



CSTB
le futur en construction

Etude de l'impact environnemental à l'échelle ouvrage de constructions en paille

Thomas GONIN, Pierre RAVEL

Lot 1041 : Impact environnemental à l'échelle ouvrage

Ce rapport comporte 22 pages

DEE

JUIN 2025

Document sous licence CC BY-ND 4.0 rédigé par le CSTB et le RFCP le 17/06/2025



Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME





TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION	4
1.1.1 Contexte de la décarbonation du secteur du bâtiment	4
1.1.2 Contexte réglementaire et ACV bâtiment	4
1.1.3 Contexte POP2030	4
1.1.4 Cas d'étude	5
2. CAS N°1 : MAISON INDIVIDUELLE	6
2.1 Périmètre de l'étude.....	6
2.1.1 Définitions des variantes	6
2.1.2 Modélisation.....	7
2.1.3 Choix des données.....	8
2.1.4 Moteur de calcul et choix des indicateurs	9
2.2 Comparaison des modes constructifs.....	10
2.2.1 Impact carbone	10
2.2.2 Autres indicateurs de l'ACV.....	16
3. CAS N°2 : MEDIATHEQUE	17
3.1 Description du cas.....	17
3.1.1 Bâtiment étudié.....	17
3.1.2 Périmètre de l'étude.....	17
3.2 Comparaison des modes constructifs.....	18
4. CONCLUSION	19
5. BIBLIOGRAPHIE.....	20
ANNEXE.....	21
Détermination de la variante classique via OPEE (MI).....	21

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME



Table des figures

Figure 1 : Les étapes du cycle de vie du bâtiment [4].....	4
Figure 2 : Méthodologie de l'étude comparative sur les MI	6
Figure 3 : Vue en coupe de la modélisation 3D	7
Figure 4 : Algorithme décisionnel du choix des fiches dans la base INIES	8
Figure 6 : Ic_composant des trois variantes	10
Figure 7 : Impact carbone des variantes par lot	11
Figure 8 : Graphique empilé de l'impact carbone des sous-lots 3.1 à 3.5	12
Figure 9 : Graphique empilé des composants des sous-lots 7.1 et 7.2	13
Figure 10 : Impact des lots forfaitaires des lots 10 et 11	14
Figure 11 : Impact des fondations et de la dalle basse	14
Figure 12 : Impact des fondations et de la dalle avec isolation	15
Figure 13 : Impact carbone par sous-lot.....	15
Figure 14 : Comparaison des impacts multicritère entre les trois variantes	16
Figure 15 : Médiathèque de Douvres-la-Délivrance	17
Figure 16 : Impact carbone des variantes pour la médiathèque	18
Figure 17 : Modes constructifs majoritaires des maisons individuelles de l'OPEE.....	21

Thomas GONIN - CSTB - Rédacteur
Pierre RAVEL - CSTB - Rédacteur
Nicolas CANZIAN - RFCP - Coordinateur
Luc FLOISSAC - Eco-études - Expert
Kévin DOS SANTOS - Eco-études - Contributeur technique

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'ensemble des acteurs de la construction paille ayant accepté de participer aux échanges, ainsi que les professionnels architectes ayant participé à l'élaboration des modélisations.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

1. INTRODUCTION

1.1.1 CONTEXTE DE LA DECARBONATION DU SECTEUR DU BATIMENT

La Stratégie Nationale Bas Carbone de la France, adoptée pour la première fois en 2015 « définit une trajectoire de réduction des émissions de gaz à effet de serre jusqu'à 2050 [avec] deux ambitions : atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050 et réduire l'empreinte carbone de la consommation des Français » [1]. Dans ce contexte, l'article 301 de la loi Climat et Résilience intitulé *Feuille de route de décarbonation de la filière bâtiment* [2] dresse un constat préoccupant : « L'empreinte carbone de la chaîne de valeur du bâtiment représente [...] 25% de l'empreinte carbone annuelle de la France ». Au vu de l'effort global que doit mener la société pour réduire drastiquement les émissions de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, le secteur du bâtiment a une carte majeure à jouer dans cette décarbonation.

1.1.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET ACV BATIMENT

A l'échelle nationale, le gouvernement français a lancé en 2022 la Règlementation Environnementale 2020 qui régit la construction neuve. « Plus ambitieuse et plus exigeante » [3] que la RT 2012, cette réglementation se caractérise notamment par l'obligation de réaliser une Analyse de Cycle de Vie (ACV) de la construction neuve sur un certain nombre de typologie de bâtiment comme les maisons individuelles, les logements collectifs ou les bureaux et prochainement les bâtiments tertiaires de différentes catégories

Cette approche en Cycle de Vie, vise à comptabiliser les impacts environnementaux liés à la production, la construction, l'utilisation et la fin de vie du cycle de vie du bâtiment y compris les produits de construction et des équipements qui le compose (figure 1). La réalisation d'ACV a pour objectif d'évaluer les impacts environnementaux, notamment sur le changement climatique et sur la consommation de ressources énergétiques, des bâtiments neufs en France.



Figure 11 : Les étapes du cycle de vie du bâtiment [4]

L'obligation de réalisation d'une ACV s'accompagne de seuils d'impact à respecter selon la typologie de bâtiment, la zone climatique et d'autres facteurs de modulation. Cela traduit notamment la volonté de réduire l'impact carbone du secteur du bâtiment.

Cependant, cette volonté doit aussi être accompagnée de plans de développement du secteur afin qu'il puisse s'adapter à un contexte de décarbonation. Ainsi, dans le cadre du plan d'investissement France 2030 qui vise notamment à soutenir la « transition écologique » [5], des projets visant à développer des modes de constructions moins carbonés ont vu le jour. C'est le cas du projet POP2030.

1.1.3 CONTEXTE POP2030

La construction de bâtiments en paille se développe de plus en plus, portée notamment par le Réseau de la Construction en Paille qui centralise les connaissances, les pratiques et les acteurs du secteur. La paille est une ressource souvent locale, peu consommatrice en énergie grise et présentant des propriétés isolantes et acoustiques performantes [6].

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME



De plus, la paille est un matériau biosourcé et peu onéreux, co-produit de l'agriculture. Cela en fait un objet d'étude particulièrement intéressant dans le développement de filières pouvant contribuer à améliorer le secteur du bâtiment.

Dans le cadre de ce projet, le CSTB a été missionné pour réaliser plusieurs études techniques sur l'utilisation de la paille dans le secteur du bâtiment. L'une d'elles vise à comparer l'impact carbone de la construction en paille par rapport à des méthodes constructives plus « classiques ». L'équipe Environnement de la Direction Energie Environnement du CSTB est chargée de réaliser cette étude comparative, pour répondre au lot 1041 de POP2030 « **Lot 1041 - Impact environnemental échelle ouvrage** - Simulation de la contribution environnement paille sur un bâtiment type MI ou LC en comparaison à un système constructif classique. ».

1.1.4 CAS D'ETUDE

Pour réaliser cette étude, deux cas ont été identifiés.

- Le Cas n°1 se concentre sur la comparaison de deux modes constructifs en paille (paille porteuse et paille en remplissage d'ossature bois) avec une construction « classique » sur une maison individuelle. Il a été réalisé par le CSTB.
- Le Cas n°2 étudie une médiathèque variantée en une version en ossature bois avec isolation en paille et une version « classique ». Ce cas a été réalisé par le bureau Eco-Etudes.

L'objectif de ces cas d'étude est de dépasser le stade de la comparaison de matériaux constitutifs de parois au cas par cas et de voir comment le choix d'un mode constructif entraîne une modification au global de l'impact environnemental d'une construction. La comparaison de choix de modes constructifs à l'échelle de l'ensemble du bâtiment permet de cerner les postes les plus impactant, tout en mettant en lumière sur les éléments à forts impacts indiscernables sans approche globale.

L'Analyse de Cycle de vie a été réalisée en tenant compte de l'ensemble des produits de construction et des équipements, permettant de calculer l'impact carbone des composants des bâtiments. La prise en compte de l'impact lié aux consommations d'énergie nécessiterait la réalisation d'une Simulation Thermique Dynamique, qui n'a pas été réalisée dans cette étude.

Le choix des bâtiments étudiés a été déterminé par la disponibilité de plans, la pertinence et la faisabilité de l'étude sur les bâtiments en question. Ces choix ont été validés par le RFCP - Coordinateur du projet.

Le CSTB dispose des plans quantitatifs des produits, des données environnementales associées du fichier RSEE ainsi que de l'ensemble des informations ACV ayant permis de réaliser les simulations. Ces données, susceptibles de présenter un caractère confidentiel car issues d'une construction réelle (bien qu'adaptées pour la réalisation de l'étude) n'ont pas été intégrées directement dans ce rapport. Toutefois, leur consultation reste possible auprès des services du CSTB

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

2. CAS N°1 : MAISON INDIVIDUELLE

2.1 PERIMETRE DE L'ETUDE

2.1.1 DEFINITIONS DES VARIANTES

La maison individuelle étudiée est une maison de 120m² en paille porteuse réalisée en 2019 en Bretagne. Sa typologie relativement simple (forme rectangulaire, avec un étage et des combles aménagés) en fait un cas d'étude accessible à étudier et à dupliquer dans plusieurs modes constructifs.

De fait, à partir des plans de cette maison, trois variantes ont été réalisées :

- Une variante en paille porteuse, un mode constructif dont les principes constructifs font l'objet d'un lot à part entière de POP2030 (lot 6).
- Une variante en paille utilisée en remplissage d'une ossature bois, mode constructif qui est, à l'heure actuelle, le plus représentatif de la construction de maison individuelle en paille.
- Une variante en construction dite « classique » basée sur une analyse faite via OPEE, l'observatoire de la RE2020 sur plus de 80 000 maisons individuelles. Cette analyse permet d'avoir une idée globale assez fiable des modes constructifs les plus utilisés pour une typologie de bâtiment donnée (voir Annexe).

La réalisation des variantes suit la méthodologie suivante : Définition → Modélisation → Choix des données → Réalisation de l'ACV → Analyse comparative via les indicateurs d'ACV, comme explicité sur la figure 2.



Figure 22 : Méthodologie de l'étude comparative sur les MI

2.1.2 MODELISATION

La modélisation via le logiciel de conception de bâtiment Revit (version 2022) permet une estimation précise de la manière dont les différents modes constructifs influencent les quantités de matériaux, tout en créant un visuel 3D qui permet de détecter d'éventuelles erreurs ou malfaçons.

Les métrés associés à chacun des composant sont ensuite compilé pour réaliser une analyse de cycle de vie sur l'ensemble du bâtiment, tenant compte des spécificités des variantes.

Chaque modélisation possède des éléments spécifiques aux modes constructifs ainsi que des éléments communs aux trois variantes :

- Eléments spécifiques à chaque variante
 - Le complexe de mur :
 - Pour la variante 1, les murs sont en paille porteuse avec enduit chaux intérieur et extérieur ;
 - Pour la variante 2, les murs sont en ossature bois avec remplissage en bottes de pailles ;
 - Pour la variante 3, les murs sont en parpaing de béton avec une isolation par l'intérieur en laine minérale ;
 - Le plancher intermédiaire en poutrelle hourdis pour la variante 3 « classique » ;
 - La jonction mur-plancher est différente pour les trois variantes.
- Elément commun aux variantes paille
 - Le plancher intermédiaire en parquet sur solives en bois
- Eléments communs aux 3 variantes
 - La charpente bois
 - La dalle basse et les fondations en béton
 - Les menuiseries et cloisons intérieures

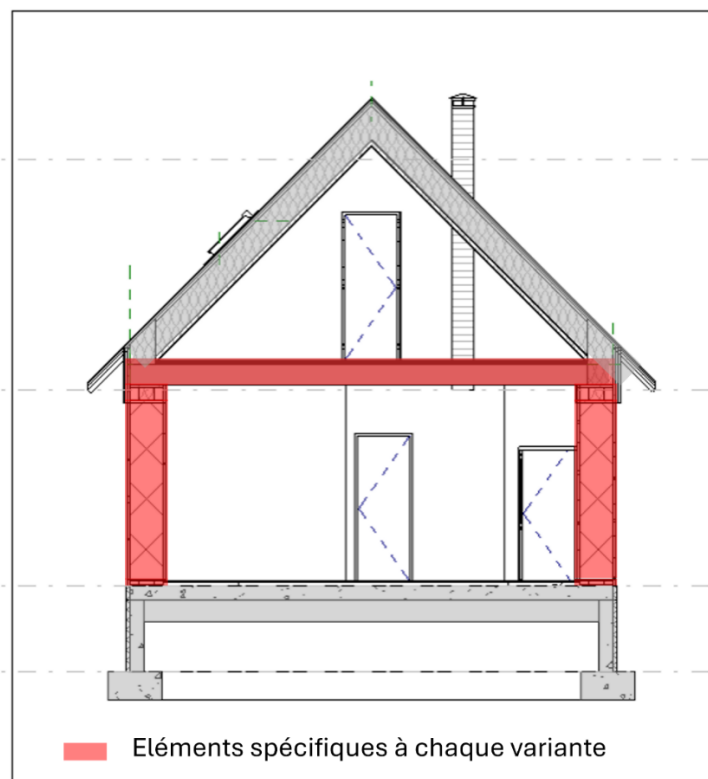


Figure 33 : Vue en coupe de la modélisation 3D

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

2.1.3 CHOIX DES DONNEES

2.1.3.1 Algorithme décisionnel

Le choix des données environnementales INIES à associer à chaque composant est ici un peu différent que pour la réalisation d'une ACV réglementaire. En effet, il faudrait normalement renseigner les données spécifiques des produits utilisés dans la construction réelle, ou si elles n'existent pas dans la base INIES, les remplacer par des données environnementales par défaut. Or, celles-ci possèdent un impact majoré pour être sûr de couvrir des produits divers et pour encourager la réalisation des déclarations environnementales de leurs produits par les industriels.

Pour mieux se rapprocher de la réalité, il a été décidé d'éviter au maximum les données environnementales par défaut et de privilégier des données collectives, qui couvrent une plus large gamme de produits.

Aussi, les données relatives aux produits de construction sont déclarées selon deux normes :

- La NF EN 15804+A1 pour les produits de construction déclarés avant octobre 2022.
- La NF EN 15804+A2/CN pour les produits de construction déclarés après octobre 2022.

La méthodologie de calcul et le nombre d'indicateurs de ces deux versions de norme ne sont pas identiques, aussi il sera préférable de choisir en priorité des fiches de la version de norme NF EN15804+A2/CN. En effet, à la fin de l'année 2025, les données de norme NF 15804+A1 seront archivées pour ne laisser que des données de norme NF 15804+A2/CN.

Remarque : pour les équipements électriques et de génie climatique, les normes suivies sont les PCR ed3 et PCR ed4 mais la logique est la même. Pour la suite de l'étude et dans un souci de simplification de la lecture, on fera l'approximation que la mention « Norme A1 » couvre la NF EN15804+A1 et le PCR ed3 et que « Norme A2 » couvre la NF EN 15804+A2/CN et le PCR ed4.

L'arbre décisionnel ci-contre synthétise la priorisation sur le choix des fiches :

- En premier lieu sont choisies les fiches qui étaient identifiées par l'architecte dans la variante en paille porteuse.
- Sinon, sont choisies les données collectives qui pourraient couvrir le produit.
- Sinon, une donnée individuelle la plus proche possible du produit.
- En dernier recours, une Donnée Environnementale par Défaut.

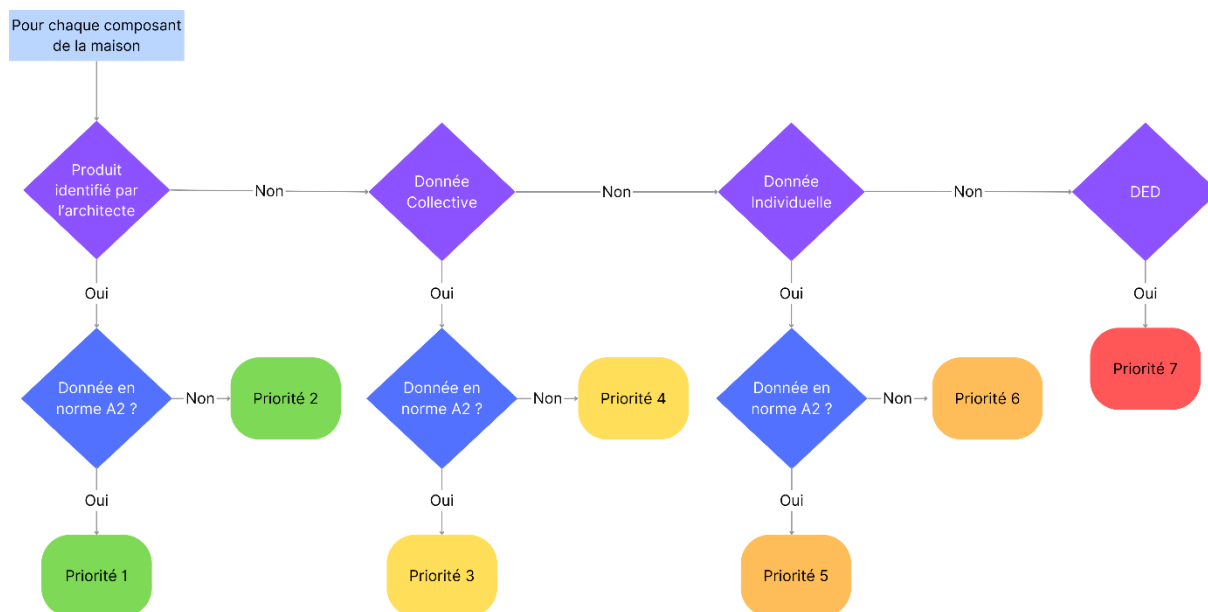


Figure 44 : Algorithme décisionnel du choix des fiches dans la base INIES

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

2.1.3.2 Données manquantes pour l'ACV selon le périmètre d'étude RE2020

L'étude du tableau 5 de l'Annexe II de l'arrêté du 4 août 2021 a aussi permis de mettre en lumière différents composants de certains lots et sous-lots non modélisés sur le logiciel d'architecture. Dans le lot 1 (VRD, Voiries et Réseaux Directs), une analyse réalisée sur OPEE a permis de rajouter les fiches les plus utilisées et les métrés médians dans les maisons individuelles ayant une S_{ref} entre 110 et 120 m². Cela concerne les réseaux d'eau ainsi que les gaines et câbles électriques du sous-lots 1.1. Ces données ont été rajoutées aux relevés de composant avec leurs fiches INIES associées. Dans les lots 8 (CVC) et 9 (Installations sanitaires), les éléments de chauffage (poêle à bois) et de ventilation (simple flux) ont aussi été rajoutés ainsi que les éléments de salle de bain et de WC. Enfin, pour les lots 10 et 11 qui regroupent les réseaux d'énergie et de communications intérieures, des lots forfaitaires ont été utilisés.

2.1.4 MOTEUR DE CALCUL ET CHOIX DES INDICATEURS

Pour réaliser l'Analyse de Cycle de Vie à l'échelle du bâtiment, le logiciel MaestroENV développé par le CSTB a été utilisé. Son intérêt est de pouvoir réaliser un calcul réglementaire selon la méthode RE2020.

Les indicateurs choisis pour la comparaison des variantes sont les suivants :

- Changement climatique - total (kgCO₂eq) : cet indicateur est le reflet de l'impact carbone du bâtiment, calculé à partir des indicateurs de potentiel de réchauffement global - total de chacun des composants. Son calcul permettra de mesurer les différences d'impact sur le changement climatique des trois modes constructifs.
- Utilisation totale des ressources d'énergie primaire non renouvelables (MJ) : cet indicateur est utile pour déterminer la demande en énergie fossile liée à la construction. La gestion de l'énergie est un enjeu actuel majeur et la réduction des besoins en énergie non renouvelables participe à un effort de sobriété, ainsi qu'à la décarbonation du secteur du bâtiment.
- Déchets non dangereux éliminés (kg) : les indicateurs de flux liés à la production des déchets ne sont pas des impacts en soit, mais ils permettent de mettre en lumière des impacts potentiels dans le traitement de ces déchets. Réduire les déchets non dangereux permet de limiter la pression sur les filières de recyclage et de réduire les enfouissements.
- Epuisement des ressources abiotiques - minéraux et métaux (kg Sb eq.) : les ressources abiotiques sont les ressources non vivantes dont la « régénération est terriblement lente au regard de la consommation que les humains en font depuis deux siècles » [7]. Ainsi, le potentiel d'épuisement des ressources abiotiques des minéraux et des métaux un indicateur intéressant pour évaluer la participation de la construction à l'épuisement de ressources qui vont manquer à terme, par difficulté d'extraction ou par contraintes géopolitiques. Néanmoins, selon la norme NF 15804+A2 paragraphe 7.2.3.3 « les résultats de cet indicateur d'impact environnemental doivent être utilisés avec prudence car les incertitudes de ces résultats sont élevées ou car l'expérience liée à cet indicateur est limitée ». Il faudra donc éviter toute conclusion trop catégorique sur la base de cet indicateur.

2.2 COMPARAISON DES MODES CONSTRUCTIFS

2.2.1 IMPACT CARBONE

2.2.1.1 Calcul de l'*Ic_composant*

L'analyse de cycle de vie permet de calculer l'impact carbone, sur la période d'étude de référence du bâtiment (50 ans par convention dans la RE2020), de la somme des composants et de leur renouvellement le cas échéant si durée de vie inférieure à 50 ans dans les différents lots et sous-lots, ramené à la surface de référence du bâtiment.

Cet indicateur *Ic_composant* exprimé en $\text{kg.eqCO}_2/\text{m}^2\text{SREF}$ permet de comparer les trois variantes sur un critère pris en compte dans la réglementation RE2020. A noter que les variantes ayant des surfaces de référence très proche, la comparaison de l'impact carbone ramenée au m^2 de S_{ref} ou sur l'ensemble du bâtiment est quasiment équivalente.

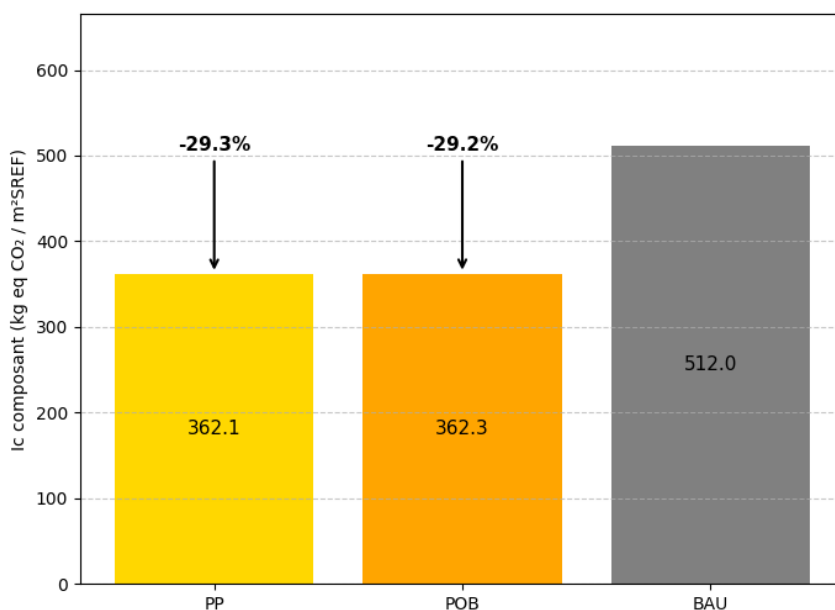


Figure 55 : *Ic_composant* des trois variantes

Ainsi l'*Ic_composant* des variantes en Paille porteuse et en Paille - Ossature bois est près de 30% inférieur à celui de la version « classique »¹. Cette différence est suffisamment significative pour conclure que les constructions en paille ont un impact sensiblement inférieur à une maison en maçonnerie béton.

Il est aussi intéressant de constater que malgré une conception différente, il n'y a quasiment aucune variation d'impact carbone entre la variante en paille porteuse et la variante avec paille en ossature bois.

¹ Notée BAU dans les graphes pour « Business As Usual »

2.2.1.2 Comparaison par lots

Pour aller plus loin que ce premier constat, il est intéressant de regarder dans les différents lots d'où vient cette diminution d'impact, pour éventuellement cibler des composants qui sont encore très impactant.

Les lots permettant d'affecter les produits de construction et équipement du tableau 5 de l'Annexe II de l'arrêté du 4 août 2021 [8] sont les suivants :

1. VRD (Voirie et Réseaux Divers)
2. Fondations et infrastructure
3. Superstructure - Maçonnerie
4. Couverture - Etanchéité - Charpente - Zinguerie
5. Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures
6. Façades et menuiseries extérieures
7. Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape Peintures - Produits de décoration
8. CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire)
9. Installations sanitaires
10. Réseaux d'énergie (courant fort)
11. Réseaux de communication (courant faible)
12. Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur
13. Équipement de production locale d'électricité

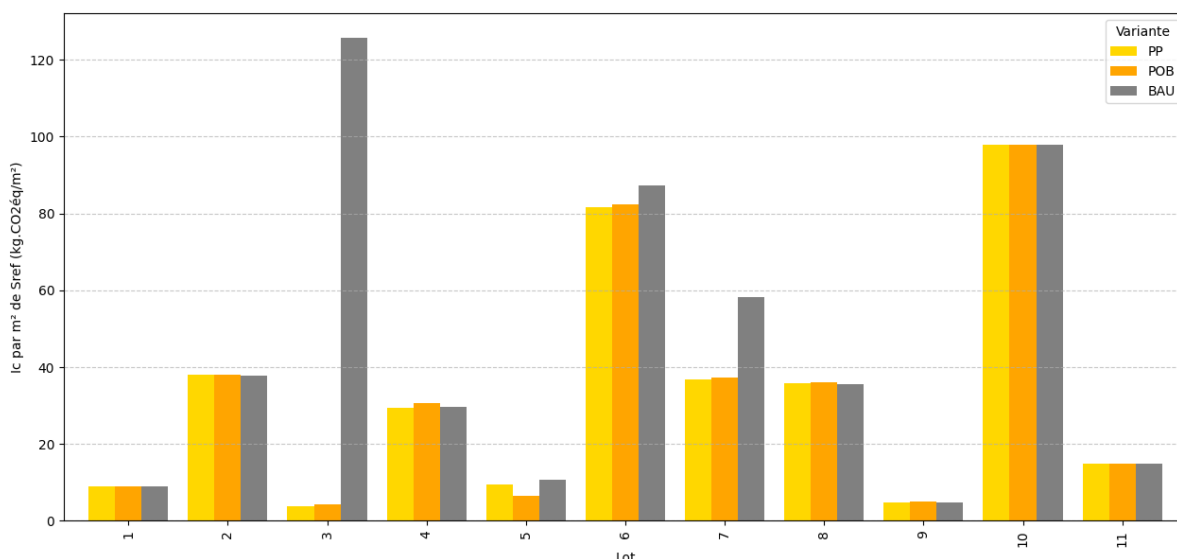


Figure 66 : Impact carbone des variantes par lot

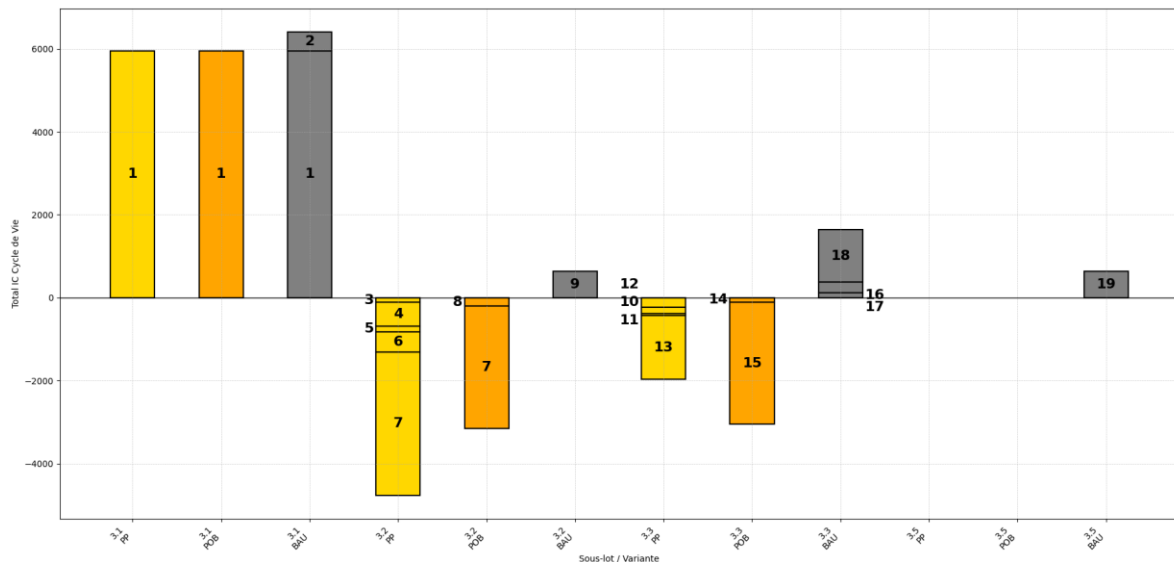
L'analyse par lot montre au premier abord plusieurs résultats significatifs. Déjà, l'impact du lot 3 (Superstructure - Maçonnerie) qui était majoritaire dans la version « classique » a été drastiquement diminué pour les versions en paille. Le lot 3 passe du plus impactant à l'un des moins impactants. Cela est symptomatique des modifications apportées entre les versions, car c'est dans le lot 3 que l'on retrouve les murs et les planchers. L'utilisation de matériaux biosourcés dans la constitution des murs et du plancher intermédiaire permet bien une réduction conséquente de l'impact carbone global de la maison.

Cependant, on voit aussi que les lots 6 (Façades et menuiseries extérieures) et 10 (Réseaux d'énergie - courant fort) ont encore un impact très important qui, à l'échelle de tout le bâtiment, empêche d'avoir une amélioration plus importante liée au choix des modes constructifs. Nous nous attarderons en détail sur ces lots plus tard. Pour le moment, rentrons dans le détail des sous-lots pour mieux mettre en lumière les variations entre variantes à l'échelle des composants.

2.2.1.3 Sous-lots 3.1 à 3.5

Dans les sous-lots 3.1 à 3.5 sont rangés la plupart des éléments spécifiques à chaque variante, la dénomination de ses sous-lots d'après le tableau 5 de l'Annexe II de l'arrêté du 4 août 2021 est la suivante :

- 3.1 Éléments horizontaux - Planchers, dalles, balcons
- 3.2 Éléments horizontaux - Poutres
- 3.3 Éléments verticaux - Façades
- 3.4 Éléments verticaux - Refends
- 3.5 Éléments verticaux - Poteaux



PP	POB	BAU
<p>Sous-lot 3.1</p> <p>1 : Dalle basse - béton</p> <p>Sous-lot 3.2</p> <p>3 : Lisse basse</p> <p>4 : Lisse haute</p> <p>5 : OSB lisse basse</p> <p>6 : Planche lisse haute</p> <p>7 : Solives</p> <p>Sous-lot 3.3</p> <p>10 : Bois entre fenêtre</p> <p>11 : Cadre menuiserie</p> <p>12 : Mur ossature bois étage</p> <p>13 : Paille porteuse</p> <p>Sous-lot 3.5</p>	<p>Sous-lot 3.1</p> <p>1 : Dalle basse - béton</p> <p>Sous-lot 3.2</p> <p>8 : Muralière</p> <p>7 : Solives</p> <p>Sous-lot 3.3</p> <p>14 : Finition Meneau</p> <p>15 : Meneaux ossature bois</p> <p>Sous-lot 3.5</p>	<p>Sous-lot 3.1</p> <p>1 : Dalle basse - béton</p> <p>2 : Entrevous en béton</p> <p>Sous-lot 3.2</p> <p>9 : Poutrelle en béton</p> <p>Sous-lot 3.3</p> <p>16 : Béton entre fenêtre</p> <p>17 : Parpaing étage</p> <p>18 : Parpaings</p> <p>Sous-lot 3.5</p> <p>19 : Poteaux d'angles</p>

Figure 77 : Graphique empilé de l'impact carbone des sous-lots 3.1 à 3.5

A l'échelle composant par sous-lot, on remarque bien que le choix de modes constructifs en matériaux biosourcés permet une grande réduction de l'impact carbone (impact négatif dans les sous-lots 3.2 et 3.3 des versions en paille, figure 8).

Cependant, le stockage de carbone observé dans les solives du plancher et dans les murs est largement compensé par l'émission liée à la dalle basse en béton. Ainsi, la différence globale entre la variante en béton et les variantes en paille est bien importante sur le lot, mais une approche plus

globale de la réduction des impacts avec une dalle moins carbonée pourrait permettre de rendre cette différence encore plus notable.

La figure 8 met aussi en lumière que le carbone stocké dans les éléments en bois permettant les jonctions du mur en paille avec la dalle basse et le plancher intermédiaire (Eléments 3 à 6 du sous-lot 3.2 de la variante PP) est équivalent à celui des meneaux en bois de l'ossature de la variante en paille ossature bois (Eléments 14 et 15 du sous-lot 3.2 de la variante POB). Cela explique en grande partie la proximité entre les valeurs d'Ic_composant des deux variantes en paille.

Enfin, il est intéressant de noter que la paille porteuse (Elément 13 du sous-lot 3.3 de la variante PP), malgré un volume très important, ne représente pas un stockage de carbone aussi conséquent que le bois (Eléments 3,4,5,7,10,11 et 12 de la variante PP).

2.2.1.4 Comparaison au sein du lot 7 Revêtements de sols, murs et plafonds

Dans les autres lots, la différence entre les trois variantes est moins perceptible. On note tout de même, dans le lot 7 (Revêtements de sols, murs et plafonds), un impact plus significatif pour la variante « classique » lié à la chape en béton du plancher intermédiaire (Elément 7 du sous lot 7.1 de la variante BAU, figure 9). Mais la présence d'une chape de béton de 0,06m en plancher bas dans les trois variante (Elément 2 du sous-lot 7.1 pour les trois variantes, figure 9) ne permet pas d'avoir une différence plus importante au sein du lot

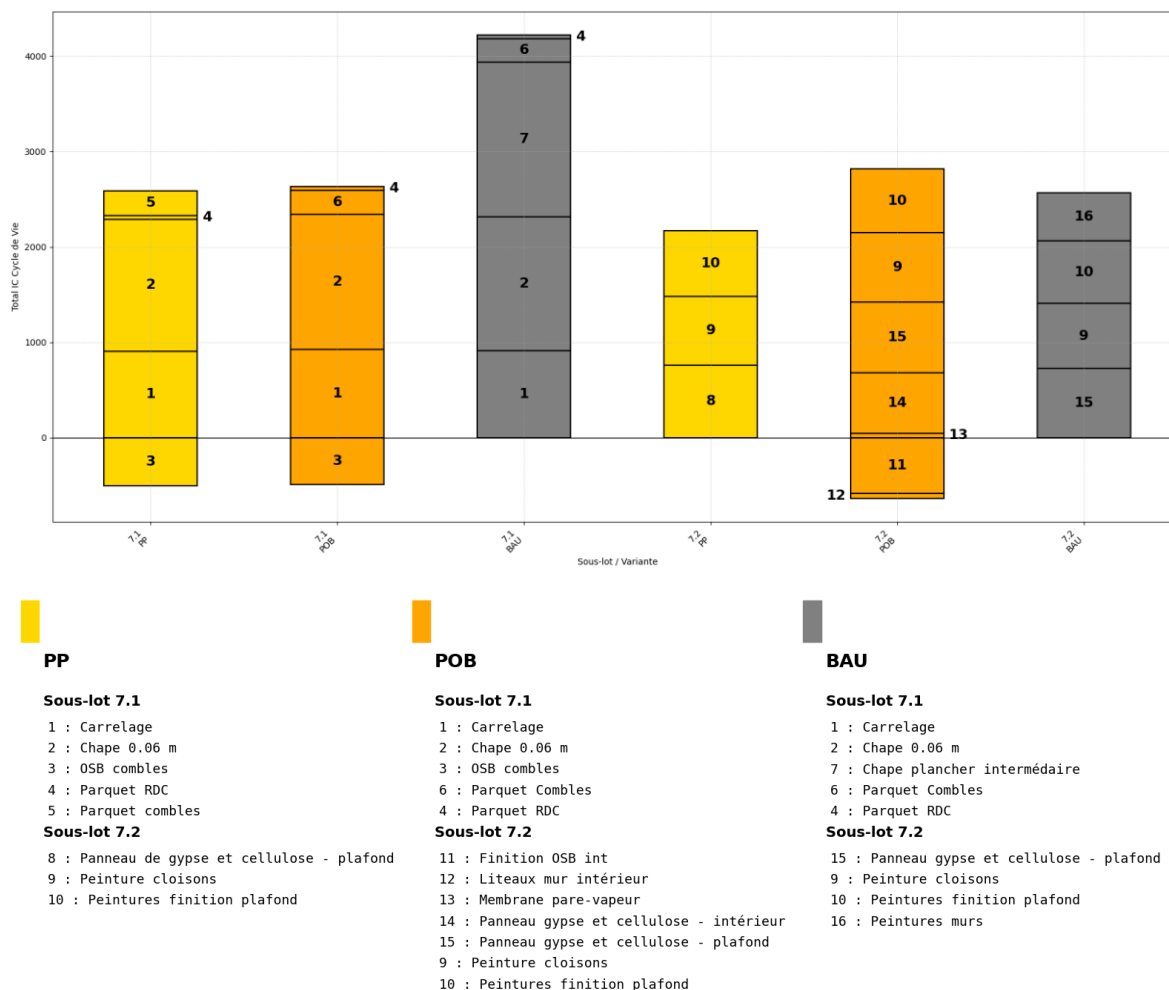


Figure 88 : Graphique empilé des composants des sous-lots 7.1 et 7.2

Sur l'ensemble des autres lots, il n'y a aucune variation significative d'impact carbone entre les trois variantes.

L'analyse mérite toutefois d'être poussée un peu plus loin sur le lot 10 et 11 qui participent fortement à l'impact carbone de manière analogue sur les trois variantes.

2.2.1.5 Lots 10 et 11

Les lots 10 (Réseaux d'énergie - courant fort) et 11 (Réseaux de communication - courant faible) forment un cas particulier. En effet, les données utilisées ici sont des lots forfaitaires issus de données conventionnelles créés par le Ministère du Logement, calculés en fonction de la surface de référence. Mesurer les mètres de fils électriques et de câbles de communication demanderait un temps et une expertise qui font défaut dans cette étude, mais au vu de l'impact très lourd des lots forfaitaires (31,2% de l'impact carbone pour les variantes en paille, figure 10), il serait très intéressant de mesurer l'impact réel sur un cas d'étude plus précis afin de déterminer si le lot 10 reste le lot ayant l'impact le plus important pour les variantes en paille. Auquel cas, des études allant dans le sens d'une réduction de l'impact du lot 10 et 11 seraient les bienvenues.

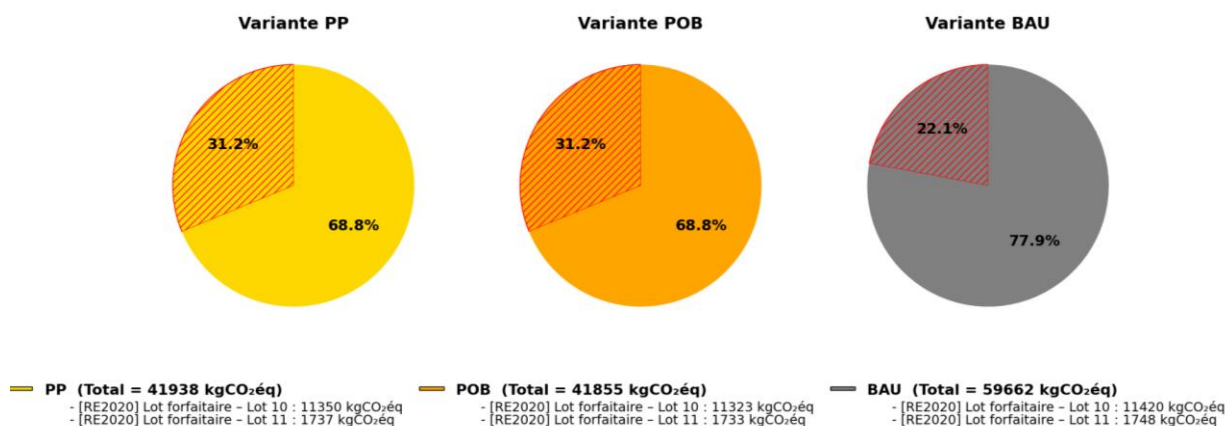


Figure 99 : Impact des lots forfaitaires des lots 10 et 11

2.2.1.6 Dalle basse, soubassement et fondations

Enfin, l'ensemble composé de la dalle basse, des murs de soubassement et de la semelle filante ont, en cumulé, un impact qui reste très important dans les trois variantes.

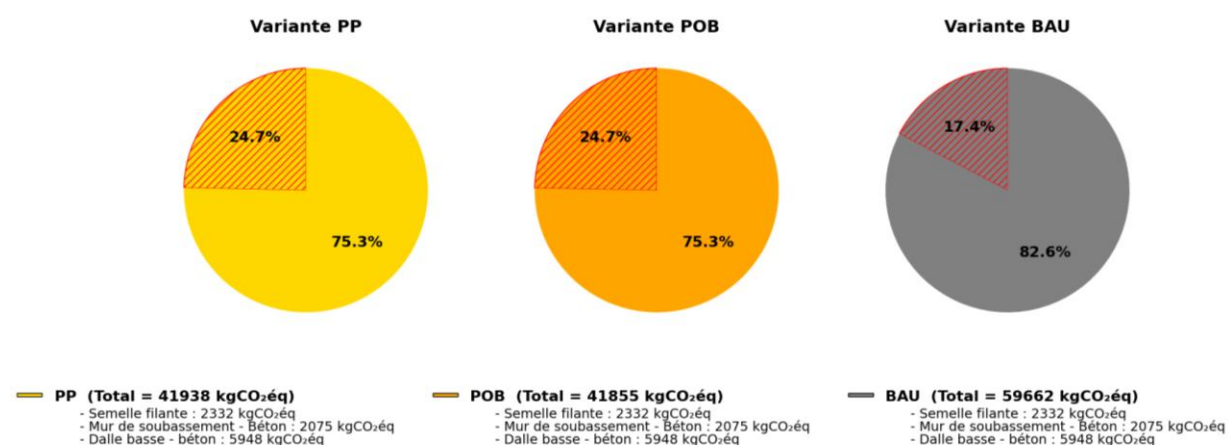


Figure 1010 : Impact des fondations et de la dalle basse

En effet, sur les variantes en paille, l'impact cumulé de la semelle filante, du mur de soubassement et de la dalle basse en béton représentent près de 25% de l'impact total lié à la construction. Une étude approfondie des fondations pourrait éventuellement réduire son impact. Si l'on rajoute l'isolation en bille d'argile et l'isolation du mur de soubassement (figure 11), c'est presque un tiers de l'impact qui est lié à la dalle basse et aux fondations. C'est un poste où les réductions d'impact carbone peuvent

être très importantes ; l'identification de ce poste justifie l'approche visant à réduire de manière globale l'impact d'un bâtiment et pas seulement sur certains éléments (ici, les murs et le plancher intermédiaire).

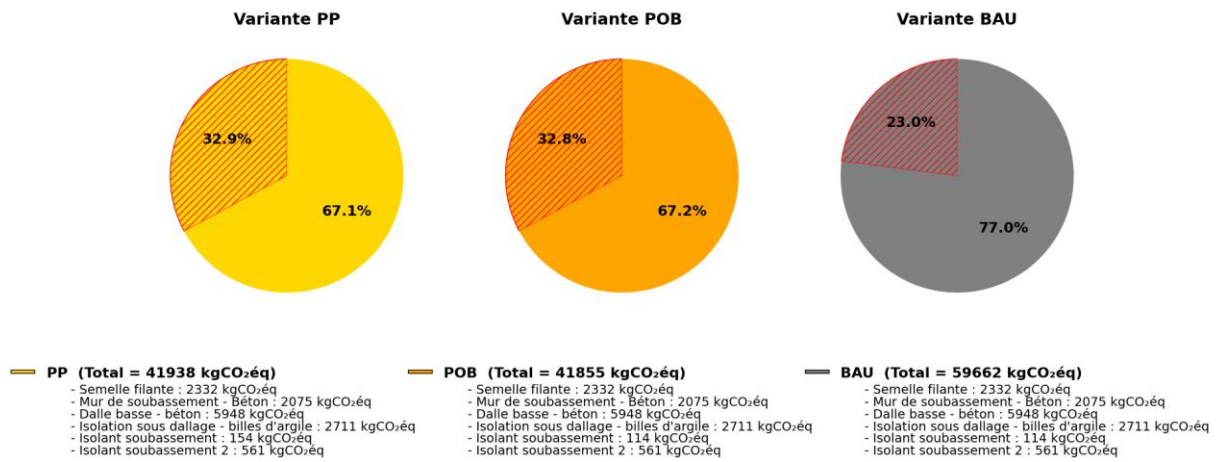


Figure 1111 : Impact des fondations et de la dalle avec isolation

2.2.1.7 Conclusion sur l'impact carbone

L'analyse des différents lots, sous-lots et composants a permis de faire remonter le net intérêt de la construction en paille sur les sous-lots dans lesquels les différences entre les principes constructifs étaient le plus visibles (sous-lot 3.1 à 3.7 principalement, figure 13).

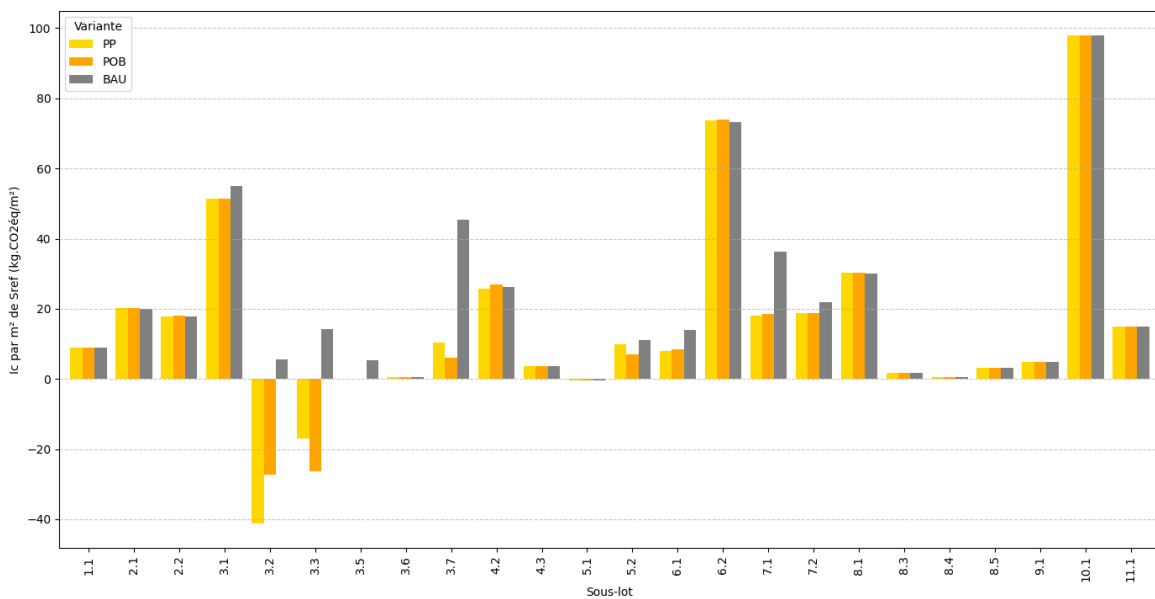


Figure 1212 : Impact carbone par sous-lot

Néanmoins, la variation totale sur l'Ic_composant pourrait être plus importante que les 29% observés actuellement si l'on creusait la possibilité de réduire, en parallèle, l'impact carbone du reste du bâtiment. Un focus sur les fondations, les menuiseries et les lots 10 et 11 serait le bienvenu pour approfondir l'étude.

2.2.2 AUTRES INDICATEURS DE L'ACV

L'analyse des autres indicateurs de l'ACV choisis précédemment peut fournir des éléments de comparaisons intéressants entre les trois variantes.

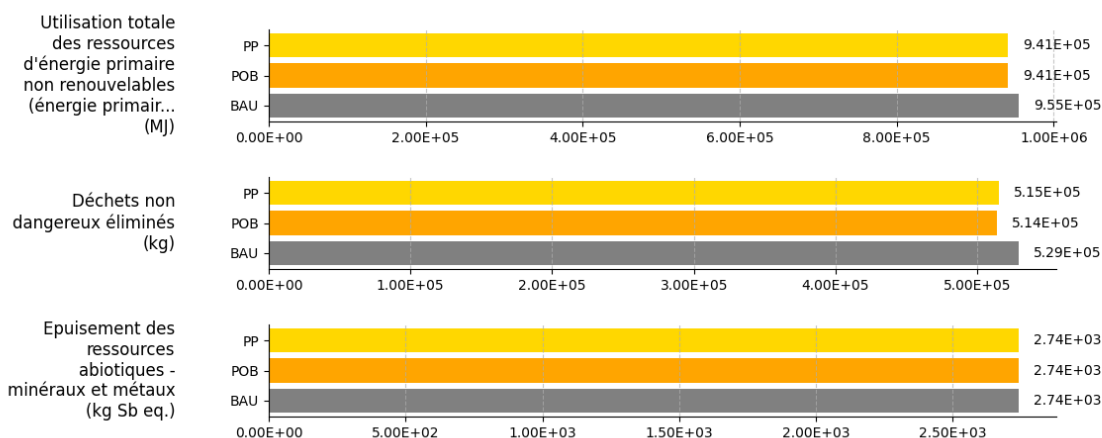


Figure 1313 : Comparaison des impacts multicritère entre les trois variantes

La comparaison les valeurs sont sensiblement identiques entre les trois variantes sur les trois indicateurs supplémentaires choisis dans cette étude, ce qui ne permet pas de conclure sur une différence notable entre les trois modes constructifs. Cette analyse multicritère est à prendre avec précaution, du fait de la moindre qualité des déclarations environnementales sur les indicateurs autres que le changement climatique.

3. CAS N°2 : MEDIATHEQUE

3.1 DESCRIPTION DU CAS

3.1.1 BATIMENT ETUDIE

Dans le cadre du programme POP 2030, une analyse de cycle de vie (ACV) comparative a été réalisée sur un projet réel : la construction du siège administratif communautaire et d'une médiathèque à Douvres-la-Délivrande (Calvados). Ce bâtiment public, d'une surface utile de 1 018 m², regroupe plusieurs fonctions : bureaux administratifs, médiathèque, salles de réunion et espaces ouverts au public.



Figure 1414 : Médiathèque de Douvres-la-Délivrande

Le projet architectural se caractérise par une volumétrie simple et compacte, une toiture à deux pans et des matériaux traditionnels (enduit à la chaux évoquant la pierre de Caen).

Sur le plan environnemental, l'objectif est double : réduire les émissions de gaz à effet de serre et favoriser l'utilisation de matériaux biosourcés. L'enveloppe est conçue en ossature et charpente bois, avec une isolation reposant sur un triptyque : bottes de paille, paille hachée et laine de bois, complété par des menuiseries en bois massif.

3.1.2 PERIMETRE DE L'ETUDE

L'étude a consisté à modéliser et comparer deux variantes du bâtiment à l'aide du logiciel COCON BIM :

- Variante 1 (construction paille) : conception réelle intégrant les matériaux décrits ci-dessus;
- Variante 2 (construction « classique ») : parois remplacées par des systèmes classiques (ossature métallique, isolants minéraux, doublages standards).

La méthodologie a inclus :

- L'import du modèle numérique au format IFC ;
- La définition des compositions de parois (murs, toitures, planchers) ;
- L'affectation des composants via des données environnementales issues de la base INIES (FDES collectives ou spécifiques) ;
- Le calcul dynamique des impacts environnementaux des modules A1 à D (production, transport, entretien, fin de vie) conformément aux conventions RE2020.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

3.2 COMPARAISON DES MODES CONSTRUCTIFS

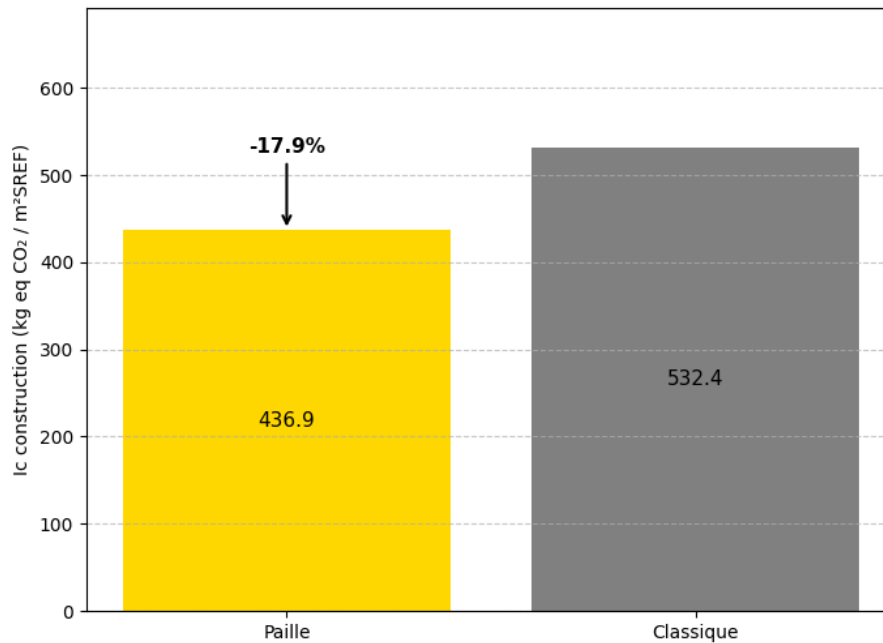


Figure 1515 : Impact carbone des variantes pour la médiathèque

Dans le cas présent, la variante en paille présente un Ic Construction de 436,9 kgCO₂e/m²SU, contre 532,4 kgCO₂e/m²SU pour la variante « classique », soit une réduction de 17,9 %. Le carbone biogénique, intégré dans l'Ic Construction, est ici significativement plus important dans la variante en paille, du fait de l'usage massif de matériaux biosourcés.

Toutefois, la lecture globale de ces résultats impose nuance et recul. L'utilisation massive du béton, commune aux deux configurations (fondations, soubassement, planchers bas et intermédiaires), agit ici comme un niveau plancher d'impact, difficilement compressible. Ces éléments structurels lourds, restés inchangés d'un scénario à l'autre, absorbent une part significative du potentiel d'amélioration lié aux matériaux biosourcés. Cette observation confirme un principe fondamental de la construction bas carbone : aucune performance environnementale n'est possible sans cohérence structurelle.

4. CONCLUSION

L'Analyse de Cycle de Vie a permis de conclure que, dans notre cas d'étude, une maison individuelle construite en paille porteuse ou en paille ossature bois participe près de 30% moins au changement climatique, au niveau de ses composants, qu'une maison « classique » en maçonnerie béton et poutrelles-hourdis. De manière analogue, l'étude sur la médiathèque permet de conclure une amélioration de près de 18% sur l'impact carbone lié à la construction en faisant le choix d'une construction en paille.

Dans le cadre de POP2030, ce résultat est encourageant en faveur du développement de la filière paille, qui peut représenter un levier de décarbonation important du secteur du bâtiment. Les études réalisées sur des exemples précis ont pu montrer que l'impact environnemental était substantiellement moindre pour des constructions en paille.

Cependant, il ne faut pas imaginer que le seul changement des murs et des planchers va drastiquement réduire l'impact de la construction. L'approche doit être globale, de la toiture aux fondations, en passant par les lots de réseaux électriques et les menuiseries. C'est dans ce sens que ce rapport peut servir d'ouverture pour une étude plus globale sur la manière de décarboner un bâtiment en étudiant l'ensemble de ses principes constructifs.

5. BIBLIOGRAPHIE

- [1] Ministère de l'Aménagement des Territoires et de la Décentralisation, «SNBC,» [En ligne]. Available: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/strategie-nationale-bas-carbone-snbc>.
- [2] Gouvernement français, «Feuille de route de décarbonation de la filière bâtiment - Article 301 de la loi « Climat et Résilience »,» 2023.
- [3] Ministères de l'Aménagement du Territoire et de la Décentralisation et Ministère de la Transition Ecologique, de la Biodiversité, de la Mer et de la Pêche, «Réglementation environnementale RE2020,» 2020. [En ligne]. Available: <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/reglementation-environnementale-re2020>.
- [4] Ministère de la Transition Ecologique, Cerema, «Guide RE2020,» 2024.
- [5] Ministère de l'Economie des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, «France 2030 : un plan d'investissement pour la France,» [En ligne]. Available: <https://www.economie.gouv.fr/france-2030>.
- [6] Réseau Français de la Construction Paille, «Présentation Pourquoi la paille ?,» [En ligne]. Available: <https://www.rfcp.fr/presentation/>.
- [7] CSTB, Réaliser l'ACV d'un projet de construction, CSTB éditions, 2024.
- [8] M. d. l. t. Ecologique, «Annexe II : Règles générales pour le calcul de la performance énergétique et environnementale,» [En ligne]. Available: https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexeii_arrete_4_aout_2021.pdf.

Ce document a été financé par l'État dans le cadre de France 2030 opéré par l'ADEME

ANNEXE

DETERMINATION DE LA VARIANTE CLASSIQUE VIA OPEE (MI)

5.1.1.1 Choix des façades, plancher intermédiaire et toiture

L'analyse sur l'ensemble des maisons individuelles de l'OPEE de 110 à 120m² réalisée en juin 2025 (figure 17) a mis en évidence la prédominance de la maçonnerie en béton (44% des maisons) et de la maçonnerie en terre cuite (38% des maisons) dans le type de façade des maisons individuelles. Concernant le plancher intermédiaire, les systèmes à poutrelles et hourdis sont majoritaires (54% des maisons) et la toiture est principalement composée d'une charpente bois (90% des maisons).

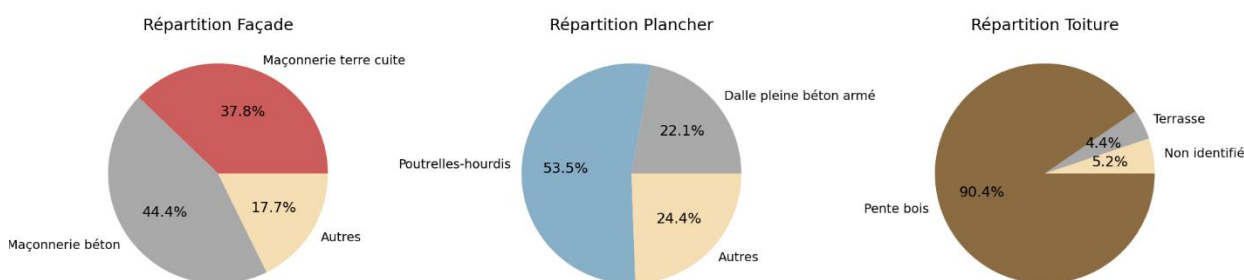


Figure 1616 : Modes constructifs majoritaires des maisons individuelles de l'OPEE

Pour construire la variante 3, il a donc fallu concevoir une maison en maçonnerie béton avec un plancher intermédiaire en poutrelle-hourdis et une charpente en bois. Cette dernière sera la même que celle des deux autres versions, adaptée aux murs en béton.

5.1.1.2 Isolation

L'analyse de l'OPEE sur les ACV ne permet pas encore de donner avec précision le type d'isolation de chaque maison individuelle, du fait du nombre de sous-lots dans lesquelles l'isolation peut être déclarée. Néanmoins, une première estimation à 70 % de maisons isolées par l'intérieur justifie de prendre ce type d'isolation pour la variante 3.

Ce choix est malgré tout discutable, notamment sur la gestion des ponts thermiques et sur la surface perdue en ITI par rapport à l'ITE en considérant la même surface de dalle basse. Cela aurait pu être un critère de discussion intéressant par rapport à l'épaisseur des murs en paille, liée au choix des bottes.

5.1.1.3 Autres éléments

Dans un souci de simplification de l'étude, les autres éléments tels que la dalle basse, les fondations ou encore les cloisons intérieures et les menuiseries n'ont pas été modifiées par rapport à la version initiale.

En effet, ces éléments ne supposent pas d'être particulièrement différents et n'ont probablement pas été choisis par rapport à leur faible impact carbone.

Concernant les menuiseries en bois et les cloisons en ossature bois, elles ne reflètent pas vraiment la réalité des maisons individuelles classiques où l'on retrouve plutôt des menuiseries en aluminium ou PVC et des cloisons en maçonnerie ou en armature métallique avec plâtre. Cependant, il était plus simple de les garder telles quel pour ne pas surcharger les modifications à effectuer entre les trois variantes.



Le futur en construction

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche et expertise, l'évaluation, la certification et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétence couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment

Siège social > 84 avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne - 77447 Marne-la-Vallée cedex 2

Tél. : +33 (0)1 64 68 82 82 - www.cstb.fr

MARNE-VAI LÉ / PARIS / GRENOBLE / NANTES / SOPHIA ANTIPOLIS