

Formation d'Ingénieur
Génie Thermique, Énergétique et Environnement
Parcours Architecte - Ingénieur

Promotion : 2024

PROJET DE FIN D'ETUDE

Présenté par

DUJARDIN LEONIE

ANNEXES

Tuteur Entreprise : Stéphane Guidat

Tuteur pédagogique : Denis Burger

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	2
Liste des Figures.....	3
1. Démarche, ressources et acteurs impliqués	5
1.1 Schémas de la démarche	5
1.2 Tableau des réunions, formations et acteurs intervenus lors du stage	6
2. Présentation du contexte du stage	8
2.1 DREAL.....	8
2.2 STECCLA	9
2.3 CBD.....	9
3. Exigences RE2020 et label Bâtiment Biosourcé	10
3.1 Exigences RE2020.....	10
3.1.1 Le coefficient du besoin bioclimatique : Bbio_max.....	10
3.1.2 Le coefficient d'énergie primaire Cep_max et le coefficient d'énergie primaire non renouvelable : Cep,nr_max.....	10
3.1.3 L'indicateur Ic_énergie_max	11
3.1.4 L'indicateur Ic_construction_max	11
3.1.5 Le degré-heure (DH).....	12
3.2 Evolution de la RE2020 : pour aller plus loin : le Plan Bâtiment Durable.....	12
3.2.1 Des groupes de travail aux thématiques variées	12
3.2.2 Le livrable GT1 : vérification ACV bâtiment.....	13
3.3 Exigences label Bâtiment biosourcé.....	13
4. Approfondissement du label PassivHaus	14
4.1 Mise en œuvre	14
4.2 Périmètre d'étude.....	14
4.3 Valeurs du passif et résultats	15
5. Evolution entre RT2012 et RE2020 et impact sur PassivHaus.....	15
5.1 Différence entre RT 2012 et RE2020.....	15
5.2 Comparaison des critères RT 2012, RE 2020 et passifs sur des projets réels.....	16
6. Détail sur des méthodes de calcul différentes spécifiques entre RE2020 et PassivHaus	18
6.1 Surfaces de références PassivHaus et RE2020	18
6.2 La méthode de calcul de l'étanchéité à l'air	20
7. Le label BBCA	20
7.1 Objectifs et critères.....	20
7.2 Indicateurs du label.....	21
7.3 Exigences du label	22
7.3.1 L'indicateur Ic construction BBCA :	22
7.3.2 L'indicateur Ic énergie BBCA :	22
7.3.3 L'indicateur Ic projet BBCA :.....	23
7.3.4 Les points Innovation Climat :	23
7.4 Données d'entrée et processus de labellisation	23
8. Zones climatiques en France métropolitaine.....	24

9.	Origine et qualité des données utilisées pour les statistiques.....	25
9.1	Origine et qualité des données de l’observatoire RE2020.....	25
9.1.1	Objectifs :	25
9.1.2	Nature et provenance des données :	25
9.1.3	Qualité des données :.....	25
9.2	Origine et qualité des données de l’institut PassivHaus	25
9.2.1	Objectifs :	25
9.2.2	Nature et provenance des données :	25
9.2.3	Qualité des données :.....	26
10.	Démarche de nettoyage de la base de données de l’observatoire RE2020.....	26
10.1	Méthode 1 : Suppression des valeurs aberrantes.....	26
10.1.1	Analyse des statistiques Bbio	27
10.1.2	Analyse des statistiques Cep	28
10.1.3	Analyse des statistiques Cep,nr.....	28
10.1.4	Analyse des statistiques DH	29
10.1.5	Analyse des statistiques Ic_construction	30
10.1.6	Analyse des statistiques Ic_énergie	30
10.2	Méthode 2 : Suppression des valeurs extrêmes	31
11.	Etude des « Bâtiments exemplaires passifs » de la Région Grand-Est.....	32
11.1	Généralités sur la base de données	32
11.2	Tendances constructives.....	33
11.3	Tendances des systèmes énergétiques.....	34
11.4	Conclusion sur les tendances et principes constructifs passifs biosourcés.....	34
12.	Données sur le cas d’usage : maison individuelle passive biosourcée.....	35
12.1	Plans, coupe et volume du projet	35
12.2	Composition de l’enveloppe	37
12.3	Résultats RE2020 et passif	38
12.3.1	Résultats du PHPP	38
12.3.2	RSEE du projet initial et des variantes.....	38
12.3.3	Résultats RE2020 détaillés par lots de composants et comparés à la moyenne de l’observatoire ..	39
12.3.4	Résultats de la complétude ACV	40
13.	Les acteurs du passif et bas-carbone dans le Grand-Est	41
	Bibliographie	42

Liste des Figures

Figure 1:	Schéma de la démarche et des ressources mises en œuvre au cours du projet	5
Figure 2:	Schéma de la démarche et des acteurs impliqués au cours du projet.....	5
Figure 3:	Tableau récapitulatif des réunions/formations et acteurs impliqués dans le projet.....	7
Figure 4:	Organigramme de la DREAL	8
Figure 5:	Organigramme STECCLA	9
Figure 6:	Exigences sur Bbio.....	10
Figure 7:	Exigences sur Cep et Cep,nr	11
Figure 8:	Exigences sur Ic_énergie	11

Figure 9: Exigences sur Ic_construction	12
Figure 10: Frise explicative de l'indicateur de confort RE2020	12
Figure 11: Exigences label Bâtiment Biosourcé	14
Figure 12: Schéma des valeurs PassivHaus	15
Figure 13: Tableau de synthèse des résultats de performances RE2020 de bâtiments passifs RT2012 et Effinergie+	17
Figure 14: Tableau de synthèse des résultats de performances RE2020 d'une maison individuelle selon différents choix de conception	18
Figure 15: tableau de synthèse des surfaces exclues en SHAB mais incluses en SRE	19
Figure 16: Coupes schématiques de la surface de référence selon RE2020 (à gauche) et PassivHaus (à droite)....	19
Figure 17: Objectifs et critères du label BBCA	21
Figure 18: Schéma directeur du processus de labellisation BBCA	23
Figure 19: carte des zones climatiques en France métropolitaine	24
Figure 20: Premières étapes communes au nettoyage de la base de données RE2020.....	26
Figure 21: Calcul des premiers, troisième quartiles et valeur IQR.....	27
Figure 22: Détail des étapes pour la méthode de suppression des valeurs aberrantes	27
Figure 23: Boîte à moustache et histogramme sur le Bbio	27
Figure 24: Boîte à moustache et histogramme sur le Cep	28
Figure 25: Boîte à moustache et histogramme sur le Cep,nr.....	29
Figure 26: Boîte à moustache et histogramme sur le DH	29
Figure 27: Boîte à moustache et histogramme sur Ic_construction	30
Figure 28: Boîte à moustache et histogramme sur Ic_énergie	31
Figure 29: Nombre des lignes supprimées en fonction de l'indicateur étudié	31
Figure 30: Graphiques de proportions des typologies (gauche) et des types de labels (droite) sur l'échantillon d'étude.....	32
Figure 31: Graphiques des proportions d'isolants en façade (gauche) et toiture (droite)	33
Figure 32: Nombre de projets recensés selon le matériau d'isolation et sa typologie	33
Figure 33: part des types de systèmes de chauffage utilisés dans les projets recensés (gauche) et nombre des projets recensés selon leur choix de système et leur typologie (droite)	34
Figure 34: Plan R+1 (sans échelle).....	35
Figure 35: Plan RDC (sans échelle)	35
Figure 36: Coupe longitudinale de la maison (sans échelle)	36
Figure 37: Coupe transversale de la maison (sans échelle)	36
Figure 38: Volume simplifié Sketchup de la maison	37
Figure 39: Composition de la dalle de sol du projet initial.....	37
Figure 40: Composition du mur du vide sanitaire du projet initial	37
Figure 41: Composition de la toiture du projet initial.....	38
Figure 42: Composition des murs extérieurs du projet initial.....	38
Figure 43: Capture d'écran de l'onglet "Vérification" dans le PHPP du projet.....	38
Figure 44: Tableau détaillant les résultats Ic_composant par lot du projet et en comparante à la moyenne des maisons individuelles en zone H1b	40
Figure 45: Extrait de la feuille 2-Vérification de l'outil de complétude ACV crée par le ministère	40
Figure 46: Extrait de la feuille 3-Résultats de l'outil de complétude ACV crée par le ministère.....	41
Figure 47: Légende des numéros sur la carte	41
Figure 48: carte des acteurs du passif dans la région	41

1. Démarche, ressources et acteurs impliqués

Le stage s'est déroulé en trois phases de travail : la compréhension du cadre d'étude, l'accès aux données, et l'analyse de celles-ci. Durant ces trois phases de travail, j'ai utilisé différents types de ressources : bibliographiques, formations, logiciel etc. Les données accumulées m'ont été fournies par différents acteurs, tandis que d'autres sont intervenues pour approfondir certains sujets, ou pour valider des hypothèses.

1.1 Schémas de la démarche

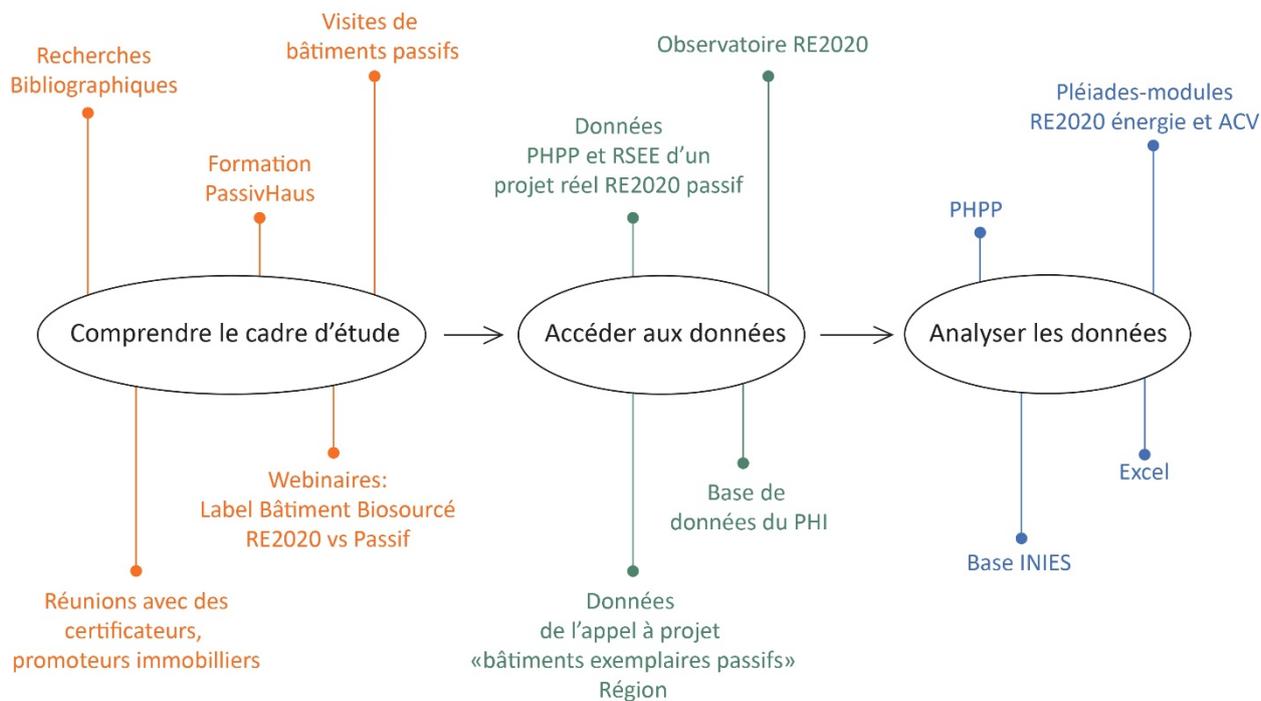


Figure 1: Schéma de la démarche et des ressources mises en œuvre au cours du projet

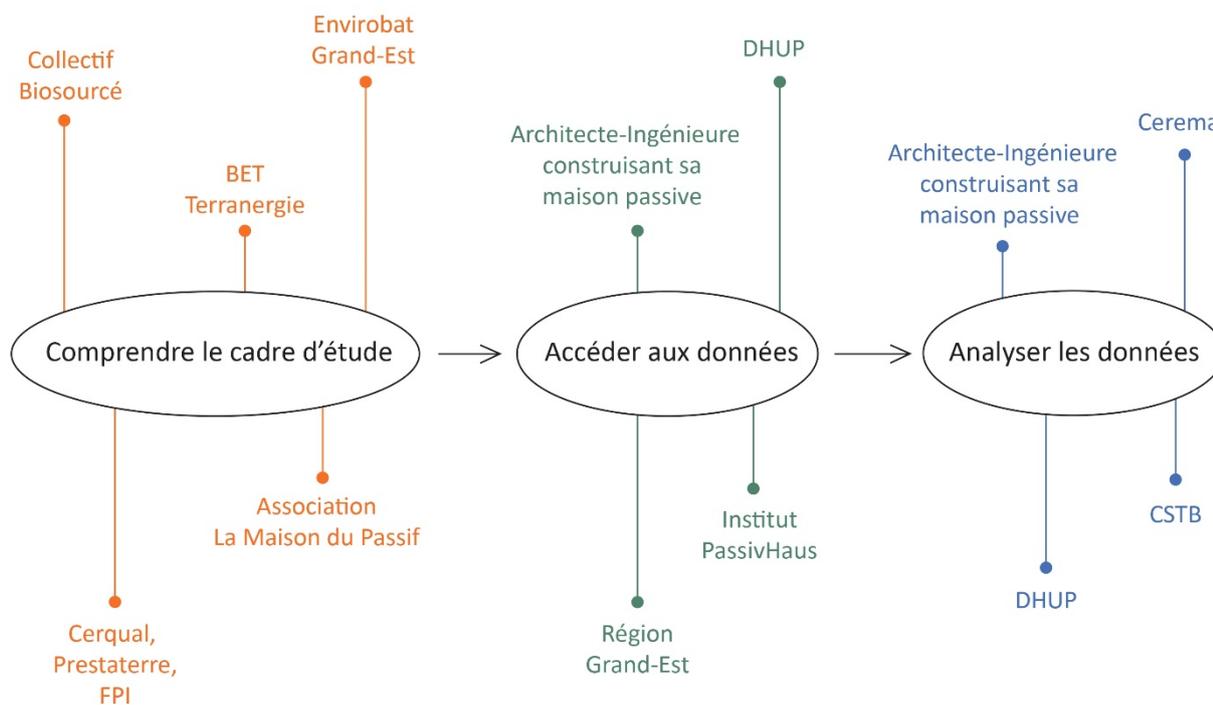


Figure 2: Schéma de la démarche et des acteurs impliqués au cours du projet

1.2 Tableau des réunions, formations et acteurs intervenus lors du stage

Le tableau suivant (Figure 3) récapitule les différentes interventions extérieures qui ont eu lieu durant la période de stage (réunions, formations, acteurs impliqués etc.).

Réunions/formations réalisées dans le cadre du projet	Utilité pour le stage	Date
Conférence : « Massifier l'usage du bois », ½ journée à l'INSA avec les acteurs de la filière bois dans le Grand-Est.	- Rencontrer dès le début du stage différents acteurs du biosourcé de la Région.	25/11/2024
Formation de 2 jours : « La stratégie de conception passive » à la SCOP des deux-rives, avec le bureau d'étude Terranergie.	- Comprendre en profondeur les objectifs et la philosophie de la construction passive, spécifiquement appliquée de la manière biosourcée par le BET Terranergie. - Avoir une approche théorique des projets réalisés par ce BET.	04-05 /12/2024
Journée de visite de bâtiments passifs à Saint-Dié-Les-Vosges par EnviroBat et avec le BET Terranergie et d'autres acteurs de la construction durable du Grand-Est.	- Visiter des bâtiments étudiés de façon théorique pendant la formation précédente. - Rencontrer d'autres acteurs du métier. - Avoir l'avis de professionnels sur mon projet et déterminer l'intérêt de celui-ci pour ces acteurs.	06/12/2024
Webinaire : « RE2020 VS Bâtiment passif » de La Maison du Passif.	- Avoir une première approche concrète sur le travail théorique d'étude du label PassivHaus et de la réglementation française. - Sortir des premières conclusions et une synthèse sur la complémentarité entre ces démarches et celles d'autres labels de la construction durable.	10/12/2024
Visite du chantier de la maison passive biosourcée utilisée comme étude de cas du projet avec Camille Sifferlen	- Visiter le site du projet, se rendre compte de l'échelle, des matériaux et de l'environnement. - Discussion avec Camille sur la sortie des fichiers PHPP et RSEE, conseils et guide pour la réalisation de l'étude de cas.	23/12/2024
Réunion avec l'organisme certificateur Prestaterre.	- Comprendre les spécificités et différences entre labels et certification. - Comprendre le rôle d'un certificateur. - Avoir des premières données statistiques sur des projets certifiés, dont Label Bâtiment Biosourcé et BBCA.	06/01/2025
Réunion avec Prestaterre de la Fédération des Promoteurs Immobiliers.	- Assister à une réunion de promoteurs, comprendre leur organisation et leur intérêt à propos de la labellisation de leurs projets. - Rencontrer des promoteurs pouvant me fournir des données sur des projets labellisés BBCA ou Bâtiment Biosourcé.	07/01/2025
Réunion avec l'organisme certificateur Cerqual.	- Comparer leurs spécificités par rapport à Prestaterre. - Récupérer des données statistiques sur des projets labellisés par eux. - Déterminer l'intérêt de ma problématique pour ce type d'acteurs.	22/01/2025
Webinaire : « Label Bâtiment Biosourcé 2024 ».	- Comprendre en profondeur le label, son évolution, ses critères et exigences.	30/01/2025

Journée de travail avec le Collectif Biosourcé à Pont-à-Mousson.	<ul style="list-style-type: none"> - Rencontrer les membres de l'association et échanger avec eux sur la démarche du collectif biosourcé. - Prendre part à l'organisation et à l'écriture de la charte du collectif. 	24/02/2025
Discussion autour de mon sujet avec des professionnels travaillant sur des problématiques complémentaires : CSTB, DHUP, Camille Sifferlen	<ul style="list-style-type: none"> - Avoir un premier entraînement de synthèse orale de mon travail. - Pouvoir échanger en profondeur sur le sujet avec des professionnels. - Faire valider la démarche de nettoyage de la base de données RE2020. - Déterminer les améliorations possibles et pistes de réflexion futures sur mon projet en prenant en compte l'usage qu'il aura pour ces acteurs. 	25/02/2025
Acteurs extérieurs intervenu dans la démarche du projet		
Stéphane Castel, animateur Constructions Innovantes et Rénovations Durables, à la DDT Haute-Marne.	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à disposition de descriptions de projets passifs et biosourcés dans le Grand-Est. 	29/11/2024
Patrick Manott, salarié au PassivHaus Institut.	<ul style="list-style-type: none"> - Accès à une licence étudiante pour le PHPP sous réserve de transparence du travail fourni grâce à elle. 	03/12/2024
Camille Sifferlen, ingénieure-architecte chez Passiv'Optim et à l'association La Maison du Passif et ayant travaillé au PassivHaus Institut.	<ul style="list-style-type: none"> - Conseils et guide sur l'outil PHPP de PassivHaus. - Mise à disposition des données relatives à l'étude de cas du projet de maison individuelle passive et biosourcée. - Présence tout le long du stage pour suivre le projet. 	13/12/2024 - 23/01/2025
Laeticia Mazeyrie, cheffe de projet performance énergétique des bâtiments neufs à la DHUP.	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à disposition de la base de données de l'observatoire RE2020. 	15/01/2025
Julie Runser, responsable d'étude « Energie et Environnement » au Cerema.	<ul style="list-style-type: none"> - Réponses spécifiques à des question RE2020 et ACV sur Pléiades. - Confirmation de certaines hypothèses prises pour les calculs sur l'étude de cas. 	31/01/2025
Cyril Pouvesle, chargé de mission fillières vertes, QAI, RE2020.	<ul style="list-style-type: none"> - Mise à disposition d'un fichier RSEE d'un projet de maison individuelle afin de le comparer avec l'étude de cas. 	04/02/2025
Anissa Ben Yahmed, responsable d'études « Performance des bâtiments et matériaux » au Cerema.	<ul style="list-style-type: none"> - Conseils sur la réalisation des statistiques relatives à l'observatoire RE2020. 	07/02/2025
Dominique Boiret, Félix Dubois, Ingrid Bergogne et Mathieu Thorat, thermiciens et statisticiens au CSTB	<ul style="list-style-type: none"> - Validation de la démarche de nettoyage et de sorties de données de la base observatoire RE2020. 	25/02/2025

Figure 3: Tableau récapitulatif des réunions/formations et acteurs impliqués dans le projet

2. Présentation du contexte du stage

2.1 DREAL

La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) Grand Est est une direction déconcentrée de l'État, sous l'autorité de la préfète de région et des préfets de département. Elle est chargée de mettre en œuvre les politiques publiques portées par plusieurs ministères, notamment le Ministère de la Transition écologique, de l'Énergie, du Climat et de la Prévention des risques (MTECP), le Ministère du Partenariat avec les Territoires et de la Décentralisation (MPTD) et le Ministère du Logement et de la Rénovation Urbaine (MLR). L'action de la DREAL vise à répondre aux enjeux du développement durable, autour des thématiques suivantes :

- Transition écologique et énergétique : accompagnement des territoires dans l'adoption de pratiques et solutions bas-carbone.
- Préservation des ressources naturelles et de la biodiversité : contribution à la restauration des écosystèmes et à la gestion durable des ressources.
- Habitat durable et construction : soutien à des pratiques d'aménagement et de construction favorisant sobriété et durabilité.
- Prévention des risques : protection des populations face aux aléas naturels ou technologiques.
- Aménagement durable : promotion de projets respectueux des besoins sociaux, économiques et environnementaux.
- La DREAL joue un rôle d'interface entre l'échelon national et les acteurs régionaux. Elle traduit les grandes orientations en actions concrètes adaptées aux spécificités locales et mobilise des partenariats avec des collectivités, des organismes techniques et des professionnels pour garantir la mise en œuvre efficace des politiques publiques. Elle a une organisation hiérarchique très verticale : du ministère découlent les directions, divisées en services, eux-mêmes scindés en pôles.

DIRECTION RÉGIONALE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'AMÉNAGEMENT ET DU LOGEMENT - GRAND EST

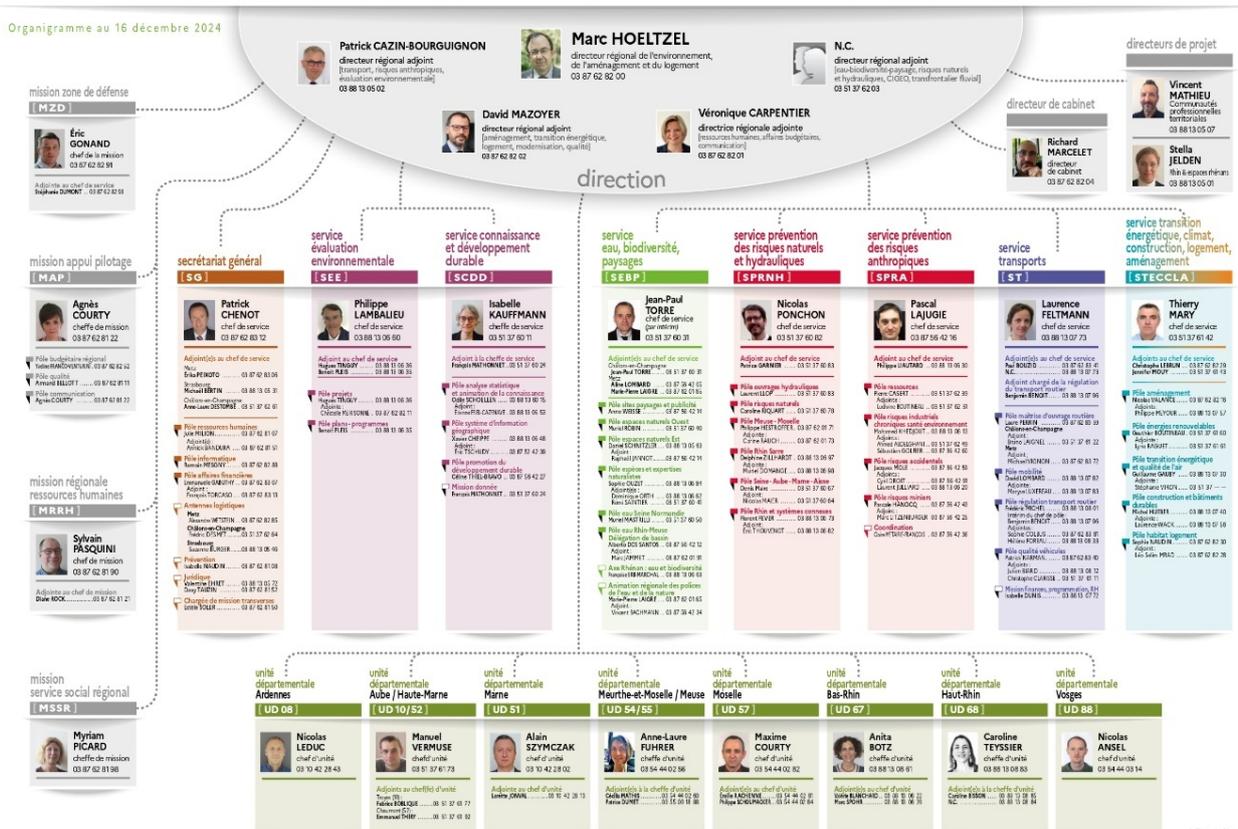


Figure 4: Organigramme de la DREAL

2.2 STECCLA

Au sein de la DREAL Grand Est, le service Transition Énergétique, Climat, Construction, Logement et Aménagement (STECCLA) réalisent des missions et suivent des démarches relatives à la transition énergétique et à l'adaptation au changement climatique. Ses missions principales incluent :

- La définition et le pilotage de la stratégie régionale en matière de transition énergétique.
- L'accompagnement des projets de requalification et de rénovation énergétique des bâtiments.
- La lutte contre l'artificialisation des sols et la promotion de la ville durable.
- Le développement des énergies renouvelables, tout en préservant les équilibres environnementaux.
- L'amélioration de la qualité de l'air et la mise en œuvre des politiques climatiques.
- Le STECCLA agit ainsi en véritable moteur de l'innovation dans l'aménagement du territoire, tout en assurant la coordination des acteurs régionaux autour de ces thématiques prioritaires.

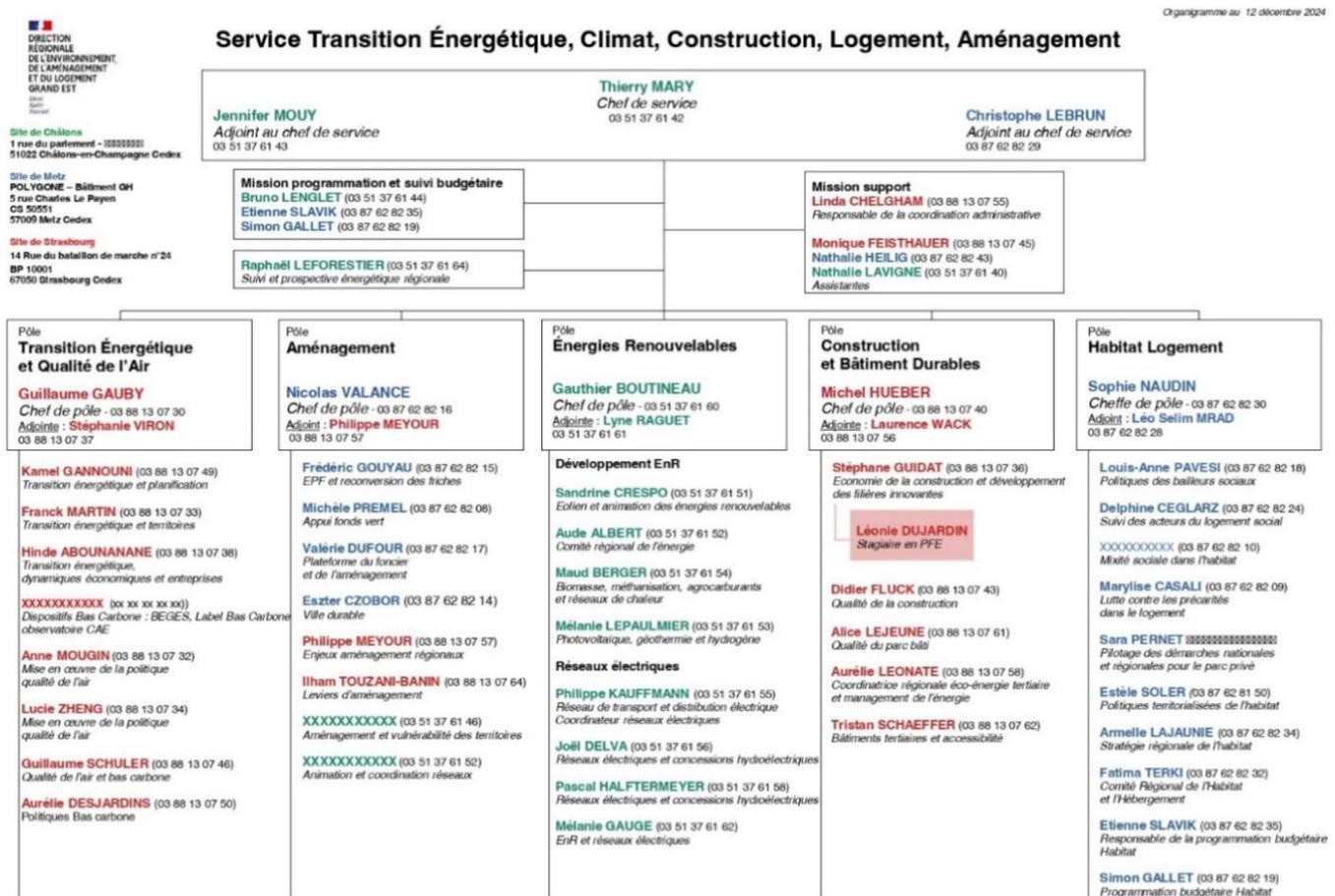


Figure 5: Organigramme STECCLA

2.3 CBD

Au sein du STECCLA, le pôle Construction et Bâtiment Durables se concentre sur les enjeux spécifiques de la construction et de la qualité du bâti.

- Animation et pilotage des politiques régionales de qualité et d'innovation dans la construction : incitation à adopter des pratiques durables et à intégrer les nouvelles réglementations.
- Soutien à la rénovation du bâti existant : accompagnement des projets visant à améliorer les performances énergétiques et environnementales.
- Mobilisation des acteurs de la construction : création de synergies avec les partenaires publics et privés, comme les maîtres d'ouvrage, les architectes ou les bureaux d'étude.

- Mise en œuvre et suivi des réglementations relatives à la construction : accompagnement des professionnels dans l'application de référentiels comme la RE2020.
- Coordination de la Cellule Économique Régionale de la Construction : observation et analyse des dynamiques économiques et techniques du secteur, pour anticiper les évolutions.

Mon projet de fin d'études s'inscrit dans ce cadre institutionnel, précisément au sein du pôle Construction et Bâtiment Durables. Au sein du STECCLA, je contribue à l'analyse des performances énergétiques et environnementales des bâtiments, en étudiant les exigences de la RE2020 et leur comparabilité avec des labels de certification tels que PassivHaus. Ce travail vise à enrichir les connaissances internes de la DREAL et à appuyer ses missions d'accompagnement des professionnels et des collectivités dans leurs démarches de construction durable. Michel est le chef du pôle CBD, et Laurence Wack est son adjointe. Stéphane Guidat, mon tuteur, est spécialisé dans l'économie de la construction et le développement des filières innovantes. Au quotidien je suis principalement en contact avec Michel et Stéphane pour me guider dans mon sujet, mais d'autres collègues peuvent m'aider, tout comme d'autres professionnels dans le milieu de la construction durable.

3. Exigences RE2020 et label Bâtiment Biosourcé

3.1 Exigences RE2020

Les indicateurs RE2020 sont plafonnés par des exigences : des valeurs seuil maximums à ne pas dépasser. Le calcul RE2020 vérifie donc que chaque indicateur du projet est bien inférieur à son exigence. Il est important de noter que ces valeurs maximums sont pondérées par différents coefficients de modulation. Ces coefficients permettent de prendre en compte les contraintes de chaque bâtiment. Les différentes exigences pour chaque indicateur sont détaillées ci-dessous.

3.1.1 Le coefficient du besoin bioclimatique : Bbio_max

L'exigence sur l'indicateur Bbio se calcule ainsi :

$$Bbiomax = Bbio_maxmoyen \times (1 + Mbgéo + Mbcombles + Mbsurf_moy + Mbsurf_tot + Mbbruit)$$

Avec Mbgéo, Mbcombles, Mbsurf_moy, Mbsurf_tot et Mb_bruit les différents coefficients de modulation. Ils ne sont pas détaillés dans cette annexe, mais peuvent être consultés dans le guide RE2020 [1].

Les valeurs seuils de Bbio_max_moyen sont détaillées ci-dessous (Figure 6) :

Usage de la partie de bâtiment	Valeur de Bbio_maxmoyen
Maisons individuelles ou accolées	63 points
Logements collectifs	65 points
Bureaux	95 points
Enseignement primaire et secondaire	68 points

Figure 6: Exigences sur Bbio

3.1.2 Le coefficient d'énergie primaire Cep_max et le coefficient d'énergie primaire non renouvelable : Cep,nr_max

De la même manière que pour Bbio, Cep_max et Cep,nr_max sont calculés ainsi :

$$Cep,nr_max = Cep,nr_maxmoyen \times (1 + Mcgéo + Mccombles + Mcsurf_moy + Mcsurf_tot + Mccat)$$

$$Cep_max = Cep_maxmoyen \times (1 + Mcgéo + Mccombles + Mcsurf_moy + Mcsurf_tot + Mccat)$$

1 Guide RE2020-réglementation environnementale ; écologie.gouv, 2024:

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf

Les valeurs seuils de Cep_max_moyen et Cep,nr_max_moyen sont détaillées ci-dessous (Figure 7):

Usage de la partie de bâtiment	Valeur de Cep,nr_maxmoyen	Valeur de Cep_maxmoyen
Maisons individuelles ou accolées	55 kWhep/(m ² .an)	75 kWhep/(m ² .an)
Logements collectifs	70 kWhep/(m ² .an)	85 kWhep/(m ² .an)
Bureaux	75 kWhep/(m ² .an)	85 kWhep/(m ² .an)
Enseignement primaire	65 kWhep/(m ² .an)	72 kWhep/(m ² .an)
Enseignement secondaire	63 kWhep/(m ² .an)	72 kWhep/(m ² .an)

Figure 7: Exigences sur Cep et Cep,nr

3.1.3 L'indicateur Ic_énergie_max

De la même manière que pour Bbio, Cep et Cep,nr, Ic_énergie_max est calculé ainsi :

Icénergie_max

$$= Ic_{\text{énergie_maxmoyen}} \times (1 + M_{\text{cgéo}} + M_{\text{ccombles}} + M_{\text{c surf_moy}} + M_{\text{c surf_tot}} + M_{\text{ccat}})$$

Les valeurs seuils sont détaillées ci-dessous (Figure 8) :

Usage de la partie de bâtiment et énergie utilisée	Valeur de Ic_énergie_maxmoyen		
	Année 2022 à 2024	Années 2025 à 2027	A partir de l'année 2028
Maisons individuelles ou accolées raccordées à un réseau de chaleur urbain	200 kq éq. CO2/ m2	200 kq éq. CO2/ m2	160 kq éq. CO2/ m2
Maisons individuelles ou accolées-autres cas	160 kq éq. CO2/ m2	160 kq éq. CO2/ m2	160 kq éq. CO2/ m2
Logements collectifs raccordés à un réseau de chaleur urbain	560 kq éq. CO2/ m2	320 kq éq. CO2/ m	260 kq éq. CO2/ m2
Logements collectifs-autres cas	560 kq éq. CO2/ m2	260 kq éq. CO2/ m2	260 kq éq. CO2/ m2
Bureaux raccordés à un réseau de chaleur urbain	280 kg éq. CO2/ m2	200 kg éq. CO2/ m2	200 kg éq. CO2/ m2
Bureaux-autres cas	200 kg éq. CO2/ m2	200 kg éq. CO2/ m2	200 kg éq. CO2/ m2
Enseignement primaire ou secondaire raccordés à un réseau de chaleur urbain	240 kg éq. CO2/ m2	200 kg éq. CO2/ m	140 kg éq. CO2/ m2
Enseignement primaire ou secondaire-autres cas	240 kg éq. CO2/ m2	140 kg éq. CO2/ m2	140 kg éq. CO2/ m2

Figure 8: Exigences sur Ic_énergie

3.1.4 L'indicateur Ic_construction_max

De la même manière que pour Bbio, Cep, Cep,nr, et Ic_énergie, Ic_construction_max est calculé ainsi :

Icconstruction_max

$$= Ic_{\text{construction_maxmoyen}} \times (1 + M_{\text{icombles}} + M_{\text{isurf}}) + M_{\text{infra}} + M_{\text{ivrd}} + M_{\text{igéo}} + M_{\text{ipv}} + M_{\text{ided}}$$

Les valeurs seuils sont détaillées ci-dessous (Figure 9) :

Usage de la partie de bâtiment	Valeur de $I_{c,construction_maxmoyen}$			
	2022 à 2024	2024 à 2027	2028 à 2030	À partir de 2031
Maisons individuelles ou accolées	640 kq éq. CO ₂ /m ²	530 kq éq. CO ₂ /m ²	475 kq éq. CO ₂ /m ²	415 kq éq. CO ₂ /m ²
Logements collectifs	740 kq éq. CO ₂ /m ²	650 kq éq. CO ₂ /m ²	580 kq éq. CO ₂ /m ²	490 kq éq. CO ₂ /m ²
Bureaux	980 kq éq. CO ₂ /m ²	810 kq éq. CO ₂ /m ²	710 kq éq. CO ₂ /m ²	600 kq éq. CO ₂ /m ²
Enseignement primaire ou secondaire	900 kq éq. CO ₂ /m ²	770 kq éq. CO ₂ /m ²	680 kq éq. CO ₂ /m ²	590 kq éq. CO ₂ /m ²

Figure 9: Exigences sur $I_{c,construction}$

3.1.5 Le degré-heure (DH)

Les exigences sur le degré-heure sont plus simples à appréhender, il s'agit d'échelons sur lesquels se place la valeur du projet. Le DH_max dépend de la typologie bâtie, et ne sera pas développé dans cette annexe, mais il est possible de se référer au guide RE2020 si besoin d'informations complémentaires [2]. A titre d'exemple, le DH_max pour une maison individuelle sans contrainte extérieure est de 1250 °C.h.

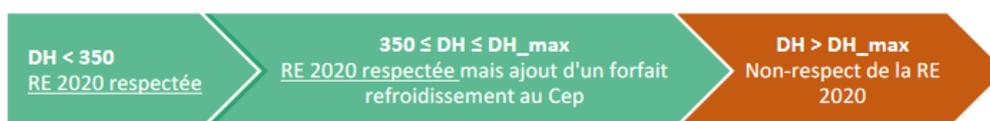


Figure 10: Frise explicative de l'indicateur de confort RE2020

3.2 Evolution de la RE2020 : pour aller plus loin : le Plan Bâtiment Durable

En 2021, une large concertation voit le jour pour dessiner les premiers contours d'un label d'Etat accompagnant la RE2020 (et allant plus loin que celle-ci sur les niveaux d'exigence).

D'un label d'Etat à un cadre commun co-construit : par lettre de mission datée du 7 octobre 2020, Emmanuelle Wargon, ministre déléguée auprès de la Ministre de la Transition écologique, chargée du Logement, missionnait Philippe Pelletier, Président du Plan Bâtiment Durable, pour animer des travaux devant conduire à l'élaboration du futur label développé en complément de la RE2020. Lors de la première étape de concertation, les acteurs de la filière ont souligné la complexité des travaux à mener dans un calendrier contraint ; rendant difficile une approche via un label unique. Notamment, les trois associations - Alliance HQE-GBC, Collectif des Démarches Quartiers Bâtiments Durables et Collectif Effinergie - ont, à travers le Groupement d'Intérêt Ecologique, proposé d'engager des travaux sur une démarche souple et progressive à travers la construction d'un cadre commun de référence appelée Cap 2030 [3]. Il vise à élargir l'actuel champ réglementaire de la RE2020 à d'autres aspects environnementaux au-delà de l'énergie et du carbone. Le but est de préparer la réglementation qui succèdera à la RE2020. Les acteurs de la filière ont été invités à s'inscrire au sein de 9 groupes de travail thématiques qui ont démarré leurs travaux en septembre 2023 :

3.2.1 Des groupes de travail aux thématiques variées

GT 1 : **Neutralité carbone** : Avoir des seuils plus exigeants et qualitatifs sur les calculs carbone dans le but d'atteindre la neutralité.

2 Guide RE2020-réglementation environnementale ; écologie.gouv, 2024:

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf

3 Dossier de presse : CAP2030 : un cadre commun de référence pour les bâtiments de demain ; Gouvernement, 2024 :

[file:///C:/Users/leonie.dujardin/Downloads/dossier_de_presse_-_](file:///C:/Users/leonie.dujardin/Downloads/dossier_de_presse_-_cap2030_un_cadre_commun_de_reference_pour_les_batiments_de_demain.pdf)

[_cap2030_un_cadre_commun_de_reference_pour_les_batiments_de_demain.pdf](file:///C:/Users/leonie.dujardin/Downloads/dossier_de_presse_-_cap2030_un_cadre_commun_de_reference_pour_les_batiments_de_demain.pdf)

GT 2 : **Mesurer les performances** : Obtenir de meilleures corrélations entre performances théoriques calculées en phase conception et évaluation en phase d'exploitation par des prises de mesure concrètes sur terrain : 1^{ère} étape sur les exigences de perméabilité à l'air.

GT 3 : **Energie et coopération avec les réseaux** : Avoir une réflexion à l'échelle plus large que le bâtiment (minimum quartier) pour intégrer les sujets d'autoconsommation collective, d'échange d'énergies, prise en compte de la mobilité : Création d'un indicateur BEPOS à l'échelle bâtiment et indicateur sur lien bâtiment/mobilité.

GT 4 : **Qualité de l'environnement intérieur** : Améliorer la santé et le bien-être des occupants : créer des indicateurs sur l'environnement thermique, qualité air intérieur, environnement acoustique, environnement lumineux. Se baser sur ce qui existe déjà comme labels: normes HQE, référentiels OQAI, Alliance HQE-GBC, ALDREN-TRAIL, PROFEEL.

GT 5 : **Gestion durable de l'eau** : repenser la conception et l'exploitation des constructions de demain en faveur d'une réduction de l'empreinte eau : prise en compte des eaux pluviales sur la parcelle.

GT 6 : **Economie circulaire** : définition de premiers indicateurs de flux de matière des opérations, sur l'analyse d'indicateurs de circularité à l'échelle produits ainsi qu'à l'échelle ouvrage, et sur l'intégration de notions d'évolutivité dans les opérations en vue d'un allongement de la durée d'usage.

GT 7 : **Biodiversité** : S'assurer, à travers un indicateur d'engagement de moyens, que les acteurs de la construction et de l'aménagement connaissent l'état initial de leur projet et l'intègrent dans leurs réflexions. Mesurer de façon performancielle le potentiel biodiversité des projets sur la biodiversité : calcul d'un Coefficient Biotope Surfaique harmonisé (CBS harmonisé) avant et après projet. Valoriser les bonnes pratiques à travers un indicateur bonus qui considère toutes les actions bénéfiques à la biodiversité.

GT 8 : **Adaptation au changement climatique** : Prendre en compte l'évolution du climat et l'exposition aux différents aléas dans les études de conception, considérer le confort d'été comme un enjeu majeur des programmes neufs, organiser une montée en compétence globale de la filière sur les sujets relatifs à la résilience des bâtiments : 1^{ère} étape : élaboration d'une grille d'analyse des risques et un diagnostic de vulnérabilité, travaux préparatoires pour préfigurer le lien entre inconfort thermique et impact sanitaire.

GT transverse : **Low-tech** : Sobriété au travers de l'écoconception des systèmes ou des fonctions, en minimisant à la fois le besoin en énergie et en ressources : rédaction d'une note de cadrage « Low tech ».

L'objectif était de disposer d'éléments début 2024. Ces premiers livrables ont été soumis à une large concertation afin de permettre de lancer une expérimentation sur de premiers projets [4].

3.2.2 Le livrable GT1 : vérification ACV bâtiment

Dans le cadre de ce mémoire et particulièrement pour l'étude du projet de maison passive en troisième partie, l'outil de vérification de l'ACV d'un bâtiment s'avère pertinent à utiliser, de manière à étayer mes propres vérifications effectuées. L'Excel de complétude est joint à l'annexe, et les principaux résultats sont montrés en partie 12.3.4 Résultats de complétude ACV.

3.3 Exigences label Bâtiment biosourcé

Le label comporte trois niveaux de performance : 1^{er} niveau 2024, 2^e niveau 2024, 3^e niveau 2024. La quantité minimale de carbone biogénique stocké dépend de l'usage principal auquel le bâtiment est destiné. Chaque niveau du label requiert que le bâtiment incorpore des produits de construction biosourcés contenant une quantité minimale de carbone biogénique stocké par unité de surface, exprimée en kgC/m² de surface de référence. La surface de référence est celle utilisée en RE2020 : la SHAB. Les produits de construction sont divisés en huit fonctions, qui sont les rôles des produits de construction biosourcés mis en œuvre dans le bâtiment :

- Structure, maçonnerie, gros œuvre, charpente.
- Façade.

4 Une dynamique collective, innovante et vertueuse pour aller au-delà de la RE2020 ; Ministère de l'aménagement du territoire et de la décentralisation, Plan Bâtiment Durable, 2023 : <https://www.planbatimentdurable.developpement-durable.gouv.fr/presentation-generale-a1641.html>

- Couverture, étanchéité.
- Menuiseries intérieures et extérieures, fermetures.
- Isolation.
- Cloisonnement, plafonds suspendus.
- Revêtements des sols et murs, peintures, produits de décoration.
- Produits de préparation et de mise en œuvre.

Le niveau 1 est atteint lorsque la mise en œuvre des produits de construction biosourcés remplit au moins deux fonctions différentes. Le niveau 2 est atteint lorsque la mise en œuvre de produits de construction biosourcés remplit au moins deux fonctions différentes dont l'isolation, et le niveau 3 lorsqu'au moins trois fonctions différentes sont remplies, dont l'isolation. La quantité de carbone biogénique stocké minimale en fonction du niveau d'exigence est fixée dans ce tableau [5] (Figure 11) :

TYPE D'USAGE PRINCIPAL	Quantité de carbone biogénique stocké par unité de surface pour atteindre les niveaux du label « bâtiment biosourcé » (kg de carbone/m ² de surface de référence)		
	1er niveau 2024	2e niveau 2024	3e niveau 2024
Bâtiment d'habitation	15	25	45
Industrie, stockage, service de transport	4	6	9
Autres usages (entendu comme autre que les deux précédentes)	12	20	36

Figure 11: Exigences label Bâtiment Biosourcé

4. Approfondissement du label PassivHaus

4.1 Mise en œuvre

La **bonne mise en œuvre des systèmes** est primordiale pour garantir leurs capacités thermiques. Entre autres, cela assure l'étanchéité du bâtiment, limite les ponts thermiques, assure le renouvellement d'air requis. Enfin, le bâtiment passif se base sur le principe d'**inertie séquentielle des parois** : le bâtiment est impacté par des moyennes de température sur la durée, et non par des pics ponctuels de température. Cela diffère du principe de déphasage.

Rappel : L'inertie thermique d'un corps est la capacité d'un matériau à emmagasiner de la chaleur (ou du froid) pour le restituer ensuite progressivement. Plus un matériau est lourd et compact, plus il a une inertie thermique importante. Ainsi, une maison à ossature bois, si l'on n'y intègre pas des matériaux lourds, aura une inertie thermique très faible, ce qui peut vite devenir inconfortable et peu économe en énergie. Le déphasage est la capacité à différer les variations de température. Il est donc lié à l'inertie thermique des matériaux mises en œuvre et au type d'isolation (intérieur/extérieur et épaisseur d'isolant). Le déphasage peut ainsi être de quelques minutes en « lissant » les apports solaires (nuage/éclaircie) pour éviter les à-coups du chauffage. Mais il peut aller jusqu'à plusieurs heures, notamment en été où les murs vont emmagasiner le froid de la nuit pour le restituer tout au long de la journée et éviter que le bâtiment ne monte trop en température [6].

4.2 Périmètre d'étude

Le bureau d'étude Energelio [7] souligne que le périmètre d'étude de la RE2020 comprend : Chauffage, Refroidissement, ECS, Eclairage, Auxiliaires de distribution, Ventilation, Parking, Circulations, Ascenseurs, tandis

5 Arrêté du 2 juillet relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label prévu à l'article D.171-6 du code de la construction et de l'habitation ; République Française, 2024 : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCATA000049880772>

6 Inertie thermique et déphasage ; Conseils-thermiques.org, ND : https://conseils-thermiques.org/contenu/inertie_et_dephasage.php

7 Comparatif entre le standard passif et RE2020 ; La Maison du Passif, 2022 : <https://lamaisondupassif.fr/le-passif-comparatif-re2020/>

que le périmètre d'étude PassivHaus ajoute en plus de ces catégories l'électroménager et tous les appareils électriques au sein du projet, ce qui en fait un calcul des consommations beaucoup plus complet et précis.

4.3 Valeurs du passif et résultats

Le label PassivHaus cherche à économiser le plus possible l'énergie, en consommer le moins possible, plutôt que de proposer des systèmes de production avec énergies renouvelables : la meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas. C'est aussi une doctrine du label BBC. Ainsi, le label PassivHaus réduit en moyenne par 10 les consommations de chauffage d'un bâtiment par rapport à un bâtiment réglementaire.

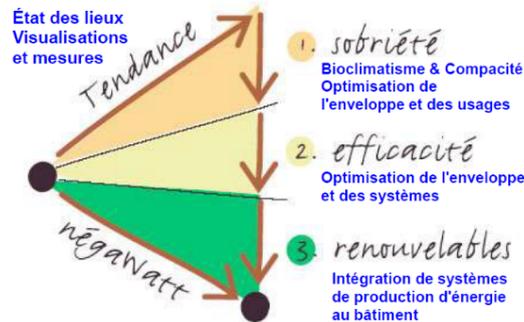


Figure 12: Schéma des valeurs PassivHaus

Sur le détail des résultats, il faut savoir que le calcul passif avec le PHPP est un calcul global à l'échelle du bâtiment. Il ne peut pas y avoir de détail sur les performances pièce par pièce, contrairement à un calcul STD (qui peut être type RE2020.) Cependant les hypothèses et données d'entrée sont beaucoup plus précises et spécifiques avec le PHPP (choix des systèmes consommateurs d'énergie notamment, données météo etc.).

5. Evolution entre RT2012 et RE2020 et impact sur PassivHaus

5.1 Différence entre RT 2012 et RE2020

La RE2020 révisé ses indicateurs, ses exigences et certaines hypothèses de départ depuis la RT 2012. De manière très synthétique, quelques points principaux sont à retenir :

Volet Energie : Prise en compte de 3 usages supplémentaires dans le calcul des consommations énergétiques (en plus de chauffage, refroidissement, ECS, éclairage, ventilation et auxiliaires :

1. Eclairage/ventilation des parkings
2. Eclairage des circulations en collectif
3. Electricité ascenseurs/escalators

Volet Confort d'été : Passage de l'indicateur Tic au DH = contrôle des surchauffes VS limitation des heures d'inconfort.

Volet Carbone : Ajout de deux indicateurs carbone Ic_énergie et Ic_construction

Certaines **hypothèses de départ** diffèrent aussi dans la méthode de calcul. Un changement notable est la modification de la surface de référence, passant de SHON RT à SHAB. La SHAB exclue notamment certaines surfaces prises en compte en SHON RT, comme les épaisseurs des murs extérieurs, les gainages techniques, les escaliers et ascenseurs, et les circulations communes dans le collectif. En revanche, elle inclue d'autres surfaces qui n'étaient pas référencées en SHON RT : les placards de plus de 1,8m de haut, les buanderies et celliers intérieurs chauffés, et les dégagements et couloirs intérieurs privés.

La maison du Passif met à disposition sur son site internet un premier document qui compare en détail la RT2012 avec le label PassivHaus :

- Une première partie compare les données projetées lors de la conception des projets, à des résultats mesurés pendant l'exploitation du bâtiment (en termes de consommations d'énergies, températures,

carbone etc.). La conclusion est que les critères passifs sont respectés, voire sont plus performants que sur les projections théoriques.

- Une seconde partie compare les exigences PassivHaus avec RT2012 et Effinergie, BEPOS-énergie.

La démarche de l'étude vise à analyser des bâtiments passifs en exploitation, et les contraindre aux exigences standard RT2012 pour comparer les performances selon calcul PHPP (passif) et THBCE (RT2012). Un bâtiment résidentiel individuel, un bâtiment résidentiel collectif, et un bâtiment tertiaire type bureaux sont étudiés. Ces exemples sont ensuite comparés avec des échantillons de la base de données des bâtiments passifs et de la base de données des bâtiments BBC. La conclusion principale à tirer de cette étude est **que la consommation en énergie primaire des bâtiments passifs est 1.5 à 2 fois plus faible que les bâtiments standards de la RT2012** [8]. Il en ressort en outre que sans avoir de critère sur l'aspect carbone, le label PassivHaus est compatible avec des techniques constructives sobres en CO₂ et en énergie grise. Cette combinaison est intéressante pour proposer une approche plus globale des enjeux environnementaux dans la construction neuve. Ce travail date cependant de 2015 et ne prend donc pas en compte toutes les avancées françaises (la plus importante étant la RE2020 mais aussi les labels bas-carbone) qui ont vu le jour depuis. De plus il a été rédigé par l'association La Maison du Passif dans le but de promouvoir le label PassivHaus. L'évaluation est donc assez orientée et subjective.

5.2 Comparaison des critères RT 2012, RE 2020 et passifs sur des projets réels

En complément de ce document, le 6 janvier 2022, au lendemain de l'entrée en vigueur de la RE2020, l'association propose un webinaire pour comparer les critères PassivHaus et RE2020, et leur évolution par rapport à la RT2012 [9] L'étude est menée par le bureau d'étude Energelio sur leurs propres projets, spécialisés dans la conception et le suivi énergétique des bâtiments passifs et environnementaux, neufs ou réhabilités.

Une première analyse sur la conception de leurs bâtiments passifs permet d'affirmer qu'ils opèrent peu de changement dans les principes constructifs entre un bâtiment passif construit sous la RT 2012 et un bâtiment passif sous RE2020. Les systèmes constructifs utilisés restent les mêmes, majoritairement en béton avec peu de biosourcé. Les systèmes énergétiques restent classiques avec de l'effet Joule, des pompes à chaleur ainsi que des récupérateurs sur eaux grises. Les projets mettent donc l'accent sur la sobriété énergétique, mais l'impact environnemental et carbone est peu pris en compte jusqu'à maintenant. C'est un type d'approche du passif, qui n'est pas suivi par l'ensemble des acteurs de ce milieu en France, puisque l'on a 68% des projets certifiés passifs dans le pays qui sont construits en bois ou en système mixte avec du bois. Cette proportion se retrouve majoritairement dans les maisons individuelles, en raison des coûts et techniques de construction plus appropriables à cette échelle.

L'attention est portée sur le changement majeur entre RT2012, expérimentation E+C- et RE2020 : la prise en compte de l'impact carbone, évalué au travers de l'analyse de cycle de vie, qui passe d'un calcul statique dans l'expérimentation E+C-, à un calcul dynamique simplifié avec la RE2020. Cette évolution permet de prendre en compte l'impact carbone durant la durée d'exploitation du bâtiment, et non seulement lors de sa construction. Pour l'évaluation des indicateurs, il faut noter que la RE2020 prévoit plusieurs seuils d'adaptation à la réglementation : 2022, 2025, 2028, 2031. Le premier seuil 2022 est peu exigeant, ce qui permet aux acteurs de se familiariser avec la réglementation. La volonté du gouvernement est de laisser le temps aux entreprises et maîtres d'ouvrage de s'adapter et de monter en compétences. Les critères deviennent plus exigeants en 2025, 2028, puis 2031. En fonction de ces caps, l'utilisation de certains matériaux et énergies sera de plus en plus restreinte. L'analyse montre aussi que les maisons individuelles neuves auront des exigences plus strictes que les autres constructions, en se voyant exclure l'utilisation des énergies fossiles dès 2025.

Les questionnements se tournent vers les exigences de l'indicateur Cep nr, en fonction des systèmes énergétiques choisis par le bureau d'étude. L'indicateur carbone I_c_construction pose aussi question : le passif utilisant notamment plus d'isolant et de vitrages, les quantités de matières supplémentaires risquent d'avoir un impact sur les résultats, d'autant plus que Energelio prend le parti de ne pas (ou peu) utiliser de matériaux biosourcés dans la

8 Performance Énergétique Mesurée et Comparée des Bâtiments Passifs ; La Maison du Passif, 2015 : https://lamaisondupassif.fr/wp-content/uploads/2023/03/Rapport_PerfNRJMesureePassif_200415_compressed.pdf

9 Comparatif entre le standard passif et RE2020 ; La Maison du Passif, 2022 : <https://lamaisondupassif.fr/le-passif-comparatif-re2020/>

construction des projets. Afin de vérifier ces hypothèses, Energelio a comparé deux bâtiments résidentiels collectifs : un bâtiment passif, et un classé Effinergie+, non passif mais avec une conception biosourcée. Le tableau ci-dessous (Figure 13) récapitule les résultats des seuils RE2020 sur ces deux bâtiments :

	Bâtiment passif (réglementaire RT2012)	Bâtiment Effinergie+
Nombre de logements	30	43
Nombre d'étages	R+3	R+5
Matériaux	Béton structurel, parement brique et ITE laine de roche	MOB, planchers bois, noyau central+ dalle RDC béton
Systèmes énergétiques	Chauffage électrique, PAC collective, Récupération de chaleur sur eaux grises	RCU (80% ENR géothermique), ECS avec échangeur à plaques et ballon de stockage
Cep		
Cep, nr		
Ic construction		
Ic Energie		
Bbio		
DH		

Légende : Non réglementaire Réglementaire Réglementaire très performant

Figure 13: Tableau de synthèse des résultats de performances RE2020 de bâtiments passifs RT2012 et Effinergie+

Le bâtiment passif n'est pas réglementaire sur les indicateurs Cep et Cep,nr en raison de l'utilisation d'un système de chauffage à effet Joule. Si ce même système de chauffage est implanté dans le bâtiment Effinergie+, les indicateurs Cep et Cep,nr de ce dernier deviennent non conformes et beaucoup moins performants que celui du bâtiment passif. En revanche en installant une pompe à chaleur dans les deux bâtiments, les indicateurs sont validés pour tous.

Remarque : L'indicateur Cep est donc assez restrictif envers les systèmes de chauffage utilisant de l'électricité. Pour l'indicateur Cep,nr, l'enjeu est de valoriser toute démarche mettant en place des énergies renouvelables. Ces indicateurs sont donc moins dans une démarche de sobriété énergétique que dans une valorisation de l'énergie renouvelable, au contraire du critère passif qui vise à réduire le plus possible les consommations.

Quelques observations sont notables :

- Le projet passif est très performant sur le critère Bbio, plus que le bâtiment Effinergie+.
- De la même manière le bâtiment passif est bien plus performant en termes de confort d'été que le seuil RE2020 ne le demande.
- Tous les projets sont conformes aux seuils réglementaires 2022 de l'indicateur Ic construction. En revanche le projet passif en tout béton ne passe pas le seuil 2025. Il faut donc revoir les techniques constructives et les matériaux utilisés, en utilisant plus de biosourcé pour être réglementaire sur les futurs seuils.
- L'indicateur Ic énergie est très peu restrictif, et tous les projets sont en dessous du seuil et des seuils à venir, sauf pour un système utilisant exclusivement du gaz, qui ne passe pas le seuil 2025.

Cette comparaison entre les deux bâtiments est donnée à titre indicatif mais reste critiquable puisque les deux projets sont localisés dans des régions différentes, les données météo d'entrée ne sont donc pas les mêmes. Une seconde étude a été réalisée sur une maison individuelle passive. Les performances de cette maison ont été analytiquement dégradées de manière à atteindre le seuil limite RE2020 ainsi que celui RT2012. De cette manière, le fichier météo est le même pour les trois calculs. Le tableau ci-dessous (Figure 14) récapitule les résultats RE2020:

	Maison Passive RT2012	Maison RE2020	Maison RE2020	Maison RT2012
Matériau de construction	Béton	Béton	Béton	Béton
Systèmes énergétiques	Effet Joule + ballon thermodynamique	PAC + ballon thermodynamique	Poêle à bois + ballon thermodynamique	PAC + ballon thermodynamique
Cep				
Cep, nr				
Ic_construction				
Ic_énergie				
Bbio				
DH				

Légende : Non réglementaire Réglementaire Réglementaire très performant

Figure 14: Tableau de synthèse des résultats de performances RE2020 d'une maison individuelle selon différents choix de conception

Ici encore, la maison passive ne passe pas les seuils Cep et Cep,nr en raison de l'utilisation d'un système d'énergie fossile à effet Joule. En revanche tous les autres critères sont vérifiés, avec les critères Bbio et DH qui montrent des résultats bien plus performants que les seuils réglementaires. La mise en place d'un poêle à bois est valorisé avec l'indicateur Cep,nr. Enfin, un bâtiment conforme à la RT2012 ne passe pas la moitié des critères : Cep,nr, Ic_construction et Bbio. Ces résultats ne sont pas surprenants puisque la conclusion précédente était entre autres le caractère peu restrictif des indicateurs DH et Ic_énergie. Au final, les constructions passives étudiées ont des besoins énergétiques inférieurs aux limites réglementaires. La problématique de ces constructions est leur impact environnemental, mais les premiers seuils des indicateurs RE2020 étant peu restrictifs, le défi est moindre. Le passif travaille donc chronologiquement et graduellement sur la sobriété énergétique en premier lieu, puis sur l'efficacité énergétique, et enfin sur la sobriété carbone.

6. Détail sur des méthodes de calcul différentes spécifiques entre RE2020 et

PassivHaus

Cette annexe permet de décrire plus précisément certains indicateurs ou hypothèses de départ communes entre RE2020 et PassivHaus, Le but est de montrer que la différence dans les entrées de ces hypothèses ainsi que dans les méthodes de calcul peuvent engendrer de grands écarts dans les résultats de performance. Il faut donc porter un regard critique et éclairé sur les résultats finaux, en prenant en compte ces hypothèses de départ. Les deux critères présentés ci-dessous sont les plus notoires, et leur différence de méthode entre PHPP RE2020 m'a régulièrement été pointée du doigt au cours de discussions avec des acteurs du passifs pendant ma période de stage, j'ai donc décidé de m'y intéresser de plus près.

6.1 Surfaces de références PassivHaus et RE2020

RE2020 : La surface de référence (Sref) pour les calculs RE2020 est appelée SHAB ou SU en fonction de l'usage du bâtiment. La SHAB : surface habitable, est utilisée pour un bâtiment ou une partie de bâtiment à usage d'habitation. La SU : surface utile, est utilisée pour les autres bâtiments, ou autres parties du bâtiment. Elle est déterminée de manière similaire à la SHAB ci-dessus mais pour les usages non résidentiels.

PassivHaus : La valeur de référence de calcul de l'énergie (Surface de Référence Énergétique), est la surface habitable nette à l'intérieur de l'enveloppe thermique du bâtiment définie selon le code de la construction [10].

10 Critères pour la labellisation Bâtiment passif, Enerphit et Base ; La Maison Du Passif, 2019 : <https://lamaisondupassif.fr/wp-content/uploads/2023/03/CriteresDeCertification-mai-2021.pdf>

Comparaison des deux méthodes : La SRE (PHPP) est plus inclusive que la SHAB (RE2020). Elle considère toute surface incluse dans l'enveloppe thermique du bâtiment, chauffée à une température supérieure à 12°C ou refroidie en dessous de 30°C, même si ces surfaces ne sont pas destinées à l'habitation proprement dite. De plus, elle prend en compte des interactions thermiques globales et pondère les surfaces selon leur rôle énergétique. En revanche, la SHAB exclut strictement les surfaces non habitables et non aménagées. En excluant ces surfaces, la méthode RE2020 peut introduire des variations dues aux interprétations locales ou spécifiques, ce qui peut affecter la cohérence des calculs. Cette différence de méthode reflète deux approches différentes :

- La SHAB se concentre sur l'usage habitable et l'aspect réglementaire de l'espace.
- La SRE s'intéresse davantage à l'impact thermique global de l'enveloppe du bâtiment.

La SRE est plus englobante que la SHAB, c'est-à-dire qu'elle englobe toutes les surfaces considérées dans la SHAB et en ajoute d'autres. Voici un tableau (Figure 15) qui synthétise les surfaces exclues en SHAB mais incluses en SRE :

	SRE PassivHaus	SHAB RE2020
Surfaces < 1.8m de haut	Si elles font partie de l'espace chauffé et thermiquement utile.	
Combles et sous-sols aménageables mais non aménagés	Si elles sont dans l'enveloppe thermique du bâtiment.	Tant qu'elles ne sont pas aménagées.
Surface au sol des murs, cloisons, gaines, cages d'escalier	Si situés dans des volumes chauffés.	
Surfaces techniques	Si intégrées à l'espace chauffé et contribuant au fonctionnement du bâtiment.	Tant que ce n'est pas destiné à l'habitation.
Locaux annexes/dépendances	Si chauffées ou thermiquement connectées au bâtiment principal.	Sauf si directement intégrés à l'habitation.
Toits terrasses, balcons, loggias, vérandas non chauffées	Si thermiquement isolées et/ou chauffées	
Stationnements	Si incluses dans enveloppe thermique chauffée.	

Légende : Exclu dans la Sref Inclus dans la Sref

Figure 15: tableau de synthèse des surfaces exclues en SHAB mais incluses en SRE

Ci-dessous deux schémas (Figure 16) d'une coupe d'un bâtiment. Les surfaces en vert désignent les surfaces de planchers incluses dans les surfaces de référence pour chaque méthode, et en rouge celles exclues : à gauche selon la SHAB et à droite selon la SRE.

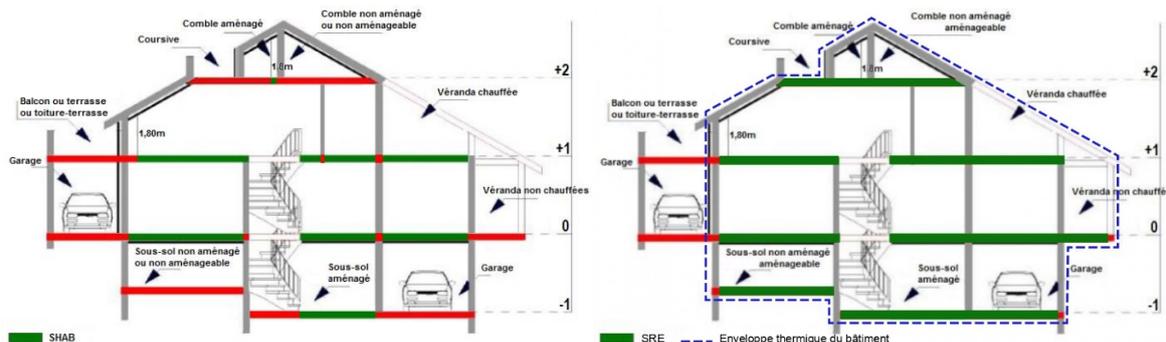


Figure 16: Coupes schématiques de la surface de référence selon RE2020 (à gauche) et PassivHaus (à droite)

Pour simplifier des calculs de comparaison entre RE2020 et PassivHaus, il est possible d'établir un facteur de conversion approximatif. **Un facteur moyen de de 1.2 peut être utilisé comme point de départ pour convertir la SHAB en SRE, mais il doit être ajusté selon les caractéristiques du bâtiment et son enveloppe thermique [11].**
 $SRE \sim 1,2 * SHAB$

6.2 La méthode de calcul de l'étanchéité à l'air

Le calcul de l'étanchéité à l'air est réalisé de manière différente entre les deux démarches. Le label utilise l'indicateur n50 alors que la RE2020 se base sur l'indicateur Q4. C'est une différence notable : la France est le seul pays à utiliser cet indicateur. Par comparatif, les seuils n50 du label sont environ 3-4 fois plus exigeants (cela varie en fonction des typologies et du bâtiment étudié) que ceux requis dans la RE2020 avec Q4.

L'étanchéité à l'air des bâtiments est un critère primordial d'une bonne performance du bâtiment. Les études PHPP permettent de montrer que les bâtiments passifs sont très en avance par rapport aux exigences RE2020 sur les tests d'étanchéité à l'air. La bonne mise en œuvre de l'étanchéité d'un bâtiment joue en outre énormément sur les performances réelles en phase d'exploitation. Les calculs prennent-ils en compte la marge d'erreur de la mise en œuvre ? Le but est de comprendre la méthode de calcul théorique de ces indicateurs n50 (PHPP) et q4 (RE2020), de les comparer afin d'en tirer des conclusions sur les avantages et inconvénients des deux méthodes de calcul.

Remarques sur la méthode de calcul de perméabilité à l'air par la Maison du Passif (réunion visio) :

- Le frein vapeur est obligatoire, pas le pare-vapeur (ex une cloison OSB peut servir de frein vapeur dans le passif, sans être un pare-vapeur). Ce qu'il est important de respecter c'est le critère : $Sd = 5 \text{ fois} >$ à l'intérieur qu'à l'extérieur
- En passif, la perméabilité à l'air est mesurée en dépression ET en surpression (contrairement à la RE2020 qui mesure l'un ou l'autre).
- Il existe une formule mathématique pour convertir le n50 en Q4 (à chercher).
- Le test d'étanchéité à l'air peut être effectué par échantillonnage en RE2020, pas en passif.

Le calcul PHPP est effectué en divisant le débit de fuite par le volume intérieur du bâtiment. Ce volume intérieur suit l'ancienne norme allemande : volume pièce par pièce c'est-à-dire sans le volume des murs ni des dalles.

7. Le label BBCA

Le label Bâtiment Bas Carbone (BBCA) atteste de l'exemplarité d'un bâtiment en matière d'empreinte carbone. Il concerne le bâtiment Neuf ou le bâtiment Rénové, et agit sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment : construction, exploitation, fin de vie. Sa première publication a eu lieu en 2016 [12]. Le périmètre d'action du label s'étend sur les **projets résidentiels collectifs, les bureaux et les bâtiments d'enseignement primaire et secondaire**. Il n'est donc pas développé dans le mémoire car ce dernier se focalise sur les maisons individuelles ou accolées. Cependant c'est un bon outil pour déterminer l'impact carbone d'un projet dans sa globalité.

7.1 Objectifs et critères

La RE2020 agissant sur le parc immobilier neuf, l'analyse se spécifie ici sur le label BBCA neuf. Trois critères principaux émergent de ce label :

- Réduire les émissions de GES sur le cycle de vie du bâtiment : cet objectif se basera sur la méthode d'analyse de cycle de vie, mise en place par la RE2020, dont les critères Impact Carbone (Ic) sont mesurés en kg éq. CO2.

11 Surfaces de référence, rapport du groupe d'expertise ; Bâtiment Energie-Carbone, 2019 : http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/ge11_surfaces_de_re_fe_rence_rapport_final.pdf

12 Label BBCA, Référentiel de labellisation des bâtiments neufs V4.1 ; batimentbas carbone.org, 2023 : https://www.batimentbas carbone.org/wp-content/uploads/2023/04/Referentiel_BBCA_Neuf_v4.1_Option_Contribution_Neutralite_v1.0_31.03.2023.pdf

- Stocker le carbone et Neutralité carbone : l'utilisation de matériaux biosourcés est une réponse à cet objectif, tout comme la préservation des sols et l'enjeu de non-artificialisation. Ces réponses seront valorisées par des seuils d'exigences dans ce label.
- Innovations pour le climat : l'économie circulaire, l'intensité des usages, et la maîtrise des consommations énergétiques réelles seront valorisées dans la démarche.

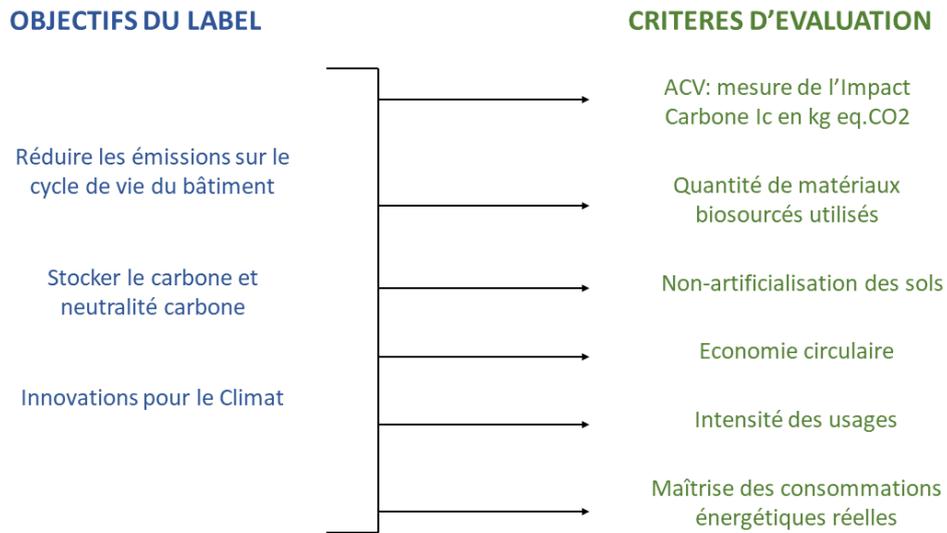


Figure 17: Objectifs et critères du label BBCA

7.2 Indicateurs du label

Le label se base en partie sur des indicateurs mis en place par la RE2020 et cherche à atteindre des seuils plus exigeants. De plus, il existe une option non obligatoire du label : la Contribution Neutralité, qui vise à promouvoir et atteindre la neutralité carbone prévue en 2050 dans le secteur du bâtiment. Les critères sont donc plus exigeants. En cohérence avec la méthode de la RE 2020, le référentiel BBCA tient compte de l'indicateur Ic Construction BBCA qui recouvre, selon la nomenclature RE 2020, les Impacts carbone liés à la Construction du bâtiment (Composants + Chantier). Il s'exprime en kg d'équivalent CO2 par m2 de Sréf (SHAB pour les bâtiments de résidentiel collectif et SU pour les autres cas).

De la même manière, le label calcule l'indicateur Ic Energie BBCA selon le référentiel RE2020, exprimé en kg d'équivalent CO2 par m2 de Sréf (SHAB pour les bâtiments de résidentiel collectif et SU pour les autres cas).

En addition à ces indicateurs carbone, Ic Projet BBCA est utilisé par le label pour mettre en avant les enjeux de la fin de vie, de la déconstruction préalable, de l'utilisation de l'eau et de l'artificialisation des sols. Il s'exprime en kg d'équivalent CO2 par m2 de surface de référence Sréf, et est calculé ainsi :

$$Ic_{Projet\ BBCA} = Ic_{Construction\ BBCA} + Ic_{Energie\ BBCA} + Ic_{Eau} + Ic_{Déconstruction} + Ic_{Sols} - Mi_{Correctif\ fin\ de\ vie}$$

Avec :

$Ic_{Construction\ BBCA}$ = Impacts carbone de l'Indicateur « construction »

$Ic_{Energie\ BBCA}$ = Impacts carbone de l'Indicateur « consommation d'énergie »

Ic_{Eau} = Impacts carbone de l'Indicateur « eau »

$Ic_{Déconstruction}$ = Impacts carbone de l'indicateur « déconstruction »

Ic_{sols} = Impacts carbone de l'Indicateur « artificialisation des sols »

$Mi_{Correctif\ fin\ de\ vie}$ = Correctif pour la fin de vie du gros-œuvre.

Les innovations pour le climat sont valorisée selon un système de points, donnés en fonction de la mise en place de certaines actions : de la déconstruction sélective in-situ plutôt qu'externalisée ; le réemploi de produits de construction et équipements (mesuré en kg/m2 ; le potentiel de mutualisation des espaces, calculé à partir du nombre de places de parking évitées grâce à la mutualisation des usages, et en prenant en compte la surface mutualisée et l'augmentation de durée d'utilisation permise ; le potentiel de changement d'usage mesurée selon l'élaboration du plan de transformation ; le potentiel d'extension, calculé en fonction du pourcentage

d'augmentation de la surface existante ; ou encore la mise en place de démarches de commissionnement, de sensibilisation ou de simulation énergétiques en phase conception.

7.3 Exigences du label

Le label comporte trois niveaux de performance : BBCA Standard, Performance, et Excellence, attribués en fonction du nombre de points accumulés sur les indicateurs. Un score final est calculé en fonction des performances obtenues sur l'indicateur Ic_projet et sur le cumul des points Innovation Climat. Le détail des calculs liés à l'attribution du score est développé ci-dessous :

7.3.1 L'indicateur Ic construction BBCA :

$$Ic_{\text{Construction BBCA max}} = Ic_{\text{Construction max moyen}} * (1 + Mi_{\text{surf}}) + Mi_{\text{géo}} + Mi_{\text{VRD}} + Mi_{\text{PV}} + Mi_{\text{Fondations spéciales}} + Mi_{\text{stationnement}} + Mi_{\text{surface d'agrément extérieur}} + Mi_{\text{DED}}^*$$

	Résidentiel collectif	Bureau	Enseignement primaire et secondaire
Ic Construction max moyen	580	710	680

Tableau 2 - Valeurs du coefficient Ic Construction max moyen (kg éq. CO₂/m² Séf)

Modulations RE 2020

Mi_{surf} = Modulation selon la surface de référence du bâtiment

Mi_{géo} = Modulation selon la localisation géographique (zone géographique et altitude) du bâtiment

Mi_{VRD} = Modulation selon l'impact de la voirie et des réseaux divers du bâtiment

Mi_{PV} = Modulation selon l'impact de l'installation de panneaux photovoltaïques pour un bâtiment

Mi_{DED} = Modulation selon l'impact des données environnementales par défaut et valeurs forfaitaires (Ic_{DED}) dans l'évaluation du bâtiment applicable aux bureaux et bâtiments d'enseignement primaire et secondaire. **Cette modulation ne peut s'appliquer dans le cas du résidentiel.**

Modulations BBCA V4.1

Mi_{Fondations spéciales} = Modulation selon l'impact des fondations du bâtiment

Mi_{stationnement} = Modulation selon la surface clos couverte affectée au stationnement de tout ordre du bâtiment

Mi_{surfaces d'agrément extérieur} = Modulation selon la surface d'agrément extérieur du bâtiment

Ic_{Titre V BBCA – Ouvrages particuliers} = Titre V BBCA dans le cas où le bâtiment le justifie

7.3.2 L'indicateur Ic énergie BBCA :

$$Ic_{\text{Energie BBCA max}} = Ic_{\text{Energie max moyen}} * (1 + Mc_{\text{géo}} + Mc_{\text{surf}_moy} + Mc_{\text{surf}_tot} + Mc_{\text{cat}})$$

	Résidentiel collectif	Bureau	Enseignement primaire et secondaire
Ic Energie max moyen	260*	200*	140*

Tableau 3 - Valeurs du coefficient Ic Energie max moyen (kg éq. CO₂/m² Sréf)

*Pour tout PC déposé avant le 31 décembre 2024, dans le cadre du recours à un réseau de chaleur urbain, le seuil à respecter est calculé avec une valeur Ic Energie max moyen de :

- Résidentiel collectif : 320 kg éq. CO₂/m² SHAB
- Bureau : 280 kg éq. CO₂/m² SU
- Enseignement primaire et secondaire : 200 kg éq. CO₂/m² SU

Modulations RE 2020

MC_{géo} = Modulation selon la localisation géographique (zone géographique et altitude) du bâtiment

MC_{surf_moy} = Modulation selon la surface moyenne des logements du bâtiment

MC_{surf_tot} = Modulation selon la surface de référence du bâtiment

MC_{ext} = Modulation selon la catégorie de contraintes extérieures du bâtiment

7.3.3 L'indicateur Ic projet BBCA :

$$\mathbf{Ic\ Proj\et\ BBCA\ max = Ic\ Construction\ BBCA\ max + Ic\ Energie\ BBCA\ max + m_{BBCA\ Eau}}$$

	Résidentiel collectif	Bureau	Enseignement primaire et secondaire
m _{BBCA Eau}	50	5	12

Tableau 4 - Valeur du coefficient m_{BBCA Eau} (kg éq. CO₂/m² Sréf)

7.3.4 Les points Innovation Climat :

Le nombre de point Innovation Climat est la somme des points cumulés pour chaque action décrite ci-dessus, pour un total de 10 points accessibles maximum.

Le score final est calculé ainsi :

$$\mathbf{Score\ BBCA = [(Ic\ Proj\et\ BBCA\ max - Ic\ Proj\et\ BBCA) / 10] + Points\ Innovation\ Climat}$$

Si les trois prérequis pour l'accès au label BBCA sont satisfaits par le projet candidat (seuils atteints sur Ic Construction BBCA, Ic Energie BBCA et Ic Projet BBCA), il est en mesure de prétendre aux niveaux suivants en fonction du nombre de points cumulés en réduction des émissions ou en innovation climat :

- BBCA Standard : Score BBCA supérieur ou égal à 0 points
- BBCA Performance : Score BBCA supérieur ou égal à 15 points
- BBCA Excellence : Score BBCA supérieur ou égal à 30 points

7.4 Données d'entrée et processus de labellisation

Le label couvre tous les actifs immobiliers résidentiel collectif, bureaux et autres tertiaires, publics ou privés, quelle que soit la taille du projet. Il s'applique aux bâtiments neufs relevant de la RE 2020. Le label BBCA est délivré en deux temps, en fin de Conception (provisoire), puis au stade Réalisation (définitif) par un organisme certificateur agréé. Le déroulement du dépôt de dossier par rapport aux phases de projet est le suivant (Figure 18) :

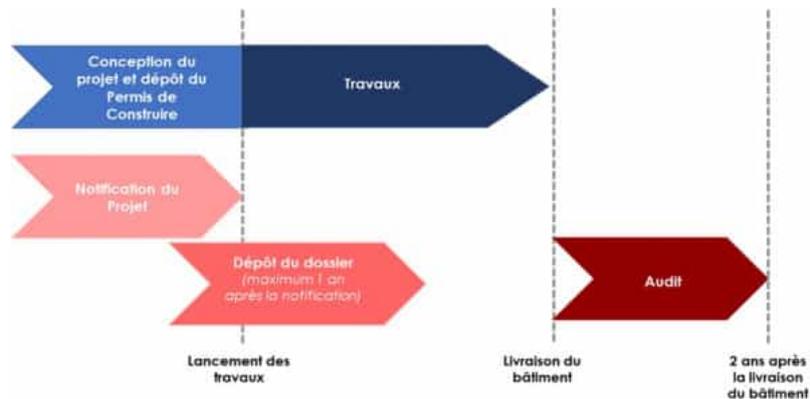


Figure 18: Schéma directeur du processus de labellisation BBCA

8. Zones climatiques en France métropolitaine

Strasbourg est dans le département 67, et donc en zone climatique H1b. Cette information fait partie des hypothèses de départ pour les calculs PHPP et RE2020. Les autres départements français en zone climatique H1b sont : 08, 10, 45, 51, 52, 54, 55, 57, 58, 68, 70, 88, 89, 90. Cette zone comprend donc la région Grand-Est et cinq départements supplémentaires : Loiret (45) en Centre-Val de Loire, et Nièvre (58), Haute-Saône (70), Yonne (89), Belfort (90) en Bourgogne Franche-Comté.

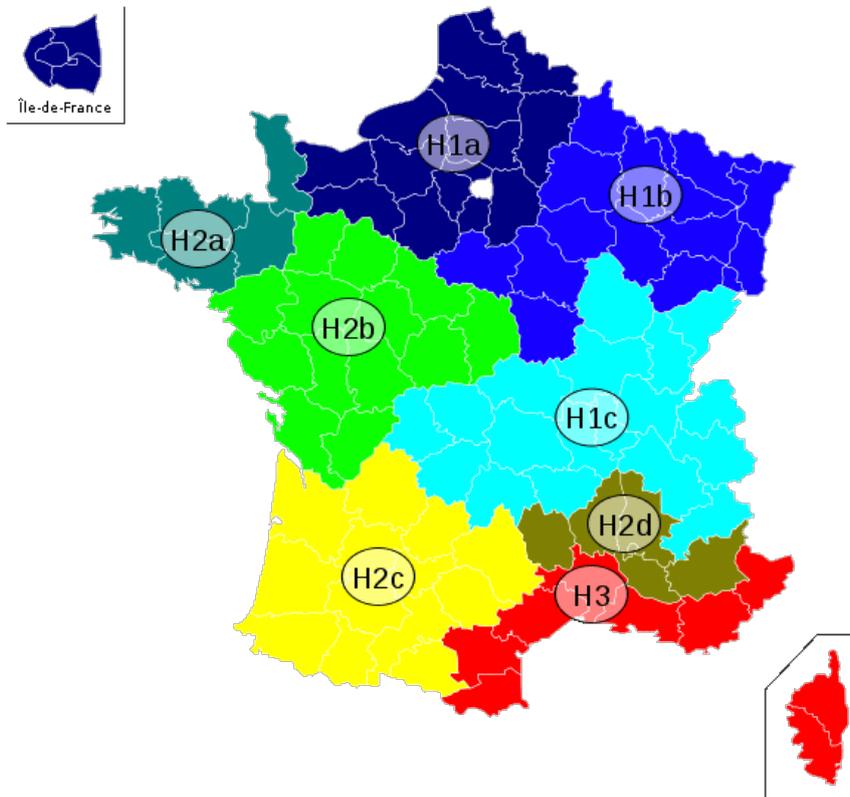


Figure 19: carte des zones climatiques en France métropolitaine

9. Origine et qualité des données utilisées pour les statistiques

9.1 Origine et qualité des données de l'observatoire RE2020

9.1.1 Objectifs :

L'observatoire RE2020 poursuit trois objectifs majeurs : assurer un suivi transparent des performances de la construction, identifier les tendances techniques émergentes et accompagner l'évolution des politiques publiques du bâtiment. Il permet ainsi d'évaluer l'impact de la réglementation, d'orienter les pratiques et d'améliorer les solutions mises en œuvre dans la filière.

9.1.2 Nature et provenance des données :

Les données de l'observatoire proviennent des attestations RE2020 : RSEE et RSET générées via la plateforme officielle [13]. Cette base constitue un référentiel technique commun, servant à faciliter le partage d'expériences et l'identification de solutions pertinentes selon les contextes et objectifs poursuivis. Les analyses produites sont diffusées afin de soutenir la montée en compétence des acteurs du secteur.

9.1.3 Qualité des données :

Bien que les données collectées soient représentatives, elles présentent certaines limites. Une part des projets recensés n'aboutit pas, et la base peut inclure des doublons, corrigés par un algorithme de dédoublement. Certains champs sont mal renseignés, parfois par méconnaissance ou par manque d'enjeu réglementaire. Par ailleurs, un faible pourcentage des projets référencés (1,4 % au 01/01/2024) ne respecte pas les exigences RE2020, sans que cela signifie qu'ils aient été construits. Des améliorations sont prévues, notamment via un contrôle renforcé des saisies pour fiabiliser l'outil.

Remarque : La base de données de l'observatoire à disposition pour mon travail provient directement de la DHUP (Direction de l'Habitat, de l'Urbanisme et des paysages, donc du gouvernement. Elle m'a été fournie en janvier 2025 sous un format Excel. C'est une base de données préalablement traitée, et dont le CSTB (Centre Scientifique et technique du Bâtiment) se charge de nettoyer et de sortir des données rendues publiques sur le site de l'observatoire RE2020. Cet organisme prépare actuellement un tri en profondeur de cette base, notamment pour pallier des manques d'informations en sortie des fichiers RSEE récupérés pour l'alimenter. Le problème constaté lors de mes études statistiques, lié au manque de rigueur sur l'inscription des matériaux de construction dans les projets, est notamment un sujet central de leur tri et vise à être résolu.

9.2 Origine et qualité des données de l'institut PassivHaus

9.2.1 Objectifs :

La base de données Passive House est un projet collaboratif impliquant plusieurs organisations, dont le Passive House Institute (PHI) et l'International Passive House Association (iPHA). Son objectif principal est de recenser les bâtiments PassivHaus réalisés à travers le monde. Elle vise à favoriser la diffusion de cette approche en permettant aux professionnels et aux particuliers de partager leurs projets et d'accéder à un référentiel global de bâtiments conformes à ce label.

9.2.2 Nature et provenance des données :

Les projets recensés dans la base de données incluent des bâtiments achevés ou en cours de construction. L'enregistrement est gratuit et repose sur une documentation détaillée, comprenant des données techniques issues du logiciel PHPP. L'inscription est réalisée par l'architecte, le maître d'ouvrage ou toute autre personne impliquée dans le projet, sous réserve de l'accord des parties concernées.

13 Plateforme de renseignement des fichiers RSEE ; Gouvernement, RT-RE-bâtiment, ND : *re-batiment2020.cstb.fr*

9.2.3 Qualité des données :

Les informations publiées dans la base sont renseignées par les porteurs de projet eux-mêmes. Bien que des efforts soient faits pour mettre à jour et améliorer continuellement la base de données, le Passive House Institute « décline toute responsabilité quant à la fiabilité ou l'exactitude des données fournies ». De plus, il ne garantit ni la validité des droits sur les données tierces, ni l'exactitude des sites internet externes référencés.

10. Démarche de nettoyage de la base de données de l'observatoire RE2020

La base de données de l'observatoire RE2020 est classée dans un tableau Excel fourni par le ministère. Cet Excel contient 45 574 lignes, soit présumément 45 574 projets. De manière à fiabiliser ces données, une démarche de nettoyage de cette base est effectuée. Deux méthodes sont suivies. La première consiste à supprimer les valeurs aberrantes sur les indicateurs RE2020 grâce à la méthode IQR. La seconde est une méthode manuelle au cas par cas. Les cinq premières étapes de de nettoyage sont communes aux deux méthodes :

Etape de nettoyage	Description	Nombre de lignes Excel
Etape 0	Etat initial	45 574
Etape 1	Suppression des projets avec $lc_c < 0$	45 524
Etape 2	Suppression des lignes/projets en doublons	45 524 (aucun doublon)
Etape 3	Suppression des lignes/projets dont les valeurs numériques sont des lettres	45 524 (aucun projet mal renseigné numériquement)
Etape 4	Suppression des lignes/projets avec des cases vides pour Bbio, Cep, Cep,nr, DH, lc_c , lc_e	45 511
Etape 5	Suppression des lignes/projets avec une case vide sur l'usage	45 510

Figure 20: Premières étapes communes au nettoyage de la base de données RE2020

La démarche est réalisée grâce à l'outil Filtre sur Excel, permettant de mettre en valeur les lignes recherchées sont les critères, qui peuvent être ensuite supprimées.

10.1 Méthode 1 : Suppression des valeurs aberrantes

L'élimination des valeurs aberrantes est ensuite réalisée avec la méthode IQR **sur l'échantillon des maisons individuelles ou accolées en zone H1b** (notre cadre d'étude) : à ce stade, **cet échantillon correspond à 2754 lignes**. Une donnée est considérée comme aberrante si sa valeur sur un indicateur se trouvent en dehors de l'intervalle : $[Q1 - 1.5 * IQR ; Q3 + 1.5 * IQR]$

Avec : Q1 le premier quartile de la plage de données, Q3 le troisième quartile, et IQR la différence entre le troisième et le premier quartile, tel que : $IQR = Q3 - Q1$. Ce tri est effectué après les démarches 1 à 5, la base de données regroupe donc 45 510 lignes. Le calcul de Q1, Q3, et IQR est réalisé sur les plages de données de chaque indicateur RE2020 (Bbio, Cep, Cep,nr, DH, lc_c , lc_e) à partir de ce tri. Q1 et Q3 sont déterminées grâce à des fonctions Excel, IQR est calculé. Les valeurs pour chaque indicateur sont développées ci-dessous (Figure 21) :

	Bbio	cep	Cep,nr	DH	lc_c	lc_e
Q1	65,2	43,3	42,9	294,975	567,1	54
Q3	74,9	53,7	52,2	443,475	647	67,2
IQR	9,7	10,4	9,3	148,5	79,9	13,2
$Q1-1,5*IQR$	50,65	27,7	28,95	72,225	447,25	34,2

Q3+1,5*IQR	89,45	69,3	66,15	666,225	766,85	87
-------------------	-------	------	-------	---------	--------	----

Figure 21: Calcul des premiers, troisième quartiles et valeur IQR

Etape de nettoyage	Description	Nombre de lignes Excel
Etape 6	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur Bbio	2635
Etape 7	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur Cep	2493
Etape 8	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur Cep,nr	2476
Etape 9	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur DH	2362
Etape 10	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur Ic_c	2270
Etape 11	Suppression des lignes/projets avec des valeurs aberrantes sur Ic_e	2238

Figure 22: Détail des étapes pour la méthode de suppression des valeurs aberrantes

Suite à ce calcul, les valeurs aberrantes sont déterminées sur chaque indicateur, et les lignes/projets correspondantes sont supprimées. **Ce tri fait passer la base de données sur l'échantillon d'étude de 2754 à 2238 lignes, donc sur la base totale de 45 574 à 45 058 lignes.** Les graphiques d'analyse statistique (boîtes à moustache et histogrammes) pour chaque indicateur sont répertoriés ci-dessous (Figures 23 à 28). La représentation généralement assez symétrique et centrée des histogrammes permet de conclure sur la pertinence de l'utilisation de la moyenne comme outil d'analyse des données. La suppression des valeurs aberrantes sert ainsi à reconnaître la moyenne comme donnée représentative de la majorité des valeurs.

10.1.1 Analyse des statistiques Bbio

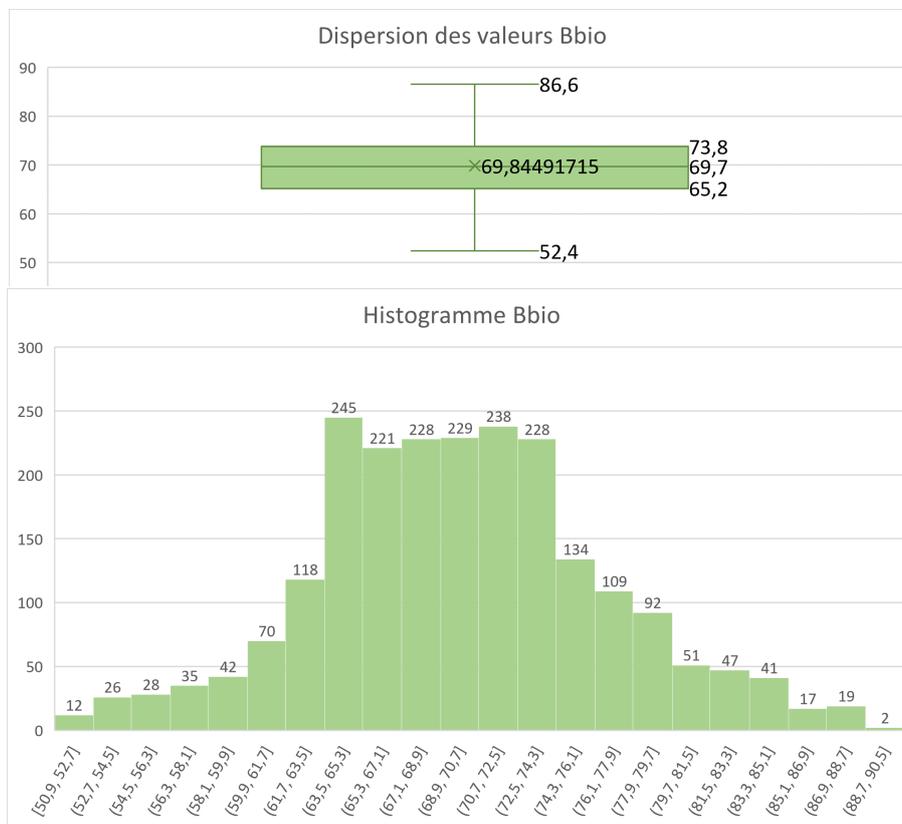


Figure 23: Boîte à moustache et histogramme sur le Bbio

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur Bbio se situe à 69.7 points. D'après l'histogramme, les valeurs les plus courantes sont entre 65.2 et 73.8 points. La boîte à moustache comme l'histogramme sont des graphiques assez symétriques, ce qui veut dire que les premiers et troisièmes quartiles des données sont de proportions équivalentes.

10.1.2 Analyse des statistiques Cep

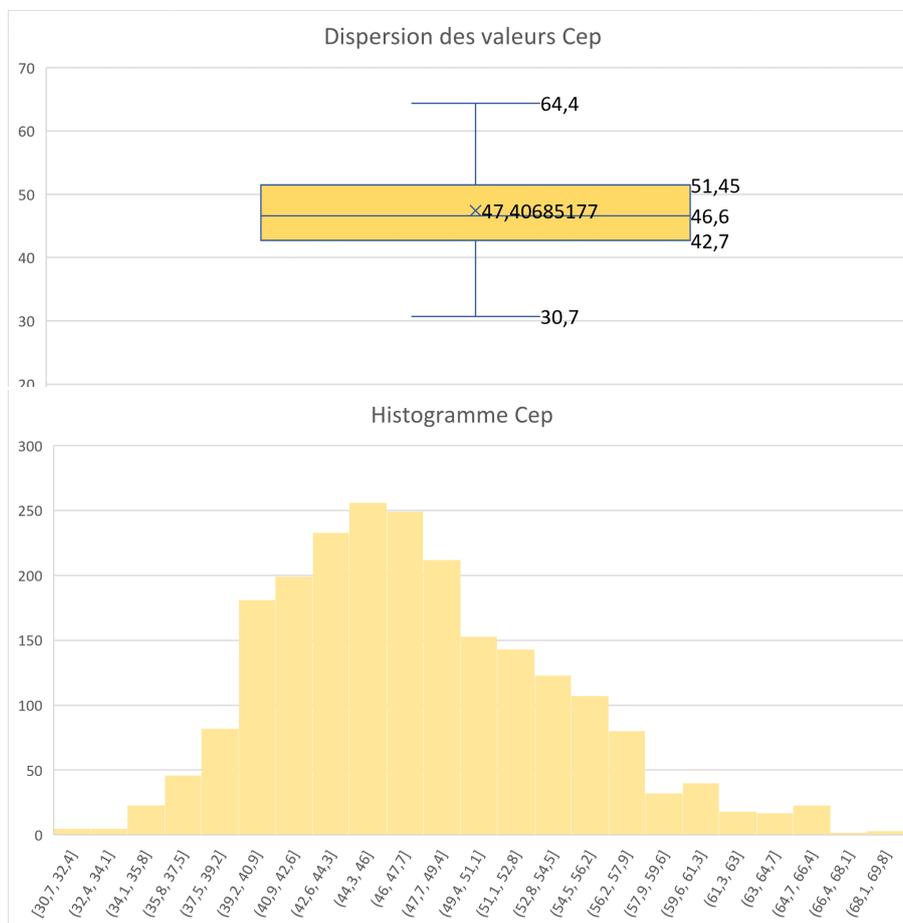
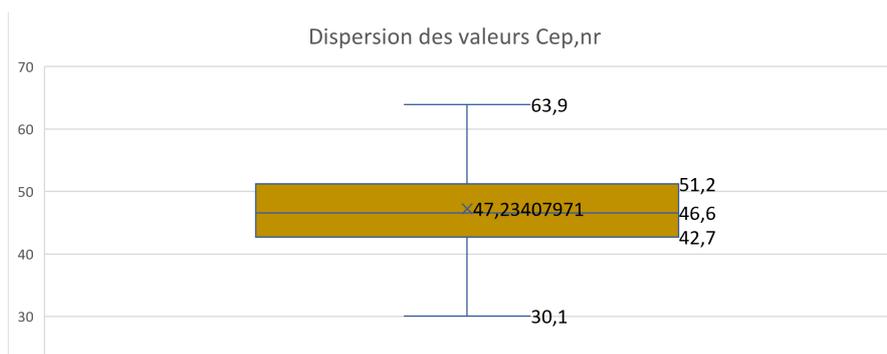


Figure 24: Boîte à moustache et histogramme sur le Cep

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur Cep se situe à 46.6 kWh/m². Les valeurs les plus courantes sont entre 42.7 et 51.54 kWh/m². L'histogramme est asymétrique vers la gauche, ce qui veut dire que les données dans le premier quartier sont prépondérantes : Les valeurs de Cep sont plus basses (inférieures à 42.7 d'après la boîte à moustache) que hautes (supérieures à 51.54). Les consommations en énergie primaires sont donc assez basses sur la base de données.

10.1.3 Analyse des statistiques Cep,nr



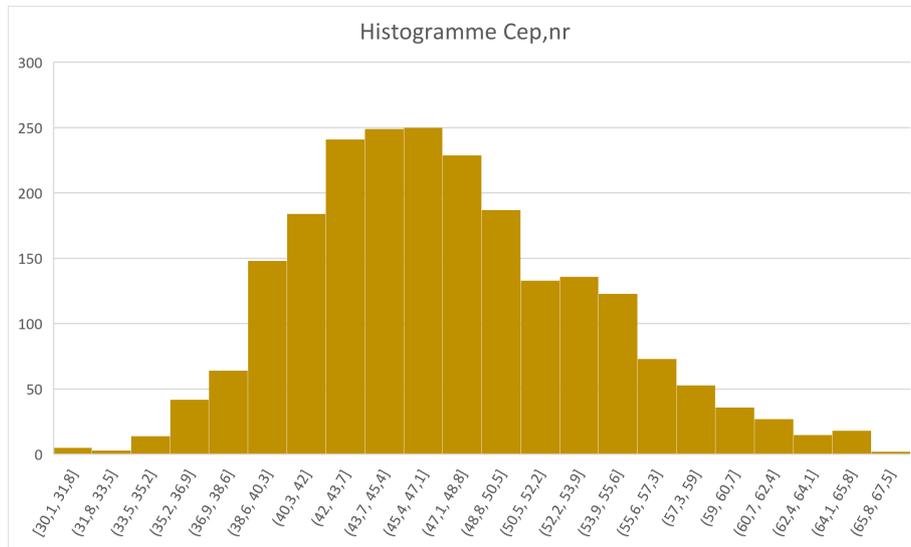


Figure 25: Boîte à moustache et histogramme sur le Cep,nr

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur Cep,nr se situe à 46.6 kWh/m2. Les valeurs les plus courantes sont entre 42.7 et 51.2 kWh/m2. L'histogramme est légèrement asymétrique vers la gauche, ce qui permet de tirer les mêmes conclusions que pour le Cep.

10.1.4 Analyse des statistiques DH

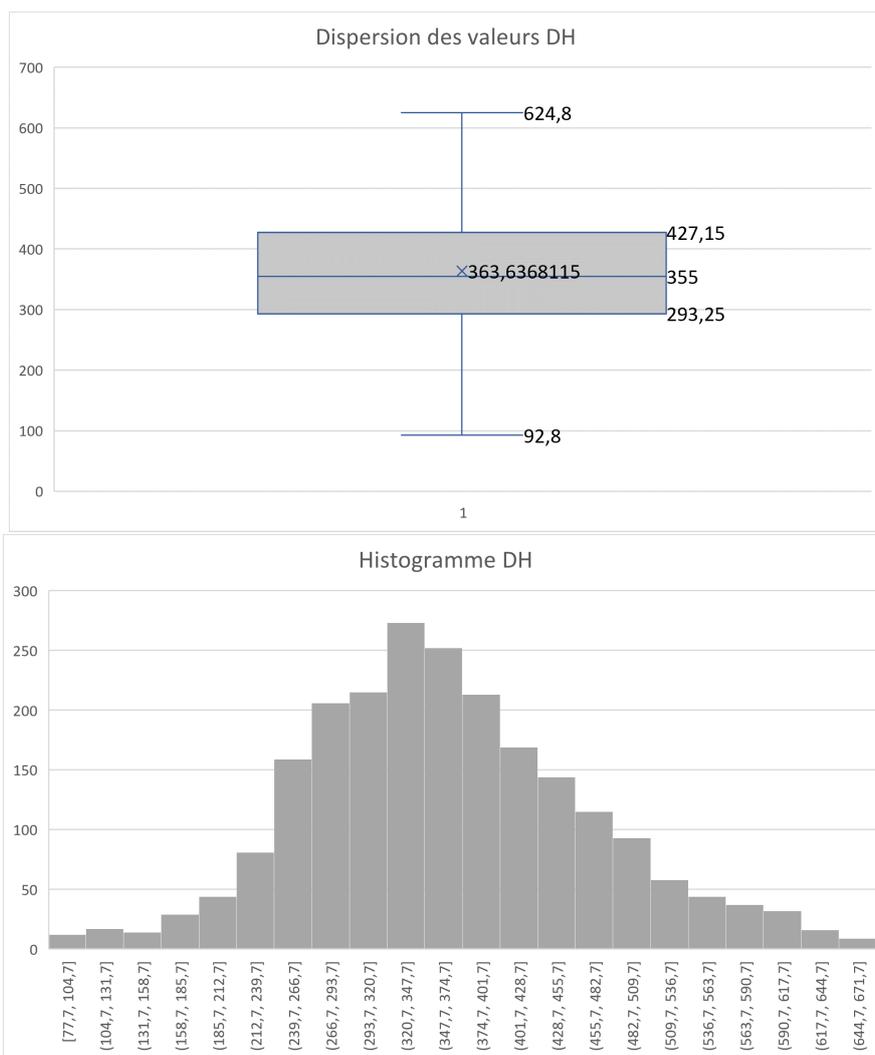


Figure 26: Boîte à moustache et histogramme sur le DH

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur DH se situe à 355 °.h. Les valeurs les plus courantes sont entre 427.15 et 293.25 °.h. L'histogramme est légèrement asymétrique vers la gauche, ce qui veut dire que les données dans le premier quartier sont prépondérantes : Les valeurs de DH sont plus basses que. Les statistiques sont donc plutôt bonnes sur le confort d'été.

10.1.5 Analyse des statistiques Ic_construction

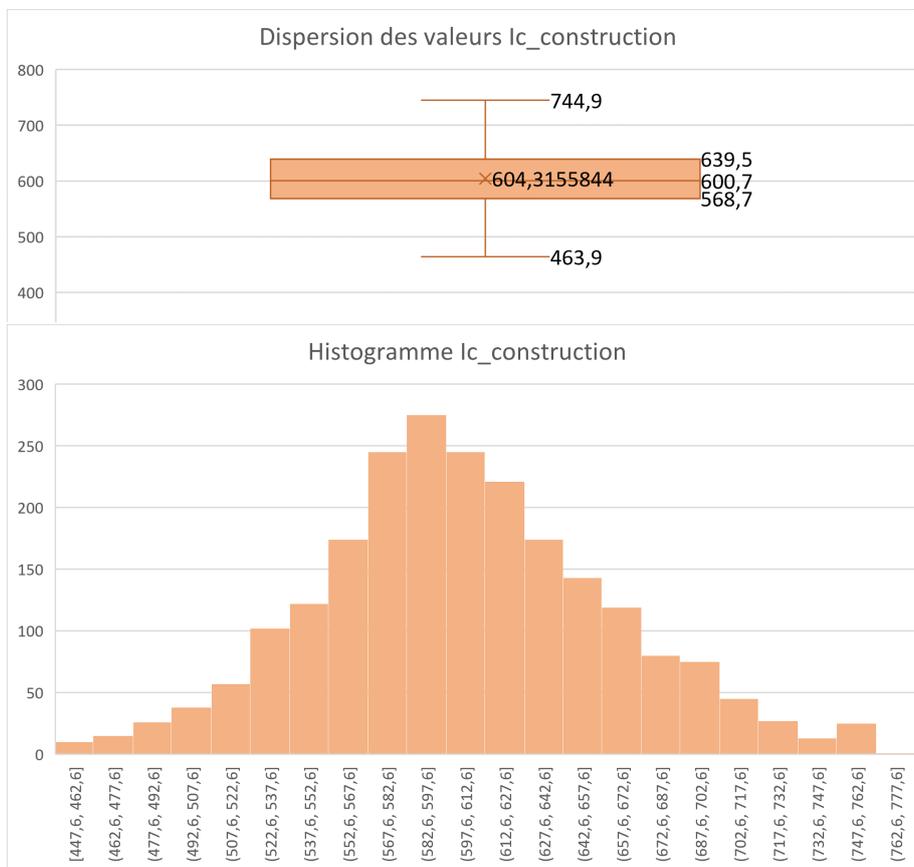
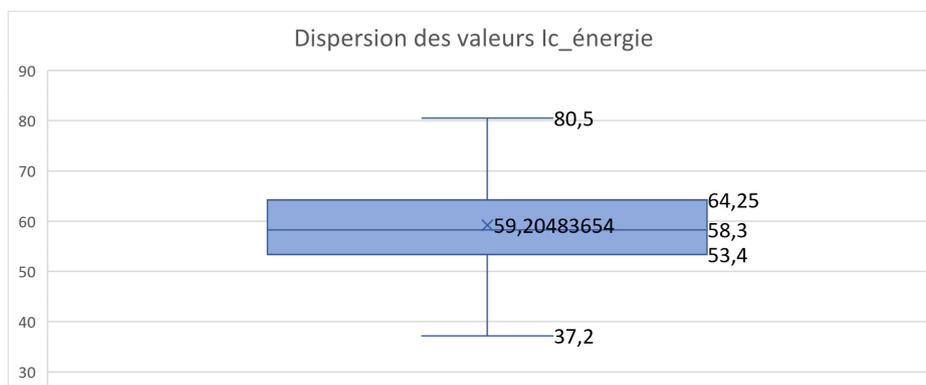


Figure 27: Boîte à moustache et histogramme sur Ic_construction

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur Ic_construction se situe à 600.7 kg eq CO2/m2. Les valeurs les plus courantes sont entre 568.7 et 639.5 kWh/m2. Les deux graphes sont symétriques, avec un pic plus prononcé au centre sur l'histogramme, ce qui veut dire que les premiers et troisièmes quartiles des données sont de proportions équivalentes. Les données sont normalement distribuées. Comme le montre le graphique boîte à moustache, les valeurs aberrantes hautes se situent au-dessus de 744.9 kg eq CO2/m2.

10.1.6 Analyse des statistiques Ic_énergie



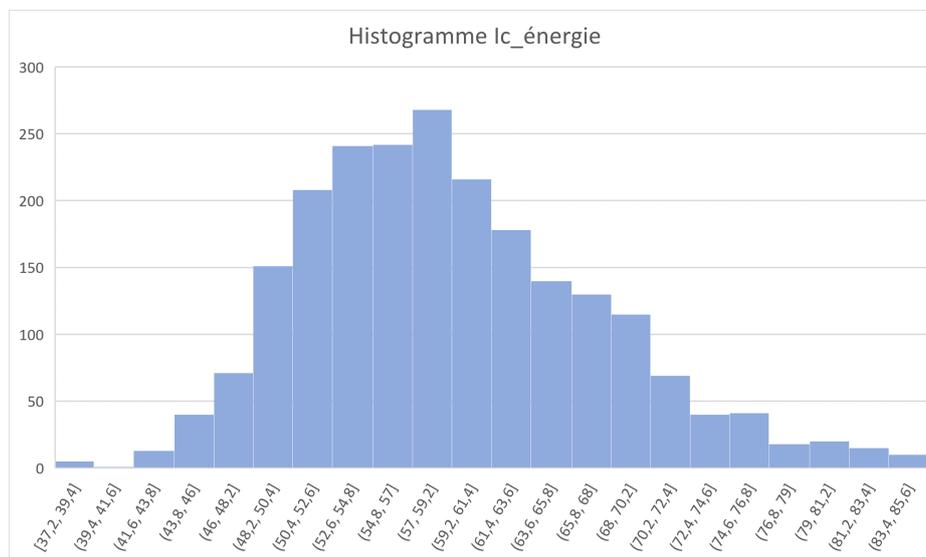


Figure 28: Boîte à moustache et histogramme sur Ic_énergie

D'après la boîte à moustache, la médiane sur la valeur Ic_construction se situe à 58.3 kg eq CO2/m2. Les valeurs les plus courantes sont entre 53.4 et 64.25 kWh/m2. Le pic sur l'histogramme est plus étalé que celui sur Ic_construction, et le graphe est légèrement asymétrique vers la gauche, ce qui veut dire que les données du premier quartile sont prépondérantes par rapport à celles du troisième quartile. Les valeurs sur Ic_énergie sont donc aussi plus basses que hautes.

Remarque : Si ces graphiques semblent pertinents visuellement, la suppression massive des données pose question. L'analyse des valeurs aberrants supprimés montre que de nombreuses lignes sont supprimés alors qu'elles restent très proches des premiers et troisièmes quartiles. Il semble donc qu'en raison des nombreux facteurs rentrant en jeu dans le calcul des indicateurs RE2020, cette méthode ne soit pas efficace pour éliminer seulement les valeurs extrêmes démontrant d'une incohérence de saisie ou de calcul sur le projet. Ce travail est donc effectué manuellement.

10.2 Méthode 2 : Suppression des valeurs extrêmes

La méthode manuelle consiste à effectuer un tri sur l'échantillon de maisons individuelles ou accolées en zone H1b, à partir de l'étape 5 de nettoyage. Il contient donc 2754 lignes. Les valeurs les plus hautes et les plus basses sont observées sur chaque indicateur RE2020. Si la valeur semble incohérente pour une raison spécifique, la ligne est supprimée. Il peut d'agir de projets dont l'ACV, n'est pas renseignée, dont les valeurs IC composants sont nulles sur tous les lots ou ne correspondant pas aux composants inscrits. **93 lignes sont ainsi supprimées, réduisant la base de données à 45 516 lignes** en tout.

	Bbio	cep	Cep,nr	DH	Ic_c	Ic_e
Nombre de lignes supprimées	6	0	4	8	34	39

Figure 29: Nombre des lignes supprimées en fonction de l'indicateur étudié

11. Etude des « Bâtiments exemplaires passifs » de la Région Grand-Est

L'appel à projets « Bâtiments exemplaires passifs » [14] a été lancé par la Région Grand-Est en 2013, et vise à accompagner plus de 80 projets dans cette démarche. Il a 4 objectifs majeurs [15] : démontrer la faisabilité économique et technique de la construction/rénovation passive ; soutenir les maîtres d'ouvrage volontaires ; anticiper les futures réglementations énergétiques et environnementales ; et favoriser l'innovation, la reproductibilité des projets et leur caractère pédagogique. Cette base de données, bien qu'intéressante sur la démarche couplée passive et biosourcée, ne met pas en évidence des statistiques exploitables dans le cadre des maisons individuelles ou accolées, et ne fait donc pas partie du corps du mémoire. Cependant elle permet de montrer d'autres tendances, comme l'utilisation du bois structural pour d'autres typologies que la maison individuelle.

11.1 Généralités sur la base de données

Les typologies retenues sont des bâtiments de logements collectifs, des logements individuels accolés, de bureaux, des établissements scolaires et de santé, et du tertiaire. Cet appel à projet demande aux projets lauréats de répondre à plusieurs critères : les 5 critères du label PassivHaus sont requis, et d'autres s'ajoutent : un recours limité à la climatisation, une approche plus détaillée par STD pour le confort d'été, des ventilations double flux classe B, et des équipements hydroéconomiques sur les réseaux d'eau potable. Deux critères supplémentaires sont demandés à partir de 2021 : de la construction bois ou béton biosourcé, ainsi que des isolants biosourcés en façade et toiture. 40 projets ont été livrés suite à cet appel à projets, et dans le cadre de mes recherches, j'ai eu accès à un descriptif de 20 de ces projets. Plusieurs données peuvent être extraites de ces descriptifs, me permettant de sortir des statistiques analytiques et comparatives. Les vingt projets sont construits entre 2013 et 2021. Tout comme les projets de la base de données PassivHaus, ils sont donc tous réglementés RT2012. L'appel à projet ne retenant pas de maisons individuelles non accolées, les typologies sont plus variées :

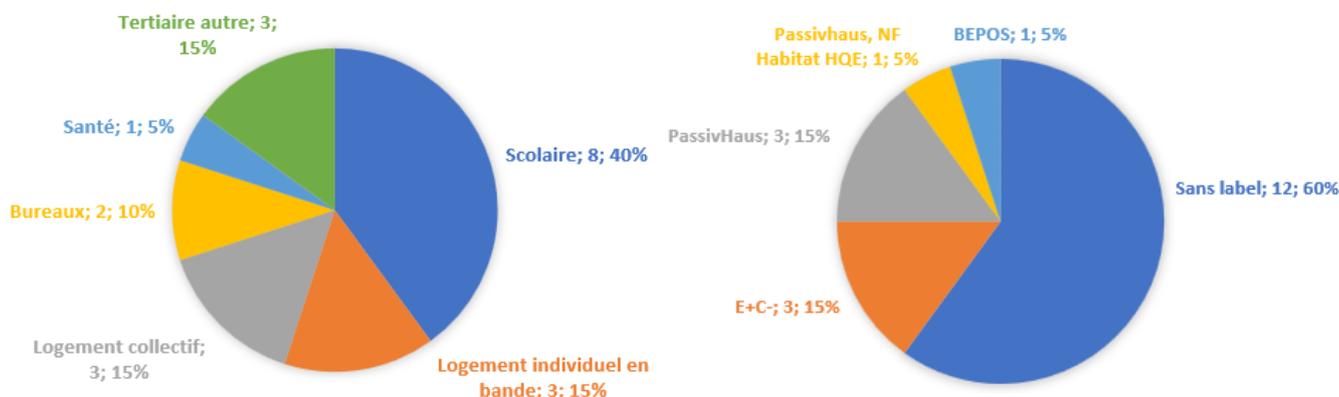


Figure 30: Graphiques de proportions des typologies (gauche) et des types de labels (droite) sur l'échantillon d'étude

Les établissements scolaires sont les plus représentés, suivis des logements, en égale proportion entre collectifs et individuels. Une statistique intéressante de cette base de données et le renseignement sur les labels des bâtiments présentés. En effet cet appel à projets demande une atteinte des critères PassivHaus, sans pour autant nécessiter la labellisation. Certains sont allés jusqu'à cette étape, mais ce n'est pas le cas de la majorité. : 60% répondent à l'appel à projet sans faire de démarche de labellisation. D'autres ont aussi expérimenté différents labels, et trois ont suivi l'expérimentation E+C- visant à préparer l'entrée en vigueur de la RE2020.

14 Le Grand-Est : une région pionnière pour les bâtiments passifs ; Climaxion, ND : <https://www.climaxion.fr/thematiques/efficacite-energetique-qualite-environnementale-batiments/construction-exemplaire/grand-est-region-pionniere-batiments-passifs>

15 Retour d'expérience (REX) appel à projets « Bâtiments exemplaires passifs » ; Envirobat Grand-Est, 2021 : <https://www.envirobatgrandest.fr/wp-content/uploads/elodie-chanvrier-et-marceau-enguerrand.pdf>

11.2 Tendances constructives

Sur les vingt projets recensés, deux n'ont pas spécifié leur matériau de structure. **Tous les autres projets sont en ossature bois.** Entre 25 et 30% des projets n'ont pas renseignés leurs matériaux d'isolation en toiture et façade, ce qui n'est pas négligeable. Les autres projets ont eu recours à des isolants biosourcés, que ce soit en toiture ou en façade. Certains projets n'ont donc pas attendu le critère de 2021 sur le biosourcé pour répondre à l'appel à projets avec de tels matériaux.

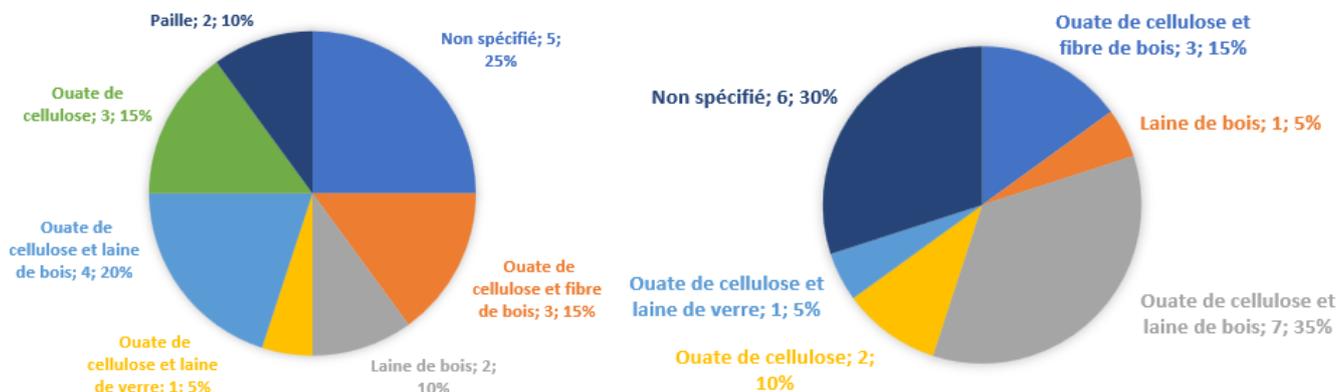


Figure 31: Graphiques des proportions d'isolants en façade (gauche) et toiture (droite)

La ouate de cellulose est fortement utilisée, et est notamment souvent couplée avec d'autres matériaux, comme la laine de bois ou la laine de verre. Le graphique ci-dessous synthétise les choix de matériaux d'isolation de façade en fonction de la typologie du projet :

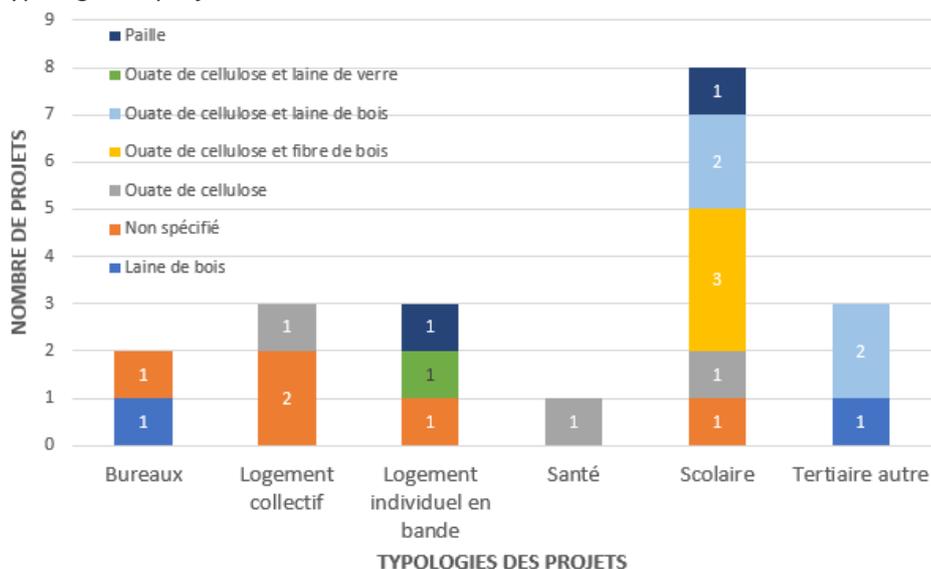


Figure 32: Nombre de projets recensés selon le matériau d'isolation et sa typologie

Les projets d'établissements scolaires sont les plus nombreux et ce sont aussi ceux dont le choix des matériaux varie le plus. Les trois logements en bande sont aussi conçus avec trois matériaux différents en façade. Il n'y a donc pas de tendance particulière qui se détache, si ce n'est l'usage du bois en structure.

11.3 Tendances des systèmes énergétiques

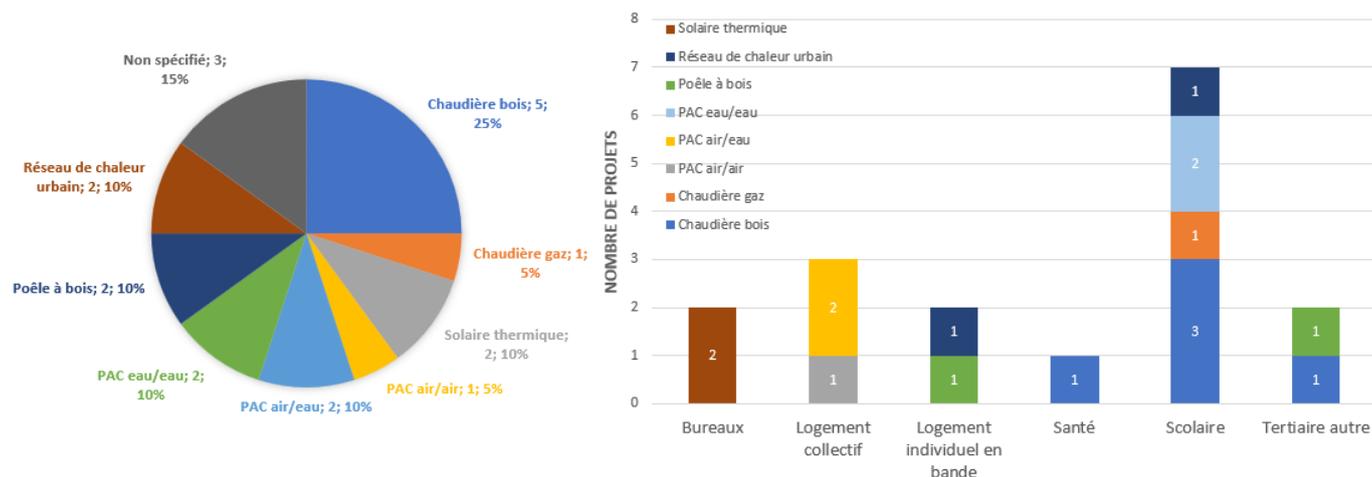


Figure 33: part des types de systèmes de chauffage utilisés dans les projets recensés (gauche) et nombre des projets recensés selon leur choix de système et leur typologie (droite)

Tout comme pour le choix des matériaux structuraux et d'isolation, les graphiques ci-dessus détaillent les systèmes de chauffages utilisés dans les vingt projets recensés ne montrant pas qu'une solution se détache plus qu'une autre. Notons toutefois que la chaudière gaz n'est utilisée qu'une fois dans le scolaire, sachant que ces bâtiments sont RT2012 et que l'usage du gaz n'était donc pas autant restreint sous cette réglementation. Utiliser d'autres types de systèmes vient donc de démarches volontaires de la part des concepteurs. ¼ des projets utilisent une PAC. Ces dernières, comme nous l'a aussi montré la base de données PassivHaus sont implantées pour toutes typologies, ici tout de même majoritairement pour du logement collectif. La chaudière bois est autant utilisée que les PAC, à hauteur de 25%, pour des typologies non résidentielles : santé, scolaire ou tertiaire autre.

11.4 Conclusion sur les tendances et principes constructifs passifs biosourcés

Pour cet appel à projet, les typologies recensées sont plus variées que sur les deux autres bases de données, le concours n'étant pas destiné au résidentiel individuel. Ainsi, au contraire des projets recensés par la base de données PassivHaus, le bois structural n'est pas exclusivement utilisé pour les projets résidentiels, mais bien à toutes typologies. Sur les vingt projets étudiés, tous l'utilisent en structure, et les isolants sont en grande partie biosourcés, la laine de verre étant le seul isolant non biosourcé recensé en façade et toiture, en faible quantité par rapport à la ouate de cellulose ou encore la laine et fibre de bois. Les systèmes de chauffage utilisés sont variés, avec ¼ des projets utilisant des PAC et un autre quart utilisant de la chaudière bois. Le gaz est très peu utilisé malgré le fait que les projets soient réglementés par la RT2012, ce qui suggère une démarche vertueuse volontaire globale de la part des concepteurs répondant à l'appel d'offre, ce qui se traduit aussi par le choix d'aller jusqu'à labelliser certains projets afin de certifier cette démarche énergétique et environnementale performante.

12. Données sur le cas d'usage : maison individuelle passive biosourcée

12.1 Plans, coupe et volume du projet

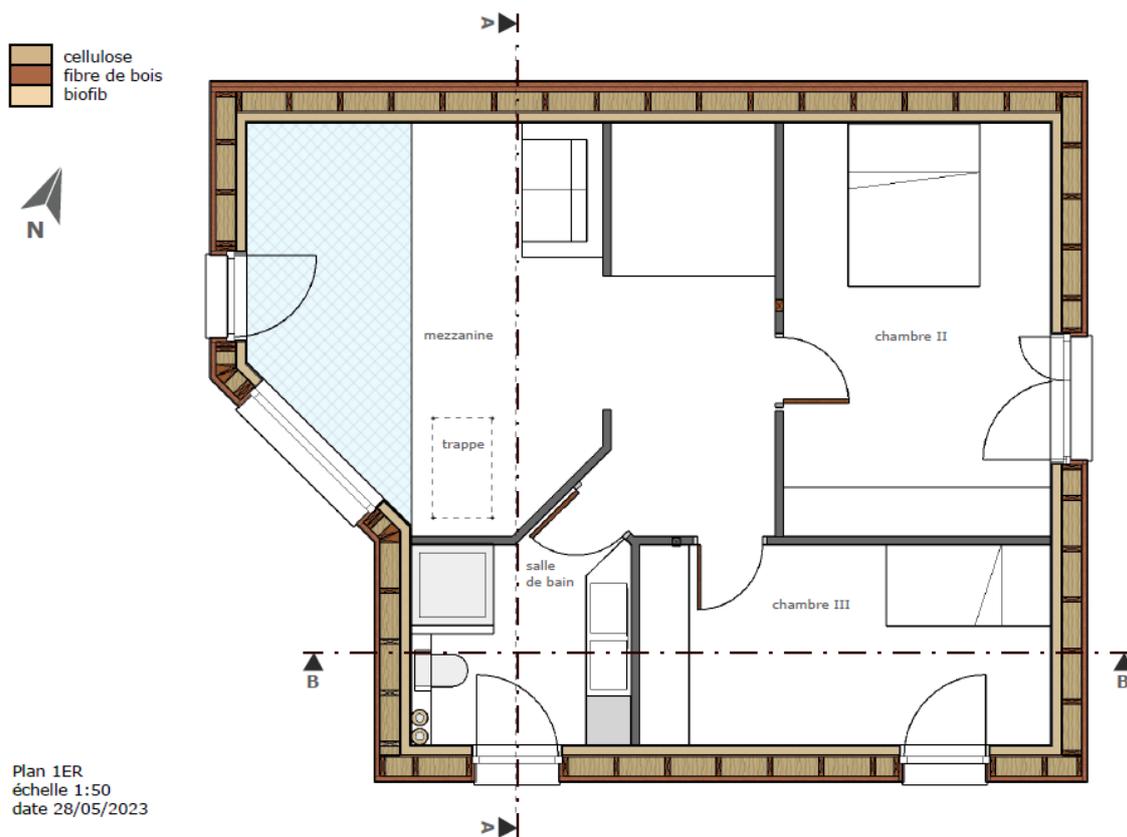


Figure 34: Plan R+1 (sans échelle)

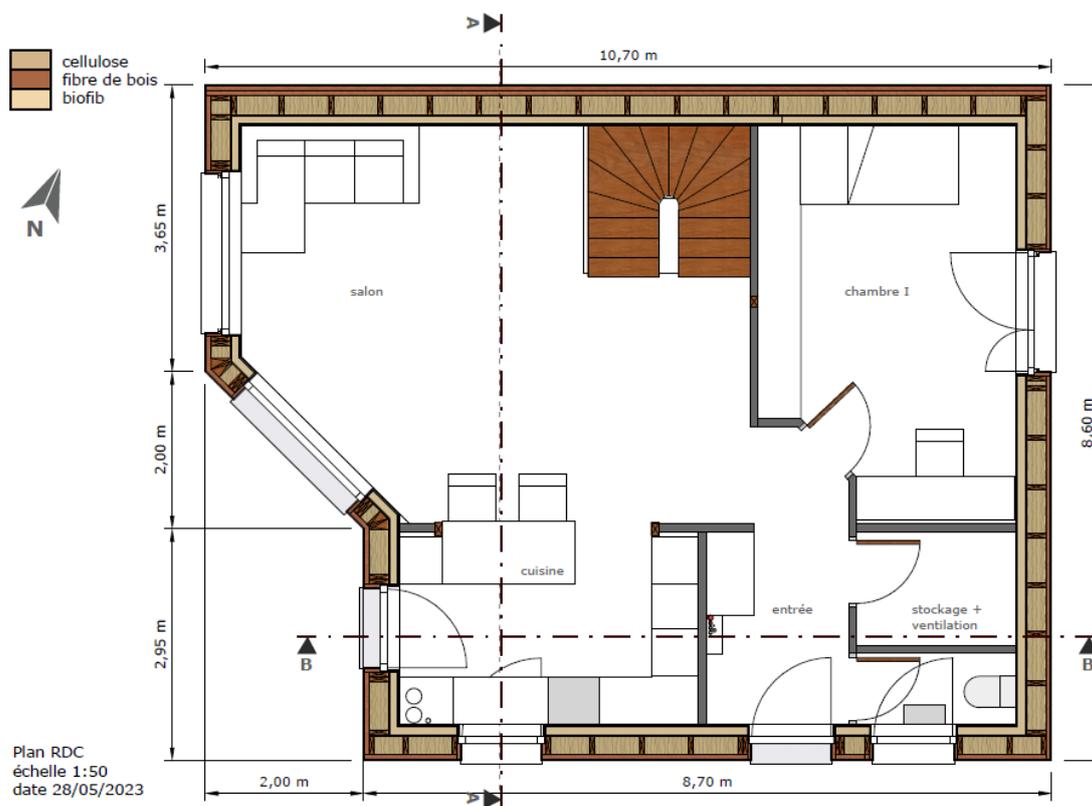


Figure 35: Plan RDC (sans échelle)

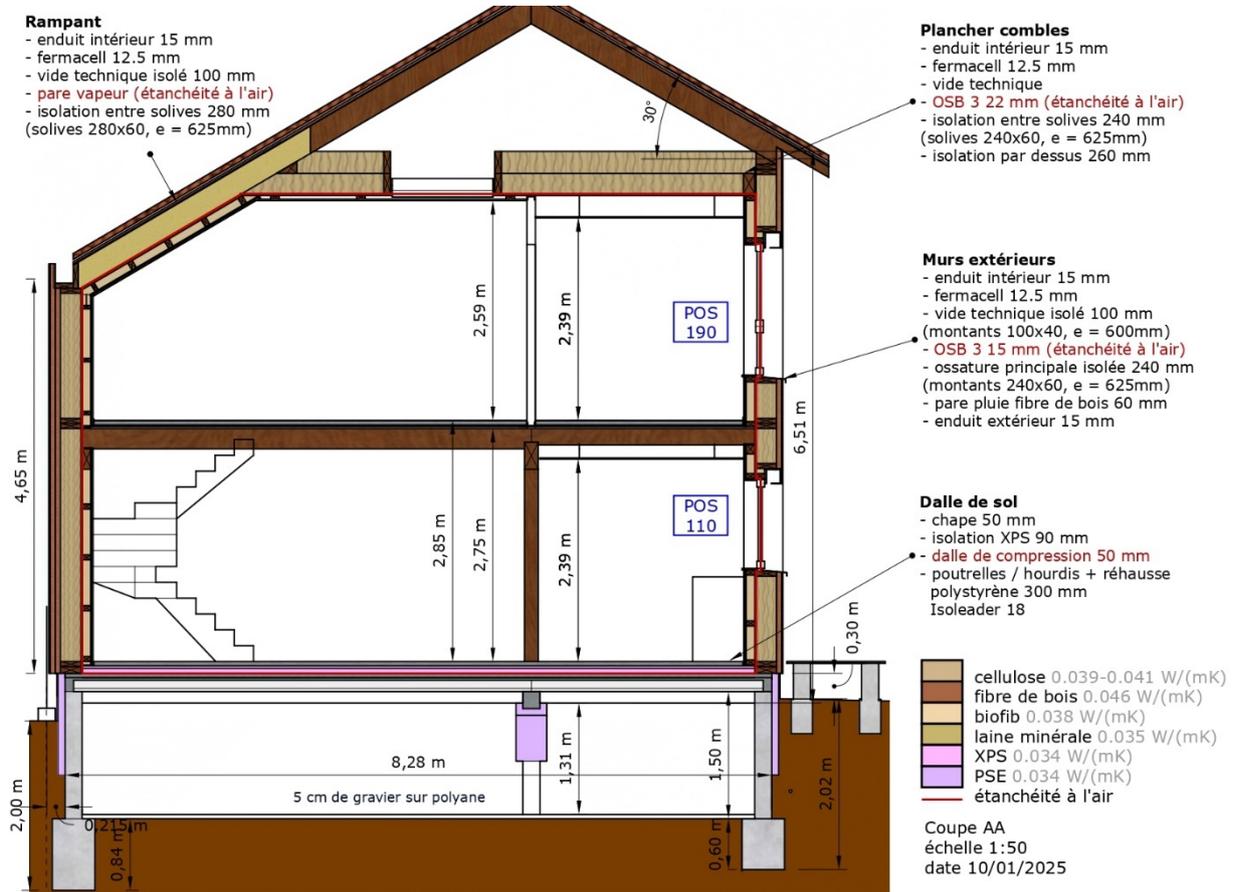


Figure 36: Coupe longitudinale de la maison (sans échelle)

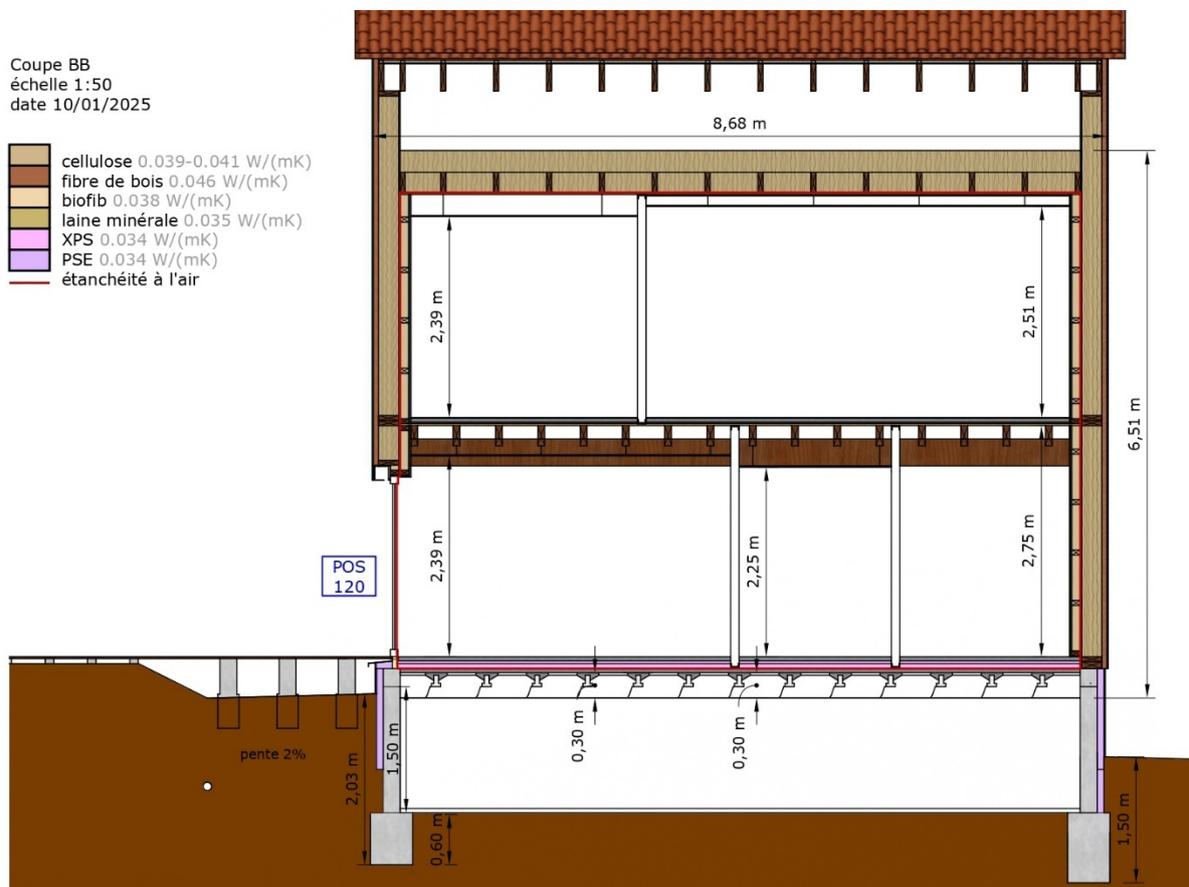


Figure 37: Coupe transversale de la maison (sans échelle)

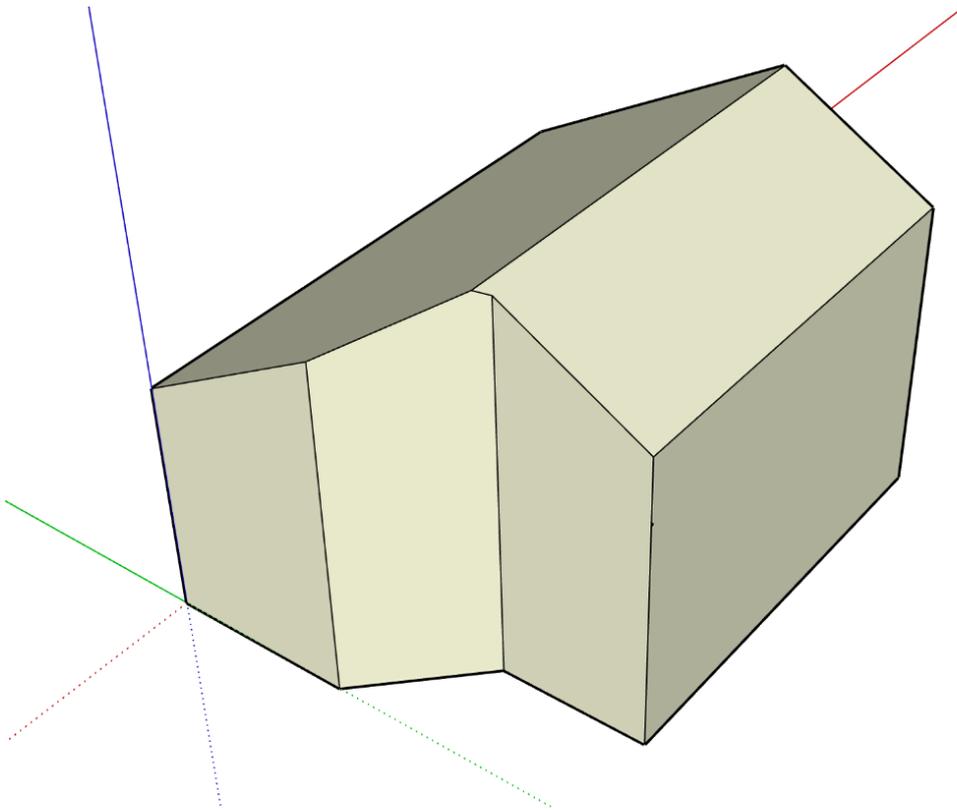


Figure 38: Volume simplifié Sketchup de la maison

12.2 Composition de l'enveloppe

Composants dalle	Conductivité thermique [W/m.K]	Epaisseur [cm]
Chape	1.33	5
Polystyrène extrudé	0.03	9
Etanchéité à l'air	2.3	5
Polystyrène expansé entre poutrelles en béton	0.09	16.5
Polystyrène expansé	0.04	13.5
TOTAL		49

Figure 39: Composition de la dalle de sol du projet initial

Composants mur vide sanitaire	Conductivité thermique [W/m.K]	Epaisseur [cm]
Béton	2.3	20
Polystyrène expansé	0.03	8
TOTAL		28

Figure 40: Composition du mur du vide sanitaire du projet initial

Composants toiture	Conductivité thermique [W/m.K]	Epaisseur [cm]
Peinture		0.2
Plaque placoplâtre	0.32	1.3
Vide technique en panneaux biofibrés	0.04	10
Pare vapeur	0.13	2.2

Laine minérale	0.04	28
Pare pluie		54
Liteaux et contre liteaux		
Tuiles	0.75	10.3
TOTAL		52

Figure 41: Composition de la toiture du projet initial

Composants murs extérieurs	Conductivité thermique [W/m.K]	Epaisseur [cm]
Enduit intérieur	0,70	15,00
Plaque en gypse	0,32	12,50
Vide technique	0,04	100,00
Bois contreplaqué	0,13	15,00
Isolant ouate de cellulose	0,04	240,00
Isolant laine de bois	0,05	60,00
Enduit extérieur	0,87	15,00
TOTAL		45,75

Figure 42: Composition des murs extérieurs du projet initial

12.3 Résultats RE2020 et passif

12.3.1 Résultats du PHPP

				Criteria	Alternative criteria	Fullfilled? ²
Space heating	Treated floor area m ²	122,2				
	Heating demand kWh/(m ² a)	11,29	≤	15	-	Yes
	Heating load W/m ²	10,3	≤	-	10	
Space cooling	Cooling & dehum. demand kWh/(m ² a)	-	≤	-	-	-
	Frequency of overheating (> 25 °C) %	1,06	≤	10	-	Yes
	Frequency of excessively high humidity (> 12 g/kg) %	0	≤	20	-	Yes
Airtightness	Pressurisation test result n ₅₀ 1/h	0,3	≤	0,6	-	Yes
Non-renewable Primary Energy (PE)	PE demand kWh/(m ² a)	70	≤	-	-	-
Primary Energy Renewable (PER)	PER demand kWh/(m ² a)	32,7	≤	60	60	Yes
	Generation of renewable energy (in relation to projected)	42	≥	-	-	

I confirm that the values given here have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The PHPP calculations are attached to this verification.

Passive house Classic?

Yes

Figure 43: Capture d'écran de l'onglet "Vérification" dans le PHPP du projet

12.3.2 RSEE du projet initial et des variantes

Les liens vers les RSEE du projet et des variantes sont ci-dessous :

- Génération RSEE du projet initial :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE du projet avec ACV corrigée :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet avec panneaux photovoltaïques bas-carbone :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet avec doubles vitrages au lieu de triples vitrages :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet avec 100% de matériaux biosourcés :

<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>

- Génération RSEE de la variante du projet avec 0% de matériaux biosourcés :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet en remplaçant le maximum de DED par des FDES individuelles :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet avec FDES individuelles + réemploi pour atteindre le seuil 2031 :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>
- Génération RSEE de la variante du projet atteignant le seuil 2028 :
<file:///C:/Users/LEONIE~1.DUJ/AppData/Local/Temp/Fichiers%20de%20travail564286/FicheRT/fiche.html>

12.3.3 Résultats RE2020 détaillés par lots de composants et comparés à la moyenne de l'observatoire

Nom du lot	Voirie et réseaux divers	Fondations et infrastructures
Numéro du lot	LOT 1	LOT 2
Valeur moyenne de Ic_composant pour maison individuelle en zone H1B	20,95	54,03
Valeur Ic_composant du Projet	68,96	12,86
Différence de résultats entre valeur moyenne et projet	48,01	41,17
Composants impactants le projet	Stockage: cuve en béton	
Part des données environnementales par défaut	96%	52%

Superstructure-Maçonnerie	Couverture-Etanchéité-Charpente-Zinguerie	Cloisonnement-Doublage-Plafonds suspendus-Menuiseries intérieures	Façades et menuiseries extérieures
LOT 3	LOT 4	LOT 5	LOT 6
105,46	24,81	40,73	71,50
109,93	57,24	31,19	116,22
4,47	32,43	9,54	44,72
Béton pour murs + isolants + escalier bois	Eléments techniques de toiture + tuiles		Volets roulants Alu + triple vitrage
47%	48%	49%	21%

Revêtement de sols, murs et plafonds-Chape-Peinture-Décoration	CVC	Installations sanitaires	Réseaux d'énergie
LOT 7	LOT 8	LOT 9	LOT 10
49,46	90,48	23,97	94,31

53,35	66,38	37,76	112,09
3,89	24,10	13,79	17,78
Parquet bois et enduit intérieur		Paroi de douche + pack WC	Câbles de communication, basse tension, fibre optique
96%	59%	77%	0%

Réseaux de communication	Equipements de transport intérieur	Production locale d'électricité
LOT 11	LOT 12	LOT 13
1,93	0,01	0,30
2,26		90,1
0,33	0,01	89,80
		Modules photovoltaïques
0%		100%

Figure 44: Tableau détaillant les résultats I_c composant par lot du projet et en comparant à la moyenne des maisons individuelles en zone H1b

12.3.4 Résultats de la complétude ACV

L'Excel détaillant la complétude ACV est disponible en annexe. Il n'est pas vérifié par un professionnel, c'est un exercice que j'ai effectué afin de comprendre cet outil qui sera disponible pour les bureaux d'étude afin de vérifier la bonne réalisation de l'étude ACV sur un projet. Les principaux résultats sont les suivants (Figure 45 et 46) :

RE2020 - grille de vérification

Eléments de contrôle		1. Vérificateur.rice (date : jj/mm/aaaa)				
Numéro	Dénomination	Référence de l'exigence de la RE2020 (document, n°ligne, paragraphe, tableau, ...)	Importance	Source d'information du projet (document, n°ligne, paragraphe, tableau, ...)	Constat (phrases claires et concises)	Demande de correction/justification (phrases claires et concises)
3.7.1	Lot modélisé et présentant des valeurs d'indicateurs non nulles	-	forte			
3.7.2.1	Complétude : 6.1 Revêtement, isolation et doublage extérieur	Arrêté méthode §2.3.2	forte			
3.7.2.2	Complétude : 6.2 Portes, fenêtres, fermetures, protections solaires	Arrêté méthode §2.3.2	forte			
3.7.2.3	Complétude : 6.3 Habillages et ossatures	Arrêté méthode §2.3.2	forte			
3.7.3	Cohérence : - Données environnementales associées - Des quantités renseignées - DVR (si modifiée à la baisse uniquement, logiciel bloque augmentation)	-	moyenne	Tableau des fiches ACV du lot 6 dans fichier RSEE	Donnée environnementale par défaut rentrée dans l'ACV pour le triple vitrage alors que la fiche FDES individuelle du triple vitrage PVC CLIMATOP existe dans la base INIES	Remplacer la donnée environnementale par défaut par sa fiche individuelle correspondante pour le triple vitrage dans l'ACV
3.7.4	Cohérence : - Des composants de l'enveloppe avec le noeud RSET (épaisseur et type d'isolant, surface de vitrage,...) - Des composants avec le "mode d'isolation des murs" et "la nature de l'isolant" déclarés dans le RSEE si ITE - Des composants avec le "revêtement extérieur des murs" déclaré dans le RSEE - Des composants avec le "type de menuiserie" et le "type de protections mobiles" déclarés dans le RSEE	-	moyenne			
3.7.5	Plausibilité des résultats : contrôle de l'ordre de grandeur de l'impact changement climatique du lot (kgCO ₂ éq)	-	moyenne	Tableau des scores I_c composant du lot 10 dans fichier RSEE	Valeur plus élevée que la moyenne des maisons individuelles dans cette zone climatique	Remplacer la donnée environnementale par défaut par sa fiche individuelle correspondante pour le triple vitrage dans l'ACV

Figure 45: Extrait de la feuille 2-Vérification de l'outil de complétude ACV créée par le ministère

Résultats (pour en étudier la cohérence)

Indicateur réglementaire	lc_construction (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	703,90	
Seuils RE2020	lc_construction_max_2022	692,00	
	lc_construction_max_2025	645,20	
	lc_construction_max_2028	592,20	
	lc_construction_max_2031	534,30	
Indicateur réglementaire	lc_energie (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	64,80	
Seuils RE2020	lc_energie_max_2022	162,20	
	lc_energie_max_2025	162,20	
	lc_energie_max_2028	162,20	
Autres indicateurs environnementaux	lc_composants (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	690,80	Poids carbone par rapport à lc_composants (en %)
	lc_lot 1 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	68,96	0,10
	lc_lot 2 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	12,86	0,02
	lc_lot 3 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	109,93	0,16
	lc_lot 4 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	57,24	0,08
	lc_lot 5 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	31,19	0,05
	lc_lot 6 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	168,68	0,24
	lc_lot 7 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	53,35	0,08
	lc_lot 8 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	66,38	0,10
	lc_lot 9 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	37,76	0,05
	lc_lot 10 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	126,87	0,18
	lc_lot 11 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	2,26	0,00
	lc_lot 12 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)		0,00
	lc_lot 13 (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	90,10	0,13
	lc_DED (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	484,90	0,70
	lc_chantier (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	13,10	0,02
	lc_eau (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	41,20	0,06
	lc_bâtiment (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	809,89	1,17
	lc_parcelle (kgCO ₂ .eq)/m ² SREF)	0,00	0,00
	StockC_bâtiment (kg C/m ²)	72,90	

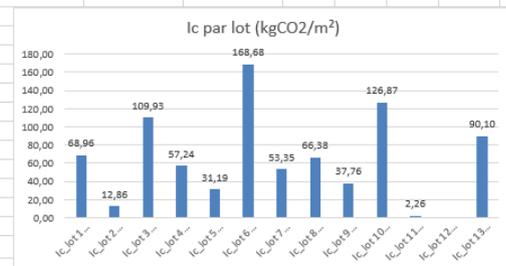


Figure 46: Extrait de la feuille 3-Résultats de l'outil de complétude ACV créée par le ministère

13. Les acteurs du passif et bas-carbone dans le Grand-Est

De nombreuses associations, fédérations, blogs etc. existent et diffusent des informations relatives à la construction passive en France. Il est nécessaire de faire le tri dans tous ces acteurs, et de reconnaître ceux dont la fiabilité est assurée. Les principaux utiles à cette étude sont répertoriés dans un tableau en annexe, sélectionnés pour leur pertinence en termes de localisation par rapport à la région Grand-Est et les informations transmises, notamment la disponibilité de bases de données répertoriant des projets passifs ou labellisés avec des labels bas-carbone. La liste est non-exhaustive. Voir Tableau Excel « Acteurs et labels ». Les sièges sociaux de ces huit acteurs principaux dans le Grand-Est sont répertoriés sur une carte ci-dessous (Figure 48) :

Maison du passif	EnviroBat	CAUE Grand-Est	ADEME Grand-Est	CERTIVEA	Acteurs du passif	Fédépassif	PassivHaus Institut
1	2	3	4	5	6	7	8

Figure 47: Légende des numéros sur la carte

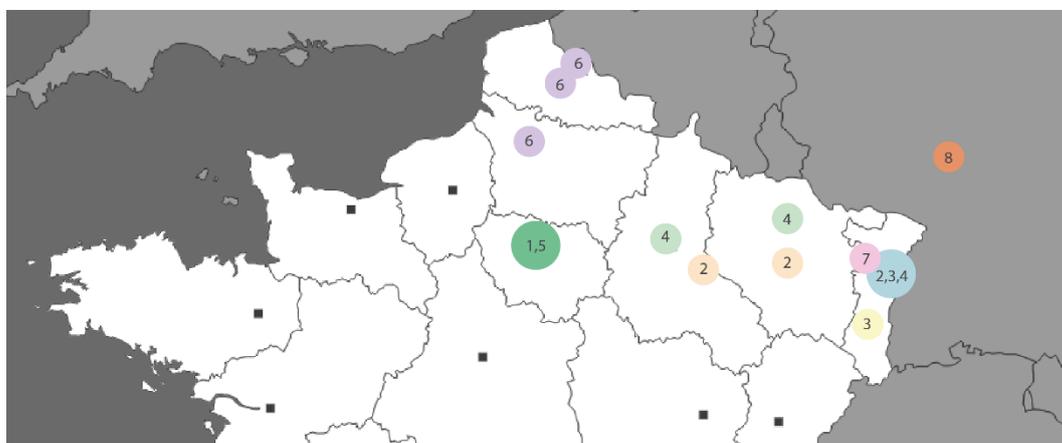


Figure 48: carte des acteurs du passif dans la région

Bibliographie

- [1], [2] Guide RE2020-réglementation environnementale ; [écologie.gouv, 2024:](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf)
https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf
- [3] Dossier de presse : CAP2030 : un cadre commun de référence pour les bâtiments de demain ; Gouvernement, 2024 : file:///C:/Users/leonie.dujardin/Downloads/dossier_de_presse_-_cap2030_un_cadre_commun_de_reference_pour_les_batiments_de_demain.pdf
- [4] Une dynamique collective, innovante et vertueuse pour aller au-delà de la RE2020 ; Ministère de l'aménagement du territoire et de la décentralisation, Plan Bâtiment Durable, 2023 :
<https://www.planbatimentdurable.developpement-durable.gouv.fr/presentation-generale-a1641.html>
- [5] Arrêté du 2 juillet relatif au contenu et aux conditions d'attribution du label prévu à l'article D.171-6 du code de la construction et de l'habitation ; République Française, 2024 :
<https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFSCATA000049880772>
- [6] Inertie thermique et déphasage ; Conseils-thermiques.org, ND : https://conseils-thermiques.org/contenu/inertie_et_dephasage.php
- [7], [9] Comparatif entre le standard passif et RE2020 ; La Maison du Passif, 2022 : <https://lamaisondupassif.fr/le-passif-comparatif-re2020/>
- [8] Performance Énergétique Mesurée et Comparée des Bâtiments Passifs ; La Maison du Passif, 2015 :
https://lamaisondupassif.fr/wp-content/uploads/2023/03/Rapport_PerfNRJMesureePassif_200415_compressed.pdf
- [10] Critères pour la labellisation Bâtiment passif, Enerphit et Base ; La Maison Du Passif, 2019 :
<https://lamaisondupassif.fr/wp-content/uploads/2023/03/CriteresDeCertification-mai-2021.pdf>
- [11] Surfaces de référence, rapport du groupe d'expertise ; Bâtiment Energie-Carbone, 2019 :
http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/ge11_surfaces_de_re_fe_rence_rapport_final.pdf
- [12] Label BBCA, Référentiel de labellisation des bâtiments neufs V4.1 ; batimentbascarbonate.org, 2023 :
https://www.batimentbascarbonate.org/wp-content/uploads/2023/04/Referentiel_BBCA_Neuf_v4.1_Option_Contribution_Neutralite_v1.0_31.03.2023.pdf
- [13] Plateforme de renseignement des fichiers RSEE ; Gouvernement, RT-RE-bâtiment, ND : <re-batiment2020.cstb.fr>
- [14] Le Grand-Est : une région pionnière pour les bâtiments passifs ; Climaxion, ND :
<https://www.climaxion.fr/thematiques/efficacite-energetique-qualite-environnementale-batiments/construction-exemplaire/grand-est-region-pionniere-batiments-passifs>
- [15] Retour d'expérience (REX) appel à projets « Bâtiments exemplaires passifs » ; Envirobat Grand-Est, 2021 :
<https://www.envirobatgrandest.fr/wp-content/uploads/elodie-chanvrier-et-marceau-enguerrand.pdf>