Projet AMI Bâtiment
Conception optimisée de maisons à énergie positive

Lot 3.2 : Analyse de cycle de vie

Livrable 3.2 : Résultats de l'analyse de cycle de vie de maisons à énergie positive

Maison France Confort,

Concept YRYS (61)

Auteurs :

LOCIE : Catherine BUHE, Monika WOLOSZYN et Mélisse CARCASSONNE

ARMINES : Marie FRAPIN, Thomas RECHT, Bruno PEUPORTIER et Patrick SCHALBART

CEA-INES : Amandine PIOT, Sanae NADOURI, Xavier FAURE, Aurélie FOUCQUIER, Rozenn JOSSE-BURET, Ana-Maria STEFANOIU, Brigitte Ya ASSOA et Patrice SCHNEUWLY

Septembre 2018

Table des matières

1 Introduction - Méthodologie **3**
2 Présentation du modèle STD **4**
3 Hypothèses pour l'ACV **4**
4 Résultats **5**
4.1 Simulation du cas de base 5
4.2 Analyse hors transports et déchets ; 100 ans 8
Impact du bâti 9
Impact des usages 10
4.3 Étude sur 50 ans 11
5 Conclusions **12**

1 Introduction - Méthodologie

Cette étude s'inscrit dans la cadre du projet COMEPOS ; les méthodes et hypothèses retenues sont celles des documents suivants :

- *PROPOSITION D'HYPOTHESES COMMUNES EN ANALYSE DE CYCLE DE VIE* - Lot 3 : Conception des maisons à énergie positive - Sous-lot 3.2 : Analyse de cycle de vie ; Durca Pathmanathan, Thomas Recht, Patrick Schalbart, Bruno Peuportier
- *SCÉNARIO D'OCCUPATION CONSIDÉRÉ DANS LES SIMULATIONS - PROPOSITION D'ARMINES* ; Lot 3.1 : Simulation Bâtiments et systèmes ; Marie Frapin, Thomas Recht, Bruno Peuportier et Patrick Schalbart
- *Livrable 3.1b : Rapport de simulation et de validation des 15 maisons de la phase 2 Maisons France Confort – Concept YRYS -Contribution du CEA* ; Amandine Piot, Sanae Nadouri

Les principales hypothèses seront rappelées ci-dessous.

L'outil utilisé pour réaliser l'ACV est le logiciel NovaEquer, intégré à la suite logicielle Pleiades-Comfie. Le principe de réalisation de l'ACV est le suivant : la première étape consiste à définir le bâtiment étudié en termes d'enveloppe, d'équipements, de scénarios d'occupation et de consignes de température. Ceci permet de réaliser une STD pour calculer les consommations annuelles du bâtiment (éclairage, ventilation, électricité spécifique, chauffage, refroidissement, production d'ECS, production d'électricité le cas échéant).

À partir de cette première étude, les données sont importées dans l'outil d'ACV. Il faut alors entrer des informations complémentaires : puisage d'eau froide, éléments du bâti non inclus dans l'étude thermique (fondations, …), ainsi que des informations sur le transport des occupants, les déchets, le mix électrique… Enfin, les matériaux et émissions associées à chaque élément du bâti doivent être renseignés, de même que leur durée de vie.

Nous étudierons l'impact du fonctionnement du système de chauffage, ainsi que la durée de vie du bâtiment.

2 Présentation du modèle STD

Comme mentionné ci-dessus, le bâtiment a été entré dans un logiciel de STD ; nous avons repris les hypothèses du livrable « *Livrable 3.1b : Rapport de simulation et de validation des 15 maisons de la phase 2 - Maisons France Confort – Concept YRYS -Contribution du CEA ; Amandine Piot, Sanae Nadouri*», dont les résultats sont listés dans le Tableau 1.

Tableau 1 : synthèse des résultats de STD

	Bilan en kWh
Total	+1090
Chauffage	-2240
Refroidissement	0
ECS	-1508
Auxilliaires de ventilation	-16
Auxilliaires de chauffage	-149
Electricité spécifique	-2555
Production membrane en toiture	+7557

3 Hypothèses pour l'ACV

Dans cette partie, nous reprenons les principales hypothèses prises pour l'analyse de cycle de vie des maisons à énergie positive du projet *COMEPOS*. Ceci permet d'évaluer les différents projets sur une base homogène.

Unité fonctionnelle :

- *Quantité* : 1 m² SHON RT équivalent de maison individuelle[1] ;
- *Fonction* : loger les occupants ;
- *Qualités de la fonction* : confortablement avec une production d'énergie renouvelable locale permettant de satisfaire selon un bilan annuel les besoins énergétiques de tous les usages, à savoir : le chauffage, le refroidissement, l'eau chaude sanitaire (ECS), l'éclairage, les auxiliaires, les appareils électroménagers …
- *Durée* : 50 ans pour le cas 1) et 100 ans pour le cas 2)

Autrement dit, une maison ayant une surface habitable permettant pour une durée de 50 ou 100 ans, de loger les occupants tout en garantissant des conditions sanitaires propres à leur usage sans détériorer le confort d'été, et présentant un bilan énergétique annuel tous usages positif en compensant ses faibles consommations à l'aide d'au moins un système de production d'énergie renouvelable.

Périmètre du système : sont considérés, à chaque étape du cycle de vie de la MEPOS, l'extraction, la préparation, le transport des matières premières et l'énergie qui y est associée. Dans *NovaEQUER*, il n'est pas nécessaire de le spécifier, ils sont effectivement déjà disponibles dans la base de données *ecoinvent.*

[1] Rapporter au m² permet de comparer les différents bâtiments du projet qui n'ont pas la même surface.

Nous retenons les éléments suivants :

- Lors de la **construction** :
  - la production des composants du bâti : matériaux, équipements.

- Lors de **l'utilisation** :
  - la consommation énergétique de la maison (selon un scénario d'occupation défini) pour le chauffage, la ventilation, la production d'ECS, d'eau froide et la consommation d'électricité des différents auxiliaires et équipements ;
  - La production d'électricité renouvelable sur site comme les panneaux photovoltaïques ;
  - le transport des occupants, à savoir leur distance de trajet hebdomadaire domicile-commerce, le trajet journalier domicile - travail et la distance au réseau de transport en commun ;
  - les déchets ménagers des habitants.

- Lors de la **rénovation** :
  - Les composants du bâti sont remplacés à l'identique lors de leur fin de vie.

- Lors de la **démolition** :
  - Le traitement en fin de vie des composants du bâtiment.

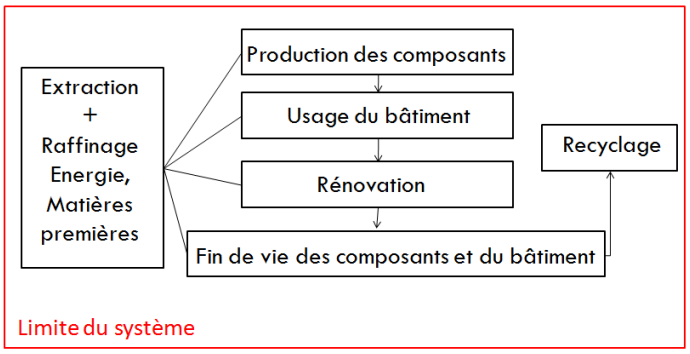

Figure 1 : Les étapes de cycle de vie du système et son périmètre

Pour le détail des hypothèses, qui sont communes au projet COMEPOS, on se référera au livrable « *PROPOSITION D'HYPOTHESES COMMUNES EN ANALYSE DE CYCLE DE VIE* ».

4 Résultats

Plusieurs paramètres seront analysés : d'une part, l'influence du choix de la durée de vie du bâtiment sur les résultats d'ACV (50 ou 100 ans). D'autre part l'importance des déchets ménagers et du transport des occupants.

4.1 Simulation du cas de base

Une Analyse de Cycle de Vie de la maison est effectuée avec une durée de vie de **100 ans** avec le **transport des occupants** ainsi que les **déchets ménagers**.

En affichant sur un même graphique les douze indicateurs environnementaux calculés pour les différentes étapes de vie de la maison, il ne serait pas possible de les comparer entre eux car ils ne présentent pas les mêmes unités. En revanche, en normalisant les indicateurs par rapport aux impacts moyens d'un habitant sur un an, il est possible de les représenter sur une échelle unique autorisant leur comparaison. Ce type de graphique est nommé « Éco-profil » (Figure 2). La maison étudiée a une contribution plus élevée sur les dommages à la santé humaine et l'eau utilisée. Parmi les quatre étapes du cycle de vie de la maison, celle de l'utilisation est la plus importante puisqu'elle correspond à la majeure partie du cycle de vie.

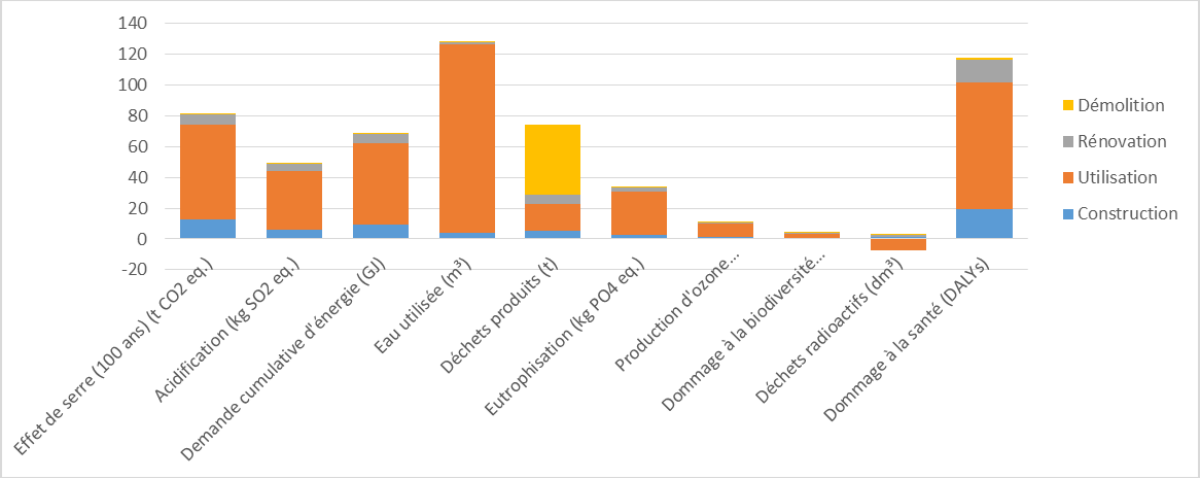

Figure 2 : Comparaison des différents indicateurs en année.habitants

Tableau 2 : résultats chiffrés pour la variante de base

Impact	*Construction*	*Utilisation*	*Rénovation*	*Démolition*	*Total*
Effet de serre (100 ans) (t CO_2 eq.)	108	536	60	5	709
Acidification (kg SO_2 eq.)	386	2 371	292	34	3 083
Demande cumulative d'énergie (GJ)	1 658	9 314	969	116	12 057
Eau utilisée (m³)	1 260	41 632	355	87	43 334
Déchets produits (t)	56	182	60	474	771
Épuisement des ressources abiotiques (kg d'antimoine eq.)	628	4 064	383	50	5 124
Eutrophisation (kg PO_4 eq.)	96	1 071	101	7	1 274
Production d'ozone photochimique (kg d'éthylène eq.)	28	166	16	1	211
Dommage à la biodiversité (PDF.m².an)	5 482	41 373	3 953	89	50 897
Déchets radioactifs (dm³)	1	-4	0	0	-2
Dommage à la santé (DALYs)	0	1	0	0	1
Odeur (Mm³ air)	1 092	16 136	968	166	18 363

Par la suite nous tracerons, pour les différents indicateurs, la proportion à hauteur de laquelle contribue chaque élément (voir Figure 3). Les principaux postes ne sont pas directement liés à la maison elle-même, mais aux scénarios adoptés en termes d'usages ; il s'agit en effet du déplacement des habitants, des déchets ménagers et de l'utilisation de l'eau froide.

Pour la suite de l'étude nous ferons l'analyse en ne prenant pas en compte les déchets ménagers et le transport, afin d'évaluer le bâtiment proprement dit.

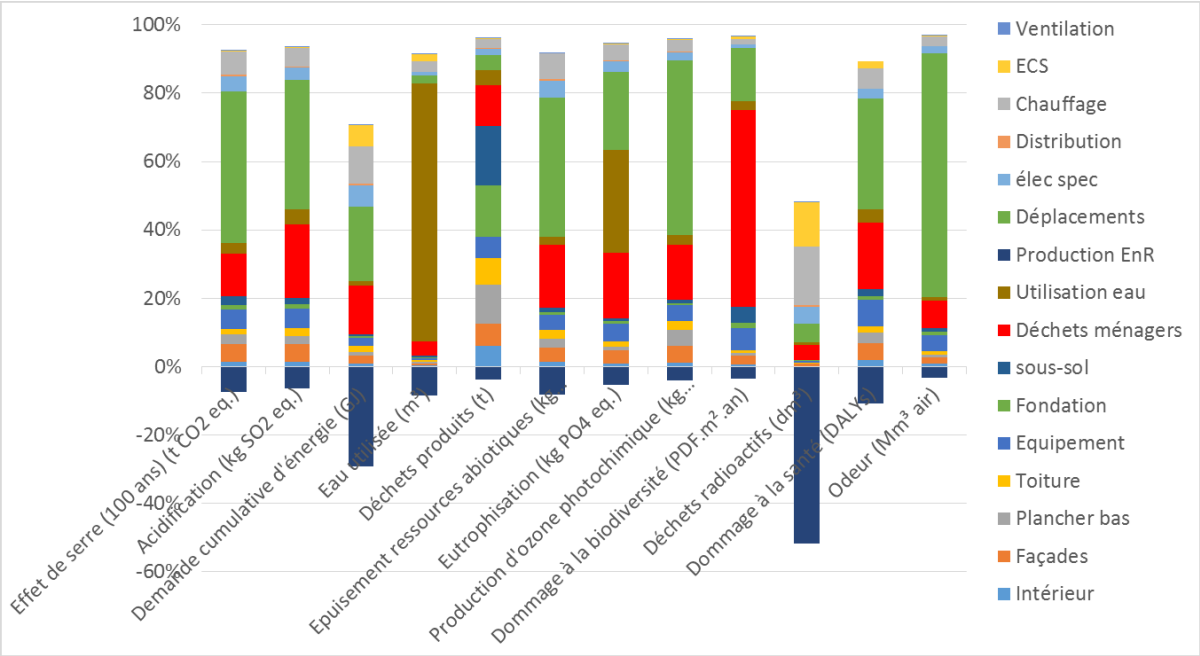

Figure 3 : répartition des contributeurs aux différents impacts

4.2 Analyse hors transports et déchets ; 100 ans

La Figure 4 et le Tableau 3 donnent les contributions des différents phases de la vie de la maison.

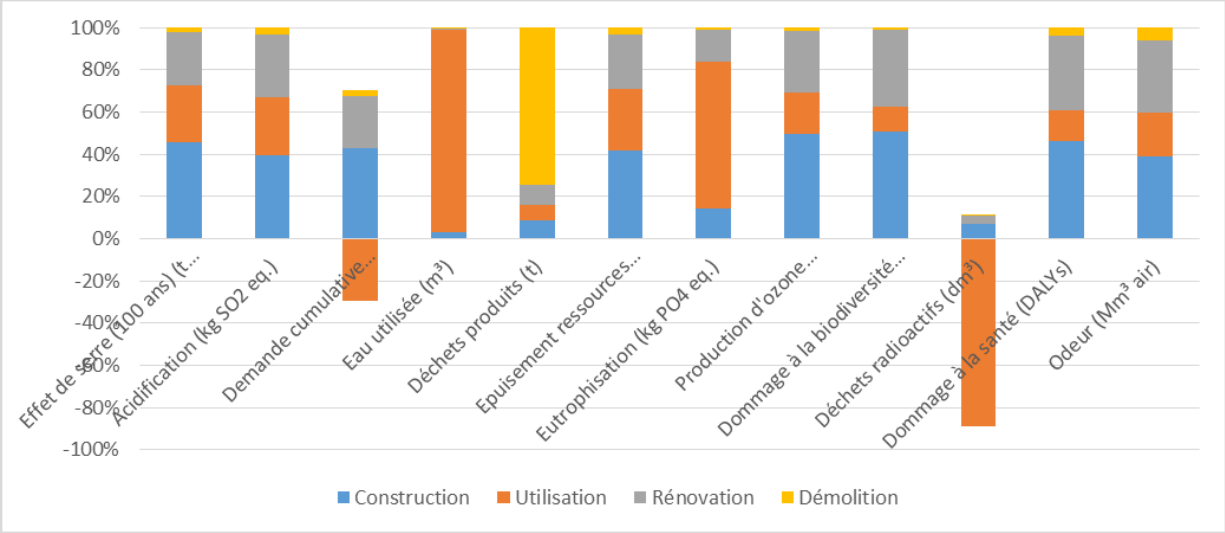

Figure 4 : répartition des impacts suivant la phase de vie

Les phases *construction* et *rénovation* sont les plus importantes, lorsque l'usage a été délimité aux seuls postes liés directement à la maison (chauffage, ECS, eau froide, etc.), à l'exclusion du transport des occupants et des déchets ménagers. La phase *rénovation* correspond principalement au renouvellement des équipements et des fenêtres.

Tableau 3 : impact des différentes phases de vie du bâtiment, hors transport des occupants et déchets ménagers

Impact	*Construction*	*Utilisation*	*Rénovation*	*Démolition*	*Total*
Effet de serre (100 ans) (t CO_2 eq.)	108	63	60	5	235
Acidification (kg SO_2 eq.)	386	270	292	34	982
Demande cumulative d'énergie (GJ)	1 658	-1 142	969	116	1 601
Eau utilisée (m³)	1 260	38 223	355	87	39 925
Déchets produits (t)	56	47	60	474	636
Épuisement des ressources abiotiques (kg d'antimoine eq.)	628	441	383	50	1 502
Eutrophisation (kg PO_4 eq.)	96	471	101	7	675
Production d'ozone photochimique (kg d'éthylène eq.)	28	11	16	1	57
Dommage à la biodiversité (PDF.m².an)	5 482	1 251	3 953	89	10 776
Déchets radioactifs (dm³)	1	-10	0	0	-8
Dommage à la santé (DALYs)	0	0	0	0	0
Odeur (Mm³ air)	1 092	585	968	166	2 811

Impact du bâti

La Figure 5 présente la contribution aux impacts environnementaux des différents éléments constructifs. Le lot « plancher bas » inclus le plancher bas du RDC et le plancher intermédiaire RDC/R+1. Les équipements, en raison de leur durée de vie, ont un impact très important sur l'ensemble des indicateurs. On considère en effet que les ballons ECS, pompes à chaleurs et systèmes de ventilation sont à renouveler tous les 20 ans. Le système photovoltaïque a lui une durée de vie de 30 ans.

Les éléments constructifs qui ont la plus grande incidence sont les façades. La Figure 6 montre que les parois vitrées (aluminium + verre plat) sont responsables du fort impact environnemental des façades, bien qu'elles ne représentent « que » 40% de la surface (60% de parois opaques). Cet impact est dû à leur renouvellement, la durée de vie choisie dans le projet COMEPOS pour les menuiseries étant de 30 ans.

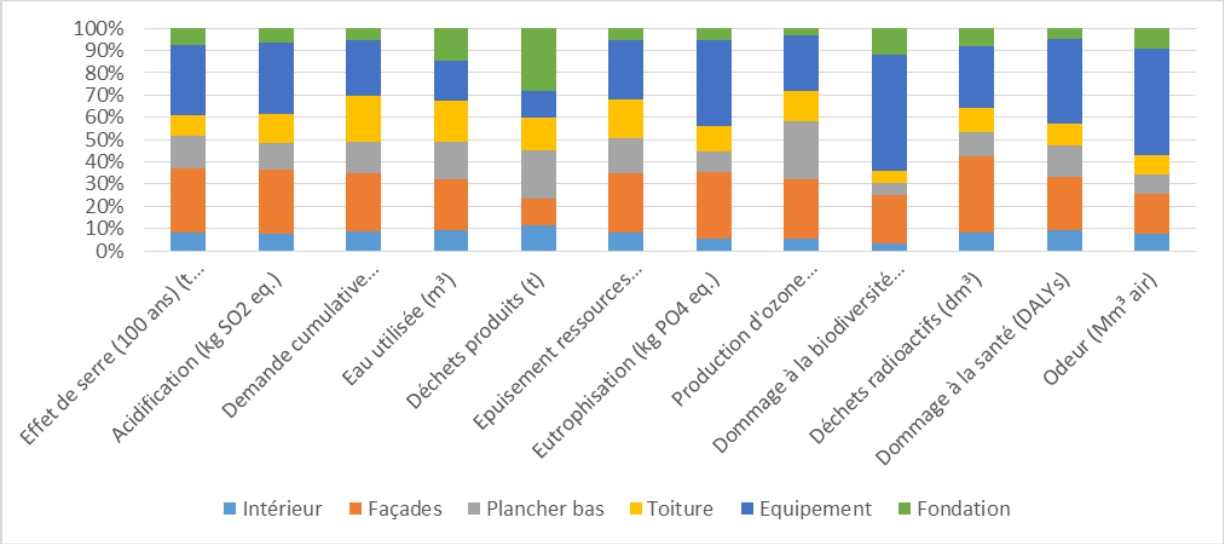

Figure 5 : impacts des produits de construction et des équipements

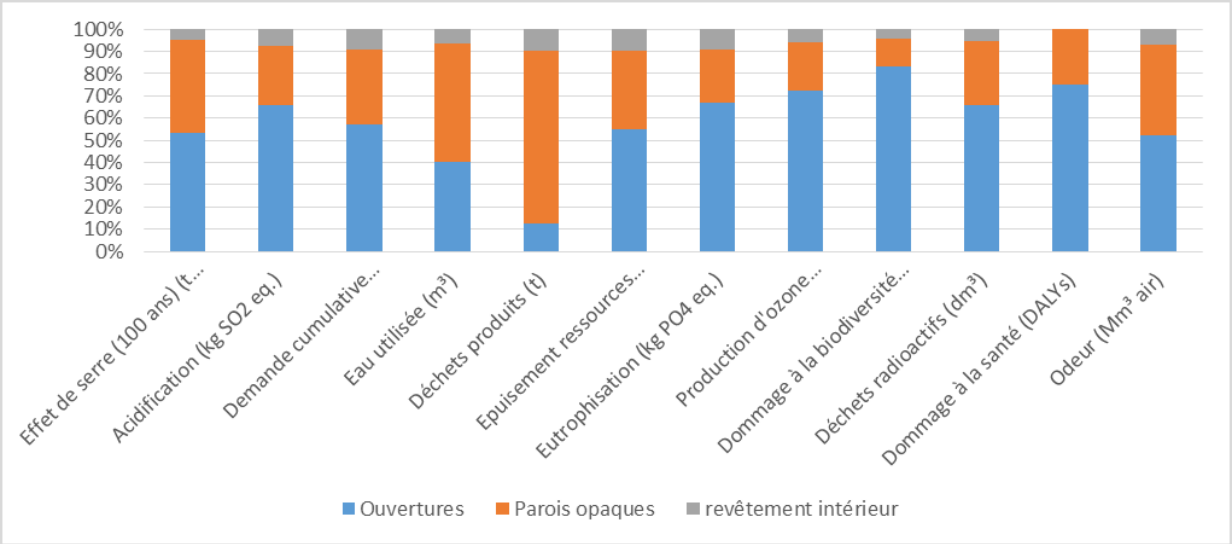

Figure 6 : contributions relatives des constituants de façade

Impact des usages

La Figure 7 présente la répartition des impacts suivant le poste (ECS, chauffage, production d'électricité photovoltaïque etc.) Le chauffage est l'élément le plus impactant. La production d'électricité permet toutefois de compenser les impacts environnementaux liés au chauffage seul sur l'ensemble des impacts analysés.

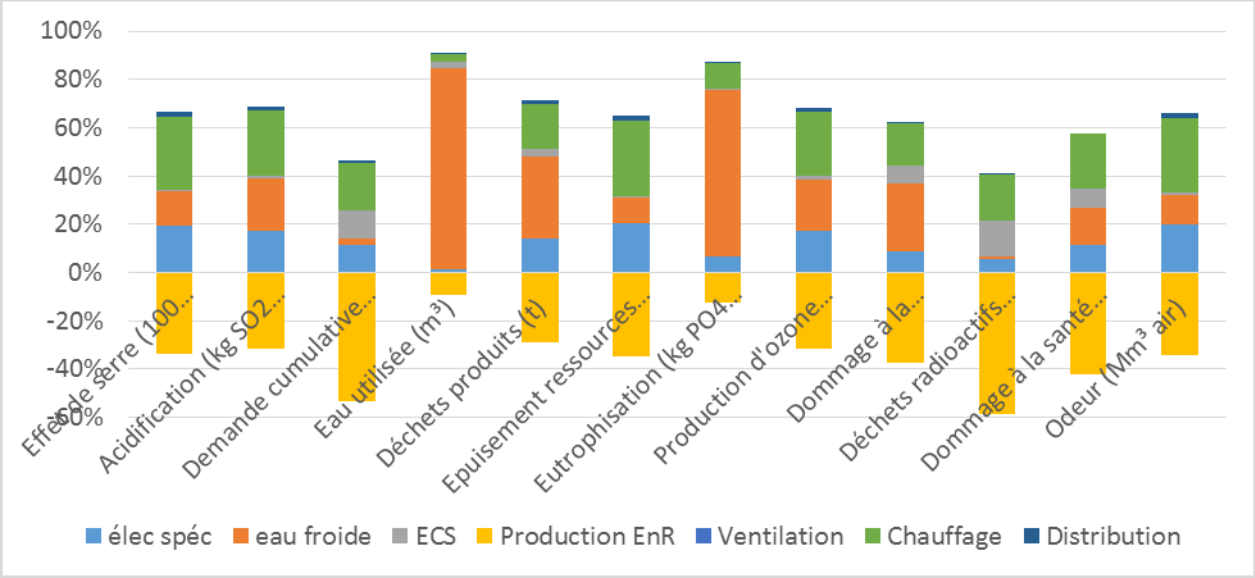

Figure 7 : impact des différents usages

4.3 Étude sur 50 ans

La même étude est menée, mais avec une durée de vie de 50 ans. Les impacts (**par an**) sont, pour la plupart, augmentés (Figure 8). En effet, en annualisant les effets, la part de la construction et de la démolition prend plus d'importance. Les impacts qui varient le moins sont ceux qui sont principalement liés à l'utilisation (eau utilisée, déchets radioactifs (ECS et production d'électricité photovoltaïque)).

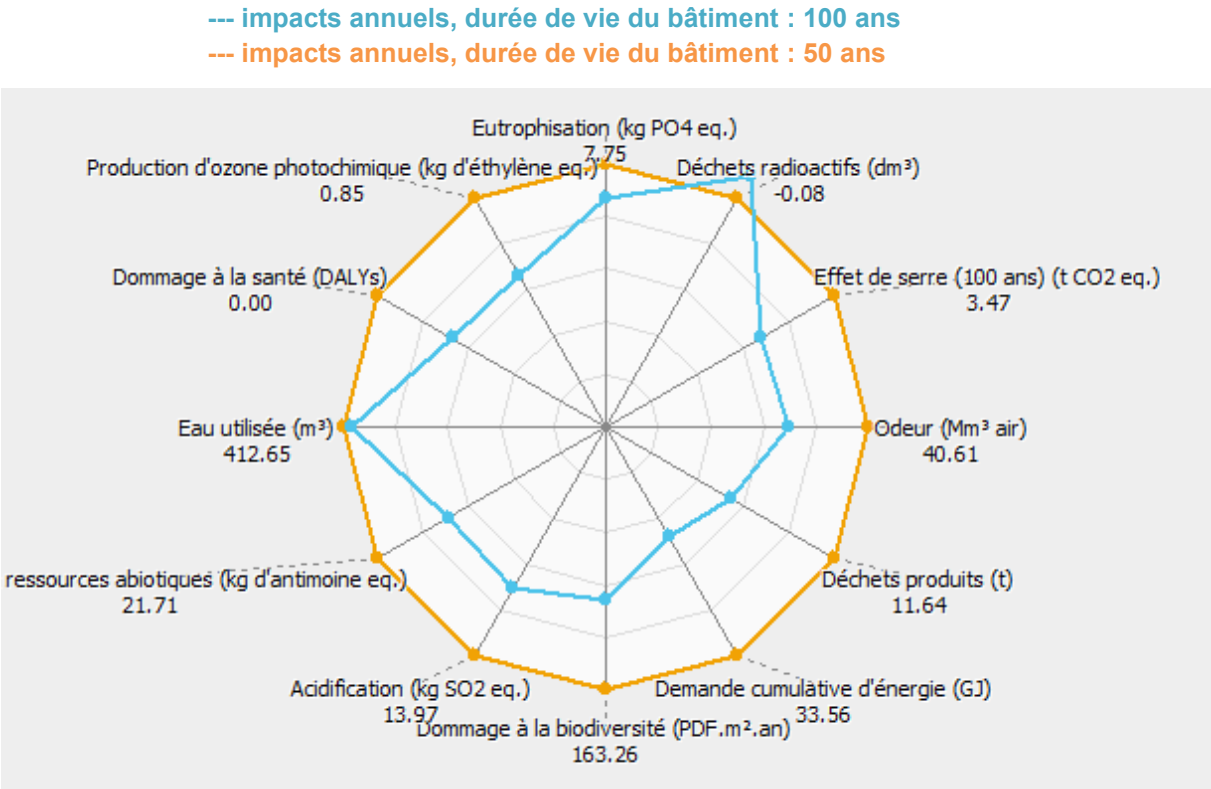

Figure 8 : comparaison des impacts annuels pour une durée de vie de 100 ans ou 50 ans.

5 Conclusions

L'étude présentée ici met en évidence un impact environnemental de la maison relativement faible (éco-profil). Ceci est en partie dû à la forte production photovoltaïque, qui réduit les besoins d'électricité du réseau.

Les points suivants méritent d'être relevés :

- Le chauffage reste le premier poste de consommation.
- Les baies vitrées sont responsables d'une part significative des impacts de la maison : à la fois par leur renouvellement, et par les déperditions de chaleur qu'elles occasionnent.
- Les équipements, nombreux et devant être renouvelés au cours de la vie du bâtiment, sont un fort facteur d'impact.