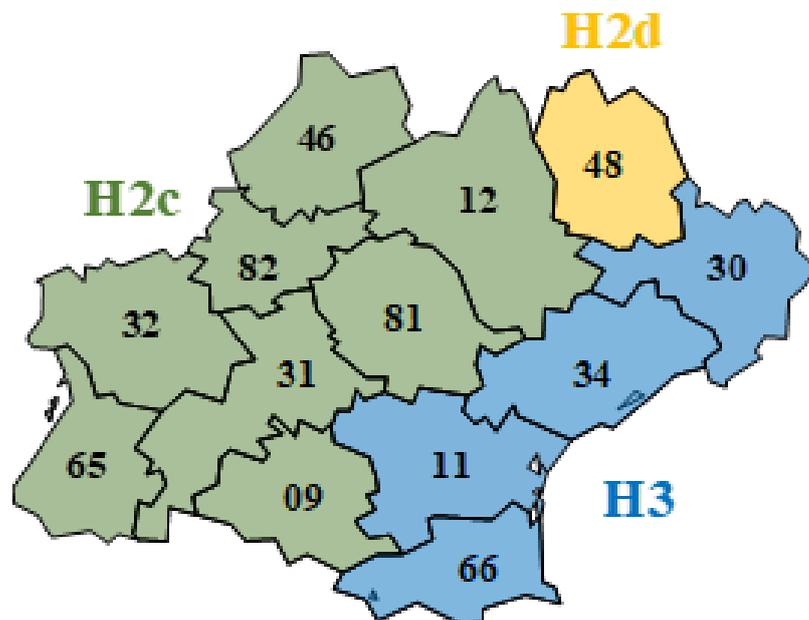


Etude comparative des exigences RE2020 en Occitanie

Comparaison des trois zones climatiques de la région Occitanie



RAPPORT D'ETUDE

Septembre 2023

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, 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

Etude comparative des exigences RE2020 en Occitanie

Comparaison sur les trois zones climatiques de la région Occitanie

Commanditaire : DREAL Occitanie

Auteur : Cécile Chu

Responsable du rapport :

Nicolas CABASSUD – Département Territoire Ville Bâtiment – Groupe Bâtiment

Tél. : +33(0)4 42 24 76 76 – Port : +33(0)6 99 91 09 15

Courrier : nicolas.cabassud@cerema.fr

Cerema Direction Méditerranée - Pôle d'activités Les Milles - avenue Albert Einstein 13290 AIX-EN-PROVENCE

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
V0	20/09/2023	Initialisation du rapport
V1	26/09/2022	Compléments de relecture

Références

N° d'affaire : 23-ME-0305

Nom	Service	Rôle	Date	Visa
Cécile Chu	Bâtiment	Auteur principal	29/09/2023	
Nicolas Cabassud	Bâtiment	Contributeur	29/09/2023	
Karine Jan	Bâtiment	Relecteur	13/10/2023	
Manon Albin	Département Ville, Territoire et Bâtiment	Valideur		

Résumé de l'étude

A la demande de la DREAL Occitanie, le Cerema a réalisé une étude sur les incidences techniques de la réglementation RE2020 sur la construction de la Région.

Cette étude consiste à comparer la RT2012 et la RE2020 sur les différentes zones climatiques de la région Occitanie, seule région à comporter 3 zones climatiques différentes (H2c, H2d et H3).

A partir d'une maison individuelle de référence, des modélisations ont été effectuées afin d'identifier les leviers d'actions à mettre en œuvre pour respecter la RE2020. Sur le volet carbone, des variantes Biosourcé, Béton Bas Carbone et Ossature Bois ont été créées afin de répondre aux exigences actuelles et futures de la RE2020 sur la performance environnementale (horizon 2022, 2025, 2028 et 2031).

Ce document présente ainsi la méthodologie de l'étude ainsi que les résultats sur les six indicateurs de la RE2020 sur les zones climatiques H2c, H2d et H3.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

RE2020	Biosourcé
Occitanie	Béton Bas Carbone
Zone climatique	Ossature Bois
Performance énergétique	
Performance environnementale	

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

La Réglementation Environnementale RE2020, entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2022 pour la construction neuve des bâtiments résidentiels, a remplacé la Réglementation Thermique 2012 (RT2012). Plus exigeante sur le plan énergétique et introduisant un volet réglementaire sur le plan environnemental, elle oblige les constructions à être plus vertueuses.

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement, du Logement (DREAL) Occitanie souhaite connaître l'impact de cette nouvelle réglementation sur son territoire. Composé de trois zones climatiques avec des seuils réglementaires différents, la DREAL a sollicité le Cerema pour réaliser une étude comparative aussi bien des incidences techniques de la RE2020 par rapport à la RT2012 que des exigences RE2020 sur ces trois zones climatiques.

Les exigences sur l'impact carbone étant renforcées au fil du temps, l'étude se porte sur la RE2020 à horizon 2022, 2025, 2028 et 2031 en identifiant les leviers d'actions pour atteindre ces différents paliers.

Sommaire

1	Rappel sur la nouvelle réglementation RE2020	8
1.1	Généralités.....	8
1.2	La RE2020 en Occitanie.....	9
2	Bâtiment de référence et hypothèses de l'étude	10
2.1	Choix du bâtiment de référence.....	10
2.2	Hypothèses.....	10
3	Principes de modélisation	11
3.1	Volet performance énergétique	11
3.2	Volet performance environnementale	11
3.2.1	Base.....	13
3.2.2	Biosourcé	13
3.2.3	Béton Bas Carbone	14
3.2.4	Ossature bois	15
4	Résultats de l'étude	16
4.1	Résultats des modélisations et analyse.....	16
4.1.1	Bbio.....	16
4.1.2	Cep et Cep,nr	17
4.1.3	DH.....	18
4.1.4	Ic_énergie	19
4.1.5	Ic_construction	20
5	Variantes complémentaires.....	24
5.1	Variante Ossature Bois à faible inertie.....	24
5.1.1	Principe de modélisation	24
5.1.2	Résultats et analyse	24
5.2	Variante sur le lot 8 CVC.....	26
5.2.1	Principe de modélisation	26
5.2.2	Résultats et analyse	26
6	Conclusion.....	30
7	Pour aller plus loin	31
8	Annexes	32

Introduction

Compte tenu de l'entrée en vigueur de la RE2020 et du découpage de l'Occitanie en trois zones climatiques, l'étude a pour objectif de répondre aux questions suivantes :

- Comment la RE2020 impacte-t-elle techniquement les nouvelles constructions sur la Région Occitanie pour des dépôts de permis de construire à partir de 2022, 2025, 2028 et 2031 ?
- Comment les exigences de la RE2020 se traduisent-elles sur les trois zones climatiques de la Région Occitanie et ont-elles un niveau d'exigence équivalent ?

Après un rappel sur la RE2020 et son contexte en Occitanie, le document décrit la méthodologie de l'étude ainsi que les principes de modélisation sur les volets énergétique et environnemental. Les résultats par indicateur de ces modélisations sont ensuite présentés et analysés. Pour finir, des variantes complémentaires permettant de comprendre l'équilibre entre les différents indicateurs de la RE2020 complètent ce rapport.

Remerciements à la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Occitanie, aux Directions Départementales des Territoires (DDT) du Gard, de la Lozère et du Tarn-Garonne ainsi qu'à Solene-R pour leur aide dans la recherche d'un bâtiment d'étude.

1 RAPPEL SUR LA NOUVELLE REGLEMENTATION RE2020

1.1 Généralités

La Règlementation Environnementale 2020 (RE2020) est une réglementation s'appliquant aux constructions neuves.

En accord avec la Loi de Transition Énergétique pour la Croissance Verte (2015) et la loi ELAN (Evolution du Logement, de l'Aménagement et du Numérique) de 2018, la RE2020 a trois objectifs majeurs :

- Un objectif de sobriété énergétique et une décarbonation de l'énergie ;
- Une diminution de l'impact carbone ;
- Une garantie de confort en cas de forte chaleur.

La RE2020 est entrée en vigueur le 1^{er} janvier 2022 pour les premières typologies de bâtiments, en commençant par les bâtiments résidentiels, et remplace progressivement la Règlementation Thermique 2012 (RT2012).



Figure 1 : Calendrier d'application de la RE2020

La RE2020 renforce les exigences de la RT2012 sur le plan énergétique. Elle introduit également de nouvelles exigences sur les émissions carbone de la construction et le confort d'été. Elle repose ainsi sur ces trois piliers que sont : **l'énergie, l'impact carbone et le confort d'été**. Pour cela, elle se base sur une évaluation de **six indicateurs** :

Energie	Bbio [points]	Besoins bioclimatiques	Evaluation des besoins de chaud , de froid (que le bâtiment soit climatisé ou pas) et d'éclairage .	EVOLUTION
	Cep [kWhep/(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire totale	Evaluation des consommations d'énergie renouvelable et non renouvelable des 5 usages RT 2012 : chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage, ventilation et auxiliaires +	EVOLUTION
Cep,nr [kWhep/(m ² .an)]	Consommations d'énergie primaire non renouvelable	1. éclairage et/ou de ventilation des parkings 2. éclairage des circulations en collectif 3. électricité ascenseurs et/ou escalators	NOUVEAU	
Ic _{énergie} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux consommations d'énergie primaire	Introduction de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des énergies consommées pendant le fonctionnement du bâtiment, soit 50 ans.	NOUVEAU	
Carbone	Ic _{construction} [kg eq. CO ₂ /m ²]	Impact sur le changement climatique associé aux « composants » + « chantier »	Généralisation de la méthode d'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des émissions de gaz à effet de serre des produits de construction et équipements et leur mise en œuvre : l'impact des contributions « Composants » et « Chantier ».	NOUVEAU
	DH [°C.h]	Degré-heure d'inconfort : niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'ensemble de la saison chaude	Évaluation des écarts entre température du bâtiment et température de confort (température adaptée en fonction des températures des jours précédents, elle varie entre 26 et 28°C).	NOUVEAU

Figure 2 : Indicateurs de la RE2020

Chaque indicateur doit répondre à des exigences : afin d’être conforme, il ne doit pas dépasser un seuil maximal défini. Ce seuil maximal peut être évolutif en étant plus exigeant au fil du temps, c’est le cas du `ic_construction_max` pour une maison individuelle qui impose des efforts de plus en plus importants sur l’impact carbone de la construction à horizon 2022, 2025, 2028 et 2031.

Les indicateurs et seuils sont modulés en fonction de nombreux paramètres, et en particulier de la zone climatique.

1.2 La RE2020 en Occitanie

La France métropolitaine est découpée en zones climatiques. Chaque zone climatique est liée de manière conventionnelle à un fichier météorologique. En fonction du fichier météorologique et de l’altitude, les indicateurs et leurs seuils maximaux sont modulés. En effet, un bâtiment à Lille aura, par exemple, des besoins énergétiques plus importants qu’à Toulouse et donc un `Bbio_max` plus élevé. Par équité, le `Bbio_max` de Lille sera relevé par rapport à celui de Toulouse.

La Région Occitanie est la seule région composée de trois zones climatiques. Il s’agit des zones :

- H2c correspondant à un climat semi-océanique,
- H2d correspondant à l’arrière-pays provençal,
- H3 correspondant au pourtour méditerranéen.

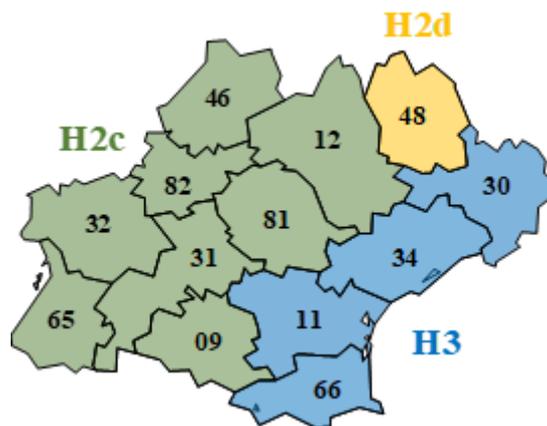


Figure 3 : Carte des zones climatiques sur la Région Occitanie

Les fichiers météorologiques liés à ces zones sont les suivants :

Zone climatique	H2c	H2d	H3
Départements	Ariège (09), Aveyron (12), Haute Garonne (31), Gers (32), Lot (46), Hautes Pyrénées (65), Tarn (81), Tarn et Garonne (82)	Lozère (48)	Aude (11), Gard (30), Hérault (34), Pyrénées Orientales (66)
Fichiers météo	Agen	Carpentras	Marignane

Figure 4 : Fichiers météorologiques des zones climatiques de la Région Occitanie

2 BATIMENT DE REFERENCE ET HYPOTHESES DE L'ETUDE

2.1 Choix du bâtiment de référence

La méthodologie de l'étude consiste à modéliser un bâtiment de référence sur les trois zones climatiques de la Région Occitanie et de créer des variantes de plus en plus ambitieuses en termes d'impact carbone afin de répondre aux seuils évolutifs de l'ic_construction_max à horizon 2025, 2028 et 2031.

Ce bâtiment de référence doit être représentatif des bâtiments de la Région et conforme RE2020 sur les trois zones climatiques. Pour choisir le cas d'étude, nous avons organisé une séance de travail avec le commanditaire et des acteurs du territoire (DDT et DDTM), le cas retenu est une maison individuelle (*Voir plans en Annexe 1*).

A noter que la part de ce type d'habitat, en tant que résidence principale, représente 63% du parc immobilier en Occitanie en 2019 d'après le rapport « Les chiffres clés du logement en Occitanie, édition 2023 » de la DREAL Occitanie (*Voir Annexe 2*).

Les caractéristiques du bâtiment modélisé sont les suivantes :

Typologie	Maison individuelle sur 2 niveaux – 4 chambres
SHAB	125,2 m ²
Isolation	Par l'intérieur (ITI)
Inertie quotidienne	Moyenne
Ventilation	Hygro A basse consommation
Chauffage	PAC Air/Air gainable Salle de Bain : Panneaux radiants
Eau Chaud Sanitaire	Ballon thermodynamique

Figure 5 : Caractéristiques du bâtiment de référence

Cette étude se base sur les plans et RSEE (Récapitulatif Standardisé d'Etude Energétique et Environnementale) du bâtiment de référence.

2.2 Hypothèses

Les hypothèses géographiques prises pour l'étude sont les suivantes (*Voir Annexe 3 pour Lozère*) :

Zone climatique	H2c	H2d	H3
Départements	Ariège (09), Aveyron (12), Haute Garonne (31), Gers (32), Lot (46), Hautes Pyrénées (65), Tarn (81), Tarn et Garonne (82)	Lozère (48)	Aude (11), Gard (30), Hérault (34), Pyrénées Orientales (66)
Hypothèses sur l'altitude pour l'étude	< 400 m	> 800 m	< 400 m

Figure 6 : Hypothèses géographiques des zones climatiques sur la Région Occitanie

3 PRINCIPES DE MODELISATION

Une fois le bâtiment de référence choisi, la construction des différents modèles est réalisée à partir des données de son RSEE auquel des variantes sont appliquées. Les indicateurs de ces nouveaux modèles sont ensuite calculés dans le moteur de calcul RE2020 grâce à un logiciel.

3.1 Volet performance énergétique

Sur la partie énergie, les modélisations doivent permettre d'identifier les leviers d'action pour être conforme à la RE2020 par rapport RT2012. Elles doivent aussi permettre de comparer les trois zones climatiques entre elles sur le plan de la RE2020. A partir de notre cas d'étude conforme RE2020, les modélisations sont donc les suivantes :

- Modélisation conforme RT2012,
- Modélisation conforme RE2020 en H2c,
- Modélisation conforme RE2020 en H2d,
- Modélisation conforme RE2020 en H3.

Les caractéristiques des modélisations sont les suivantes (différences en **bleu**) :

	RT2012	RE2020*
Menuiseries extérieures (%Sud/Est/Ouest/Nord)	61/8/5/26	
Perméabilité à l'air (Q4PaSurf en m ³ /h/m ²)	0,6	0,4
Menuiseries extérieures	Double vitrage peu émissif Argon – Uw=1,3	
Murs	Brique + isolation 100mm - U=0,28	Brique + isolation 120mm – U=0,24
Plancher bas	U=0,23	
Plancher haut	Ouate de cellulose 400mm - U=0,09	Ouate de cellulose 450mm - U=0,08

*Valable sur les trois zones climatiques H2C, H2d et H3

Figure 7 : Caractéristiques des modélisations RT2012 et RE2020 sur le volet performance énergétique

Le volet de la performance énergétique regroupe les piliers énergie et confort d'été. Les indicateurs RE2020 présentés dans ce volet sont le Bbio, le Cep, le Cep,nr, l'ic_énergie et les DH.

3.2 Volet performance environnementale

Sur la partie carbone, encore inexistante en RT2012, les modélisations se portent uniquement sur la RE2020. Le seuil ic_construction_max étant évolutif sur 4 étapes (seuils 2022, 2025, 2028 et 2031), des variantes de moins en moins émettrices de carbone sont modélisées afin de les mettre en regard des différents seuils. Pour comparer les trois zones climatiques, les variantes sont déclinées sur chacune d'entre elles :

- | | |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> - Modélisation variante 1 en H2c, - Modélisation variante 1 en H2d, - Modélisation variante 1 en H3, - Modélisation variante 2 en H2c, - Modélisation variante 2 en H2d, - Modélisation variante 2 en H3, | <ul style="list-style-type: none"> - Modélisation variante 3 en H2c, - Modélisation variante 3 en H2d, - Modélisation variante 3 en H3, - Modélisation variante 4 en H2c, - Modélisation variante 4 en H2d, - Modélisation variante 4 en H3. |
|--|--|

Les variantes sont les suivantes :

	Nom de la variante	Descriptif sommaire
Variante 1	Base	Cas d'étude inchangé, conforme RE2020 seuil 2022
Variante 2	Biosourcé	Remplacement d'éléments par des matériaux biosourcés
Variante 3	Béton Bas Carbone	Remplacement d'éléments par Biosourcé + Béton Bas Carbone
Variante 4	Ossature Bois	Remplacement d'éléments par Biosourcé + Béton Bas Carbone + Ossature Bois

Figure 8 : Descriptifs des variantes sur le volet performance environnementale

Les modifications sur les variantes sont effectuées à performance d'isolation et inertie égales afin de ne pas changer la performance énergétique du cas d'étude.

Dans la limite du possible, elles sont également effectuées en remplaçant un type de données par le même (*Voir Annexe 4*). Par exemple, une porte en acier de type DED (Donnée Environnementale par Défaut) est si possible remplacée par une porte bois de type DED. L'objectif est d'évaluer le gain lié au choix du matériau à statut équivalent de la donnée environnementale utilisée.

Les caractéristiques des modélisations sont les suivantes (modifications en **bleu**) :

Variantes	1 - Base	2 - Biosourcé	3 – Béton Bas Carbone	4 – Ossature Bois
Fondations	Béton armé	Béton armé	Béton bas carbone	Béton bas carbone
Isolation sol/ Murs/ Plafond	Polystyrène expansé/ Laine de verre/ Ouate de cellulose	Panneaux de liège/ Fibres de bois/ Ouate de cellulose	Panneaux de liège/ Fibres de bois/ Ouate de cellulose	Laine de bois/ Fibres de bois/ Ouate de cellulose
Toiture	Fermettes, Combles perdus, Tuiles	Fermettes, Combles perdus, Tuiles	Fermettes, Combles perdus, Tuiles	Fermettes, Combles perdus, Tuiles
Murs extérieurs	Briques terre cuite	Briques terre cuite	Briques terre cuite	Mur à ossature bois, bardage bois et panneaux OSB
Planchers	Béton	Béton	Béton bas carbone	Bois + chape béton bas carbone
Menuiseries	Volets en aluminium Porte en acier Fenêtres en PVC	Volets en bois Porte en bois Fenêtres en PVC	Volets en bois Porte en bois Fenêtres en PVC	Volets en bois Porte en bois Fenêtres en bois
Revêtements de sols	Carrelage	Parquet contrecollé bois Carrelage	Parquet contrecollé bois Carrelage	Carrelage

Figure 9 : Caractéristiques des modélisations sur le volet performance environnementale

3.2.1 Base

Pour introduire l'impact carbone dans la RE2020, le premier palier de la cible « Carbone » a été défini pour être non contraignant pour les constructions actuelles. Il n'y a donc pas de difficulté à respecter la RE2020 sur les 2 premières années de son application.

La variante Base correspond ainsi au cas d'étude inchangé. Elle reflète la construction « classique » actuelle d'une maison individuelle et a été calée, pour les besoins de l'étude, de façon à être conforme sur les trois zones climatiques pour le seuil 2022.

Le durcissement progressif des exigences réglementaires commencera en 2025. Pour ces constructions, plusieurs leviers d'action devront être mis en œuvre.

3.2.2 Biosourcé

Le premier levier d'action pour réduire l'impact carbone de la construction est **d'incorporer des matériaux biosourcés**. En effet, la RE2020 utilise la **méthode d'Analyse de Cycle de Vie** ou ACV (voir Annexe 5) et prend donc en compte l'impact carbone de la production du matériau à sa fin de vie sur la durée de vie du bâtiment (50 ans). Or, les matériaux biosourcés ont un impact carbone réduit sur leur cycle de vie grâce à leur étape de production. Issus de la biomasse végétale, ils captent et stockent du CO2 pendant la croissance des végétaux : il s'agit du **stockage biogénique**.

De plus, ce stockage carbone lors de la phase de production est valorisé par la RE2020 grâce à la méthode d'ACV dite « dynamique » car la pondération est plus faible pour les émissions en fin de vie du bâtiment (voir Annexe 6). Cette méthode favorise et encourage l'emploi de matériaux biosourcés.

La performance d'isolation du cas d'étude de base est conservée, les modifications d'incorporation des matériaux biosourcés sont réalisées à performance égale.

La variante Biosourcé se veut la plus réaliste possible. Par exemple, le carrelage est remplacé par du parquet bois sauf dans les salles de bain et toilettes où il est conservé afin d'être cohérent avec l'usage. Les fenêtres en PVC sont conservées car les fenêtres en bois nécessitent davantage d'entretien et se dégradent plus rapidement dans le Sud de la France, y compris en Occitanie.

Hormis la ouate de cellulose pour l'isolation des combles, les fermettes et les blocs-portes en bois qui étaient présents, la variante Base comporte peu de matériaux biosourcés. Cela laisse une marge de manœuvre intéressante pour l'incorporation de matériaux biosourcés :

Lot	Eléments	1 - Base	2 - Biosourcé
3 – Superstructure – Maçonnerie	Plancher et isolation du sol	Entrevous isolants en polystyrène expansé	Entrevous béton + Panneaux de liège
	Escalier	Béton	Bois
5 – Cloisonnement – Doublage – Plafonds suspendus – Menuiseries intérieures	Isolation du mur	Laine de verre	Fibres de bois
6 – Façades et menuiseries extérieures	Volet	Roulant aluminium motorisé	Bois essence européenne
	Bloc porte extérieur	Acier	Bois
7 – Revêtements des sols, murs et plafonds – Chape – Peintures – Produits de décoration	Revêtement de sol (hors pièces d'eau)	Carrelage	Parquet bois contrecollé
	Plinthe	Céramique	Bois reconstitué

Figure 10 : Modifications des éléments pour la variante Biosourcé

3.2.3 Béton Bas Carbone

Créée à partir de la variante Biosourcé, la variante Béton Bas Carbone permet d'améliorer la performance environnementale tout en maintenant le principe constructif de base.

L'impact des éléments béton du bâtiment dans le cas d'étude de base est de 70 kgeqCO₂/m².

Les éléments béton sont principalement présents dans les lots « Fondations et infrastructures », « Superstructure – Maçonnerie » et « Revêtements de sols, murs et plafonds – Chape – Peintures-Produits de décoration ». Ces trois lots représentent environ 1/3 de l'impact carbone total de la variante Base. Les éléments béton représentent 37% de l'impact carbone de ces trois lots et 13% de l'impact carbone total.

Lot	Impact carbone du lot (en kgeqCO ₂ /m ²)	Impact carbone lié aux éléments béton (en kgeqCO ₂ /m ²)	Impact carbone lié aux éléments béton (en %)
2 – Fondations et infrastructures	32 kgeqCO ₂ /m ²	22 kgeqCO ₂ /m ²	69%
3 – Superstructure – Maçonnerie	72 kgeqCO ₂ /m ²	26 kgeqCO ₂ /m ²	35%
7 – Revêtements de sols, murs et plafonds – Chape – Peintures – Produits de décoration	80 kgeqCO ₂ /m ²	20 kgeqCO ₂ /m ²	26%
Total lots 2, 3 et 7	184 kgeqCO₂/m²	68 kgeqCO₂/m²	37%
Total lots	543 kgeqCO₂/m²	70 kgeqCO₂/m²	13%

Figure 11 : Impact carbone des éléments béton par lot sur la variante Base

D'après « Béton-les message clés » édité par l'IFPEB, l'impact du béton est porté à 96% par le ciment dont 40% à l'énergie de cuisson et 60% lié à la décarbonation du calcaire (réaction chimique de fabrication). L'impact carbone plus faible du béton bas carbone par rapport au béton « traditionnel » provient d'un ciment moins émissif. Les recherches cimentières se multiplient ainsi afin de trouver un ciment aussi performant techniquement que le ciment traditionnel. Le béton bas carbone est ainsi amené à se généraliser dans les prochaines années.

Le remplacement des composants en béton par du béton bas carbone a été effectué à classe de résistance et d'exposition ainsi qu'à taux d'acier équivalents. Les données environnementales ont été créées à partir du configurateur BETIE (Logiciel agréé par l'Etat permettant de réaliser un bilan environnemental en éditant des Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire, FDES).

Lot	Eléments	1 - Base	3 – Béton Bas Carbone
2 – Fondations et infrastructures	Semelle en béton	C25/30 XF1 30kg d'acier/m ³	C25/30 XF1 30kg d'acier/m ³
3 – Superstructure - Maçonnerie	Béton armé pour dalle de compression	C25/30 XC1/XC2 25kg d'acier/m ³	C25/30 XF1 30kg d'acier/m ³
7 – Revêtements de sols, murs et plafonds – Chape – Peintures – Produits de décoration	Chape	C25/30 XC1 Sans acier	C25/30 XC1 Sans acier
	Dallage sur terre plein	C25/30 XC1 30kg d'acier/m ³	C25/30 XF1 30kg d'acier/m ³

Figure 12 : Modifications des éléments pour la variante Béton Bas Carbone à partir de la variante Biosourcé

3.2.4 Ossature bois

Le levier d'action permettant d'être plus performant en termes d'impact carbone après avoir incorporé des matériaux biosourcés et du béton bas carbone est de changer de principe constructif et notamment, passer en ossature bois. Des éléments de structure, tels que les murs et planchers, précédemment en béton, sont remplacés par des éléments bois. Leurs importants impacts sont alors diminués, pouvant parfois être négatifs grâce au stockage biogénique.

La variante Ossature Bois se veut être la plus performante possible tout en maintenant une inertie équivalente. Les revêtements de sol en carrelage, apportant de l'inertie, sont ainsi réintroduits sur l'ensemble du bâtiment et les fenêtres PVC sont remplacées par des fenêtres bois.

Lot	Eléments	1 - Base	4 – Ossature Bois
3 – Superstructure - Maçonnerie	Plancher bas	Entrevous isolants en polystyrène expansé	Panneaux laine de bois + Panneaux lamelles de bois OSB + Plancher sur solivage bois
	Plancher intermédiaire	Entrevous béton	Panneaux lamelles de bois OSB + Plancher sur solivage bois
	Appuis de baie	Béton	Bois
	Linteaux	Terre cuite	Bois massif
	Superstructure	Briques terre cuite	Mur ossature bois + Bardage lame de bois + Pare-vapeur polypropylène + Panneaux lames de bois OSB
6 – Façades et menuiseries extérieures	Fenêtres et portes-fenêtres	PVC et Aluminium	Bois essence européenne

Figure 13 : Modifications des éléments pour la variante Ossature Bois à partir de la variante Béton Bas Carbone

4 RESULTATS DE L'ETUDE

4.1 Résultats des modélisations et analyse

Une fois le bâtiment modélisé sur les trois zones climatiques H2c, H2d et H3, nous obtenons les résultats sur les six indicateurs et leurs seuils maximaux pour chaque zone climatique.

Les résultats présentés ci-dessous sont ceux du bâtiment conforme RE2020 avec la variante Base. Les modifications pour les variantes du ic_construction (Biosourcé, Béton Bas Carbone et Ossature Bois) ne modifient pas les indicateurs énergie et confort d'été puisque les variantes ont été construites à performance d'isolation et inertie égales.

Ces résultats sont exposés sous forme de graphiques afin de comparer les zones climatiques de la région entre elles.

Bien que les indicateurs Bbio et Cep soient présents en RT2012, les résultats obtenus pour le bâtiment conforme RE2020 ne peuvent être comparés aux résultats du bâtiment conforme RT2012. En effet, les éléments pris en compte sont différents, à commencer par la surface de référence prise en compte : la SHON RT en RT2012 et la SHAB en RE2020. Par exemple, la SHAB ne prend pas en compte les cloisons intérieures et les cages d'escalier contrairement à la SHON RT (voir Annexe 7).

4.1.1 Bbio

Le **Bbio** est l'indicateur sur les **besoins de chaud, froid et d'éclairage**.

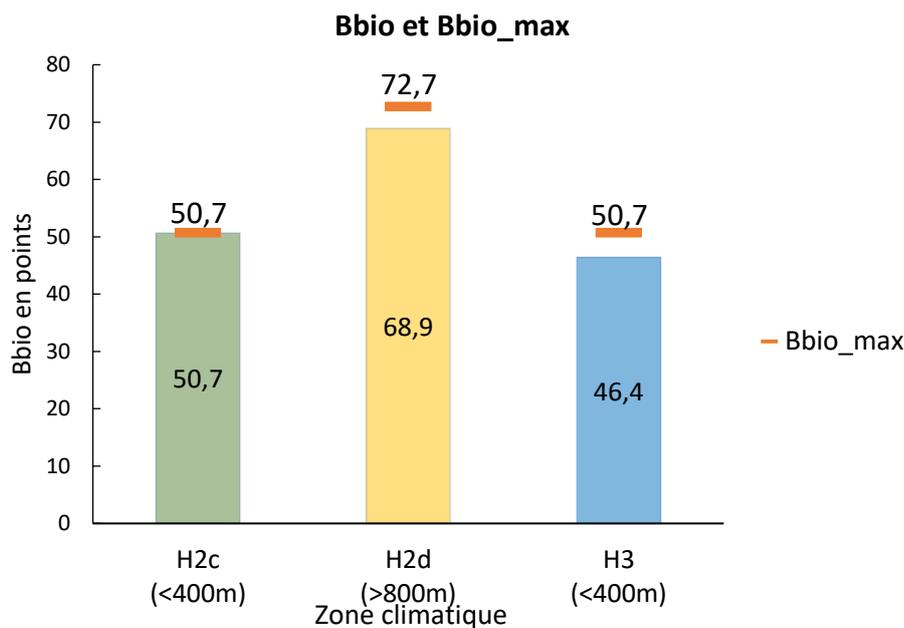


Figure 14 : Bbio et Bbio_max sur chaque zone climatique

Le graphe présente les Bbio (bâtons) et Bbio_max (traits orangés) du bâtiment pour chaque zone climatique.

Les besoins énergétiques sont différents entre les zones en raison de la météo plus ou moins clémente. Par souci d'équité, les seuils maximaux sont différents également. On a :

$$\mathbf{Bbio_max = Bbio_maxmoyen \times (1 + Mbgéo + Mbcombles + Mbsurf_moy + Mbsurf_tot + Mbbruit)}$$

Avec :

- Bbio_maxmoyen dépendant de la typologie du bâtiment, ici la maison individuelle.
- Les Mb qui sont les modulations. Hormis le Mbgéo qui change selon les zones climatiques, les autres modulations sont fixes pour un bâtiment donné. On considère que le cas d'étude a la même exposition au bruit quelle que soit la zone climatique considérée.

Ce cas se démontre sur la zone H2d : le Bbio est plus élevé car pour cette zone, qui correspond ici à la Lozère, le bâtiment a été modélisé à plus de 800m d'altitude et a par conséquent des besoins de chaud plus importants. Son seuil Bbio_max est cependant relevé, et permet d'être conforme en zone H2d.

La maison est conforme sur le Bbio sur l'ensemble des zones climatiques. Bien que le Bbio soit légèrement plus favorable pour les zones H2d et H3, nous pouvons remarquer que la réglementation est bien équitable.

4.1.2 Cep et Cep,nr

Le **Cep** est l'indicateur sur la **Consommation d'Énergie Primaire totale** de chauffage, refroidissement, ECS (Eau Chaude Sanitaire), éclairage, ventilation et auxiliaire.

Le **Cep,nr** est l'indicateur sur la **Consommation d'Énergie Primaire Non Renouvelable**.

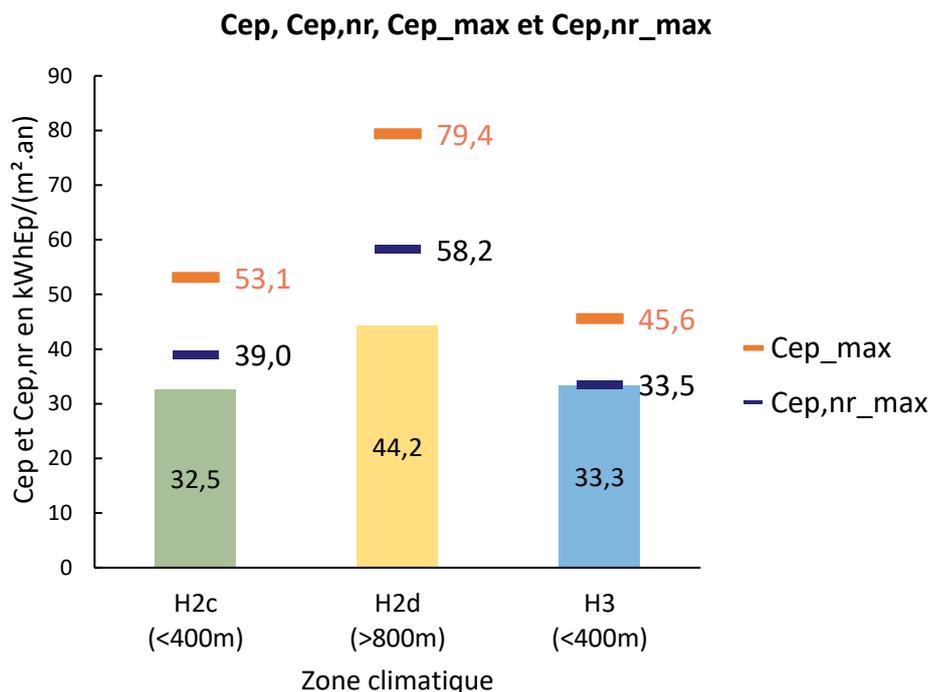


Figure 15 : Cep, Cep,nr, Cep_max et Cep,nr_max sur chaque zone climatique

Le graphique présente les Cep et Cep,nr (bâtons) ainsi que les Cep_max (trait bleu) et Cep,nr_max (trait orangé) pour chaque zone climatique.

Sur notre cas d'étude, les Cep et Cep,nr ont la même valeur. En effet, les équipements sont entièrement électriques et la RE2020 considère ce vecteur énergétique comme non renouvelable. N'ayant pas d'énergie renouvelable, la part de Consommation d'Énergie Primaire totale (Cep) est donc égale à la part de Consommation d'Énergie Primaire Non Renouvelable (Cep,nr).

La RE2020 limite la consommation d'énergie à travers le seuil maximal Cep_max et vise à favoriser les énergies renouvelables en fixant un seuil de consommation d'énergie non renouvelable. L'utilisation d'une pompe à chaleur avec un COP (Coefficient de Performance Énergétique) favorable permet la conformité du bâtiment sur l'ensemble des zones climatiques (*Voir Annexe 8*).

Les Cep et Cep,nr de la maison sont conformes sur l'ensemble des zones climatiques. On peut remarquer une équité entre les zones H2c et H2d et une contrainte légèrement plus forte pour la zone H3, correspondant au pourtour méditerranéen. Dans cette zone, on est à la limite de la conformité en raison d'un ajout de consommation fictive de froid. En effet, en raison d'une surchauffe estivale plus importante, la réglementation prend en compte un risque d'installation postérieure de climatisation et ajoute donc une consommation de froid lorsque la performance en confort d'été n'est pas optimale. Cet ajout est ainsi lié aux résultats sur cette zone de l'indicateur DH.

4.1.3 DH

Les **Degrés-Heures (DH)** représentent le **niveau d'inconfort perçu par les occupants sur l'année en fonctionnement passif** (système de climatisation éteint s'il y en a un).

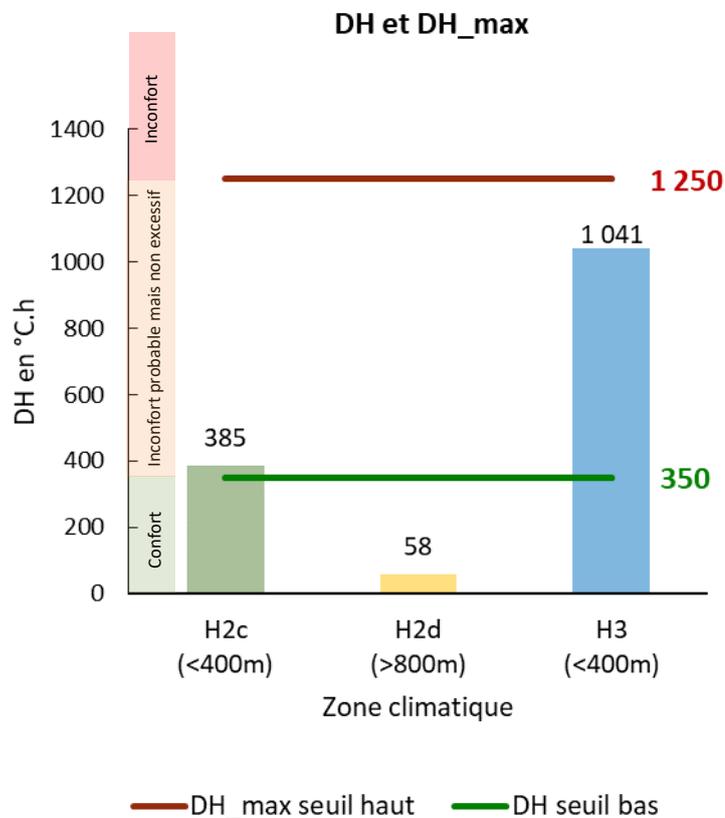


Figure 16 : DH et DH_max sur chaque zone climatique



Figure 17 : Schéma explicatif sur la conformité des DH par rapport aux seuils

Le graphique présente les Degrés-Heures (bâtons) ainsi que les seuils bas (trait vert) et haut DH_max (trait rouge) pour chaque zone climatique.

Sous le seuil haut DH_max, la RE2020 est respectée. En revanche, des DH supérieurs aux DH_max (seuil haut) sont non-conformes.

Le seuil bas permet de différencier les bâtiments avec un ressenti de confort (sous le seuil bas) de ceux où l'inconfort est probable mais non excessif (au-dessus du seuil bas) et où le risque d'installation d'une climatisation est présent.

Les DH de la maison, en dessous du seuil haut, sont conformes sur l'ensemble des zones climatiques. Cependant, on constate que pour les zones H2c et H2d, le seuil de confort d'été est facilement respecté. La RE2020 prend en compte un fichier climatique avec une période caniculaire plus modérée en zone H2c qu'en zone H2d et H3. Pour la Lozère, l'altitude considérée est supérieure à 800 mètres d'altitude, les données météorologiques prises en compte sont alors corrigées et apparaissent très clémentes au regard du confort d'été. En revanche, en zone H3 le fichier météo prend en compte

une période caniculaire intense, sans correction d'altitude, caractéristique du climat méditerranéen. Le résultat des DH est donc élevé et constitue une préoccupation importante pour respecter la RE2020. *A noter que pour la zone H3, ces DH élevés sont synonymes de besoins de froid plus importants que pour les autres zones climatiques, ce qui contribue à augmenter les consommations de cette zone.*

Il s'agit de résultats de calculs réglementaires basés sur des conventions de calculs. La RE2020 prend en compte des contraintes climatiques très fortes en été pour le pourtour méditerranéen, et modérées en H2c. Pour autant, les départements de la zones H2c subissent aussi des épisodes caniculaires, le problème du confort d'été y est une réalité. La RE2020 ne challengera pas assez la construction dans cette zone car le calcul y sera favorable, même pour des constructions qui pourront se révéler parfois inconfortables, maintenant et à terme. Il convient alors de pousser les constructeurs à prendre en compte des dispositions constructives de lutte contre l'inconfort thermique d'été au travers d'exigences complémentaires.

4.1.4 Ic_énergie

L'**ic_énergie** est l'indicateur de **l'impact carbone des consommations d'énergie primaire** du bâtiment pendant son fonctionnement (durée considérée de 50 ans). Il est donc **directement lié au Cep**.

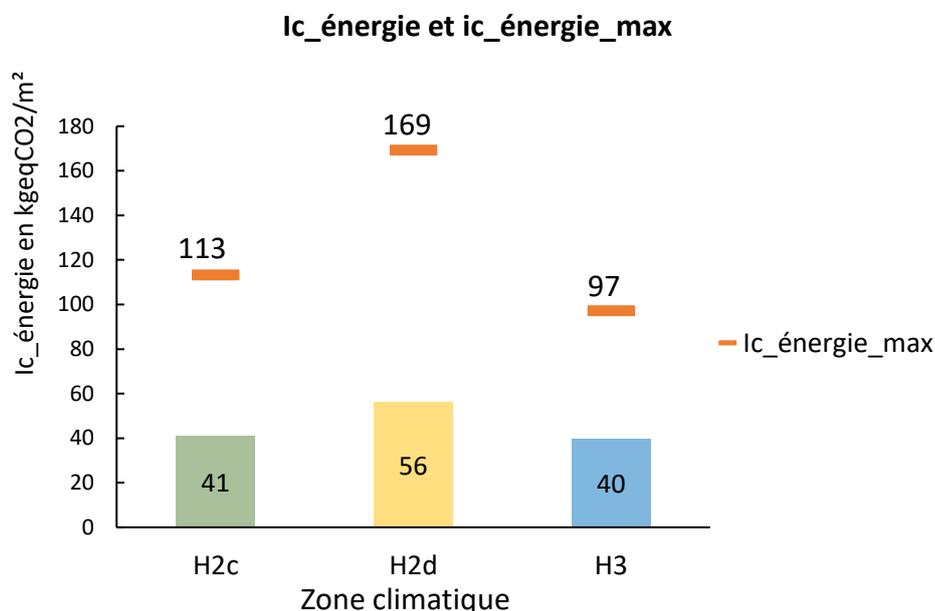


Figure 18 : ic_énergie et ic_énergie_max sur chaque zone climatique

Le graphique présente l'ic_énergie (bâtons) ainsi que l'ic_énergie_max (trait orangé) pour chaque zone climatique.

Pour notre cas d'étude, il s'agit d'un indicateur sans enjeu car les équipements sont entièrement électriques. Or, l'électricité en France étant peu carbonée, l'impact carbone de l'énergie de notre maison individuelle est largement inférieur au seuil maximal.

Si notre cas d'étude utilisait des énergies fossiles, par exemple le gaz naturel qui émet environ 3 fois plus de CO2eq par kWh, notre cas d'étude aurait été non-conforme en H2c et H3 et proche de la non-conformité en H2d.

Pour rappel, la formule pour calculer l'impact est la suivante :



Figure 19 : Formule pour calcul l'impact

Pour l'ic_énergie, on a :

$$Durée\ de\ vie\ du\ bâtiment\ (ans) * Cep\ (kWh/(m^2.an)) * Emission\ moyenne\ du\ vecteur\ énergétique\ (kgCO2eq/kWh) = ic_énergie\ (kgCO2eq/m^2)$$

avec les valeurs d'émission moyenne des vecteurs énergétiques suivantes :

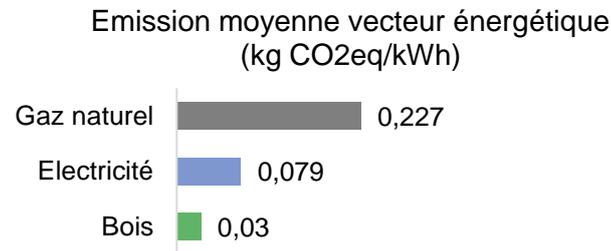


Figure 20 : Emission moyenne de vecteurs énergétiques

En résumé, les émissions de gaz à effet de serre liées à la consommation d'énergie ne sont pas problématiques sur le cas d'étude puisque le vecteur énergétique utilisé est le vecteur électrique (avec le mix énergétique très nucléaire de la France, le contenu carbone de l'électricité est très bas). Avec un vecteur gaz, cet indicateur serait très contraignant et ne permettrait pas de passer au moins pour la zone H3.

Sur cet indicateur, comme pour les Cep et Cep,nr, les **lc_énergie de la maison sont conformes sur l'ensemble des zones climatiques**. En comparant les résultats entre les trois zones climatiques, une équité plus importante entre les zones H2c et H2d peut être remarquée. La marge de la zone H3 par rapport au seuil est confortable mais légèrement inférieure à celles des autres zones climatiques de l'Occitanie.

4.1.5 lc_construction

L'**lc_construction** est l'indicateur sur **l'impact carbone lié aux composants du bâtiment** (produits de construction et équipements) **et au chantier**. Il est calculé selon de la méthode d'Analyse du Cycle de Vie sur la durée de vie du bâtiment, soit 50 ans.

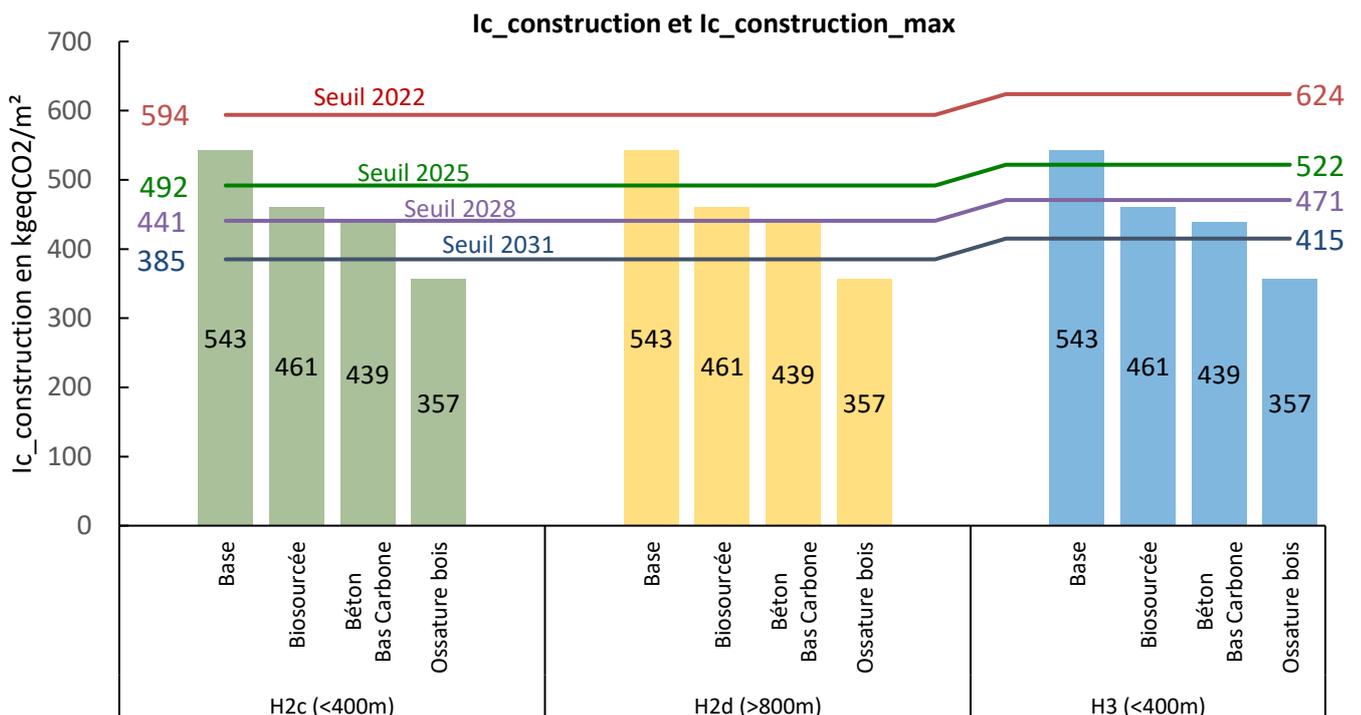


Figure 21 : ic_construction selon variante et ic_construction_max selon année et zone climatique

Le graphique présente l'ic_construction (bâtons) des variantes : Base, Biosourcé, Béton Bas Carbone et Ossature Bois pour chaque zone climatique ainsi que les **quatre seuils évolutifs ic_construction_max 2022, 2025, 2028 et 2031** (courbes).

Les valeurs d'ic_construction pour une variante donnée sont égales quelle que soit la zone climatique. En effet, l'impact carbone de la construction est le même que le bâtiment soit construit en Lozère ou dans le Gard.

La particularité de cet indicateur est que les seuils, ic_construction_max, sont évolutifs. Ils deviennent de plus en plus exigeants au fil du temps. Cette évolutivité permet de laisser le temps aux filières de s'approprier ce nouvel indicateur RE2020 tout en respectant la Stratégie Nationale Bas Carbone à horizon 2031.

A noter la particularité pour la zone climatique H3 (pourtour méditerranéen) qui voit ses seuils maximaux réhaussés (voir graphe). La réglementation prend en compte le **besoin de matériaux supplémentaires liés aux protections solaires**, et permet aux zones les plus à risque de surchauffe estivale de répondre sans être pénalisées à ce besoin en relevant leur ic_construction_max.

La variante Base correspond à notre bâtiment conforme RE2020 initial et reflétant la construction « classique » actuelle. Elle est conforme au seuil 2022 pour les trois zones climatiques. En effet, la réglementation impose une exigence facilement atteignable jusqu'en 2025 afin que les acteurs s'approprient le nouvel indicateur ic_construction, et de leur laisser le temps de s'y adapter.

En 2025, la RE2020 fixe un seuil plus ambitieux et en 2028, encore un autre plus exigeant. Pour respecter ces futurs seuils, des efforts seront nécessaires afin d'être conforme à la RE2020. Les variantes Biosourcé et Béton Bas Carbone sont respectivement conformes à ces seuils. Il s'agit de **solutions permettant d'améliorer l'impact carbone de la construction tout en restant sur le même principe constructif**.

Le dernier seuil prévu par la RE2020 est celui de 2031. Il est très ambitieux et correspond à la cible de réduction des émissions carbonées à horizon 2030 de la Stratégie Nationale Bas Carbone (-35%). La variante Ossature Bois est, pour le moment avec la maturité actuelle des filières, la seule variante à être conforme au seuil ic_construction_max 2031. Cependant, avec le développement des filières d'ici 2031, d'autres solutions pourront être envisagées.

Les différentes variantes modélisées ont permis d'être conforme à chacun des seuils sur l'ensemble des zones climatiques. Le seuil 2022, non contraignant, permet à la construction « classique » actuelle (variante Base) d'être conforme sans difficulté. En revanche, à partir 2025, le seuil s'abaisse de façon non négligeable : des efforts importants doivent être fournis. L'incorporation de matériaux biosourcés permet de répondre à cette exigence en 2025. Sans changer de principe constructif, le béton bas carbone s'avère être un levier d'action efficace permettant de passer le seuil 2028, encore plus contraignant. En revanche, pour le seuil 2031, la variante Ossature Bois est la seule à être conforme au vu de la maturité actuelle des filières.

- Détail des impacts par lot des variantes

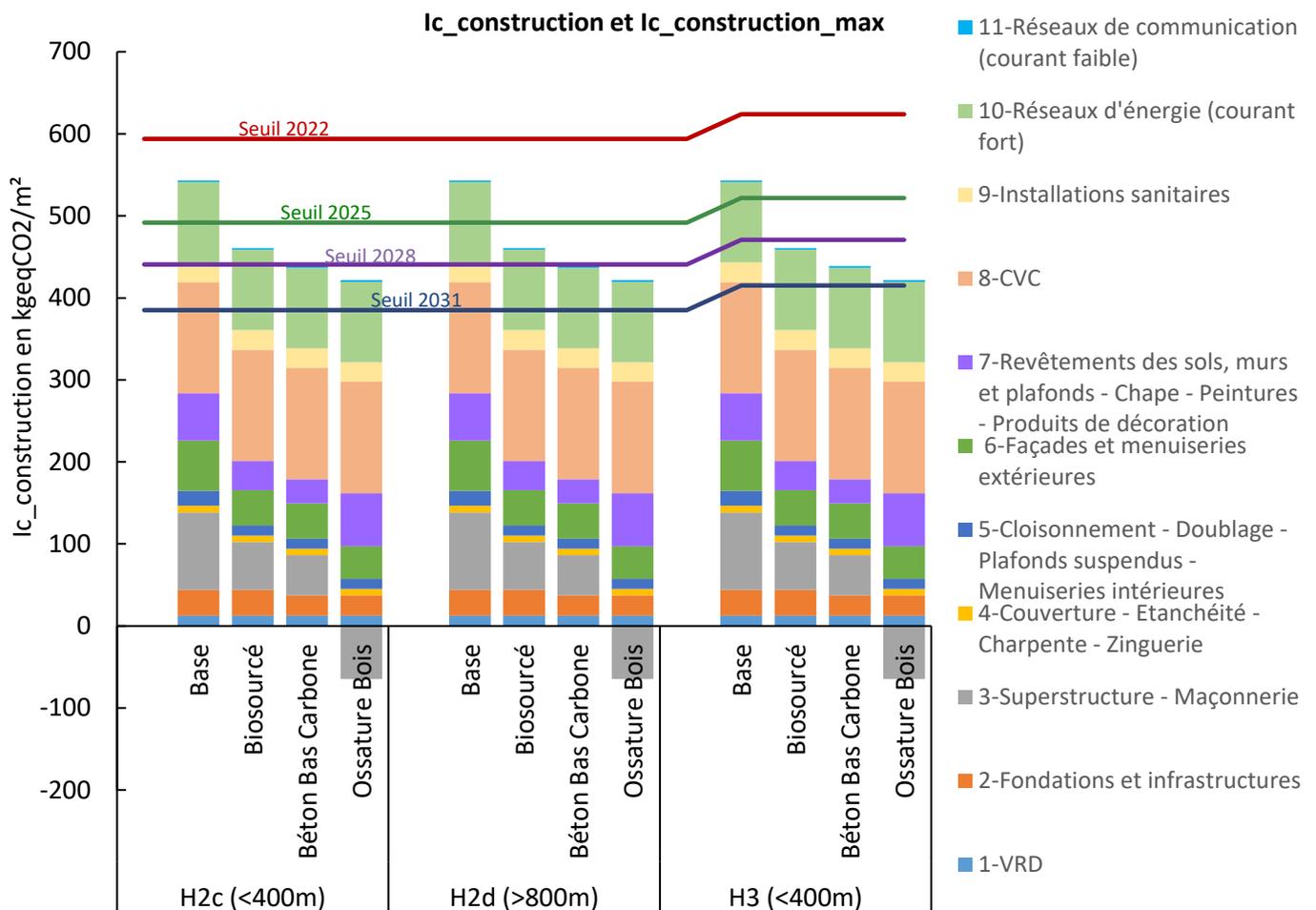


Figure 22 : Impact carbone par lot de chaque variante

Le graphique ci-dessus détaille l'impact carbone de chaque lot sur chaque variante.

Choix des lots sur lesquels travailler pour diminuer l'impact carbone

Le graphique met également en évidence l'impact des **lots 8 CVC** (Chauffage, Ventilation, Climatisation) et **10 CFO** (Courant FOrt), ce sont les **lots les plus émetteurs**. L'impact du lot CVC provient de la pompe à chaleur et des fluides frigorigènes tandis que celui du CFO est dû au lot forfaitaire. Il a été décidé de laisser ces lots inchangés car la pompe à chaleur est l'équipement le plus représentatif pour la maison individuelle et que les données disponibles du cas d'étude ne nous permettent pas de détailler le lot CFO (il est d'ailleurs peu commun de saisir de manière détaillée les composants du lot CFO tant il est fastidieux à faire et disproportionné en regard des autres lots).

Les modifications pour les variantes de l'étude se concentrent ainsi sur les **lots gros-œuvre et architecturaux** (lots 1 à 7). Leurs impacts représentent **environ 50% de l'impact carbone total de la variante Base**.

Impact des lots Gros-Oeuvre et Architecturaux

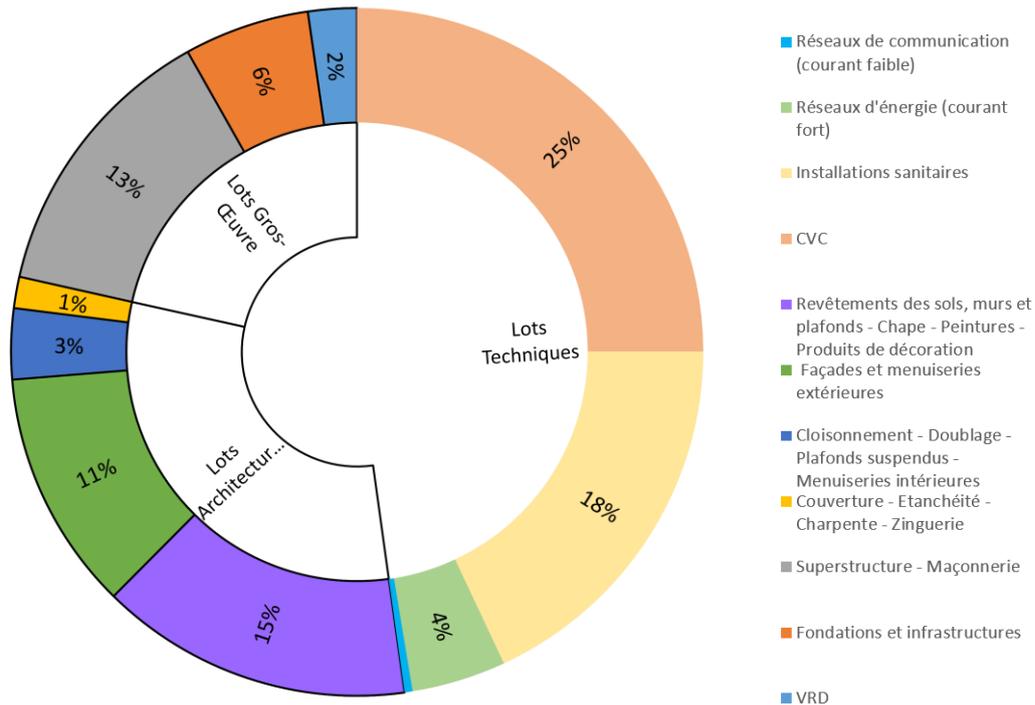


Figure 23 : Impact carbone de chaque famille de lot sur la variante Base

Diminution de l'impact des lots modifiés selon les variantes

Les modifications ont permis de réduire l'impact du **lot 3 « Superstructure – Maçonnerie »** à chaque variante jusqu'à avoir une valeur négative en Ossature Bois. Cette valeur est due au stockage biogénique : le gain initial par le captage CO₂ des matériaux biosourcés pendant leur croissance est supérieur aux émissions totales des matériaux de ce lot, évaluées par ACV dynamique.

Un autre lot dont la fluctuation de l'impact est notable est le **lot 7 « Revêtements des sols, murs et plafonds – Chape – Peintures – Produits de décoration »**. Il diminue fortement pour les variantes Biosourcé et Béton Bas Carbone et réaugmente en Ossature Bois. Cela est dû au changement des revêtements de sol de carrelage à parquet bois pour les variantes Biosourcé et Béton Bas Carbone. En effet, les quantités mises en jeu au niveau des revêtements de sol sont importantes. En revanche, sur la variante Ossature Bois, afin de conserver l'inertie initiale du bâtiment, il a été nécessaire pour le confort d'été de réintroduire le carrelage dans l'ensemble de la maison, ce qui a pour conséquence de rehausser l'impact du lot 7.

5 VARIANTES COMPLEMENTAIRES

5.1 Variante Ossature Bois à faible inertie

5.1.1 Principe de modélisation

Dans la continuité des précédentes variantes, nous avons créé une variante Ossature Bois la plus performante possible en termes d'impact carbone. Contrairement à la variante Ossature bois modélisée précédemment, l'équivalence de l'inertie n'est pas recherchée.

Créée également à partir de la variante Béton Bas Carbone, la principale différence avec la variante Ossature Bois précédente est la suivante :

Lot	Eléments	4 – Ossature Bois	4bis – Ossature Bois faible inertie
7 – Revêtements des sols, murs et plafonds – Chape – Peintures – Produits de décoration	Revêtement de sol (hors pièces d'eau)	Chape béton + Mortier + Carrelage	Parquet bois contrecollé

Figure 24 : Modifications des éléments pour la variante Ossature Bois à faible inertie partir de la variante béton Bas Carbone

5.1.2 Résultats et analyse

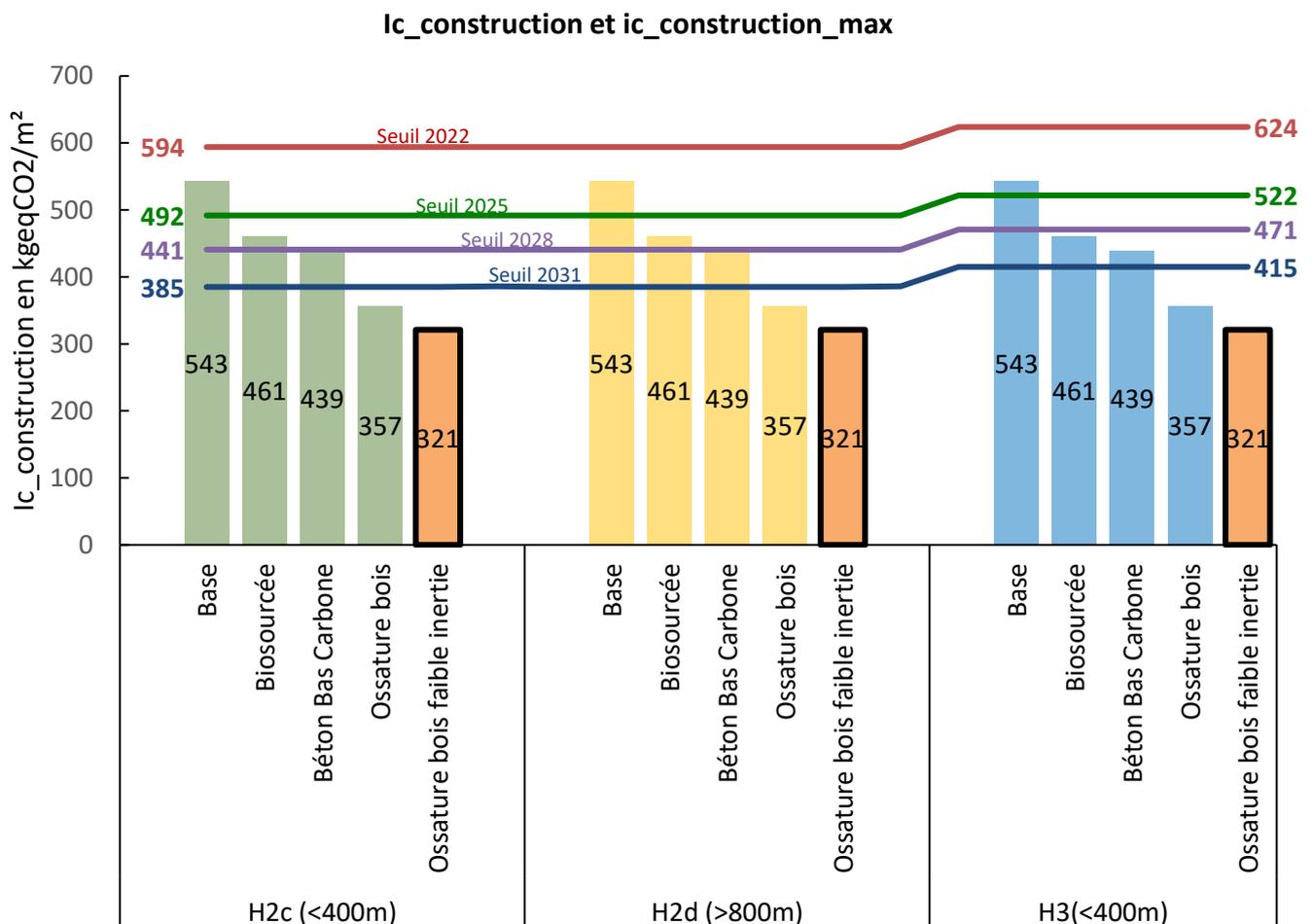


Figure 25 : ic_construction de la variante Ossature Bois à faible inertie en comparaison des autres variantes

Cette nouvelle variante Ossature Bois à faible inertie est très performante environnementalement et répond aisément aux exigences du seuil 2031 sur l'ensemble des zones climatiques de l'Occitanie.

En revanche, elle est non-conforme à la réglementation sur l'ensemble des zones de la Région car elle ne répond pas aux exigences sur le volet énergétique.

	Bbio	Cep	Cep,nr	Ic_énergie	Ic_construction	DH	Conformité RE2020
H2c	61,5 / 50,7	40,2 / 53,1	40,2 / 39,0	49,6 / 113,3	321,2 / 415,1	858,1 / 1250,0	X
H2d	83,6 / 72,7	48,9 / 79,4	48,9 / 58,2	62,3 / 169,3	321,2 / 415,1	407,7 / 1250,0	X
H3	61,8 / 50,7	38,8 / 45,6	38,8 / 33,5	46,4 / 97,3	321,2 / 415,1	1575,1 / 1250,0	X

Figure 26 : Conformité de la variante Ossature Bois à faible inertie selon la zone climatique

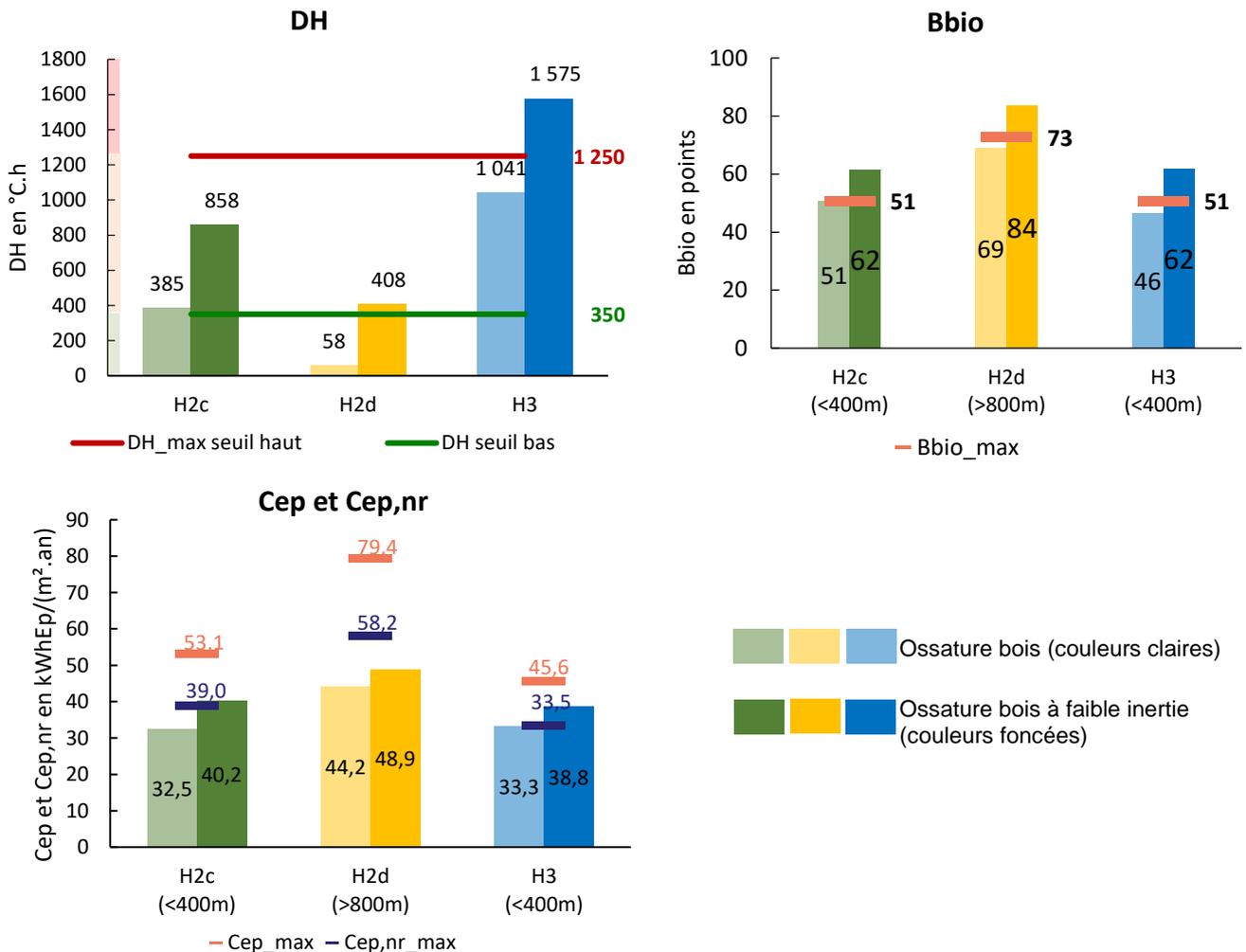


Figure 27 : Résultats de la variante Ossature Bois à faible inertie sur les DH, Bbio, Cep et Cep,nr en comparaison avec la variante Ossature Bois initiale

L'ossature bois à faible inertie ne respecte pas la RE2020.

Le confort d'été est moins bon, les DH se dégradent et sont non-conformes sur la zone H3.

Les besoins de froid sont plus importants, au point que sur les 3 zones climatiques, le Bbio ne respecte plus les seuils réglementaires.

Le Cep,nr dépasse les seuils réglementaires en H2c et H3. Il est conforme sur la zone H2d mais le Bbio étant non-conforme, c'est sans importance puisque le respect de la RE2020 concerne l'ensemble des indicateurs.

La construction à ossature bois réduit de manière très importante l'impact environnemental de la construction. En revanche, **elle doit absolument comporter des composants apportant de l'inertie au bâtiment**, sans quoi la construction ne respectera les exigences des autres indicateurs du volet énergie et confort d'été qui composent la RE2020. La RE2020 ne sera pas alors respectée, et cela quelle que soit la zone climatique de la région Occitanie.

5.2 Variante sur le lot 8 CVC

Le lot le plus impactant sur la variante Base est le lot 8, correspondant au lot CVC (Chauffage Ventilation Climatisation). Il représente **25% du ic_construction** et son impact est principalement lié à la PAC (Pompe à Chaleur) Air/Air.

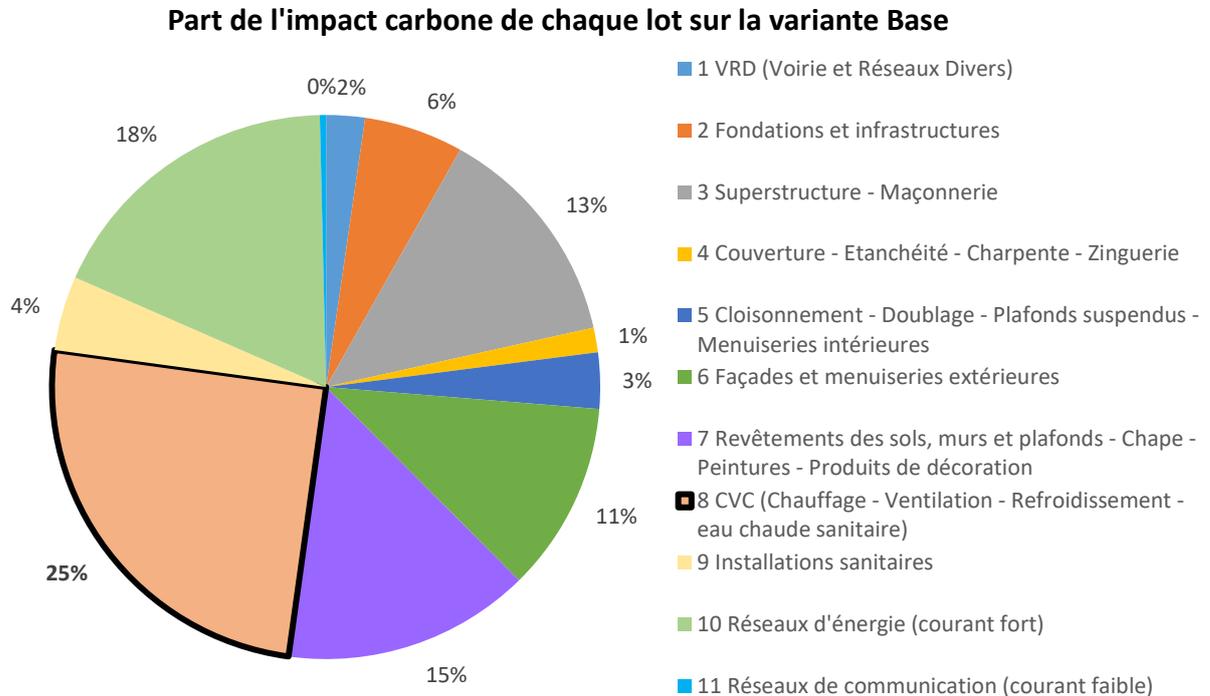


Figure 28 : Représentation graphique de la part de l'impact carbone du lot CVC sur l'impact carbone totale de la variante Base

5.2.1 Principe de modélisation

Il paraît intéressant de modéliser une variante modifiant les équipements CVC : la PAC Air/Air est remplacée par un poêle à granulés bois dans la pièce de vie et des radiateurs électriques dans les chambres.

En partant de la variante Béton Bas Carbone, nous gardons le principe constructif de base et pourrons observer jusqu'où la performance environnementale peut être poussée.

Lot	Eléments	3 - Béton Bas Carbone	3bis – Béton Bas Carbone avec poêle bois
8 – CVC (Chauffage, Ventilation, Refroidissement, Eau Chaude Sanitaire)	Equipements de chauffage	Pompe à chaleur Air/Air	Poêle granulés bois pour la pièce de vie Radiateurs électriques pour les chambres

Figure 29 : Modifications des éléments pour la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois à partir de la variante béton Bas Carbone

5.2.2 Résultats et analyse

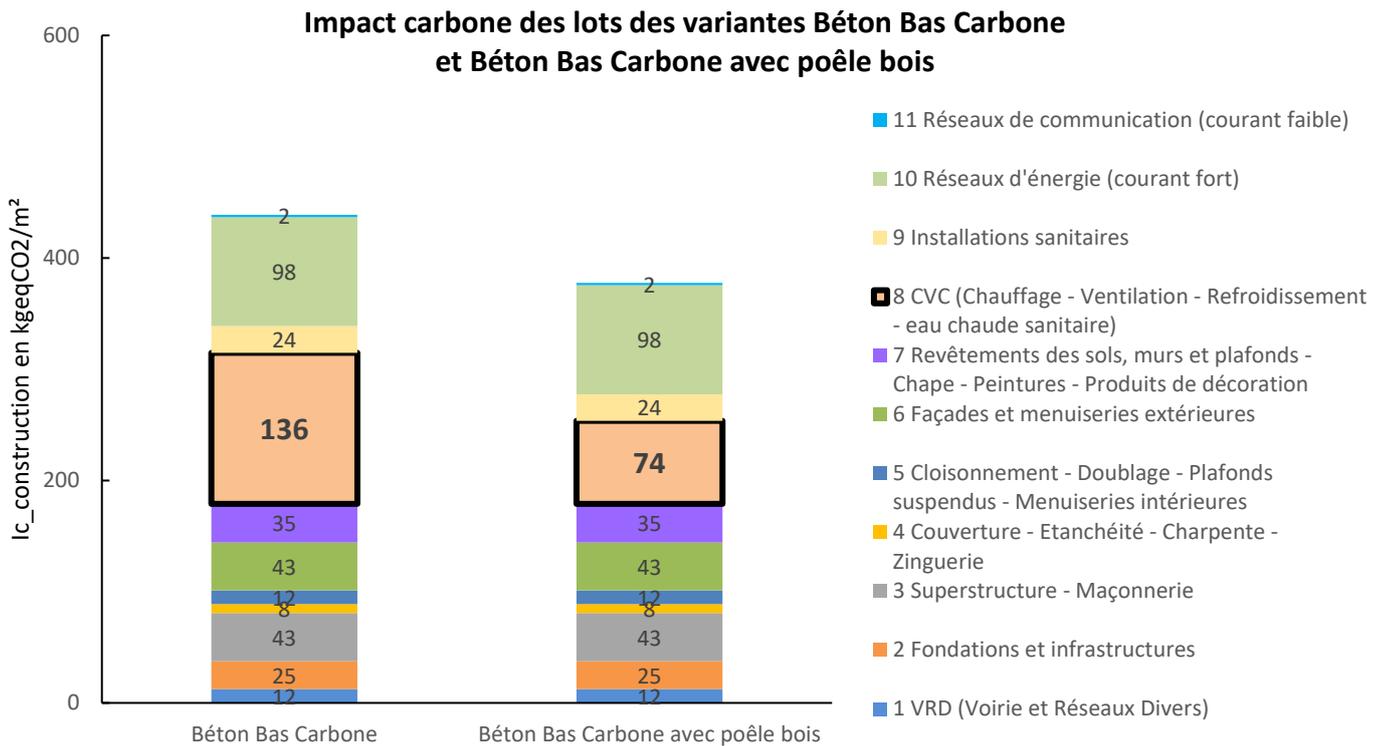


Figure 30 : Comparaison de l'impact carbone du lot CVC entre les variantes Béton Bas Carbone avec PAC et Béton Bas Carbone avec poêle bois

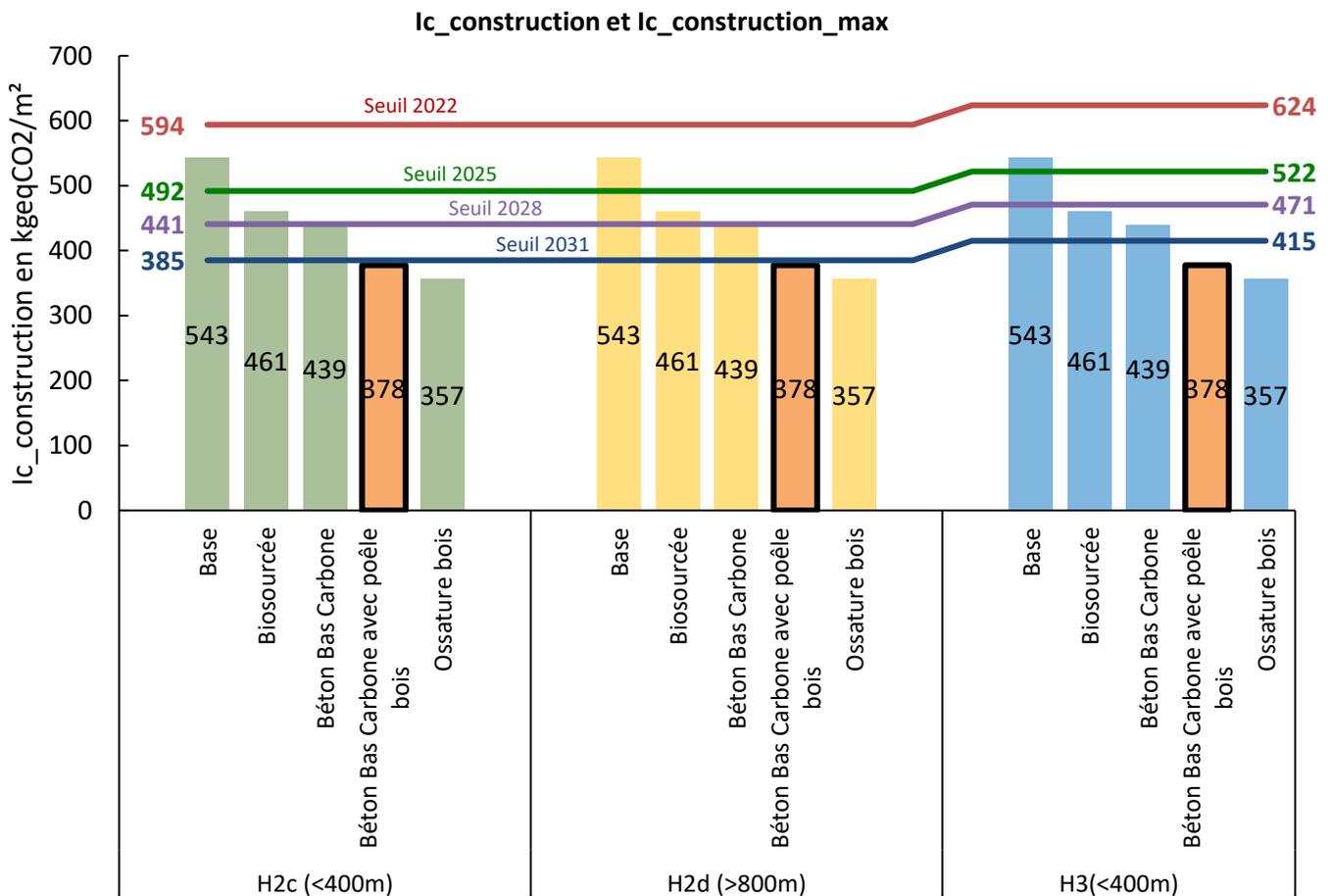


Figure 31 : Ic_construction de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois en comparaison des autres variantes

L'impact du lot CVC est divisé par 2, passant de 136 kgeqCO₂/m² à 74 kgeqCO₂/m². L'ic_construction de cette nouvelle variante est de 378 kgeqCO₂/m² et est au **conforme au seuil ic_construction_max 2031** sur les trois zones climatiques (385 kgeqCO₂/m² en H2c et H2d et 415 kgeqCO₂/m² en H3). Ainsi, sans changer le principe constructif traditionnel ; il est possible de répondre au niveau de seuil le plus exigeant de la RE2020.

En revanche, ce changement d'équipement engendre des valeurs différentes sur les indicateurs énergie, en particulier sur le Cep, le Cep,nr et l'ic_énergie.

	Bbio	Cep	Cep,nr	Ic_énergie	Ic_construction	DH	Conformité RE2020
H2c	50,7 / 50,7	55,2 / 53,1	26,9 / 39,0	66,6 / 113,3	377,5 / 440,8	385,2 / 1250,0	X
H2d	68,9 / 72,7	74,5 / 79,4	33,0 / 58,2	90,5 / 169,3	377,5 / 440,8	57,8 / 1250,0	V
H3	46,4 / 50,7	51,3 / 45,6	31,5 / 33,5	61,0 / 97,3	377,5 / 440,8	1040,7 / 1250,0	X

Figure 32 : Conformité de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois selon la zone climatique

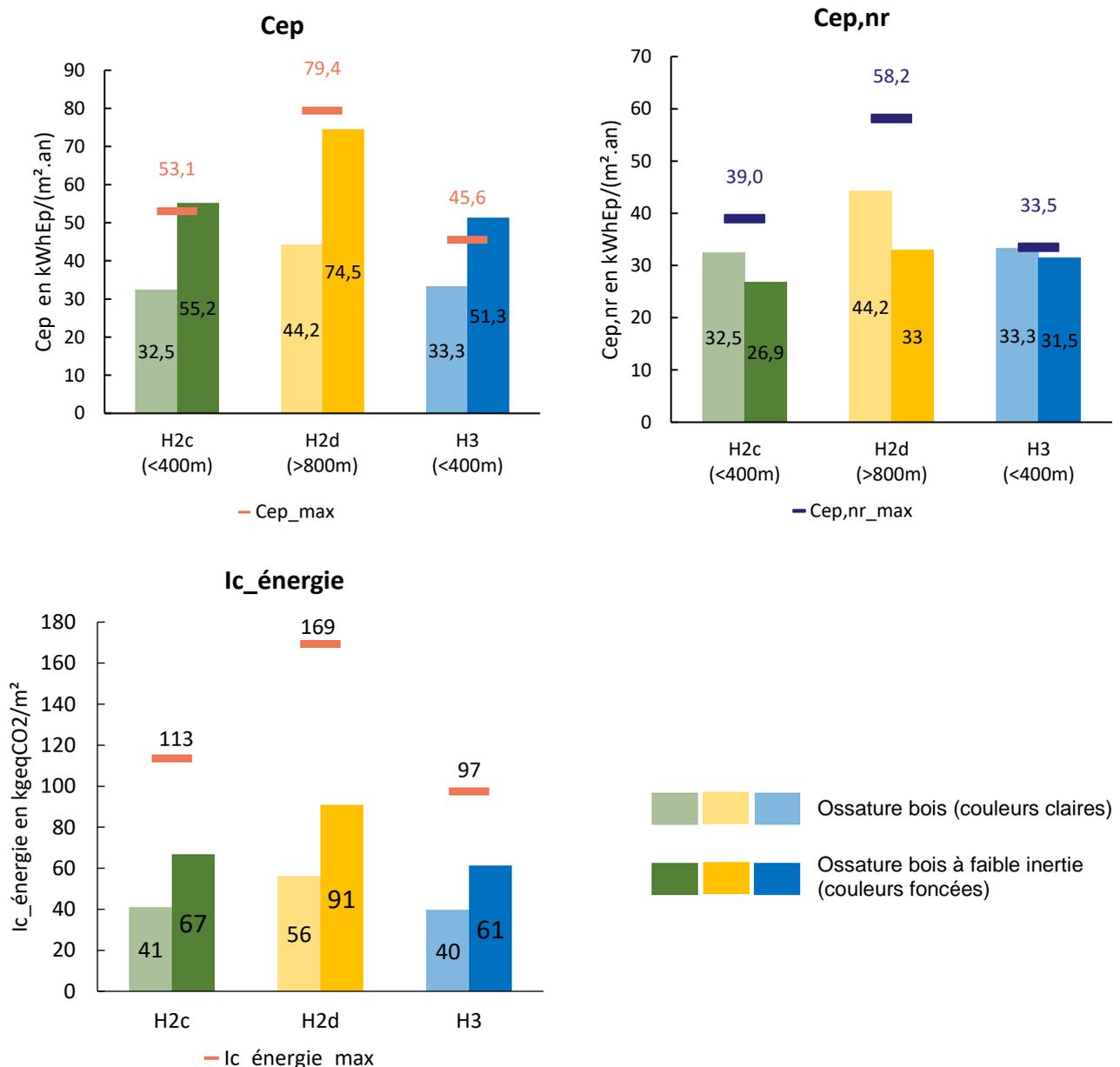


Figure 33 : Résultats de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois sur le Cep, le Cep,nr et l'ic_énergie en comparaison avec la variante Béton Bas Carbone avec PAC

Cette variante est non-conforme en H2c et H3 à cause du Cep. La zone H2d, à plus de 800m d'altitude, a un Cep_max élevé en raison de la rudesse de la météo. Cela lui permet de rester conforme avec une petite marge de 5%.

L'augmentation du Cep est due au rendement du poêle à granulés bois par rapport à celui de la PAC Air/Air. En effet, il est inférieur à celui d'une PAC Air/Air : pour la même quantité d'énergie livrée à l'utilisateur final (énergie utile), il faut fournir au moins quatre à cinq fois plus d'énergie au système (énergie finale). Après avoir pris en compte les pertes liées à la transformation et au transport de l'électricité (énergie primaire à énergie finale), la PAC reste plus avantageuse dans le bilan final (consommation d'énergie primaire, voir Annexe 8).

Malgré le rendement moins favorable du poêle bois, la variante reste conforme sur le Cep,nr et l'ic_énergie. A noter :

- En remplaçant une partie des consommations assurées par la PAC Air/Air par le poêle à granulés bois, le Cep,nr a diminué car une partie des consommations est renouvelable.
- Bien que le Cep ait augmenté, l'ic_énergie (impact carbone des consommations d'énergie primaire) reste un indicateur sans enjeu : une partie des consommations reste électrique et l'autre est assurée par un poêle bois. Or, le bois est très faiblement émetteur en carbone. Il émet 3 fois moins que l'électricité (voir Figure 20).

Cette variante est donc non-conforme RE2020 sur les zones H2c et H3. Pour être conforme, il faudrait **diminuer les besoins énergétiques** en renforçant l'isolation ou en améliorant le système de ventilation par exemple.

La zone H3 se trouve plus pénalisée que les autres et demande un renforcement de l'isolation et un système de ventilation optimisé. La zone H2c demande, quant à elle, peu d'effort car en optimisant seulement le système de ventilation, cela permet d'être conforme.

6 CONCLUSION

Les principaux leviers d'action, par rapport à la RT2012, pour être conforme à la RE2020 sont les suivants :

- Sur le volet énergie : diminuer les besoins en améliorant l'isolation et la perméabilité à l'air, introduire des énergies renouvelables, utiliser des systèmes efficaces.
- Sur le volet carbone : utiliser des matériaux biosourcés et bas carbone, panacher les solutions.
- Sur le confort d'été : mettre en place des protections solaires.

Sur la base du cas d'étude représentatif de la région Occitanie, les exigences carbone, progressives, ne demandent pas de bouleversement constructif pour les respecter la RE2020 jusqu'en 2028. L'exigence la plus éloignée, à partir de 2031, demandera des efforts mais elle sera certainement atteignable avec le développement des matériaux de construction et des filières du bâtiment.

Être conforme à la RE2020 demande de travailler aussi bien sur la performance énergétique que sur l'impact carbone et le confort d'été. L'optimisation des variantes sur les composants du bâtiment (aspect carbone) a pu le révéler, il est indispensable de trouver un **équilibre entre ces trois piliers**. Ainsi, l'incorporation de certains matériaux à faible impact carbone peut engendrer un inconfort d'été qui obligera à modifier d'autres paramètres.

La **RE2020 est globalement équitable entre les zones climatiques de la région Occitanie**. Elle prend en compte le contexte de chaque zone pour le calcul des seuils maximaux qui sont rehaussés au besoin (ex : ic_construction_max en zone H3 sous 400m d'altitude relevé pour la prise en compte du besoin de matériaux supplémentaires pour lutter contre les canicules).

Face aux surchauffes estivales de plus en plus fréquentes, la **RE2020 oblige, dans les zones les plus chaudes (H2d et H3 sous 400m d'altitude), à se confronter réellement à la problématique du confort d'été**. La prise en compte systématique des besoins de froid inverse la situation vis-à-vis de la RT2012 pour laquelle la zone H3 était moins contraignante. Avec la RE2020, les zones les plus chaudes sont les moins favorisées.

En définitive, les départements de la région Occitanie en zone climatique H3 auront un peu plus de difficulté à respecter la RE2020 que les autres départements à cause des indicateurs « Energie » et « Confort d'été ».

7 POUR ALLER PLUS LOIN

Un levier d'action complémentaire est d'utiliser le moins de Données Environnementales par Défaut ou DED possible (*voir Annexe 4*).

En effet, plus le calcul du `ic_construction_max` contient de DED, plus le calcul sera pénalisé. En effet, les DED ont un coefficient de sécurité qui majore les émissions eq.CO₂ du composant qu'il couvre par 30% ou 100% suivant les cas. La base de données INIES est encore récente et le recours aux DED est incontournable pour réaliser une description complète du bâtiment.

Il est donc essentiel de privilégier autant que possible les données individuelles ou collectives pour ne pas être pénalisé par des DED. Pour cela, les constructeurs peuvent préciser dans les cahiers des charges que les produits à mettre en œuvre doivent disposer de données individuelles ou collectives. Cela poussera les fabricants à alimenter la base INIES et à être compétitifs au niveau de l'impact carbone de leurs produits s'ils veulent être prescrits dans les projets à venir.

Sur notre cas d'étude, ce levier d'action aurait pu nous être utile sur n'importe quelle variante afin d'être conforme aux seuils de manière plus confortable.

Sur notre variante Ossature Bois (avec inertie), la répartition des impacts en fonction du type de données est la suivante :

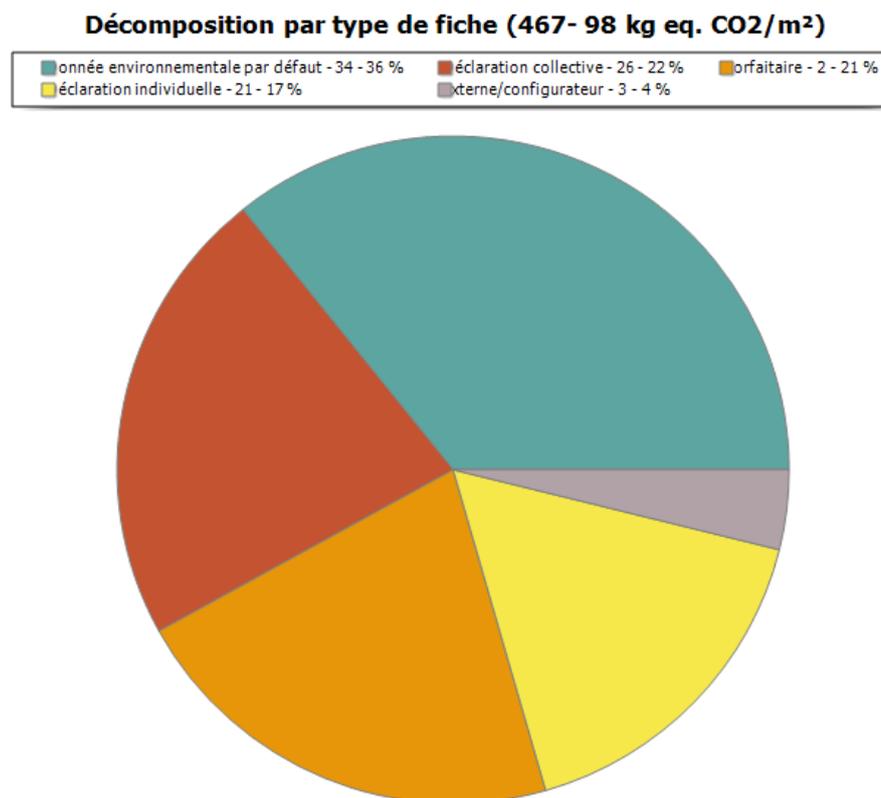


Figure 34 : Répartition des impacts carbone de la variante Ossature Bois par type de données

L'impact des DED représente plus d'un tiers de l'impact total de la variante Ossature Bois. Si nous avions voulu diminuer au maximum la valeur `ic_construction` de notre maison individuelle, le levier d'action sur la réduction des DED aurait été une piste d'amélioration intéressante.

8 ANNEXES

Annexe 1 : Plans du cas d'étude

Avant projet sous réserve d'obtention d'un permis de construire délivré par les autorités administratives. Toutes reproductions interdites. Ces documents ne peuvent tenir lieu de plans d'exécution. Ces documents sont protégés par l'article L.111.1 du code de la propriété intellectuelle. Les dimensions des infrastructures et superstructures ainsi que celles du puits de résonance des EP seront à étudier par un bureau d'étude qualifié.

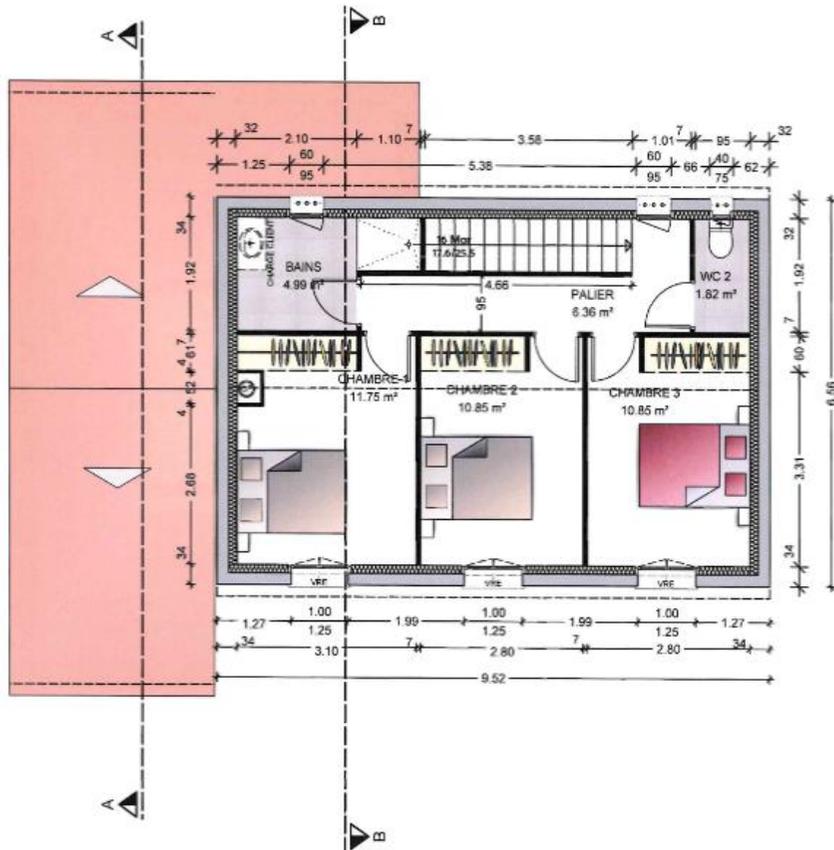


Surface habitable	
Atelier	6.28 m²
BAINS	4.99 m²
CELLIER	6.11 m²
CH. PARENTALE	11.13 m²
CHAMBRE 1	11.75 m²
CHAMBRE 2	10.85 m²
CHAMBRE 3	10.85 m²
Dgt	2.28 m²
Escalier	2.22 m²
PALIER	6.36 m²
PIECE DE VIE	44.50 m²
SDE	4.73 m²
WC	1.35 m²
WC 2	1.82 m²
Total	125.22 m²



Permis de construire	le 15/07/2022
PLAN DU REZ-DE-CHAUSSEE	Ech: 1/75

Source : Azur Logement Provençal



Surface habitable	
Atelier	6.28 m ²
BAINS	4.99 m ²
CELLIER	6.11 m ²
CH. PARENTALE	11.13 m ²
CHAMBRE 1	11.75 m ²
CHAMBRE 2	10.85 m ²
CHAMBRE 3	10.85 m ²
Dgt	2.28 m ²
Escalier	2.22 m ²
PALIER	6.36 m ²
PIECE DE VIE	44.50 m ²
SDE	4.73 m ²
WC	1.35 m ²
WC 2	1.82 m ²
Total	125.22 m²



Permis de construire	le 15/07/2022	
PLAN DU 1er ETAGE		Ech: 1/75

Source : Azur Logement Provençal

Annexe 2 : Extrait du rapport « Les chiffres clés du logement en Occitanie – édition 2023 »

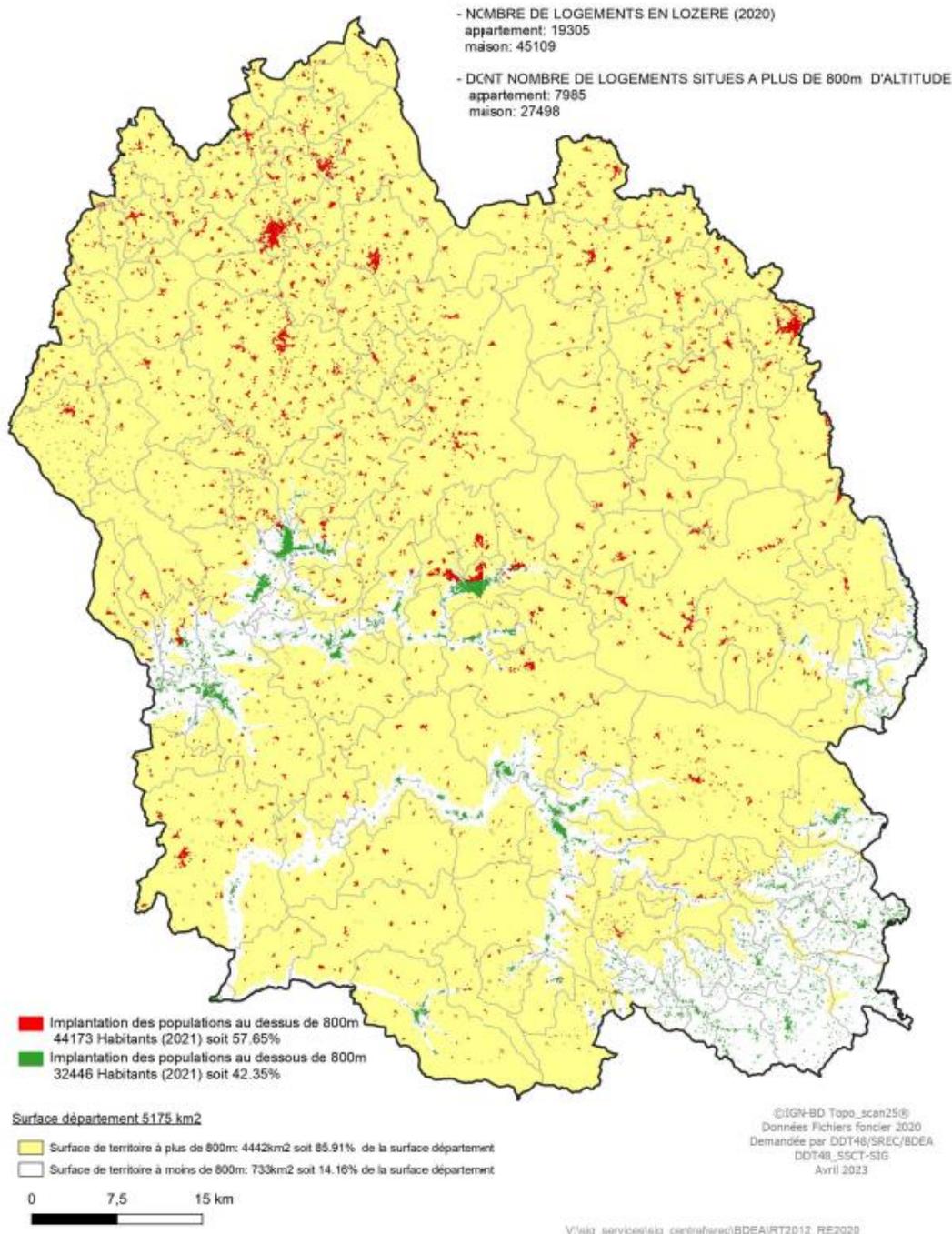
	Nb. Total de résidences principales	Maisons individuelles		Immeubles collectifs	
		Nombre	part	Nombre	part
Occitanie	2 761 400	1 740 900	63 %	1 001 100	36 %

Source : DREAL Occitanie

Annexe 3 : Répartition des logements et des habitants de la Lozère en altitude



Indicateurs RT2012 / RE2020: bâti > 800m d'altitude en Lozère

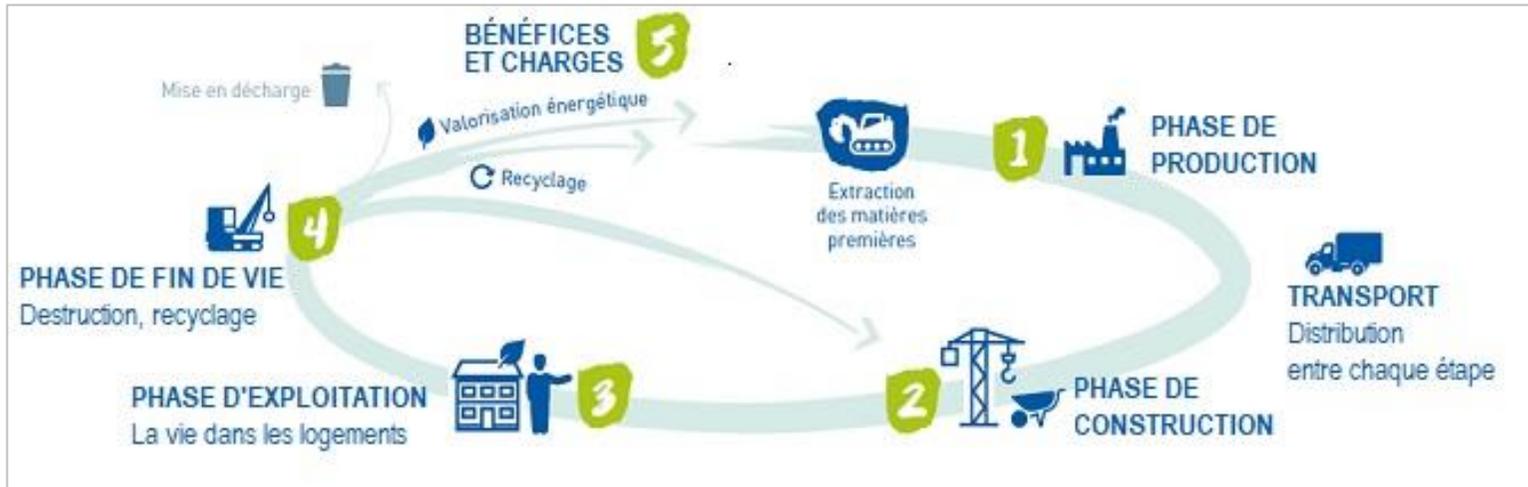


Sources : IGN, DDT Lozère

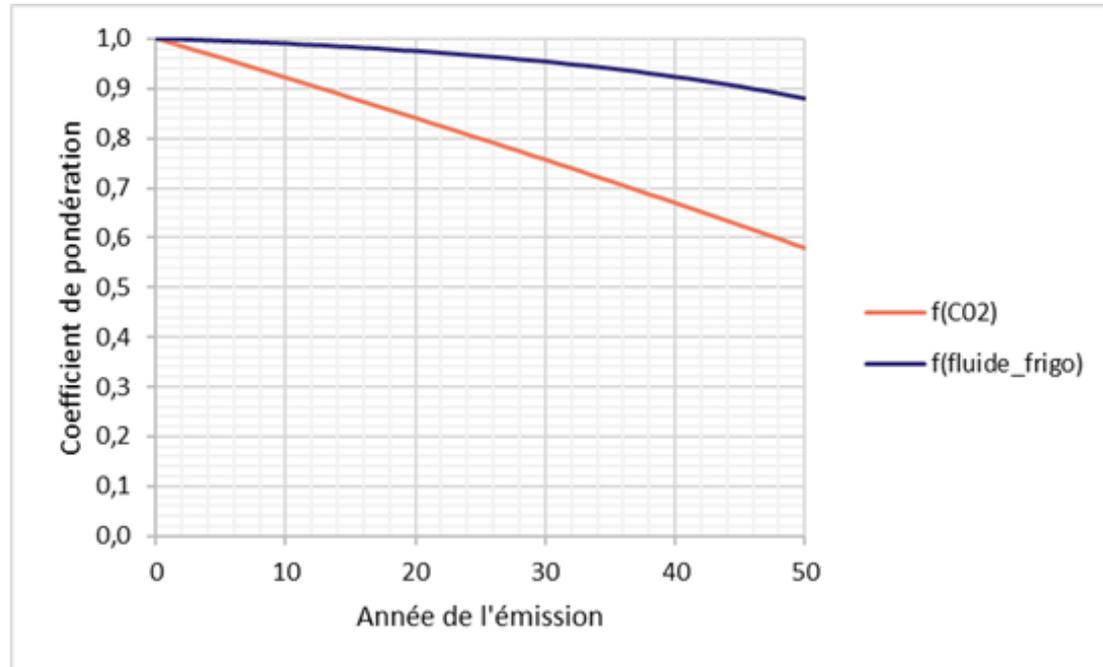
Annexe 4 : 3 types de données environnementales sur la base de données INIES

<p>Données spécifiques</p>	<p><u>Pour les produits de construction et les équipements</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • FDES – Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire : individuelles ou collectives, concernent les produits de construction, revêtements... • PEP – Profil Environnemental Produit : individuels ou collectifs, pour les équipements techniques (CVC, courants forts, faibles, ascenseurs...) <p>Déclarations réalisées par un fabricant, syndicat, groupement (selon un cadre normatif précis) et vérifiées par une tierce partie indépendante.</p> <p>Si un produit ne dispose pas d'une FDES ou d'un PEP → Utilisation d'une donnée par défaut (DED)</p>
<p>Données environnementales par défaut (DED)</p>	<p><u>Pour les produits de construction et les équipements</u></p> <p>les DED – Données Environnementales par Défaut – sont des données mises à disposition par le ministère en charge de la construction, en l'absence de données déclarées par les fabricants. Elles sont volontairement pénalisantes pour inciter les fabricants à réaliser des fiches.</p>
<p>Données conventionnelles</p>	<p><u>Données environnementales des services, dont l'utilisation est obligatoire:</u></p> <p>Données sur les impacts des énergies.</p> <p>Données sur les services (transport, eau potable, eaux usées, déchets, fluides frigorigènes)</p>

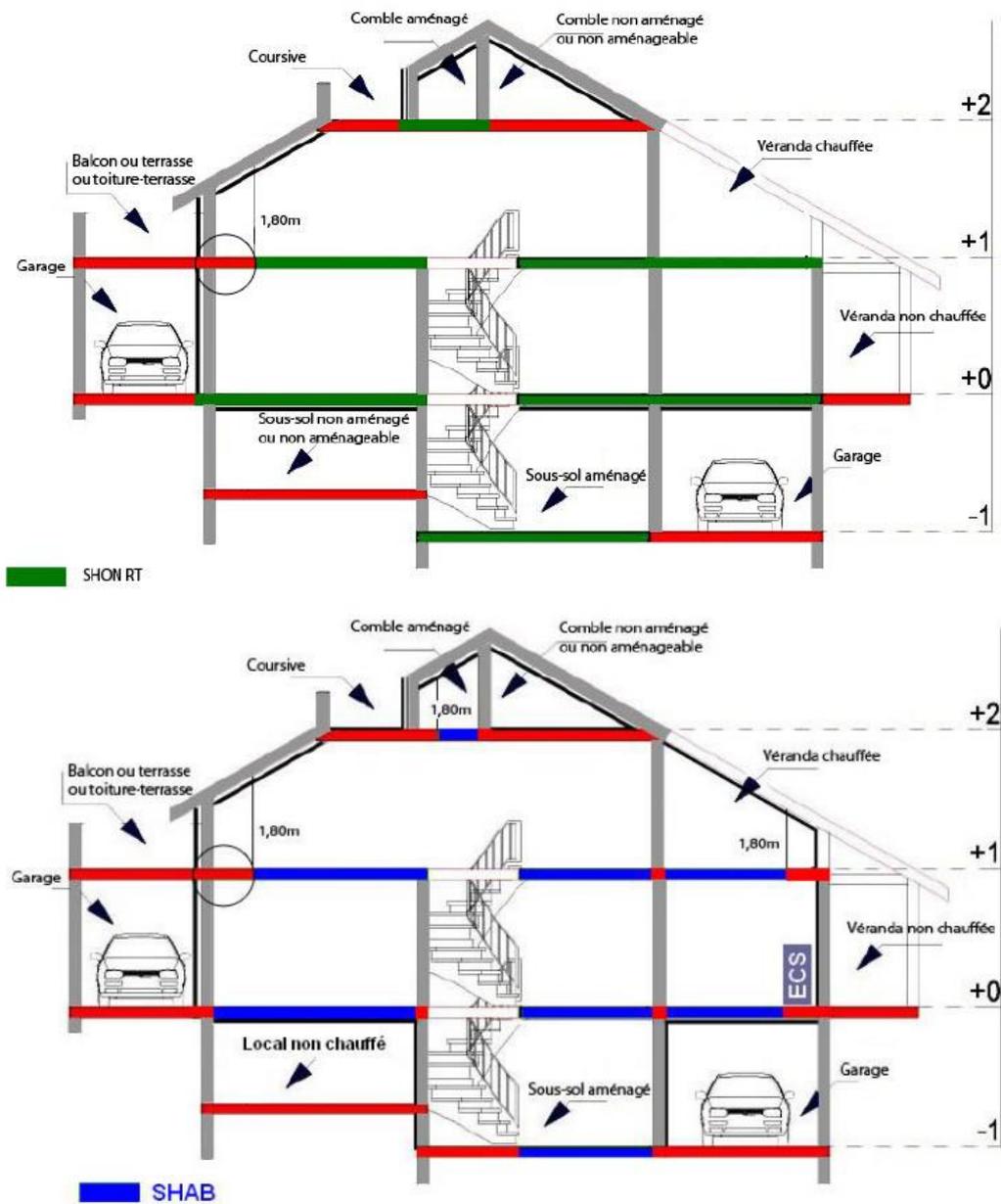
Annexe 5 : Schéma des étapes de l'Analyse du Cycle de Vie d'un bâtiment



Annexe 6 : Coefficient de pondération des émissions de gaz à effet de serre pour l'ACV dynamique



Annexe 7 : Différences entre SHON RT2012 et SHAB RE2020



Source : Groupe d'expertise RE2020

Annexe 8 : Schéma explicatif énergie primaire, finale et utile

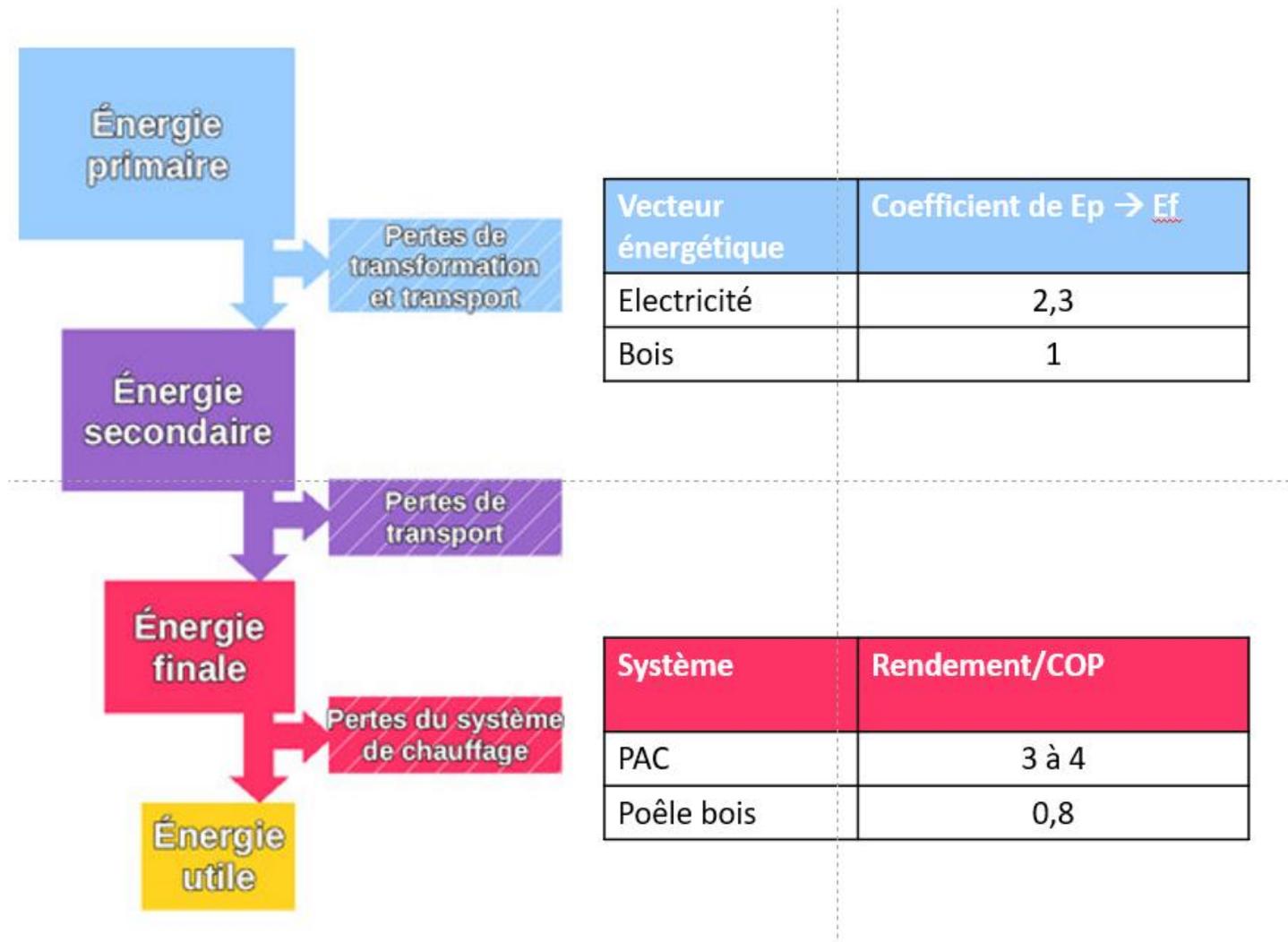


Table des illustrations

Figure 1 : Calendrier d'application de la RE2020	8
Figure 2 : Indicateurs de la RE2020.....	8
Figure 3 : Carte des zones climatiques sur la Région Occitanie	9
Figure 4 : Fichiers météorologiques des zones climatiques de la Région Occitanie.....	9
Figure 5 : Caractéristiques du bâtiment de référence.....	10
Figure 6 : Hypothèses géographiques des zones climatiques sur la Région Occitanie	10
Figure 7 : Caractéristiques des modélisations RT2012 et RE2020 sur le volet performance énergétique	11
Figure 8 : Descriptifs des variantes sur le volet performance environnementale	12
Figure 9 : Caractéristiques des modélisations sur le volet performance environnementale.....	12
Figure 10 : Modifications des éléments pour la variante Biosourcé.....	13
Figure 11 : Impact carbone des éléments béton par lot sur la variante Base	14
Figure 12 : Modifications des éléments pour la variante Béton Bas Carbone à partir de la variante Biosourcé	14
Figure 13 : Modifications des éléments pour la variante Ossature Bois à partir de la variante Béton Bas Carbone	15
Figure 14 : Bbio et Bbio_max sur chaque zone climatique.....	16
Figure 15 : Cep, Cep,nr, Cep_max et Cep,nr_max sur chaque zone climatique	17
Figure 16 : DH et DH_max sur chaque zone climatique.....	18
Figure 17 : Schéma explicatif sur la conformité des DH par rapport aux seuils	18
Figure 18 : ic_énergie et ic_énergie_max sur chaque zone climatique	19
Figure 19 : Formule pour calcul l'impact	19
Figure 20 : Emission moyenne de vecteurs énergétiques	20
Figure 21 : ic_construction selon variante et ic_construction_max selon année et zone climatique	20
Figure 22 : Impact carbone par lot de chaque variante	22
Figure 23 : Impact carbone de chaque famille de lot sur la variante Base.....	23
Figure 24 : Modifications des éléments pour la variante Ossature Bois à faible inertie partir de la variante béton Bas Carbone	24
Figure 25 : ic_construction de la variante Ossature Bois à faible inertie en comparaison des autres variantes.....	24
Figure 26 : Conformité de la variante Ossature Bois à faible inertie selon la zone climatique	25
Figure 27 : Résultats de la variante Ossature Bois à faible inertie sur les DH, Bbio, Cep et Cep,nr en comparaison avec la variante Ossature Bois initiale	25
Figure 28 : Représentation graphique de la part de l'impact carbone du lot CVC sur l'impact carbone totale de la variante Base	26
Figure 29 : Modifications des éléments pour la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois à partir de la variante béton Bas Carbone	26
Figure 30 : Comparaison de l'impact carbone du lot CVC entre les variantes Béton Bas Carbone avec PAC et Béton Bas Carbone avec poêle bois.....	27

Figure 31 : ic_construction de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois en comparaison des autres variantes	27
Figure 32 : Conformité de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois selon la zone climatique ..	28
Figure 33 : Résultats de la variante Béton Bas Carbone avec poêle bois sur le Cep, le Cep,nr et l'ic_énergie en comparaison avec la variante Béton Bas Carbone avec PAC	28
Figure 35 : Répartition des impacts carbone de la variante Ossature Bois par type de données	31



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN