

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

Promotion : 2024

RESUME

PROJET DE FIN D'ETUDE

Dujardin Léonie

ETUDE ET EVALUATION DES PERFORMANCES ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTALES DES BÂTIMENTS CERTIFIES PASSIVHAUS PAR RAPPORT AUX EXIGENCES RE2020

L'analyse du cadre réglementaire français (RE2020, labels), l'approfondissement de bases de données RE2020 et PassivHaus et une étude de cas d'une maison passive biosourcée dans le Grand-Est sont des clés pour évaluer l'impact des maisons passive dans le Grand-Est. Les résultats montrent que ces typologies passives sont dans cette région non seulement performantes sur le plan énergétique et thermique encadrés par le label, mais adoptent en fait une démarche vertueuse globale, avec une attention apportée à l'impact carbone du projet. Cependant, d'autres tendances observées dans le passif peuvent entraîner des difficultés à respecter certaines exigences de la RE2020. Des composants sont défavorisés d'un point de vue carbone et énergie par rapport à des composants plus fréquemment utilisés par des projets strictement réglementaires. L'étude met en outre en évidence que l'usage de matériaux biosourcés, le recours à des FDES individuelles dans l'analyse de cycle de vie, et l'intégration du réemploi sont des leviers efficaces pour atteindre les seuils futurs RE2020. Elle souligne également l'importance d'une approche croisée entre RE2020 et labels, afin de mieux concilier efficacité énergétique et réduction des émissions sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

EVALUATION OF ENERGETIC AND ENVIRONMENTAL PERFORMANCES OF PASSIVHAUS LABELLED BUILDINGS THROUGH THE FRENCH REGULATION

The analysis of the french regulation RE2020 and labels, their databases and a case study of a passive house which uses mostly bio-sourced materials are keys to demonstrate the carbon impact of pasive houses in the Région Grand-Est. The results show that passive house typologies in this region not only meet the energy and thermal performance standards set by the label PassivHaus, but also adopt an overall virtuous approach, with attention paid to the use of bio-sourced materials in structure and insulation. However, other tendencies observed in passive building may challenge the reaching of some RE2020 requirements, as some components are at a disadvantage from a carbon and energy point of view. The study also highlights that the use of bio-sourced materials, of individual *FDES* in life cycle analysis, and the integration of reuse in construction, are effective for achieving future RE2020 thresholds. It also underlines the importance of finding a balance between energy efficiency and carbon emissions reduction over the entire building lifecycle.

Tuteur Entreprise : Stéphane Guidat

Tuteur pédagogique : Denis Burger

INTRODUCTION

Le secteur du bâtiment représente environ 25 % des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES) en France. Dans un contexte de changement climatique et d'épuisement des ressources naturelles, la transition vers une construction plus durable est devenue une priorité. La loi Énergie-Climat de 2019 fixe un objectif de neutralité carbone d'ici 2050, et la Réglementation Environnementale 2020 (RE2020), en vigueur depuis janvier 2022, vise à réduire la consommation énergétique et l'impact carbone des bâtiments neufs sur l'ensemble de leur cycle de vie.

Parallèlement, des labels volontaires comme PassivHaus ou Bâtiment Biosourcé proposent des approches complémentaires en matière de performance énergétique et environnementale. La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (DREAL) joue un rôle clé dans la mise en œuvre de ces démarches et dans l'accompagnement des acteurs du secteur. Ce travail vise à comparer la RE2020 avec ces labels afin d'identifier s'il existe des leviers constructifs permettant de réduire l'empreinte carbone du secteur. La problématique est la suivante :

Comment se placent les bâtiments passifs du parc bâti du grand-est en termes d'impact carbone, et comment la RE2020 et des labels de la construction durable permettent-ils de le quantifier ?

L'étude s'articule en trois parties : une analyse du cadre réglementaire et des labels, une étude statistique de bases de données sur des bâtiments passifs et RE2020 afin de mettre en évidence les tendances et philosophies constructives régionales, une étude de cas approfondie d'une maison passive biosourcée du Grand-Est, permettant d'évaluer ses performances carbone et de proposer des variantes optimisées.

Ce travail apporte ainsi un éclairage sur l'évolution des pratiques vers des bâtiments à la fois performants énergétiquement et vertueux sur le plan environnemental.

METHODOLOGIE DU PROJET

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. Les principaux acteurs qui m'ont suivi pendant ce projet sont la DHUP, le Cerema, le CSTB, ainsi qu'une architecte conceptrice de sa maison passive, travaillant avec l'association La Maison du Passif et ayant travaillé à l'institut PassivHaus.

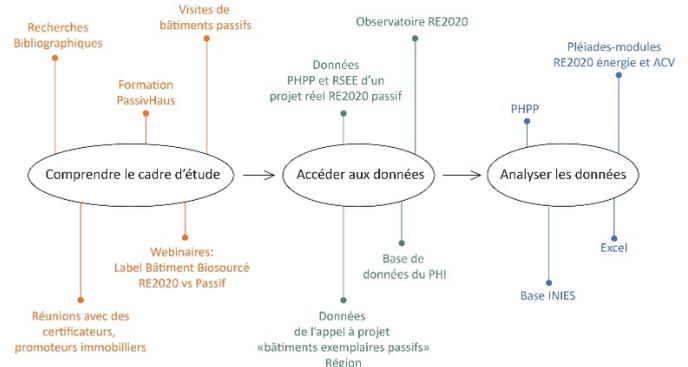


Figure 1: Schéma de la démarche et des ressources utilisées

RESULTATS PRINCIPAUX OBSERVES

La RE2020 et les labels de construction durable poursuivent des objectifs complémentaires, mais avec des approches et des indicateurs distincts. Si la RE2020 impose des seuils progressifs, le label PassivHaus vise avant tout l'optimisation thermique et énergétique des bâtiments, sans contrainte carbone spécifique. Quant au label Bâtiment Biosourcé, il valorise l'intégration de matériaux renouvelables, bien que son périmètre d'évaluation soit limité à la phase de construction.

L'analyse statistique des bases de données RE2020 et PassivHaus montre que **les maisons passives du Grand-Est adoptent une démarche vertueuse globale, en utilisant en majorité des matériaux structurels et isolants en biosourcé**, sans que le label n'impose de critère sur cet aspect. Toutefois, **ces bâtiments rencontrent des défis sur le respect des indicateurs carbone de la RE2020**, notamment en raison du triple vitrage, des systèmes électriques d'appoint et de la ventilation double flux, dont l'empreinte environnementale est pénalisée par la méthode de calcul réglementaire.

L'usage des matériaux biosourcés, en revanche, apparaît comme un levier clé pour améliorer l'impact carbone, bien que leur intégration dans les constructions classiques reste marginale en raison de freins économiques et techniques.

L'étude de cas d'une maison passive biosourcée RE2020 approfondie confirme ces tendances : la maison passive analysée dépasse largement les seuils de sobriété énergétique de la RE2020, mais son bilan carbone est impacté par le recours à des composants défavorisés par la réglementation. L'ajout de solutions comme le photovoltaïque, bien que permettant d'améliorer les indicateurs énergétiques, peut paradoxalement dégrader l'impact environnemental global du projet.



Figure 2: Approche mixte entre RE2020 et labels

CADRE THEORIQUE : RE2020, LABELS

RE2020

La RE2020 est la réglementation française énergétique et environnementale sur la construction neuve. Elle poursuit trois objectifs principaux : un **objectif de sobriété énergétique** et une décarbonation de l'énergie ; une **diminution de l'impact carbone** ; et une **garantie de confort** en cas de forte chaleur. **Plusieurs indicateurs sont calculés de manière à quantifier la réalisation des 3 objectifs.** 3 indicateurs mesurent les performances énergétiques : Bbio, Cep et Cep,nr. 2 sont centrés sur l'impact carbone du projet : Ic_énergie et Ic_construction. Le dernier mesure l'inconfort des occupants en cas de fortes chaleurs : DH. **Les indicateurs ont des valeurs cibles à ne pas dépasser : ce sont les exigences.**

LABELS

Les labels sont des démarches volontaires. Ils garantissent la qualité du projet dans un domaine

spécifique. Ce sont des **démarches vertueuses dont le but est d'aller au-delà des normes et règlements en vigueur** imposés par la loi.

Le label PassivHaus

Le label PassivHaus est d'origine allemande. Il a pour point de départ de conception le confort de l'occupant, et se fixe trois objectifs : **réduire les consommations énergétiques** au maximum, **améliorer le confort** d'été et d'hiver, **maîtriser les coûts.** De ces trois objectifs découlent **5 critères à respecter** : sur le chauffage, l'étanchéité à l'air, les consommations d'énergie primaires et la limitation de la surchauffe.

Le label Bâtiment Biosourcé

Ce label est un label d'Etat français, et vise à **limiter l'empreinte carbone** de la filière du bâtiment en **favorisant l'utilisation de matériaux biosourcés** dans la construction neuve. Il agit avec **deux critères** : le respect d'une quantité minimale de carbone biogénique stockée dans le projet, et une mixité de produits biosourcés mis en œuvre.

RE2020 et labels : une approche croisée

Des différences fondamentales sont mises en évidence entre la RE2020, le label PassivHaus et le label Bâtiment Biosourcé. Alors que **PassivHaus vise une optimisation réelle des performances énergétiques dès la conception, la RE2020 est un cadre réglementaire qui contrôle la conformité aux seuils exigés, sans assurer les performances réelles en exploitation.** Si chaque démarche préconise certains principes constructifs de manière à valider leurs exigences, il est toutefois difficile d'établir des tendances à ce stade des recherches. Chaque démarche a des domaines d'études, des phases de travail et des méthodes d'évaluation distinctes. Ces approches sont donc difficilement comparables, ce qui rend l'étude de projets réels nécessaires afin d'évaluer leurs interactions et effets croisés.

Objectifs de la RE2020 Objectifs de Bâtiment Biosourcé Objectifs de PassivHaus

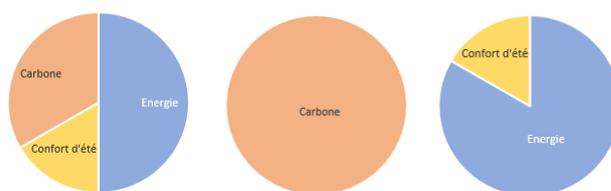


Figure 3 : Domaines d'étude de chaque démarche

STATISTIQUES PASSIVES ET RE2020

L'analyse statistique des bases de données de l'Institut PassivHaus et de l'Observatoire RE2020 va permettre d'identifier les tendances constructives et les performances réelles des bâtiments passifs et réglementés. En exploitant ces données, il devient possible de dégager des enseignements sur l'adéquation des pratiques actuelles aux exigences futures de la RE2020 et aux objectifs de neutralité carbone.

L'observatoire RE2020

Les données de l'observatoire proviennent des attestations RE2020 déposées après PC. Fournit spécifiquement pour ce projet par la DHUP, l'observatoire sous forme de fichier Excel recense tous les projets réglementaires ayant déposé un PC depuis l'application de la réglementation. Le cadre d'étude se limite aux 2742 projets en zone climatique H1b, dont la région Grand-Est fait partie.

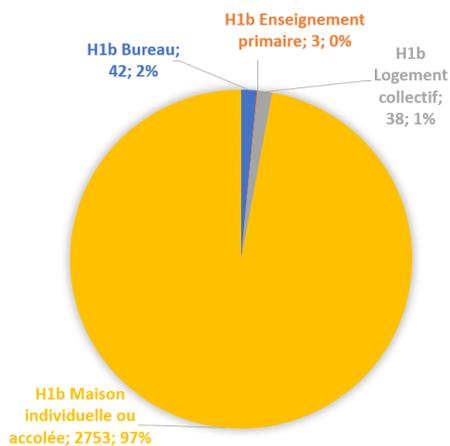


Figure 3: Typologies recensées en zone H1b

Dans cet échantillon **les maisons individuelles ou accolées sont largement majoritaires : 2659 projets, soit 97% des projets.**

Plus de 80% des maisons n'ont malheureusement pas renseigné leur matériau structural principal, ce qui rend l'étude statistique biaisée. Sur les 20 % restants, **le béton reste majoritaire (9%)**, suivi par la terre cuite et le bois. Ces deux types de structure présentent de meilleurs résultats que le béton d'un point de vue carbone (quantifié par l'indicateur $I_{c_construction}$), surtout si elles sont couplées à des isolations biosourcées. **Le système de chauffage le plus utilisé est la PAC air/eau à 74%**. Cette solution énergétique est plutôt favorable sur tous les critères, même si la PAC eau/eau donne de meilleurs résultats. En

revanche **les chaudières gaz sont contraintes par les exigences** et ne passent plus les seuils $I_{c_énergie}$.

La base de données PassivHaus

La base de données de l'institut PassivHaus est renseignée de manière volontaire par les maîtres d'œuvre. Elle recense 46 projets dans la région Grand-Est. Cette analyse s'intéresse aux performances des bâtiments passifs de la région indépendamment de la RE2020. Sur ces 46 projets, cinq typologies se distinguent : bureaux, scolaire, santé, logements collectifs et maison individuelles ou accolées.

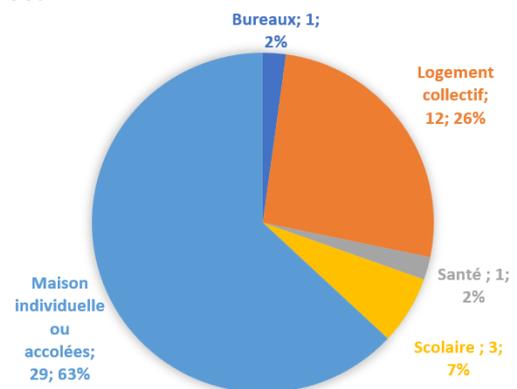


Figure 4: Typologies recensées dans le Grand-Est

63% des projets sont des maisons individuelles ou accolées. Sur la totalité des projets recensés, **73% sont construits en structure bois.** Le reste est en majorité construit en béton, et quelques-uns en briques de terre cuite. Les matériaux d'isolation sont plus variés, avec presque autant d'utilisation de biosourcés (52%) que d'isolants non biosourcés (48%). En logement individuel, 1/3 des projets se chauffe avec un **système électrique**, choix économique et de mise en œuvre pertinent pour de l'appoint, suffisant grâce aux faibles besoins de chauffage demandés par le label.

Synthèse : tendances en RE2020 et passif

La très faible déclaration des matériaux structuraux utilisés en RE2020 rend difficile l'analyse fine de l'impact carbone des choix constructifs. En revanche, la base PassivHaus montre une nette prédominance du bois en structure et une utilisation plus équilibrée entre isolants biosourcés et non biosourcés. Cette tendance met en lumière une **approche vertueuse globale de la part des bâtiments passifs du Grand-Est, tant sur l'aspect énergie que carbone**, avec une attention portée aux matériaux, malgré l'absence de critères/exigences du label sur ce volet.

ETUDE DE CAS

L'étude de cas porte sur un projet de **maison individuelle passive et biosourcée**. Construite en structure bois, isolée en majorité en laine de bois et ouate de cellulose, elle est chauffée par ballon ECS électrique et panneaux photovoltaïques. Les résultats de ce projet sont surprenants : si les critères passifs sont largement remplis, l'exigence RE2020 quantifiant le score carbone relatif à la construction : **lc_construction n'est pas validé**. En revanche, le projet valide le niveau le plus exigeant du label Bâtiment biosourcé. *Comment un projet aussi vertueux dans son utilisation de biosourcé et dans ses performances énergétiques peut-il être non conforme à la RE2020 ?*

1- Son analyse de cycle de vie révèle que les lots les plus émetteurs de carbone sont : le lot 13 relatif aux panneaux photovoltaïques, le lot 6 sur les vitrages et occultations, le lot 3 de superstructure du projet, et le lot 10 relatif aux courants d'énergie. Ce sont des lots clés en passif : panneaux photovoltaïques, triple vitrage notamment.

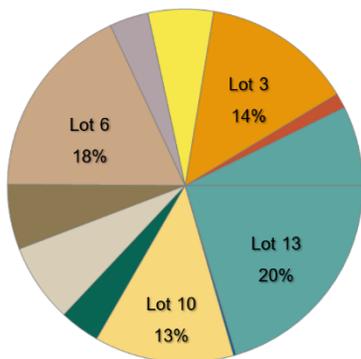


Figure 5: Lots prépondérants dans l'impact carbone du projet

2- 63 % de l'impact carbone est dû aux données environnementales par défaut. Seulement 13% des fiches FDES renseignées sont individuelles. Or les données par défaut dégradent de +30% à +100% les scores carbone des composants.

3- Le renseignement de la fiche individuelle des triples vitrages (CLIMATOP Saint-Gobain) au profit d'une donnée environnementale par défaut, et la correction d'une erreur ACV dans le lot 10 permet de **valider le seuil 2022 de la RE2020** (premier seuil).

Quelles pratiques permettent d'atteindre des seuils RE2020 plus exigeants (2025, 2028, 2031) ?

Plusieurs variantes du projet (choisies à partir des lots les plus impactant) sont développées, afin de tester les facteurs d'influence du score lc_construction.

Variante sur les matériaux

1- Quelques matériaux du projet initial sont non biosourcés : les isolants des dalles de sol, sur vide sanitaire, et une partie en toiture. En les remplaçant par du biosourcé aux qualités thermiques équivalentes (la résistance des parois est inchangée), **le projet atteint le seuil RE2025**.

Matériau dans le projet initial	Matériau remplacé dans variante
Dalle de sol	
Polystyrène extrudé	Panneau de liège
Polystyrène expansé	Panneau de liège
Mur sur vide sanitaire	
Polystyrène expansé	Panneau de liège
Toiture	
Laine minérale	Ouate de cellulose

Figure 6: Tableau des changements d'isolants sur la variante

2- En modifiant la composition entière de l'enveloppe du projet afin de n'utiliser que des matériaux non biosourcés (murs parpaing béton, isolants polystyrène et polyuréthane), **le projet n'est pas réglementaire RE2022**.

Variante sur les fiches FDES

L'impact carbone relatif aux données par défaut du projet (63%) est largement supérieur au score moyen des maisons individuelles en zone H1b (37%). En modifiant l'analyse de cycle de vie du projet afin de se rapprocher de cette valeur moyenne, **le projet peut atteindre le seuil RE2028**. Pour cela, son taux de DED doit baisser à moins de 27%. En remplaçant encore plus de données par défaut par des fiches individuelles de composants équivalents jusqu'à arriver à 12% d'utilisation de DED, il est possible de **se rapprocher du seuil réglementaire le plus exigeant : le seuil 2031**. Celui-ci est atteint en combinant cette variante avec l'utilisation de réemploi.

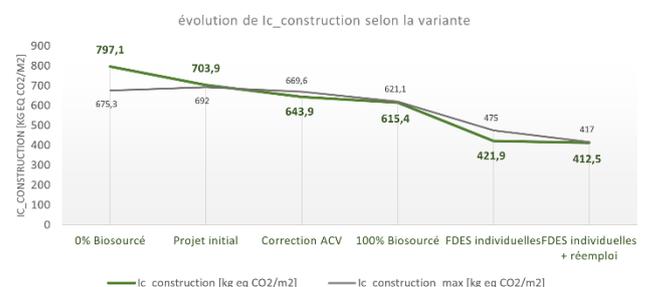


Figure 7: Synthèse des scores lc_construction selon les variantes les plus impactantes

Le score lc_c s'explique par l'utilisation de données par défaut dans l'ACV, soulignant l'importance des fiches FDES individuelles et des matériaux biosourcés.

CONCLUSION

L'analyse des bâtiments passifs du Grand Est met en évidence leur excellente performance énergétique, qui reste supérieure aux exigences réglementaires, mais aussi les défis qu'ils rencontrent face aux seuils carbone de la RE2020. Les principaux facteurs influençant l'impact environnemental des constructions sont les matériaux (structure, isolation, fondations), les ouvertures (vitrages et occultations) et les systèmes énergétiques, notamment ceux recourant à l'électricité. L'usage de matériaux biosourcés constitue une réponse efficace pour réduire l'empreinte carbone, bien qu'encore marginal dans la construction classique. Contrairement à la réglementation, qui fixe des seuils progressifs, le label PassivHaus impose une approche de conception rigoureuse garantissant la performance thermique, sans prise en compte de l'impact carbone des matériaux. À l'inverse, le label Bâtiment Biosourcé valorise la faible empreinte environnementale des matériaux de construction mais sans considération globale du cycle de vie. L'étude souligne ainsi l'intérêt de croiser ces démarches pour allier sobriété énergétique et réduction des émissions.

Dans le Grand-Est, les maisons passives s'inscrivent dans une démarche vertueuse globale, tant sur l'efficacité énergétique encadrée par le label que sur l'utilisation de matériaux durables. Cependant, elles peuvent rencontrer des difficultés à respecter les seuils de la RE2020, notamment en raison du choix des systèmes énergétiques, dont les solutions généralement employées en passif (VMC double flux, chauffage électrique) peinent à respecter le seuil Cep,nr. Pour y remédier, certains concepteurs ajoutent des énergies renouvelables, comme un surdimensionnement des panneaux photovoltaïques. Si cela permet de valider le seuil Cep,nr, cela engendre aussi une augmentation du score carbone, comme l'a montré l'étude de cas. Il est donc essentiel de trouver un équilibre entre performance énergétique et impact carbone dans ces projets. Par ailleurs, l'optimisation réglementaire pourrait conduire à des stratégies biaisées, combinant de faibles quantités de biosourcés à des matériaux fortement carbonés sans véritable réduction d'impact. La régulation de telles dérives pourrait

s'avérer nécessaire avec l'augmentation des seuils d'exigences RE2020.

BIBLIOGRAPHIE DU RESUME

Guide RE2020-réglementation environnementale ; écologie.gouv, 2024 : https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/guide_re2020_version_janvier_2024.pdf
Site du PassivHaus Institut, PassivHaus Institut, ND : <https://passivehouse.com/>
Nouveau Label « Bâtiment Biosourcé » applicable à partir du 1^{er} septembre 2024 ; Préfet de la région Normandie-DREAL Normandie, 2024 : <https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/nouveau-label-batiment-biosource-2024-applicable-a-a5926.html>
Annexe III : Méthode de calcul détaillée « Th-BCE 2020 » ; développement-durable.gouv, 2021 : https://rt-re-batiment.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/annexeiii_arrete_4_aout_2021_scenariosre2020_compressed.pdf
Comparatif entre le standard passif et RE2020, La Maison du passif, 2022 : <https://lamaisondupassif.fr/le-passif-comparatif-re2020/>
Observatoire de la RE2020 1.5.6 ; Gouvernement, 2025 : <https://re-batiment2020.cstb.fr/opee/respect-ic-construction/mi>

LISTE DES DOCUMENTS ANNEXE

1. Démarche, ressources et acteurs impliqués
2. Présentation du contexte du stage
3. Exigences RE2020 et label Bâtiment Biosourcé
4. Approfondissement du label PassivHaus
5. Evolution entre RT2012 et RE2020, et impact sur le label PassivHaus
6. Détail sur des méthodes de calcul différentes spécifiques entre RE2020 et PassivHaus
7. Le label BBCA
8. Zones climatiques en France Métropolitaine
9. Origine et qualité des données utilisées pour les statistiques
10. Démarche de nettoyage de la base de données de l'observatoire RE2020
11. Etude des « Bâtiments Exemplaïres Passifs » de la Région Grand-Est
12. Données sur le cas d'usage : maison individuelle passive biosourcée
13. Cartographie des acteurs du passif et du bas-carbone dans le Grand-Est