

Analyse du Cycle de vie d'un habitat réversible

ACV d'un dôme géodésique



Rapport d'étude

Janvier 2024

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport.

Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Analyse du cycle de vie d'un habitat réversible – ACV d'un dôme géodésique

Commanditaires : Commune de Commana, Banque des Territoires, Association Hameaux Légers, Maxime Craipeau

Auteur : Louis Bourru

Responsable du rapport

Louis BOURRU – Département des Transitions territoriales – Unité Energie Territoires et Bâtiment
Tél. : +33(0) 240128484
Courrier : louis.bourru@cerema.fr
Cerema - Direction territoriale Ouest – 9 Rue René Viviani 44062 NANTES

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	17/01/2024	

Références

N° d'affaire : 22-OU-0508

Partenaires : Commune de Commana, Association Hameaux Légers

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Bourru Louis	DTT/ETB	Auteur principal	17/01/2024	
		Contributeur		
		Contributeur		
		Relecteur		
		Relecteur		

Résumé de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet d'implantation d'habitats réversibles sur la commune de Commana dans le Finistère. Elle consiste à réaliser l'analyse du cycle de vie d'un prototype d'habitat réversible, le dôme géodésique, afin d'avoir une première évaluation de l'impact environnemental d'un tel projet par rapport à des bâtiments d'habitations plus usuels.

Ce dôme a été conçu et fabriqué par Maxime Craipeau, de l'Atelier du dôme à Chastel (43).

Un habitat réversible est un logement à faible impact environnemental, pouvant être démonté ou déplacé pour permettre au terrain d'implantation de revenir dans son état initial.

Les résultats de l'Analyse du Cycle de Vie du dôme montrent le très faible impact carbone de ce prototype d'habitat réversible :

-Emissions de Gaz à effet de serre inférieures de 71% par rapport au seuil de performance fixé pour les logements neufs par la Réglementation Environnementale 2020 (en vigueur depuis le 1er janvier 2022).

-Emissions de Gaz à effet de serre inférieures de 55% au seuil qui sera exigé pour les logements neufs en 2031 par la RE 2020.

Ces résultats prennent en compte les émissions de gaz à effet de serre du dôme ainsi qu'une part représentant un septième d'un bâtiment commun qui sera également implanté sur la parcelle, et dont les services profiteront à sept habitats réversibles.

Ce type d'habitat réversible représente donc une solution pertinente à approfondir pour atteindre les objectifs de la stratégie nationale bas carbone de la France à l'horizon 2050.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

Analyse du cycle de vie	Habitat réversible
carbone	Biosourcé
ACV	réemploi
RE 2020	Habitat léger
Bâtiment	dôme

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

Accès libre : document accessible au public sur internet

Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema

Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

Contexte et objet de l'étude

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un projet d'implantation d'habitats réversibles sur la commune de Commana dans le Finistère. Elle consiste à réaliser l'analyse du cycle de vie d'un prototype d'habitat réversible, le « Dôme géodésique », afin d'obtenir une première évaluation de l'impact environnemental d'un tel projet par rapport à des bâtiments d'habitations plus « usuels » (maisons non réversibles, logements collectifs...).

Ce dôme a été conçu et fabriqué par Maxime Craipeau, de l'Atelier du dôme à Chastel.

La définition proposée par l'Association Hameaux légers pour un habitat réversible est la suivante :

HABITAT RÉVERSIBLE

Un habitat réversible est une construction écologique pouvant être démontée ou déplacée pour permettre au terrain de revenir dans son état initial. L'impact sur les sols et l'environnement est minimisé (pas de béton ni d'imperméabilisation des sols).

Figure 1: Définition d'un habitat réversible. Source: Association Hameaux Légers

Présentation du projet de Hameau léger à Commana :

Le Projet vise l'incubation d'un démonstrateur de la ville durable dénommé « des hameaux réversibles pour des territoires sobres, résilients et inclusifs » sur la commune de Commana dans le cadre du Programme d'Investissement d'Avenir PIA4 de l'Etat.

Le Projet dans sa globalité consiste à créer un nouveau lieu d'habitation, sous forme de hameau léger. Un hameau léger est un concept soutenu par l'association Hameaux Légers pour créer des écohameaux participatifs et inclusifs, accessibles financièrement, en lien avec les territoires qui les accueillent. Au sein de cet écohameau innovant, chaque foyer possède son logement, la commune possède le terrain, et les habitants gèrent ensemble l'espace commun. L'une des fortes particularités de ce type d'écohameau est la réversibilité des habitations, puisqu'il se compose de constructions sur fondations légères, pouvant être démontées ou déplacées facilement. Le hameau léger de Commana est un projet pilote qui doit permettre la démonstration d'outils et de solutions techniques et administratives ou encore réglementaires pour permettre à toutes et à tous d'accéder à des habitats et des modes de vie durables et solidaires, pour des territoires plus vivants.

Sommaire

1	Présentation de l'étude	8
1.1	Cahier des charges des prototypes	8
1.2	Présentation du dôme géodésique	8
1.3	Présentation de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) :	11
1.4	Précisions sur les conventions RE 2020 : ACV dynamique et réemploi	12
1.5	Hypothèses prises pour les ACV des habitats réversibles :	14
1.6	Impact prorata provenant de la Maison Commune :	14
2	ACV du dôme géodésique :	17
2.1	Présentation des éléments saisis	17
2.2	Explications sur les raccordements aux réseaux	19
2.3	Résultats de l'ACV pour le dôme seul	21
2.4	Résultats des variantes de l'ACV du dôme	23
3	Synthèse	24
4	Annexes	25
4.1	Annexe 1 : Détail des éléments saisis lot par lot dans le logiciel	25
4.2	Annexe 2.....	30

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet d'implantation d'un hameau d'habitats réversibles sur un terrain proposé par la commune de Commana, le programme « investissement d'avenir » de l'Etat a permis de financer la réalisation de 4 prototypes d'habitats réversibles, afin de :

- Faire connaître ce type d'habitats aux habitants de la commune et à toute personne intéressée par les formes alternatives d'habitat.
- Permettre aux futurs habitants du hameau léger de tester durant un été ces typologies d'habitats.
- Faire progresser l'évaluation et la connaissance de l'impact environnemental de ces habitats, et en particulier, leur impact carbone.
- Disposer d'habitats réversibles démonstrateurs dans le cadre de l'éco-centre de Saint-André Des Eaux.

Les 4 prototypes conçus et réalisés en 2023 ont été les suivants :

- La Maison en A
- Le Module 4
- L'Empire State Cabin
- Le dôme géodésique.

La présente étude consiste à réaliser **l'analyse du cycle de vie d'un dôme géodésique**.

Une analyse du cycle de vie de bâtiment est une évaluation de l'impact environnemental d'un projet, tout au long de son cycle de vie, sur une période de 50 ans : depuis l'extraction des matières premières, jusqu'au démontage du bâtiment, selon les étapes schématisées ci-dessous :

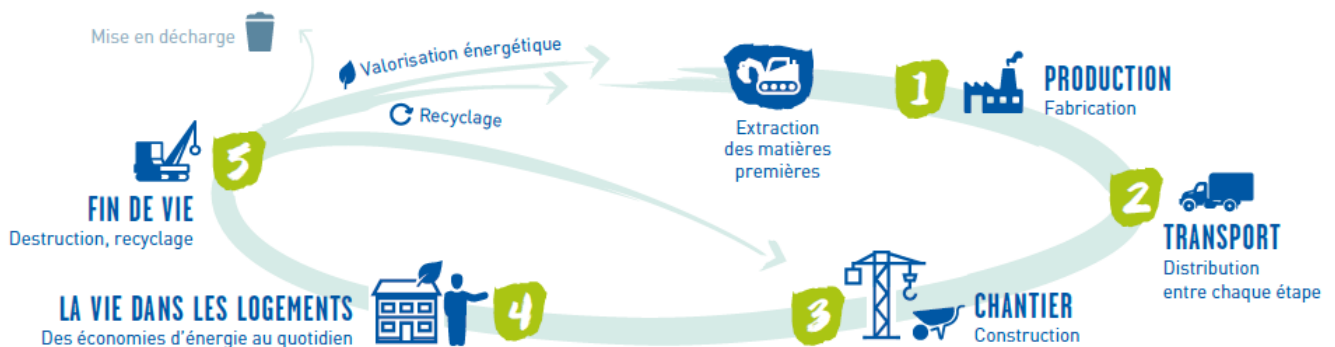


Figure 2: Les phases du Cycle de Vie d'un bâtiment. Source: MTE

1 PRESENTATION DE L'ETUDE

1.1 Cahier des charges des prototypes

L'association Hameaux Légers a défini un cahier des charges bien précis pour les 4 prototypes d'habitats réversibles qu'elle voulait soumettre au test. Cette précision est importante pour comprendre les contraintes imposées aux 4 prototypes :

Extrait du cahier des charges des prototypes (source : Hameaux Légers) :

« Les prototypes devront être facilement et rapidement démontables et remontables (montage en 7 jours max par prototype à 8 personnes, démontage en 3 jours max, hors systèmes d'autonomie). Les menuiseries devront être installées préalablement au montage. Une notice explicative de montage et de démontage devra être fournie.

Le montage et le démontage des prototypes ne devront pas nécessiter l'utilisation d'engins lourds (ex: camion grue). Les éléments non démontables (ex: modules de murs ou de toit, pièces de charpente) devront être manportables (poids de 150kg maximum et 100kg pour les éléments devant être installés en hauteur à moins qu'un système de levage spécifique soit conçu et réalisé par Les Concepteurs).

Leurs fondations devront être réversibles, c'est-à-dire qu'elles devront pouvoir être retirées en permettant à l'espace de revenir dans son état initial après le départ de l'habitat (exemple : fondations pneus, vis de fondations, pilotis, ...)

Les prototypes devront viser à avoir une empreinte carbone aussi faible que possible, tant lors de leur construction que de leur utilisation et leur fin de vie.

Les matériaux utilisés devront être biosourcés et/ou provenir de filières de réemploi, sauf exception (pare-pluie, pare-vapeur et autres éléments nécessaires à l'étanchéité à l'eau ou à l'air, revêtement de toiture, matériel électrique, quincaillerie ...).

Les habitats devront être isolés correctement ($R = 3 \text{ m}^2.K/W$ pour les murs, $R = 4 \text{ m}^2.K/W$ pour le plancher et le plafond), être parfaitement étanches à l'eau et viser une bonne étanchéité à l'air.

Ils devront être conçus selon les principes bioclimatiques (maximisation des surfaces vitrées orientées au Sud, protégées du soleil estival par des casquettes horizontales, minimisation des surfaces vitrées orientées au Nord, ...)

Pour les autres parties du cahier des charges, voir [annexe 2](#).

1.2 Présentation du dôme géodésique

Le dôme géodésique a été conçu et fabriqué par Maxime Craipeau, de l'Atelier du dôme à Chastel (43).

Description du dôme géodésique :

Le dôme conçu par Maxime Craipeau est une géode tronquée, correspondant au 5/9 d'une sphère complète¹, constituée d'une ossature en bois. L'ossature du dôme est composée d'une multitude de triangles assemblés entre eux. Le dôme comporte une partie vitrée, offrant un large accès à la lumière naturelle et aux apports solaires. L'isolation du dôme est réalisée par 20 cm de laine de textile recyclée (Métisse), à la fois sur le dôme et sous le plancher bas. Le dôme est recouvert de bardage OSB, recouvert de liège projeté (sur 3 mm d'épaisseur). Il ne nécessite pas de fondation, et se pose sur des pneumatiques remplis de graviers (3 m³).

¹ Marie Toulemont : [Une architecture frugale et minimaliste du XXIème siècle](#) : refuges organiques nés de l'environnement immédiat, à la recherche de sobriété Ecole d'architecture de Nantes, 2022

Le dôme de Commana présente une surface habitable de 25,5 m², et une surface de plancher de 30 m². Son rayon extérieur est de 3 m15, et sa hauteur intérieure en son point le plus haut est de 3.74 m².

Le dôme est légèrement supérieur à la moitié d'une sphère, afin de pouvoir y installer une mezzanine.

Voici quelques images du dôme qui a été construit pour le projet :



Dôme sur le terrain à Commana en juillet 2023 (source Cerema)



Dôme côté porte d'entrée (Source : Margaux Olivré)



Intérieur du dôme (on voit l'isolant Métisse), juin 2023. Source: Margaux Olivré



Partie vitrée (double vitrage). Source: Margaux Olivré

1.3 Présentation de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie (ACV) :

Pour réaliser cette analyse du cycle de vie, nous avons utilisé un logiciel réglementaire RE 2020 (U22Win de Perrenoud).

En effet, l'un des objectifs de cette étude est de pouvoir comparer les résultats obtenus par un habitat réversible (Le dôme géodésique) par rapport à une construction neuve usuel en 2023, en particulier sur les émissions de gaz à effet de serre (GES). Pour rappel, le niveau minimal requis pour une construction de logement neuf en 2023 est fixé par la Réglementation Environnementale 2020 (RE 2020).

La RE 2020 impose de calculer pour chaque logement neuf dont la demande de permis de construire a été déposée après le 1^{er} janvier 2022, un indicateur d'impact sur le changement climatique appelé « Ic construction ».

Cet indicateur prend en compte les émissions de GES de tous les composants du bâtiment ainsi que de leur mise en œuvre (phase chantier), sur tout le cycle de vie du projet (50 ans).

La RE 2020 fixe une valeur maximale Ic construction_max à ne pas dépasser. Cette valeur sera renforcée dans le temps en 2025, 2028 et 2031.

La valeur Ic construction max est calculée en prenant une valeur moyenne qui est modulée ensuite en fonction d'un certain nombre de critères :

La valeur moyenne de Ic construction max est la suivante pour des logements individuels:

Période	Valeur de Ic _{construction_max} moyen (kg éq. CO ₂ /m ²)			
	2022 à 2024	2025 à 2027	2028 à 2030	2031
Maison individuelles ou accolée	640	530	475	415
Évolution / 2022		-17 % / -110	-26% / -165	- 35 % / -225

Ensuite, cette valeur moyenne et modulée en fonction d'une multitude de critères. Ce qui induit le fait que le seuil maximal à respecter par un projet de logement neuf varie selon les caractéristiques du projet telle que sa surface, la présence de combles, l'impact des fondations...

Le mode de calcul du seuil à respecter est le suivant :

Ic_{construction_max} =

Ic_{construction_max}moyen × (1 + Micombles + Misurf) + Migéo + Miinfra + Mivrd + Mided

Les modulations associées sont les suivantes :

Micombles: modulation selon la surface de plancher de combles aménagés dans le bâtiment;

Misurf: modulation selon la surface du bâtiment;

Migeo: modulation selon localisation

Miinfra: modulation selon l'impact des fondations et des espaces en sous-sol du bâtiment. (impact écrêté après 40 kgeqCO₂ /m²)

MiVRD: modulation selon l'impact des parkings et des réseaux du bâtiment (Impact écrêté après 30 kgéqCO₂ /m² pour les maisons individuelles)

Mided: modulation selon l'impact des données environnementales par défaut et valeurs forfaitaires dans l'évaluation du bâtiment (aide temporaire, de 2022 à 2024, si l'cdded >370 kgCO₂ /m² en maisons individuelles)

1.4 Précisions sur les conventions RE 2020 : ACV dynamique et réemploi

La RE 2020 utilise une méthode d'ACV dynamique. C'est-à-dire qu'elle applique un facteur correctif aux émissions de GES, selon la date à laquelle elles sont émises (entre l'année 0 et l'année 50).

Cette méthode a été introduite dans la réglementation Environnementale 2020 afin de valoriser le stockage de carbone réalisé dès aujourd'hui.

Cette méthode a remplacé celle qui était utilisée lors de l'expérimentation E+C- entre 2016 et 2020.

Les changements opérés par cette méthode sont résumés dans le tableau ci-dessous :

ACV utilisée dans E+C-	ACV « dynamique »
<p>Le moment de l'émission des GES n'est pas pris en compte: on fait la somme des émissions et captations des différentes phases du cycle de vie du bâtiment en faisant comme si elles avaient lieu simultanément à la construction du bâtiment.</p>	<p>Le moment de l'émission des GES (ou de la captation) est pris en compte: plus une émission a lieu tôt, plus on considère que son impact est dommageable (urgence climatique et augmentation de l'impact cumulé lié à la rémanence du CO₂ dans l'atmosphère). En pratique: émissions de GES pondérées en fonction de l'année d'émission.</p>
<p>Dans l'approche « E+C- », le stockage temporaire de carbone dans le bâtiment, pendant sa durée de vie n'a pas d'impact sur le résultat du calcul. Il en est de même pour une émission temporaire.</p>	<p>Approche « dynamique », les émissions temporaires qui ont lieu après l'année 0 (fabrication) ont un impact moindre sur le résultat du calcul.</p>

Les coefficients associés à cette ACV dynamique sont les suivants :

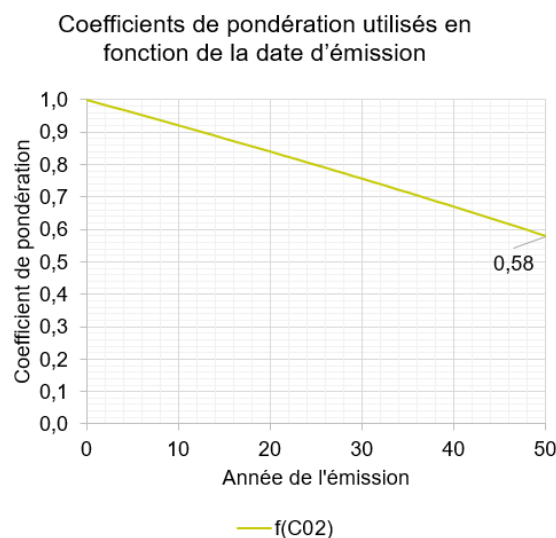


Figure 3: Valeur du coefficient de pondération pour l'ACV dynamique selon l'année de survenue de l'émission. Source: MTE

L'approche en ACV dynamique va donc donner des émissions de GES plus faible pour les produits de construction qui stockent du carbone en début de cycle de vie, comme par exemple les matériaux biosourcés. Les matériaux biosourcés végétaux, matériaux issus de la biomasse végétal, vont en effet stocker du carbone lors de la croissance de la plante dont ils sont issus. Puis réémettre éventuellement tout ou partie de ce carbone en fin de vie.

Exemple de matériaux biosourcés végétaux : paille, chanvre, bois, lin, ouate de cellulose, coton...

Le coefficient de pondération de l'ACV dynamique étant de 1 en année zéro (croissance de la matière première) et pouvant diminuer jusqu'à 0.58 au bout de 50 ans, le stockage en année zéro est donc favorisé. Et les réémissions en fin de vie atténuées dans le calcul.

Une poutre en bois qui stocke du carbone en année 0, aura à cette étape des émissions négatives (signifiant un stockage de carbone). Ci-dessous, un diagramme compare les émissions de GES pour une poutre en bois avec la méthode ACV dynamique (RE 2020) et sans ACV dynamique (Calcul en additionnant les étapes de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire, FDES, sans facteur correctif temporel) :

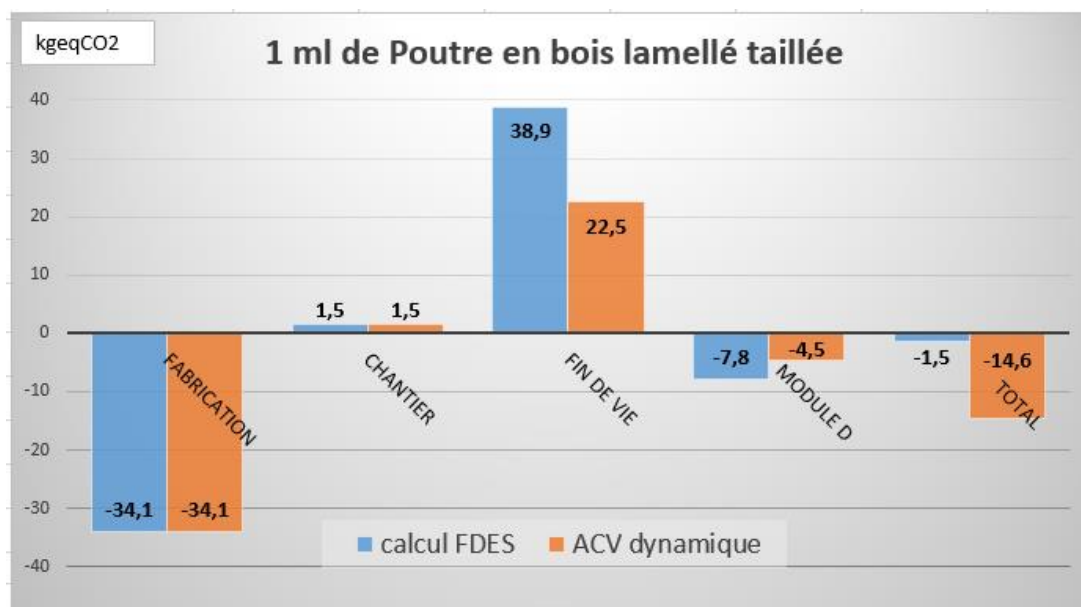


Figure 4: Comparaison des émissions de GES entre ACV dynamique et Valeurs non dynamiques (FDES). Source: Cerema

Le diagramme orange en ACV dynamique donne sur la totalité du cycle de vie de ce produit (dont la durée de vie est 50 ans), un stockage de 14,6 kgeqCO2 (une émission de GES de -14,6 kgCO2). Alors que le résultat aurait été un stockage de 1,5 kgCO2 seulement sans ACV dynamique (diagramme bleu).

Conventions prises par la RE 2020 pour la modélisation des produits issus du réemploi :

L'article L541-1-1 du Code de l'environnement définit le réemploi de la manière suivante :

« **Réemploi** » : toute opération par laquelle des substances, matières ou produits **qui ne sont pas des déchets** sont utilisés de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.

Que dit la RE 2020 sur la modélisation de l'impact carbone du réemploi ?

La réponse se trouve dans le Chapitre « **2.2.2.1 Scénarios et conventions** » de l'annexe 2 de l'arrêté du 4 août 2021 relatif à la RE 2020

« Convention liée à l'utilisation de composants issus du réemploi ou de la réutilisation:

Les composants (produits de construction ou équipements) issus **du réemploi** ou **d'une opération de réutilisation** (c'est-à-dire employés une nouvelle fois, pour un usage identique ou un nouvel usage, dans le même ou un autre bâtiment, sans retraitement hormis des opérations de reconditionnement, nettoyage ou réparation) **sont considérés comme n'ayant aucun impact**.

Les valeurs des impacts pour tous les modules du cycle de vie sont donc nulles.

Cependant, les impacts environnementaux des produits complémentaires nécessaires à la mise en œuvre des composants issus du réemploi ou de la réutilisation doivent être comptabilisés. »

Ainsi, la RE 2020 incite fortement au réemploi, puisque son impact carbone est considéré comme nul dans le calcul, et cela en fait un moyen de diminuer les émissions de GES calculées pour le projet de bâtiment.

Les calculs effectués en suivant les conventions de la RE 2020 donnent des impacts carbone réduits pour les projets utilisant des matériaux biosourcés (via l'ACV dynamique) et des matériaux issus du réemploi (qui comptent pour un impact nul).

Comme les prototypes d'habitats réversibles qui ont été testés activent ces deux leviers, ils obtiennent des émissions de gaz à effet de serre performantes (c'est à dire faibles).

1.5 Hypothèses prises pour les ACV des habitats réversibles :

Sur les 4 ACV réalisées sur les prototypes d'habitats réversibles, des hypothèses méthodologiques communes ont été définies :

- ▶ Conformément à la méthode RE 2020, les produits issus du réemploi ont été considérés comme ayant un impact nul (sauf pour les éléments à ajouter pour en permettre la mise en œuvre).
- ▶ Lors de la modélisation, nous avons utilisé les déclarations environnementales correspondant aux caractéristiques fournies par les constructeurs chaque fois que possible. Et nous avons privilégié l'utilisation de fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) collectives la plupart du temps. Quelques Déclarations Environnementales par Défaut (DED) ont néanmoins été utilisées quand les indications sur les produits étaient très génériques.
- ▶ Les prototypes d'habitats réversibles modélisés ne comportent qu'un espace salon + chambre (+ toilettes sèches éventuellement). Sur le hameau léger prévu à Commana, **une maison commune** va être construite pour mutualiser les autres besoins pour les 7 habitats légers prévus sur la parcelle. **Nous avons donc décidé d'ajouter à l'impact Ic_construction de chaque prototype, un impact carbone correspondant à 1/7^{ème} de celui de la maison commune.**
- ▶ Dans l'impact de la maison commune, sont décomptés du stationnement et une partie des réseaux associés au projet de hameau léger. Il manquera donc une petite part de l'impact des réseaux restants dans le calcul des prototypes (mais qui serait peut-être écarté dans le cadre des modulations de la RE 2020).

1.6 Impact prorata provenant de la Maison Commune :

La Maison commune comporte un séjour avec cuisine, et un espace douche et WC. Sa surface habitable est de 69,5 m². Conformément au cahier des charges du projet de hameau léger, un premier calcul RE 2020 a été réalisé au stade APD par le bureau d'études Green Ecohabitat pour ce bâtiment.

Voici une image de la Maison Commune, conçue par ArKo architecte :



Figure 5: Image de la Maison Commune. Source: ArKO Architecte

Les résultats RE 2020 obtenus au stade APD sont les suivants :

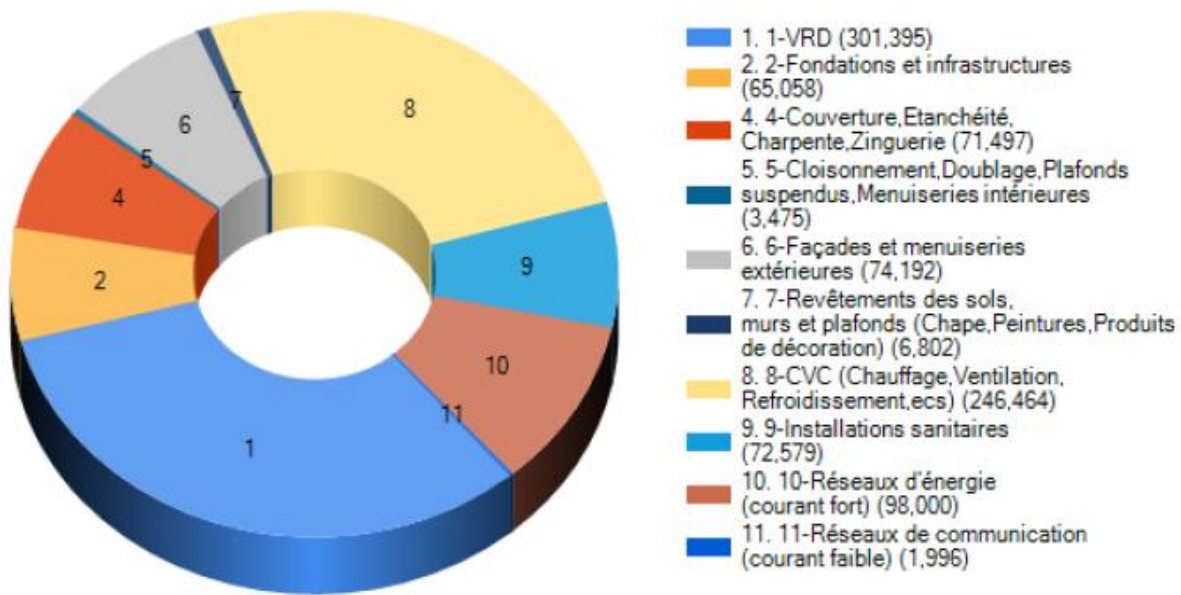
Indicateur de changement climatique	
ICcomposant = 876,2 kg eq.CO2/m ² SRef ICchantier = 11,9 kg eq.CO2/m ² SRef	ICconstruction = 888,1 kg eq.CO2/m ² SRef Soit : 30 860,5 kg eq.CO2/occupant
	ICenergie = 99,5 kg eq.CO2/m ² SRef Soit : 3 457,8 kg eq.CO2/occupant
	ICeau = 124,3 kg eq.CO2/m ² SRef Soit : 4 318,1 kg eq.CO2/occupant
	ICbatiment = 1 111,8 kg eq.CO2/m ² SRef Soit : 38 636,5 kg eq.CO2/occupant

Désignation	Valeur
Stockage carbone bâtiment	133,1 kg C
Stockage carbone parcelle	0,0 kg C
ICded	480,9 kg eq.CO2/m ² SRef
IC parcelle	0,0 kg eq.CO2/m ² SRef
ICe / an	2,5 kg eq.CO2/m ² SRef
Udd	0,9

Evolution des exigences (kg eq.CO2/m ² SRef)	Projet	Seuils année 2025 à 2027	Seuils année 2028 à 2030	Seuils à partir de 2031
ICconstruction	888,1	894,6 ●	800,3 ●	733,7 ●
ICenergie	99,5	184,8 ●	184,8 ●	184,8 ●

lc_construction = 888,1 kgeqCO2/m²SHAB

La description des impacts par lot est la suivante :



A noter : le très fort impact du lot VRD, dû à l'utilisation de nombreuses données par défaut à ce stade du projet (APD) pour les parkings et réseaux (pour très peu d'éléments dans le projet).

L'impact carbone de la maison commune est donc plutôt maximisé à ce stade.

Donc puisque le $lc_{\text{construction}}$ pour 7 habitats réversibles est de 888 kgCO₂/m²SHAB, alors :

$lc_{\text{construction}}$ pour un habitat réversible = $888 / 7 = 127 \text{ kgeqCO}_2/\text{m}^2$

2 ACV DU DOME GEODESIQUE :

2.1 Présentation des éléments saisis

Les informations permettant la saisie des éléments constructifs dans le logiciel d'analyse du cycle de vie ont été fournis par Maxime Craipeau, sur la base du tableau de recueil élaboré par le Cerema.

Les informations fournies et la saisie réalisée en conséquence sont présentés dans les tableaux ci-après. Certaines quantités ont dû être converties afin qu'elles soient exprimées dans la bonne unité fonctionnelle pour le calcul ACV.

Exemple le plus courant : mètres linéaires de bois convertis en mètres cubes.

La plupart des fiches de déclaration environnementale et sanitaire (FDES) utilisées sont des fiches collectives. Lorsque la fiche utilisée est une Donnée Environnementale par Défaut (DED) ou une FDES individuelle, c'est précisé dans le tableau.

Pour rappel : les FDES collectives sont des déclarations environnementale établies par un groupement de fabricants, pour représenter plusieurs fabricants et références bien précises, fabriquées par ces derniers (il y a un domaine de validité associé à ces références).

Exemple de FDES collective : « Charpente traditionnelle en bois, poteaux et poutres, 100% résineux, fabriquée en France »

Les éléments qui figurent en jaune clair dans le tableau sont des éléments issus du réemploi.

Voici dans les tableaux ci-dessous les éléments saisis par le Cerema :

Élément constructif décrit par Maxime Craipeau	quantité fournie par Maxime Craipeau	précisions sur le produit fournies par Maxime	déclaration environnementale choisie par le Cerema	Quantité recalculée pour UF
Fondations réversibles	2m ³ Gravier 9 Pneus usagés	gravier 10/40mm pneus récupérés dans un garage (En discussion avec hameau léger)	DED 32141 gravier tout venant. pneus issus du reemploi = impact nul	
Plancher bois	60 m ²	OSB 3 2500x675, 22mm, SwissKrono, certification Bois de France et PEFC	FDES 29075 codifab 18-25 mm	
poutres plancher bas	1,44 m3	Epicéa, 4000x30x200, Scierie Mauranne 43300 Chastel, gestion durable	FDES 29096 bois résineux	
Isolant plancher	30 m ²	METISSE RT 20kg/m3 - Panneau isolant coton recyclé, 200mm d'épaisseur, R=5,1, 0,039 W/mK,	FDES individuelle 30864	60 m ² car 2 couches de 100mm
Isolant toiture et murs	66 m ²	METISSE RT 20kg/m3 - Panneau isolant coton recyclé, 200mm d'épaisseur, R=5,1, 0,039 W/mK,	FDES individuelle 30864	132 m ² car 2 couches de 100mm
Bardage	65 m ²	OSB 3 2440x1220, 15mm, SwissKrono, certification Bois de France et PEFC	FDES 28 969 codifab 12-16 mm	

Élément constructif décrit par Maxime Craipeau	quantité fournie par Maxime Craipeau	précisions sur le produit fournies par Maxime	déclaration environnementale choisie par le Cerema	Quantité recalculée pour UF
peinture extérieure	65 m ²	Fijador, Durcisseur de surface,66131, Couche d'accroche, Scellant acrylique en phase aqueuse, 1 couche = 15L, vendu par Decoproyec	FDES 34 712 fixateur en phase aqueuse	
Revêtement de toiture	65 m ²	Liège projeté Decoproyec, 3 couches de 1mm = 132kg, enduit projeté, liège, 0,058 W/mK, SD =0,35	DED 29001 isolant liège 6 mm	
charpente du dôme	2,4 m3	Epicéa, 4000x30x (largeur allant de 150 à 255), Scierie Mauranne 43300 Chastel, gestion durable, certification en demande	FDES 29096 bois résineux	
Revêtement de sol en parquet	30 m ²	Parquet flottant stratifié issu du recyclage (parquet d'un ancien magasin)	impact nul car recyclage	
contreplaqué intérieur	65 m ²	Hardwood Plywood 1220x2440x12mm BRICO ITEM CODE 360252, contreplaqué, 2500x1250x12mm	FDES 26 796 contreplaqué peuplier	
Porte extérieure (80cm de large min et au moins 2,00m de haut)	1,72 m ²	PORTE-FENÊTRE ODE PIN 1 VANTAIL À CLÉ, Lapeyre, - Pin sylvestre d'Europe abouté et certifié PEFC. - Epaisseurs: ouvrant 46mm et dormant 45mm. - Double vitrage: 24mm Énergie STAR® intercalaire noir traité faible émissivité avec gaz argon. - Uw 1,5. - Haute Isolation Thermique: Ug = 1.1 et Haute Isolation Acoustique: AC1 (RA ; tr = 28dB). - Etanchéité: A*4 E*6B V*A2; - Labels de qualité: Origine France, Acotherm, CEKAL, PEFC et Capital Bois.	FDES 30 583 bois européen résineux et feuillu double vitrage	
Fenêtres: vitrage	7,62 m ²	6 triangles vitrés 3* 1110*1087 + 3*1280*1040 (3,63 m ² + 3,99 m ²) Ug=1,1	FDES individuelle 10903 AGC double vitrage 4/16/4 Ug=1,1	
Fenêtres: champlat	6 unités	6 champlats de 2400 mm * 27 mm (ep 5 mm)	DED 28 634 (plinthe en bois de 10cm de hauteur)	14,4 m
Grilles d'aération pour la lame d'air de l'isolant	1 unité	Chapeau de ventilation femelle pvc gris ardoise GIRPI, Diam.80 mm, Leroy Merlin, avec grille d'aération	DED 31 644	
Conduit de fumée poêle	4 m	conduit acier simple paroi 4 m, incluant également le chapeau et solin	FDES 29110	

Élément constructif décrit par Maxime Craipeau	quantité fournie par Maxime Craipeau	précisions sur le produit fournies par Maxime	déclaration environnementale choisie par le Cerema	Quantité recalculée pour UF
Poêle à bois 6 kW	1 U	Poêle à bois bûche 6 kW	DED 31807 très impactante	
Réseau électrique parcelle		1 fourreau Polyéthylène	FDES 9213	
	25 m	1 câble électrique	DED 29 203	
réseau électrique interne	19 m	cables électriques : 19 ml au RDC (périphérie)+ 4 m pour plafonnier	DED 29644	
	19 m	Goulottes de distribution électrique	DED 6430	
	2	prises électriques	DED 31 884	
	2	appliques intérieures (luminaires)	DED 32 111	
	1	tableau électrique	DED 31 720	

2.2 Explications sur les raccordements aux réseaux

Voici les informations relatives aux réseaux figurant dans le permis d'aménager de la parcelle:

« Pour limiter dans le futur les érosions des terres, la gestion des eaux pluviales a été repensée : le réseau d'eau pluviale existant sera curé, et complété par la création de noues paysagères en contrebas des talus. Celles-ci viendront canaliser les eaux pluviales, former une zone de rétention temporaire, et participer à la gestion de ces eaux par infiltration simple. Elles seront complétées par un jardin de pluie situé à un endroit stratégique, qui jouera le rôle de zone d'infiltration avec massif drainant.

Dans ces noues et ce jardin de pluie, une sélection de plantes vivaces adaptées participera à l'infiltration et à la filtration des eaux pluviales par le travail de leurs systèmes racinaires.

::: RÉSEAUX :::

Seul un lot pour l'installation de résidence démontable sera relié aux différents réseaux : eau potable, assainissement et électricité, afin de permettre l'accueil d'un foyer au besoin d'accessibilité supérieur (personne âgée ou en situation de handicap) Les futurs bâtiments communs (qui feront l'objet de demandes ultérieures de Permis de Construire) seront également reliés à l'ensemble de ces réseaux

EAU POTABLE

Un des lots pour l'installation de résidence démontable sera relié au réseau. Pour les autres, l'alimentation en eau potable des habitations s'effectuera grâce à un système de bidons. Deux points d'eau, situés au niveau des bâtiments communs, permettront à chaque habitant de remplir ses réserves avec l'eau du réseau quand cela est nécessaire. Les bidons seront aux normes alimentaires, fermés et manportables. Ils seront conservés à l'intérieur des habitats, dans des conditions de températures normales, à l'abri de la lumière, et nettoyés régulièrement. L'eau contenue dans ces bidons pourra être utilisée telle qu'elle pour la toilette ou la vaisselle. Dans le cadre de la consommation alimentaire de

cette eau, un procédé de microfiltration (type berkey ou filtre céramique) et/ou de désinfection (chlore, ébullition), sera mis en place par mesure de sécurité afin de s'assurer de la potabilité de l'eau en toute circonstance.

ASSAINISSEMENT

Le lot pour l'installation de résidence démontable qui sera relié au réseau d'eau potable sera également relié au réseau d'assainissement. Pour les autres, afin de limiter les effluents, la consommation en eau et répondre ainsi aux enjeux d'écologie et de sobriété du projet, le choix de toilettes sèches a été fait. Chaque habitat disposera de ses propres toilettes sèches, composées d'une cuve étanche dans lesquelles les urines et les fèces seront traitées ensemble mélangées à un matériaux organique (sciure, tontes, feuilles, ..). Leur contenu sera régulièrement vidé sur une aire de compostage conçue de façon à ce qu'elle ne génère aucune nuisance pour le voisinage ni rejet liquide en dehors de la parcelle, ni pollution des eaux superficielles ou souterraines, dans le respect de la législation en vigueur.

Concernant les seules eaux grises (eaux ménagères), un système d'épuration sera étudié en fonction de la conception de chaque résidence démontable.

Il n'y a donc pas de projet d'assainissement non-collectif. À la construction de chaque habitat , un système individuel sera étudié, dans le respect de la législation en vigueur, un dossier sera préparé et fera l'objet d'une demande individuelle auprès du SPANC local.

Dans tous les cas ces eaux grises provenant des habitats individuels seront limitées, voire inexistantes pour certains foyers, du fait de la mutualisation d'une cuisine, de l'espace buanderie et des douches dans les espaces communs (qui seront raccordés à l'assainissement collectif).

ELECTRICITÉ

Le lot de résidence démontable qui sera relié au réseau d'eau potable et au réseau d'assainissement sera également relié à l'électricité.

Pour les autres, les besoins en électricité des habitats seront très sobres et se résumeront à l'alimentation de l'éclairage et de petits appareils (téléphone, ordinateur, petit électroménager). Compte tenu des faibles besoins, et afin de garantir la réversibilité totale des habitats, ces derniers ne seront pas reliés au réseau électrique.

L'alimentation en électricité de chaque habitat sera étudiée en fonction de la conception de chaque résidence démontable : un choix individuel sera fait par les futurs habitant.es pour être autonome, via l'utilisation par exemple de panneaux photovoltaïques. Ces différents équipements seront installés dans le respect des normes en vigueur.

Un accès au réseau électrique pour permettre l'utilisation d'appareils plus consommateurs d'énergie (ex: lave-linge) sera prévu au niveau des futurs espaces communs, dont la construction fera l'objet d'une prochaine demande d'autorisation. »

En conclusion sur la prise en compte des réseaux:

Pour 6 habitats réversibles sur 7, il n'est pas prévu de :

- Raccordement au réseau électrique.
- Raccordement au réseau d'eau potable.
- Raccordement aux réseaux d'eaux usées.

Seul un habitat « accessible » sera raccordé à ces réseaux. Mais ce n'est pas le cas des 4 prototypes étudiés.

Pour les prototypes, nous avons pris le parti de modéliser dans l'ACV :

-Un réseau électrique interne aux habitats : câblage intérieur (23m), prises, luminaires, coffret électrique. Ce réseau interne « fictif » est pris en compte afin de ne pas fausser la comparaison avec les autres types de logements RE 2020.

-Une longueur de raccordement au réseau électrique sur la parcelle (estimée en moyenne à 25 m pour chaque Habitat) : ce raccordement « fictif » est pris en compte afin de ne pas fausser la comparaison avec les autres types de logements RE 2020.

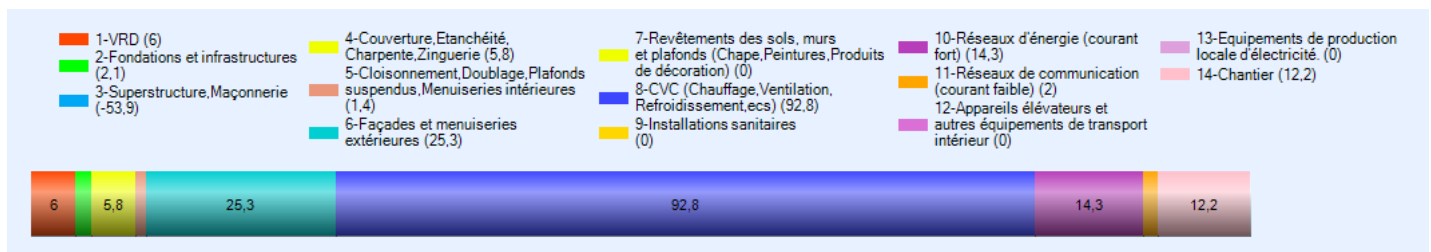
-un forfait pour le réseau courant faible interne (obligatoire par défaut dans la modélisation RE 2020).

2.3 Résultats de l'ACV pour le dôme seul

Les résultats sur l'indicateur I_c construction RE 2020 du **dôme considéré comme seul** (sans le prorata 1/7 du bâtiment commun) sont les suivants :

$I_{c\text{construction}} = 108,0 \text{ kg eq. CO}_2/\text{m}^2\text{sRef} < I_{c\text{construction_max}} = 811,6 \text{ (Gain = 86,7\%)}$

Les impacts se répartissent entre lots de la manière suivante :



Les impacts prépondérants par lot sont, dans l'ordre :

- Lot 8 Chauffage Ventilation Clim (CVC) : 92.8 kgCO₂/m² dont poêle= 82 kgCO₂/m² ; conduit = 10,5 kgCO₂/m²
- Lot 6 Menuiseries extérieures : 25,3 kgCO₂/m² dont double-vitrage =20 kgCO₂/m²
- Lot 10 électricité intérieure : 14,3 kgCO₂/m²
- Lot Chantier : 14 kgCO₂/m²
- Lot VRD réseau électrique parcelle : 6 kgCO₂/m²

Les éléments les plus impactants du projet sont donc le poêle à bois bûche et son conduit de fumée. Pour modéliser le poêle dans l'ACV, le Cerema a dû utiliser une donnée environnementale par défaut, dont la valeur en émissions de GES est maximisante. En effet, en l'absence de marque ou référence commerciale couverte par une FDES individuelle ou collective, la règle dans la RE 2020 est d'utiliser une donnée par défaut.

Il faut savoir que dans ce projet, les poêles à bois ont été fabriqués par l'association Hameaux légers elle-même sur la base de plans de conception low tech et open source.

Mais la base de données INIES (base de donnée des déclarations environnementales françaises) ne comporte pas ce type de produit. D'où le choix de simuler le poêle par une donnée par défaut dans ce calcul ACV.

Pour donner une idée de l'impact du dôme **sans cet équipement de chauffage par défaut**, une variante a été simulée dont le résultat est donné dans le tableau du chapitre suivant.

L'impact obtenu pour le dôme seul (sans les 1/7 de la maison commune) sans le poêle et son conduit est de : $lc_{\text{construction}} = 15,2 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{SHAB}$.

2.4 Résultats des variantes de l'ACV du dôme

Les résultats sur l'indicateur Ic construction RE 2020 du dôme selon d'autres variantes sont les suivants :

Variante	Explications	Ic construction (kgeqCO2/m²)	Baisse ou hausse en kgCO2/m² par rapport à Base	Ecart à Ic_construction max 2022 (base de 811,6 kgCO2/m²)
Dôme seul	Scénario de base ci-dessus (avec poêle)	108	0	- 87 %
Dôme + 1/7e maison commune	Ajout de 127 kgCO2/m² dus à la maison commune	=127+108 = 235	+127	- 71 %
Dôme seul sans poêle ni conduit fumée	Retrait de la DED poêle et de la FDES conduit de fumée car les poêles seront autoconstruits et de moindre puissance	15,2	- 92,8	- 98 %
Dôme + 1/7e maison commune sans poêle ni conduit	Ligne précédente + Ajout de 127 kgCO2/m² dus à la maison commune	142,2	+34,2	- 82 %
Dôme seul sans raccordement réseau élec	On enlève le raccordement élec sur la parcelle mais on garde la distribution intérieure	101,96	- 6,04	- 87 %

Le résultat du dôme accompagné d'une quote-part d'un septième d'un bâtiment commun est donc un Ic construction = 235 kg CO2/m²SHAB. Soit 71% de moins que le seuil 2022 de la RE 2020.

Les écarts de cette variante avec les seuils RE2020 en 2022, 2025 et 2028 sont les suivants :

	Années 2022 à 2024	Années 2025 à 2027	Années 2028 à 2030	À partir de l'année 2031
Icconstruction_max unité: kg CO2éq/m²	811,65	672,15	602,4	526,3
Gain de la variante 235 kgCO2/m² Pa rapport au seuil	71%	65%	61%	55%

Ces résultats très intéressants sont à mettre au crédit de plusieurs leviers inspirants mobilisés pour arriver à de faibles émissions de gaz à effet de serre :

- Recours aux matériaux biosourcés (qui stockent du carbone).
- Recours au réemploi de produits de constructions (qui ont un impact nul en émissions dans la RE 2020)
- Mutualisation des besoins des habitants (à travers la maison commune).
- Sobriété dans les surfaces déployés dans les habitats.

3 SYNTHÈSE

Les résultats obtenus suite à l'analyse du cycle de vie du prototype d'habitat réversible « Dôme géodésique » montrent le très faible impact carbone de ce type de logement :

-Impact carbone inférieur de 71% par rapport au seuil de performance fixé pour les logements neufs depuis le 1er janvier 2022 par la Réglementation Environnementale 2020.

-Impact carbone inférieur de 55% au seuil qui sera fixé pour les logements neufs en 2031 par la RE 2020.

Ces résultats prennent en compte les émissions de gaz à effet de serre du dôme ainsi qu'une part représentant un septième d'un bâtiment commun qui sera également implanté sur la parcelle.

Ce type d'habitat réversible représente donc une solution pertinente à approfondir pour atteindre les objectifs de la stratégie nationale bas carbone de la France à l'horizon 2050.

En particulier, ces habitats mobilisent différents leviers inspirants pour arriver à de faibles émissions de gaz à effet de serre :

- Recours aux matériaux biosourcés
- Recours au réemploi de produits de constructions
- Mutualisation des besoins des habitants (à travers la maison commune)
- Sobriété dans les surfaces déployés dans les habitats.

4 ANNEXES

4.1 Annexe 1 : Détail des éléments saisis lot par lot dans le logiciel

Les résultats sont présentés dans des tableaux dont les colonnes ont la signification suivante :

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous- Lot
Appliques murales linéaires intérieures fonctionnelles [P=14W à 34W] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	15,8812	Unité	3	32111	10	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.3. Eclairage intérieur
Nom de la déclaration environnementale utilisée	Impact de l'élément en kgCO2/m²SHAB (en prenant en compte ses renouvellements sur 50 ans et sa quantité)	Unité utilisée dans la déclaration environnementale	Quantité sans prendre en compte les renouvellements	N° de la déclaration environnementale dans la base INIES	Durée de vie du produit indiquée dans la déclaration environnementale par le fabricant	N° du lot	N° du sous-lot

Lot 1 : VRD

1.1. Réseaux (extérieurs, jusqu'au domaine public)

Élément 'réseau électrique parcelle'

estimé à 25m de fourreau + câble

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Fourreaux de protection en PE pour un réseau d'alimentation électrique dans le domaine public hors creusement et comblement de la tranchée Câble de liaison pour courants forts [1 conducteur] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	1,8079	m	25	9213	100	1. VRD	1.1. Réseaux (extérieurs, jusqu'au domaine public)
	4,2323	m	25	29203	30	1. VRD	1.1. Réseaux (extérieurs, jusqu'au domaine public)

Lot 2 à 7 : BATI

Fondations et infrastructures

Élément 'Gravier remplissage pneus'

gravier 10/40mm

pneus récupérés dans un garage

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Gravier tout venant - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAUT	2,1204	m³	2	32141	50	2. Fondations et infrastructures	2.1. Fondations

Murs extérieurs

Élément 'structure bois extérieure'

Epicéa, 4000x30x (largeur allant de 150 à 255), Scierie Mauranne 43300 Chastel, gestion durable, certification en demande

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Charpente traditionnelle en bois, poteaux et poutres, 100% résineux, fabriquée en France	- 24,771952 9	m³	2,4	29096	100	3. Superstructure, maçonnerie	3.5. Eléments verticaux (Poteaux)

Planchers bas

Élément 'parquet de reemploi'

parquet flottant stratifié de seconde main, issu d'un ancien magasin. Reeploi = impact nul

Nombre identique ou quantité : 30

Élément 'structure plancher'

Epicéa, 4000x30x200, Scierie Mauranne 43300 Chastel, gestion durable, certification en demande

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Charpente traditionnelle en bois, poteaux et poutres, 100% résineux, fabriquée en France	- 14,863171 8	m³	1,44	29096	100	3. Superstructure, maçonnerie	3.2. Eléments horizontaux (Poutres)

Élément 'plancher bois structurel'

Plancher bois 60 m² OSB 3 2500x675, 22mm, SwissKrono, certification Bois de France et PEFC FDES 29075 codifab 18-25 mm

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Panneaux de lamelles de bois minces orientées OSB (oriented strand board) de type 3 (panneaux travaillants utilisés en milieu humide) bruts [épaisseur 18 mm, jusqu'à 25 mm]	- 16,872188 2	m²	60	29075	100	3. Superstructure, maçonnerie	3.1. Eléments horizontaux (Planchers, Dalles, Balcons)

Élément 'isolant intérieur Métisse plancher'

METISSE RT 20kg/m3 - Panneau isolant coton recyclé, 200mm d'épaisseur, R=5,1 , 0,039 W/mK, 30 m² de 200 mm donc 60 m² de 100 mm (2 couches)

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Métisse RT Panneaux	2,5792	m²	60	30864	50	3. Superstructure, maçonnerie	3.7. Eléments d'isolation

Planchers hauts

Élément 'isolant intérieur Métisse toiture'

METISSE RT 20kg/m3 - Panneau isolant coton recyclé, 200mm d'épaisseur, R=5,1 , 0,039 W/mK, 66 m² de 200 mm donc 132 m² de 100 mm (2 couches)

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Métisse RT Panneaux	5,6743	m²	132	30864	50	5. Cloisonnement, doublage, plafonds suspendus, menuiseries intérieures	5.2. Doublages mur (matériaux de protection, isolants et membranes)

Elément 'Bardage extérieur'

OSB 3 2440x1220, 15mm, SwissKrono, certification Bois de France et PEFC 65 m²

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Panneaux de lamelles de bois minces orientées OSB (oriented strand board) de type 3 (panneaux travaillants utilisés en milieu humide) bruts [épaisseur 12 mm, jusqu'à 16 mm]	- 11,278188 2	m ²	65	28969	100	4. Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie	4.2. Toitures en pente

Elément 'couche extérieure durcisseur acrylique'

Fijador, Durcisseur de surface,66131, Couche d'accroche, Scellant acrylique en phase aqueuse, 1 couche = 15L, vendu par Decoproyec

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Produits d'impression et fixateurs en phase aqueuse	2,8068	m ²	65	34712	30	4. Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie	4.2. Toitures en pente

Elément 'revêtement ext toiture liège projeté'

Liège projeté Decoproyec, 3 couches de 1mm = 132kg, enduit projeté, liège, 0,058 W/mK, SD =0,35

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Isolant acoustique en liège en rouleaux [ép 6 mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	6,4815	m ²	65	29001	50	4. Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie	4.2. Toitures en pente

Elément 'contreplaqué intérieur'

Hardwood Plywood 1220x2440x12mm BRICO ITEM CODE 360252, contreplaqué (bouleau?)65 m²

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Panneau de contreplaqué en peuplier et résine phénolique (PF), fabriqué en France, pour agencement intérieur	-4,2806706	m ²	65	26796	50	5. Cloisonnement, doublage, plafonds suspendus, menuiseries intérieures	5.2. Doublages mur (matériaux de protection, isolants et membranes)

Elément 'grille aeration lame d'air'

chapeau de ventilation qui sert à évacuer la lame d'air située derrière l'isolant vers l'extérieur.

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Chapeau de toiture pour VMC [DN du conduit VMC 250mm] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	7,7746	Unité	1	31644	20	4. Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie	4.3. Eléments techniques de toiture

Fenêtres/PF/Façades rideau

Elément 'vitrages triangulaires'

double vitrage 4/16/4
3.63 +3.99 m² = 7.62 m²

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
AGC - Double vitrage à isolation thermique renforcée / à contrôle solaire (Thermobel, Thermobel Stopray, iplus IGU, ipasol IGU) - Composition de référence 4-16- 4 et 4 -16-4, 4-15- 4 et 4 -15-4 Hors accessoires de pose	20,0894	m ²	7,62	10903	30	6. Façades et menuiseries extérieures	6.2. Portes, fenêtres, fermetures, protections solaires

Élément 'champlat bois'

6 champlat 2400*27mm (ép 5 mm)
(on prend une FDES de plinthe en bois de 10cm)

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Plinthe en bois massif [haut.10 cm] [Gestion durable] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	0,3485655	m	14,4	28634	30	6. Façades et menuiseries extérieures	6.2. Portes, fenêtres, fermetures, protections solaires

Portes

Élément 'porte-fenêtre'

PORTE-FENÊTRE ODE PIN 1 VANTAIL À CLÉ, Lapeyre, Référence : 2311104
- Double vitrage: 24mm - Uw 1,5.
- Haute Isolation Thermique: Ug = 1.1- Etanchéité: A*4 E*6B V*A2

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Fenêtre et porte-fenêtre double vitrage, fabriquée en France, en Bois d'essence tempérée européen	4,8475	m ²	1,72	30583	30	6. Façades et menuiseries extérieures	6.2. Portes, fenêtres, fermetures, protections solaires

Lot 8 : CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement, ECS)

8.1. Equipements de production (hors cogénération)

Élément 'poêle bois buche'

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Poêle à bois [P=6kW] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	82,3266	Unité	1	31807	16	8. CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement, ECS)	8.1. Equipements de production (hors cogénération)

8.5. Réseaux et conduits

Élément 'conduit de fumée'

conduit acier simple paroi pour poele (+ ses accessoires: solin, chapeau...)

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Conduit de fumée simple paroi	10,4794	m	4	29110	50	8. CVC (Chauffage, ventilation, refroidissement, ECS)	8.5. Réseaux et conduits

Lot 10 : Réseaux d'énergie (courant fort)

10.1. Réseaux électriques

Élément 'cablage électrique interne'

cables électriques : 19 ml au RDC (périphérie)+ 4 m pour plafonnier

Goulottes de distribution

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Câble U1000 R2V mono [Section conducteur de 1 à 240 mm ²] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	0,1912624	m	23	29644	30	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.1. Réseaux électriques
Goulottes de distribution - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	4,7585	m	23	6430	20	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.1. Réseaux électriques

Élément 'prises électriques'

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Prises de courant fort - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	0,2476948	Unité	2	31884	20	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.1. Réseaux électriques

10.3. Eclairage intérieur

Élément 'luminaire éclairage'

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Appliques murales linéaires intérieures fonctionnelles [P=14W à 34W] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	6,6431	Unité	2	32111	10	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.3. Eclairage intérieur

10.6. Tableaux et appareillages

Élément 'tableau électrique'

coffret électrique

Nombre identique ou quantité : 1

Désignation	GWP kg éq. GES	Unité UF	Qté	N° de fiche	Durée de vie	Lot	Sous-Lot
Coffret encastré - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DEFAULT	2,4428	Unité	1	31720	20	10. Réseaux d'énergie (courant fort)	10.6. Tableaux et appareillages

Lot 11 : Réseaux de communication (courant faible)

Lot forfaitaire

4.2 Annexe 2

Suite du cahier des charges des prototypes d'habitats réversibles :

« Dimensionnement & espaces

Les prototypes devront avoir une surface de plancher (surface isolée avec hauteur de plafond supérieure à 1,80) d'au moins 15 m² et comprendre les espaces suivants :

- Entrée couverte avec espace pour accueillir un paillason, un meuble de rangement de chaussures et un porte-manteaux (pas nécessairement à l'intérieur de l'habitat, cela peut être une entrée abritée / un auvent)
- Espace couchage pour 2 personnes pouvant accueillir un lit de 140x190 minimum ;
- Petit salon pouvant accueillir un canapé 2 places convertible en lit de 140x190 min., une table basse et deux chaises ainsi qu'un petit poêle à bois (40cm de diamètre) placé à 30cm de toute paroi inflammable, avec une évacuation verticale pour conduit de 80mm isolé (290mm min.).
- Table à manger pouvant accueillir 4 personnes max
- Kitchenette équipée (2 feux min., petit évier avec robinet et évacuation, petit plan de travail, égouttoir, étagères et/ou placards ou tiroirs pour affaires de cuisine + stockage de nourriture)
- Espace cloisonné et ventilé (grille d'aération) pouvant accueillir des toilettes sèches
- Espace cloisonné et ventilé (grille d'aération) pour la salle de bains pouvant accueillir une cabine douche, un lavabo, un miroir, un placard ou étagère et un chauffe-eau (2 réservations pour évacuation d'eau, 1 réservation pour arrivée d'eau depuis la récupération d'eau de pluie + 1 prise électrique) - cet espace peut être le même que celui des toilettes
- Espace avec une petite penderie (60cm de profondeur min.) et un placard permettant de ranger des vêtements
- Espace avec passage étanche des câbles de panneaux solaires pouvant accueillir la batterie, le régulateur de charge, l'onduleur »



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN