxicité, et on connaît leurs effets sur les organismes vivants dont l'homme, en fonction de leur concentration.

L'indicateur intitulé pollution de l'air et l'indicateur intitulé pollution de l'eau se calculent tous les deux en appliquant la même méthode appelée « des volumes critiques » : pour chaque substance identifiée dans l'inventaire des flux, on calcule le volume d'air (ou d'eau) nécessaire à la diluer pour atteindre une concentration inférieure au seuil de toxicité établi par les scientifiques. Ces différents volumes sont ensuite additionnés pour obtenir l'indicateur correspondant, exprimé en mètres cubes d'air pour la pollution de l'air, et en mètres cubes d'eau pour la pollution de l'eau. Cette méthode, relativement simple dans son application, ne fait pas consensus parmi les acteurs : l'écotoxicité de la somme des différentes substances ne correspondant pas à la somme de l'écotoxicité de chacune des substances. Et les considérations de temporalité et de spatialisation ne permettent pas de corréliser l'écotoxicité et ces indicateurs de pollution d'eau et pollution d'air.

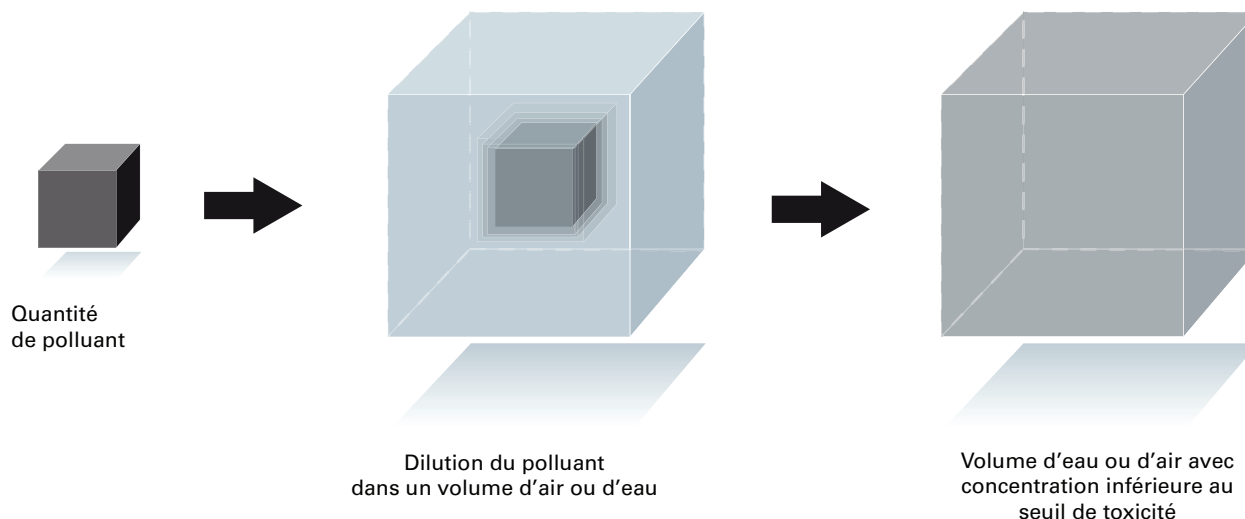


Figure 18 : La méthode des volumes critiques utilisée pour le calcul des indicateurs pollution de l'air et pollution de l'eau

4.2 Seconde phase : la réalisation de l'inventaire du cycle de vie (ICV)

L'inventaire de cycle de vie ou ICV est le bilan de l'ensemble des flux entrants et sortants du système étudié sur tout le cycle de vie.

Le prestataire ACV accompagne l'industriel dans la collecte de ces données : il s'agit d'exploiter toutes les factures de l'usine pour une période donnée. Quelles sont les consommations d'eau, d'énergie, de consommables, de matières premières, etc., pour l'année (ou la période) choisie ?

En général, les données spécifiques (c'est-à-dire les données réelles issues du fabricant) collectées sur le produit étudié sont principalement liées à la 1^{re} étape du cycle de vie. Elles concernent sa production (« *from cradle to gate* », soit du berceau à la porte de l'usine [A1-A3]) ainsi que son transport et sa mise en œuvre sur chantier [A4-A5]. Au-delà, le fabricant connaît moins bien son produit et la collecte des données devient bien souvent impossible.

Les données liées aux étapes B (utilisation) et C (fin de vie) sont plus souvent basées sur des scénarios génériques déterminés conjointement par le producteur et le prestataire réalisant l'ACV.

Étapes et modules

Les informations dans une déclaration environnementale sont organisées en 17 modules (ce sont les modules A1 jusqu'à A5, B1 à B7, C1 à C4 et le module D) selon la NF EN 15804.

Le cycle de vie est découpé en 4 étapes, correspondant chacune à plusieurs modules.

- A1-A3 Production
- A4-A5 Construction
- B Utilisation
- C Fin de vie

La collecte des données se fait successivement et par processus. Chacun des flux est ensuite décomposé en flux élémentaires. Un flux élémentaire (au sens de la norme ISO 14040), c'est une quantité de matière ou d'énergie entrante dans un processus, puisée dans l'environnement sans transformation humaine préalable ou sortante (rejetée dans l'environnement). Le ciment n'est pas un flux élémentaire. Mais, le calcaire, produit de base du ciment et directement extrait des carrières, ou le charbon sont des flux élémentaires.

Ainsi, les informations sur les consommations énergétiques (consommations d'électricité et combustibles, mais également énergie récupérée) et les consommations non énergétiques qui intègrent les consommations d'eau sont collectées (doivent être collectées les consommations d'eau issue du réseau d'eau potable, mais également les consommations d'eau de pluie, etc.).

Toutes ces données sont ensuite ramenées au flux de référence, qui permet ensuite de remonter à la quantité de produit contenue dans l'unité fonctionnelle. Celle-ci a été définie dans la phase précédente, en concertation avec le responsable de la réalisation de l'ACV.

Il s'agit de la quantité du produit pour lequel la collecte est effectuée. Par exemple, 100 m² de produit ou un rouleau de 30 m² ou 3 h de production du produit. C'est à cette phase que les règles d'allocation décidées précédemment sont utilisées.

On obtient ainsi des listes de plusieurs centaines de flux élémentaires entrants et sortants. Ces flux sont ensuite utilisés pour calculer les potentiels d'impact sur l'environnement.

Qui intervient ?

Le prestataire réalisant l'ACV échange avec l'industriel au travers de questionnaires détaillés de collecte de données.

4.3 Troisième phase : l'évaluation des impacts environnementaux

Cette troisième phase permet de passer de l'ensemble des flux (plusieurs centaines) à un nombre restreint d'aspects environnementaux (indicateurs d'impacts et indicateurs de flux) permettant une mesure de l'impact environnemental provoqué par le produit étudié.

Par exemple, l'indicateur de potentiel d'impact changement climatique correspond à la somme du pouvoir radiatif de différents gaz à effet de serre : citons le dioxyde de carbone (CO₂), la vapeur d'eau (H₂O), le méthane (CH₄), le protoxyde d'azote (N₂O). Pour calculer le potentiel de changement climatique, chacun des flux est traduit en équivalent CO₂, cela permet de regrouper sous une seule valeur l'effet additionné de tous les gaz qui contribuent à l'accroissement de l'effet de serre. Ainsi, par définition l'effet de serre attribué au CO₂ est fixé à 1 (le CO₂ est l'étalon) et celui des autres substances est exprimé en relatif par rapport au CO₂.

En résumé

La classification : c'est l'étape qui consiste à retenir les flux pour le calcul d'un indicateur en particulier.

La caractérisation : c'est l'étape qui consiste à pondérer ces différents flux pour obtenir l'indicateur d'impact.

Remarque

Un flux donné peut contribuer à différents indicateurs d'impacts. Par exemple, l'usage du charbon est comptabilisé dans l'aspect « Consommations de ressources énergétiques non renouvelables » et dans l'aspect « Épuisement des ressources abiotiques ».

Cette pondération se base sur des travaux scientifiques reconnus et relativement consensuels. Les méthodes retenues sont indiquées dans les normes.

4.2.1.3 Comment choisir la meilleure variante d'un projet ?

Le choix d'une variante implique trois conditions qui vont être développées ensuite :

- que soient comparées des variantes équivalentes en termes d'unité fonctionnelle ;
- que pour chaque critère, nous sachions identifier quelle est la meilleure variante ;
- de réaliser une analyse multicritère du résultat pour identifier la ou les meilleures variantes sur l'ensemble des critères.

A. S'assurer que l'on compare des variantes comparables

La première condition, lors du choix d'une variante ou d'une comparaison entre deux bâtiments, est la nécessité de s'assurer que les systèmes comparés sont équivalents et que leur évaluation est homogène. Il faut donc vérifier que :

- Les unités fonctionnelles sont équivalentes (difficile de comparer un hôtel ** avec blanchisserie externalisée et un hôtel *** avec restaurant et service de blanchisserie)
- L'évaluation des deux bâtiments est réalisée de manière cohérente :
 - les frontières du système sont analogues,
 - la qualité des données est similaire (on ne compare pas une ACV détaillée avec une ACV sommaire),
 - les règles d'allocations sont identiques.

Dans l'idéal, seront comparés les résultats obtenus avec un même référentiel et un même logiciel.

B. Choisir la meilleure variante sur un indicateur donné

La première étape consiste à identifier si un projet est meilleur qu'un autre sur chacun des critères d'évaluation. Il y a trois possibilités :

- Cas 1. Faire abstraction des incertitudes.
- Cas 2. Ne prendre des décisions que lorsque les calculs d'incertitudes le permettent.
- Cas 3. Limiter l'incertitude des résultats puis choisir en faisant abstraction de l'incertitude résiduelle (c'est-à-dire que l'on revient au cas 1). C'est la méthode que nous recommandons.

■ Cas 1. Faire abstraction des incertitudes

Le choix est facile. Pour la majorité des indicateurs, l'échelle de référence est telle que plus la valeur est faible, meilleure est la solution. Ainsi, il suffit de choisir celle dont le résultat algébrique est inférieur aux autres solutions. Le projet présentant un indicateur de consommation d'énergie primaire non renouvelable de 2100 kWh/m² est meilleur que celui présentant un résultat de 2250 kWh/m². Tous les indicateurs de potentiel d'impact doivent être minimisés. Une partie des indicateurs de flux (production de déchets) doit également être minimisée.

Pour certains indicateurs de flux, tels que « utilisation de combustibles secondaires renouvelables », « énergie fournie à l'extérieur » ou « matériaux destinés au recyclage », l'échelle de valeurs est plus complexe. Ce sont des indicateurs que nous allons chercher à maximiser avec des garde-fous.

Car ce sont les ratios :

Utilisation de combustibles renouvelables

Utilisation des ressources énergétiques renouvelables + non renouvelables comme combustibles

(Totalité de l'énergie produite – Énergie fournie à l'extérieur)

Utilisation des ressources énergétiques renouvelables + non renouvelables comme combustibles

qu'il faut maximiser.

Pour chaque indicateur :

- Identifier l'échelle de préférence (faut-il minimiser ou maximiser l'indicateur ?)
- Identifier la meilleure solution

■ **Cas 2. Ne prendre des décisions que lorsque les calculs d'incertitudes le permettent**

Tout calcul, toute mesure est entaché d'incertitude. Pourtant la majorité des outils présentent un résultat déterministe et un résultat ponctuel. Que ce soient des outils de simulation thermique dynamique ou d'analyse du cycle de vie ou encore de calcul de coût, les résultats sont aujourd'hui rarement accompagnés d'incertitude.

Imaginons que nous examinons les résultats de deux projets sur un seul indicateur.

Il y a alors deux cas de figure possibles :

a) Nous avons des résultats très éloignés les uns des autres : les intervalles de confiance ne se chevauchent pas et il n'y a alors pas de doute possible sur la meilleure variante (situation 1 représentée sur la figure 9),

b) Les résultats sont relativement rapprochés, les intervalles de confiance se chevauchent et un doute persiste sur la meilleure variante (situation 2 représentée sur la figure 9).

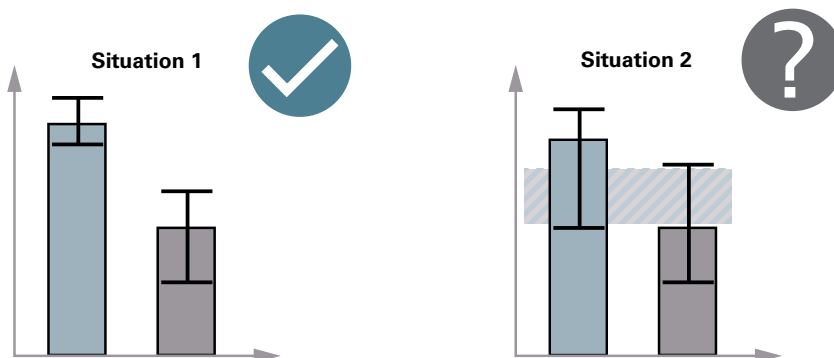


Figure 9 : Comparaison des projets

Dans la première situation, le résultat de la comparaison est considéré comme stable et la comparaison est dite robuste, il est alors possible d'identifier la meilleure solution avec une grande confiance. Par contre, dans la seconde situation, théoriquement, il n'est pas possible de conclure ni même de choisir la meilleure solution.

À dire d'expert, les incertitudes en ACV sont extrêmement élevées. Elles sont en général estimées à 20 %. Or, de manière opérationnelle, considérer une telle incertitude rend la prise de décision impossible, car des solutions

Tableau 13 : Synthèse des recommandations au stade Réalisation-réception

Réalisation – Réception	
Acteurs impliqués	Maîtrise d'œuvre, AMO ou BE missionné pour les calculs ACV Certificateur ou personne mandatée
Documents à utiliser	Dernières versions des plans, quantitatifs, études thermiques pour finaliser l'étude
Niveau de finesse du calcul ACV	ACV détaillée
Contributeurs à inclure	
Produits et matériaux	Description détaillée de l'ensemble des lots
Consommations d'énergie	Utiliser les résultats de calcul énergétiques et de ratios pour les usages non réglementés
Consommations d'eau	Utiliser des ratios
Chantier	Utiliser les données collectées sur chantier
Transport	La marge de manœuvre étant pratiquement nulle, conserver les calculs réalisés précédemment ou exclure ce contributeur
Les données environnementales à utiliser	Données spécifiques dans la mesure du possible
Combien de temps faut-il y consacrer au minimum ?	3 jours (hors collecte des données)
Documents à produire	Une note de calcul présentant les résultats, les gains réalisés grâce aux choix effectués et leur interprétation Le RSEE final Pour la certification : voir la liste type des pièces justificatives dans le paragraphe. Une note de retour d'expérience

4.4 Exploitation – Réhabilitation

4.4.1 Pourquoi faire une ACV en exploitation ou lors d'une réhabilitation ?

La question d'optimiser la maintenance du bâtiment, de questionner le choix de renouvellement de composants peut se poser.

La question de la pertinence de la réhabilitation elle-même d'un point de vue environnemental peut se poser : vaut-il mieux réhabiliter, laisser le bâtiment tel quel ou le détruire pour le reconstruire ? L'ACV comparée de ces options (et des différentes variations possibles de réhabilitation) peut permettre de valider la pertinence du projet et de choisir le niveau de réhabilitation.

Si la question porte sur une opération de maintenance précise et d'ampleur limitée, utilisez des ratios pour estimer l'impact global du projet et détaillez l'action qui vous intéresse.

Si la question porte sur une opération d'envergure, suivez l'une des deux méthodes retenues pour les ACV des bâtiments existants. En effet, pour faire l'ACV d'un tel projet, deux méthodes sont possibles. Elles sont toutes les deux détaillées dans le document « HQE Performance, Règles d'application pour l'évaluation environnementale des bâtiments existants » diffusé par l'Alliance HQE-GBC.

Pour chacune des méthodes, nous allons considérer un bâtiment témoin : c'est le bâtiment tel qu'il est actuellement et dont la vie en exploitation serait prolongée à performances égales. Ensuite, nous allons comparer ce bâtiment témoin au(x) projet(s) de réhabilitation.

Sont pris en compte au minimum les contributeurs suivants :

- les produits, matériaux de construction et les équipements ;
- les consommations d'énergie ;
- les consommations d'eau ;
- le chantier de réhabilitation.

4.4.2 Première méthode

La première méthode retient les principes suivants :

- Tout ce qui est antérieur à $t = 0$ n'intervient pas dans le calcul environnemental. Sont pris en compte :
 - les futures consommations d'énergie, d'eau ;
 - la fin de vie des produits et équipements non retirés du bâtiment ;
 - le cycle de vie complet des produits installés dans le bâtiment lors de la réhabilitation ou au cours du reste de son exploitation.

Sur la figure ci-dessous est représenté un exemple du type de résultat que l'on peut avoir sur un indicateur entre un même bâtiment maintenu, réhabilité et détruit pour être reconstruit. La rénovation entraîne une diminution importante du contributeur énergie (notamment pour les postes de consommation liés à la réglementation thermique). L'investissement que représente la rénovation ou la reconstruction (c'est-à-dire les impacts liés au contributeur « produits et matériaux ») est pour ce cas-ci largement compensé par les gains en exploitation.

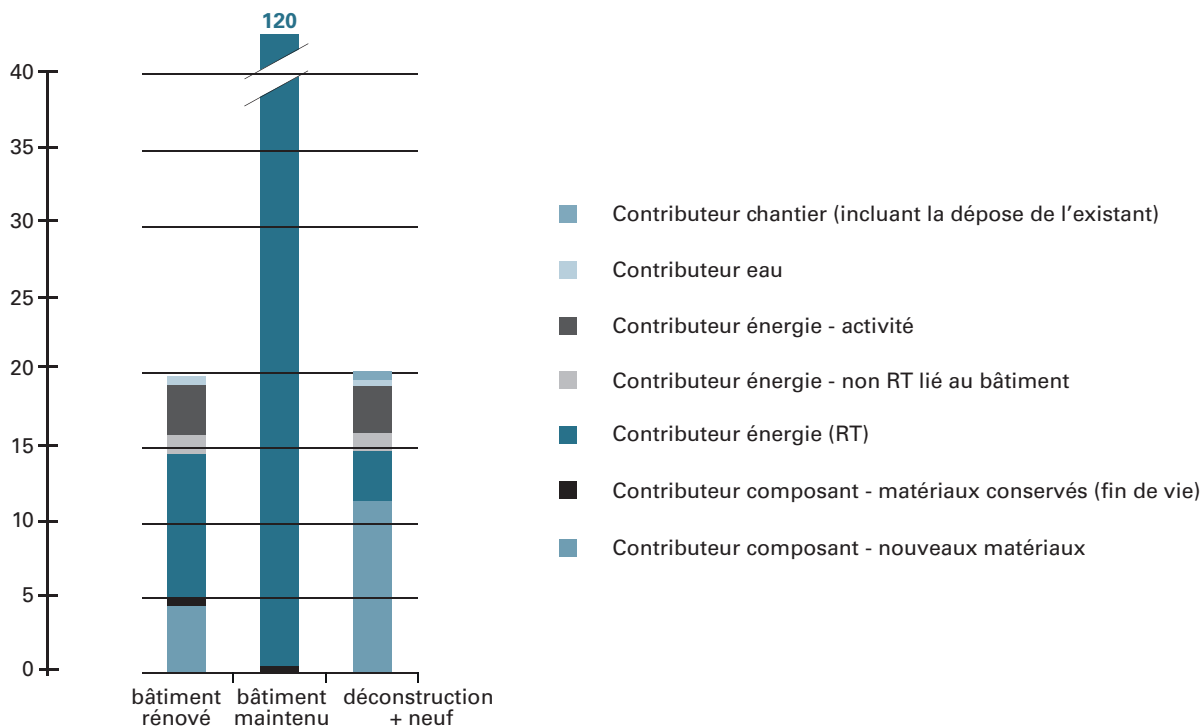


Figure 12 : Comparaison entre différentes options pour un même bâtiment (changement climatique (kg-eqCO₂/m²/an))