

Quels gains carbone avec l'emploi de **matériaux biosourcés** en rénovation énergétique ?

Dans le cadre de ses missions de conseil et d'accompagnement de projets de rénovation en copropriété, l'Agence Parisienne du Climat fait face à un sujet de controverse récurrent qui circule au sein des acteurs publics et privés de la rénovation : « il serait contreproductif d'un point de vue environnemental de réaliser l'isolation d'un bâtiment avec des matériaux autres que biosourcés, le poids environnemental de ceux-ci annulant le gain de la rénovation ».

À partir de deux cas réels de rénovations énergétiques globales réalisées en copropriétés entre 2016 et 2020 à Paris, nous proposons d'objectiver l'impact de l'emploi de matériaux biosourcés pour la rénovation du patrimoine bâti existant et d'en tirer des observations quant à la controverse présentée.

Ainsi se pose notre problématique : les émissions de gaz à effet de serre liées à l'emploi de matériaux de rénovation sont-elles compensées par les gains réalisés sur les consommations d'énergie ?

Les deux cas mentionnés dans cette note sont issus de l'étude « *Performance énergétique en copropriété* », réalisée par l'Agence Parisienne du Climat en 2020. Les deux copropriétés des Trente Glorieuses ont effectué un programme de travaux de rénovation globale très ambitieux avec l'atteinte d'une performance énergétique en dessous de $104 \text{ kWh}_{\text{ep}}/\text{m}^2\text{SHON.an}$.



DÉFINITIONS

LE DÉPHASAGE

THERMIQUE correspond au temps que va mettre la chaleur pour pénétrer dans un bâtiment. Il s'exprime en heure (h). Le déphasage dépend de la qualité du matériau et de l'épaisseur installée. Plus le déphasage de l'isolant est long, meilleur sera le confort d'été.

LA CAPACITÉ

HYGROSCOPIQUE est la capacité d'absorption ou de restitution de l'humidité de l'air d'un matériau. La bonne capacité hygroscopique d'un isolant garantit une bonne qualité de l'air intérieur.

L'ÉQUIVALENT EN

DIOXYDE DE CARBONE (CO_{2eq}) correspond à la masse de dioxyde de carbone qui aurait le même potentiel de réchauffement climatique qu'une quantité donnée d'un autre gaz à effet de serre (*définition de la Commission d'enrichissement de la langue française*).

Les matériaux employés pour l'isolation des bâtiments

Selon le rapport Secten¹, le secteur du bâtiment (usage et matériaux) **représente plus de 23 % des émissions de gaz à effet de serre (GES) à l'échelle de la France en 2020**, et 5 % des émissions de GES sont directement liées à l'emploi des matériaux de construction.

Les matériaux biosourcés sont issus de matières organiques renouvelables, d'origine végétale ou animale, c'est-à-dire bois, paille, chanvre, laine, plumes, etc. Ils disposent de nombreuses propriétés mobilisées pour l'isolation : **résistance thermique, déphasage, capacité hygroscopique**. Ces paramètres sont particulièrement importants pour les bâtiments anciens, sensibles aux migrations de vapeur d'eau dans les matériaux, pour lesquels les matériaux synthétiques étanches sont proscrits. Dans cette note, nous nous concentrons uniquement sur les matériaux biosourcés d'origine végétale considérés comme des « puits de carbone », et les plus répandus.

On les distingue des matériaux dits « minéraux », qui proviennent de ressources peu ou non renouvelables à court terme (laine de verre, de roche), et des matériaux dits « synthétiques »

issus de la pétrochimie (polystyrène, polyuréthane). Ils seront nommés « matériaux conventionnels » tout au long de cette note.

L'impact carbone des matériaux

D'après les fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) inscrites dans la base INIES², le poids carbone des matériaux biosourcés est négatif selon leur analyse de cycle de vie. Ainsi, on prend comme exemple la valeur de **-14,6 kgCO_{2eq}/m²**³ pour la fibre de bois, matériau biosourcé le plus répandu en rénovation. L'emploi de ce matériau introduit la notion de « stockage carbone », ce qui diminue le poids total du projet de rénovation d'autant plus.

Par exemple, dans l'un des cas observés ci-après, ce sont **48 tonnes de CO_{2eq} qui seraient « stockées »** en isolant les 3 294 m² de façades avec de la fibre de bois, **contre 60 tonnes de CO_{2eq} d'émissions induites par l'emploi du polyuréthane**. Autrement dit, à rénovation et résistance thermique équivalente, l'emploi de matériaux biosourcés est plus intéressant du point de vue des émissions de GES. Sur 30 ans, cela représenterait **entre 4 et 6 % de réduction d'émission de GES complémentaires** sur les deux cas de figure étudiés.

L'impact carbone des travaux de rénovation énergétique

Les retours d'expérience étudiés ici correspondent à des rénovations globales et sont représentatifs des rénovations réalisées en Île-de-France entre 2016 et 2022. Ils comparent trois états de consommation d'énergie des bâtiments pour le chauffage : avant rénovation, après rénovation théorique (selon les calculs thermiques, dans des conditions optimales d'usage) et après rénovation réelle (l'année suivante, selon les usages réels des habitant·es).

Pour les cas étudiés, **les émissions de GES réelles liées au chauffage ont diminué de 25 % et 60 %**. Sur 30 ans cela correspond à respectivement 495 et 4 410 tonnes de CO_{2eq} d'émissions en moins.

Pour autant, le bilan des consommations énergétiques ne correspondait pas en totalité au bilan projeté avant travaux. En incitant les occupant·es et les exploitant·es à mieux maîtriser les consommations de chauffage (intéressement sur les contrats d'exploitation, bonnes pratiques des occupant·es au quotidien, consigne collective à 19 °C...), l'impact carbone de la rénovation énergétique s'améliorerait. Pour les cas étudiés, **les émissions de GES liées au chauffage diminueraient potentiellement jusqu'à 51 % et 72 %**⁴. Sur 30 ans cela correspondrait à respectivement 948 et 5 220 tonnes de CO_{2eq} d'émissions en moins.

Isoler avec des matériaux conventionnels : est-ce contreproductif ?

Compte tenu de son impact largement positif sur la réduction des consommations d'énergie des bâtiments existants, **la rénovation thermique est toujours pertinente**, même en faisant appel à des matériaux conventionnels. Pour autant, le recours à des matériaux biosourcés, stockant du carbone, sera toujours un apport positif complémentaire.

Considérant la problématique énergétique et de l'adaptation aux dérèglements du climat, il est nécessaire **d'employer avant tout des matériaux performants et durables**. Hors considération technique ou patrimoniale, le choix des matériaux biosourcés sera positif s'il permet des gains de performance équivalents à un choix « conventionnel ».

Enfin, les objectifs de massification de la rénovation énergétique en France nécessitent de faire appel à tous les matériaux disponibles sur le marché, si tant est qu'ils soient employés pour les bons usages, sur les bons bâtiments. Dans le même temps, promouvoir les filières biosourcées permet de mettre l'accent sur des matériaux plus locaux, dont le bilan carbone est plus favorable et qui portent des caractéristiques techniques intéressantes pour le confort d'été et le bâti ancien ou patrimonial.

¹ Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques – Bilan des émissions en France de 1990 à 2021, Rapport national d'inventaire Format SECTEN, 2022, CITEPA.

² Base de données nationale de référence sur les données environnementales et sanitaires des produits et équipements de la construction.

³ Pour un R = 5 m².K/W en panneau rigide standard.

⁴ Correspondant à un résultat proche des estimations de consommation après travaux par méthode Th-CE-Ex, lors de la maîtrise d'œuvre conception.

– Les émissions de gaz à effet de serre sur 30 ans par copropriété

“
LA RÉNOVATION EXÉCUTÉE SUR CETTE COPROPRIÉTÉ A PERMIS UN GAIN RÉEL DE CONSOMMATION DE CHAUFFAGE DE 29 %.”

“
LE CHOIX DE MATÉRIAUX ENTièrement BIOSOURCÉS AURAIT RÉDUIT DE 6 % SUPPLÉMENTAIRES LES ÉMISSIONS DE GES SUR 30 ANS PAR RAPPORT À L'ÉTAT INITIAL DU BÂTIMENT.”

⁵ Selon le résultat de l'audit énergétique sur 5 usages, par méthode Th-CE-Ex.

⁶ Selon la maîtrise d'œuvre conception sur 5 usages, par méthode Th-CE-Ex.

Cas d'étude 1

Rénovation globale d'une copropriété des Trente Glorieuses en chauffage collectif au gaz naturel

Cette copropriété de deux immeubles, achetés en 1963, n'avait pas entrepris de travaux majeurs depuis sa construction. Après la réalisation d'un audit énergétique, la copropriété opte pour un programme de travaux adapté aux enjeux énergétiques auxquels elle faisait face, comprenant :

- L'isolation thermique par l'extérieur de l'ensemble des façades avec du polyuréthane ;
- L'isolation de la toiture terrasse avec du polyuréthane ;
- La mise en place d'une ventilation hybride ;
- L'équilibrage des réseaux de distribution de chauffage.

Après travaux, les gains théoriques prévoient le passage d'une étiquette E (270 kWhep/m²SHON.an)⁵ à une étiquette B (96 kWhep/m²SHON.an)⁶, soit une performance supérieure à celle du niveau Bâtiment Basse Consommation (104 kWhep/m²SHON.an).

La rénovation exécutée sur cette copropriété a permis **un gain réel de consommation de chauffage de 29 %, par l'emploi de matériaux**

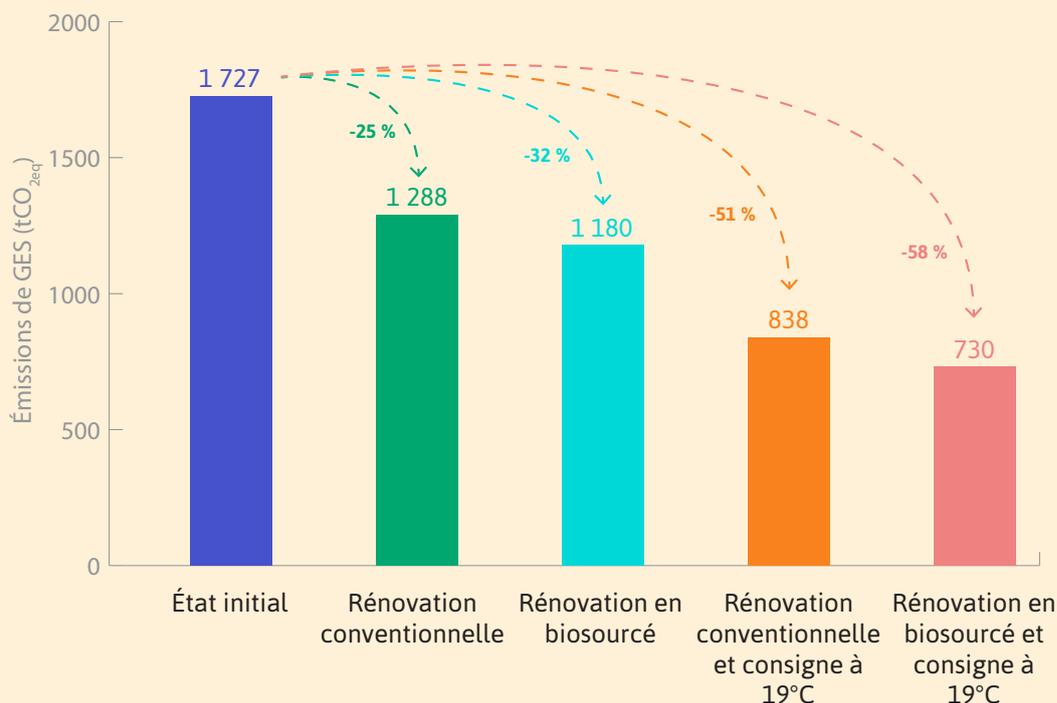
Bilan comparatif selon les scénarios de rénovation et d'usage

Les émissions de GES réelles liées au chauffage avant travaux	57,6 tCO _{2eq} /an
Les émissions de GES réelles liées au chauffage après travaux	41 tCO _{2eq} /an
Les émissions de GES théoriques liées au chauffage à 19 °C après travaux	26 tCO _{2eq} /an
Surface totale d'isolant	3 294 m ²
Poids carbone des matériaux biosourcés équivalents	-48 tCO _{2eq}
Poids carbone des matériaux conventionnels utilisés	60 tCO _{2eq}
Temps de retour CO ₂ de la rénovation réalisée avec des matériaux conventionnels (en années)	3,6 ans

Sources : Performance énergétique en copropriété, Agence Parisienne du Climat, 2020 ; Base Carbone, ADEME, 2023 ; Base INIES, 2023 ; Traitement par l'Agence Parisienne du Climat en 2023

conventionnels (ici, le polyuréthane). Chaque année, ce sont donc en moyenne 16,5 tCO_{2eq} qui sont émises en moins pour le chauffage. Si on considère les matériaux isolants conventionnels comme un investissement en carbone de 60 tCO_{2eq}, alors celui-ci est « rentabilisé » à partir de 3,6 années.

FIGURE 1 :
L'impact carbone du cas d'étude 1 sur 30 ans



Sources : Données de l'étude « Performance énergétique en copropriété », Agence Parisienne du Climat, 2020 ; Base INIES ; Bilan GES ADEME – Traitement par l'Agence Parisienne du Climat, 2023

En comparant les scénarios à consommation constante sur 30 ans, la différence d'émissions de GES est de + 108 tCO_{2eq} lors de l'emploi de matériaux conventionnels par rapport à l'emploi de matériaux biosourcés. Pour ce projet de rénovation donc, **le choix de matériaux entièrement biosourcés aurait réduit de 6 % supplémentaires les émissions de GES sur 30 ans par rapport à l'état initial du bâtiment.**

L'instrumentation de cette copropriété a permis de constater pendant la période de chauffe des températures intérieures après rénovation dans les logements de 22,6 °C. Pour le même projet de rénovation, mais avec une consigne à 19 °C, on estime un gain non plus de 29 % mais de 55 % sur les consommations d'énergie pour le chauffage. Suivant cet usage, les émissions de GES évitées chaque année montent à 31,6 tCO_{2eq}.

Cas d'étude 2

Rénovation globale d'une copropriété des Trente Glorieuses en chauffage collectif au fioul domestique convertie au gaz naturel

La copropriété, bâtiment typique des années 1960, s'est lancée dans un projet de rénovation énergétique faisant suite à un défaut d'entretien. Les coûts de chauffage et d'eau chaude sanitaire représentaient 50 % des charges de copropriété, de nombreuses pathologies perturbaient le confort des habitant·es et des chaudières au fioul domestique étaient en fin de vie. Les copropriétaires se sont lancés dans une étude thermique approfondie et ont programmé des travaux ambitieux :

- Conversion du fioul vers le gaz et amélioration du système de chauffage ;
- Isolation thermique par l'extérieur des façades avec du polystyrène ;
- Isolation de la toiture avec du polyuréthane ;
- Isolation des planchers bas ;
- Changement des menuiseries par du double vitrage et isolation des coffres des volets roulants ;
- Mise en place d'une VMC basse pression.

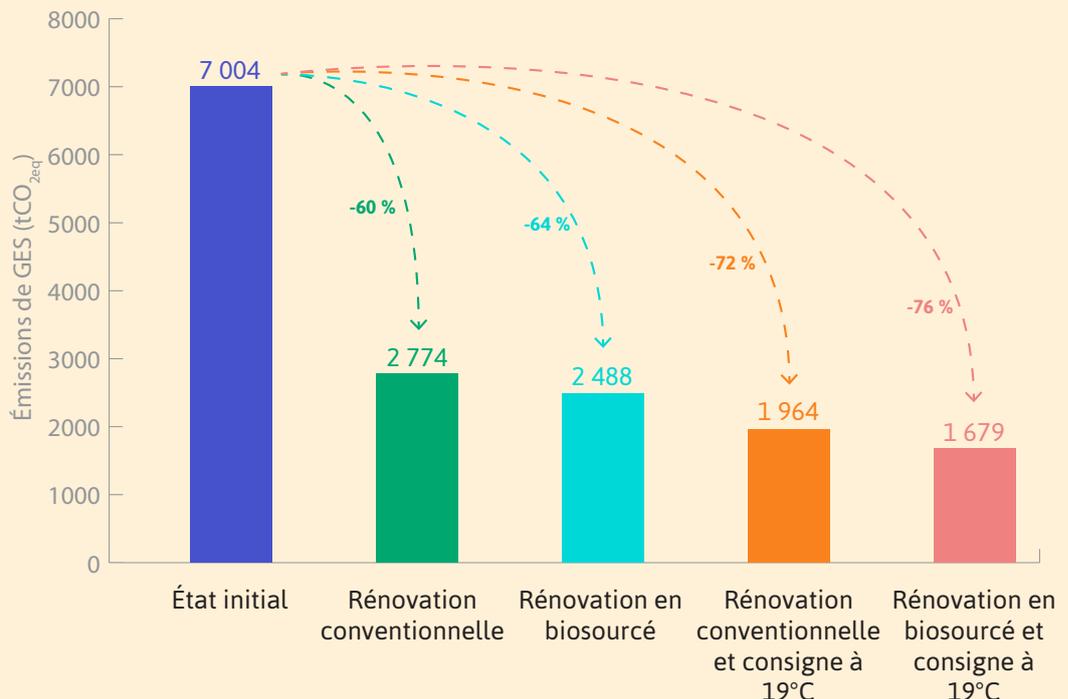
Après travaux, les gains théoriques prévoient le passage d'une étiquette E (312 kWhep/m²SHON.an) à une étiquette B (87 kWhep/m²SHON.an), soit une performance supérieure à celle du niveau Bâtiment Basse Consommation (104 kWhep/m²SHON.an).

Bilan comparatif selon les scénarios de rénovation et d'usage

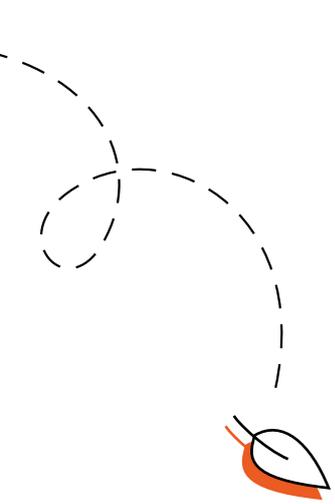
Les émissions de GES réelles liées au chauffage avant travaux	233 tCO _{2eq} /an
Les émissions de GES réelles liées au chauffage après travaux	86 tCO _{2eq} /an
Les émissions de GES théoriques liées au chauffage à 19 °C après travaux	59 tCO _{2eq} /an
Surface totale d'isolant	6 562 m ²
Poids carbone des matériaux biosourcés équivalents	-96 tCO _{2eq}
Poids carbone des matériaux conventionnels utilisés	189 tCO _{2eq}
Temps de retour CO ₂ de la rénovation réalisée avec des matériaux conventionnels (en années)	1,3 an

Sources : Performance énergétique en copropriété, Agence Parisienne du Climat, 2020 ; Base Carbone, ADEME, 2023 ; Base INIES, 2023 ; Traitement par l'Agence Parisienne du Climat en 2023

FIGURE 2 :
L'impact carbone du cas d'étude 2 sur 30 ans



Sources : Données de l'étude « Performance énergétique en copropriété », Agence Parisienne du Climat, 2020 ; Base INIES ; Bilan GES ADEME – Traitement par l'Agence Parisienne du Climat, 2023



La rénovation exécutée sur cette copropriété a permis **un gain réel de consommation de chauffage de 47 %, par l'emploi de matériaux conventionnels** (ici, polyuréthane et polystyrène). Chaque année, ce sont donc en moyenne 147 tCO_{2eq} qui sont émises en moins pour le chauffage. En comparaison, le poids carbone des matériaux d'isolation est de 189 tCO_{2eq}.

En comparant les scénarios à consommation constante sur 30 ans, la différence d'émissions de GES est de + 285 tCO_{2eq} lors de l'emploi de matériaux conventionnels par rapport à l'emploi de matériaux biosourcés. **Pour ce projet de rénovation donc, le choix de matériaux entièrement biosourcés aurait réduit de 4 % supplé-**

mentaires les émissions de GES sur 30 ans par rapport à l'état initial du bâtiment.

L'instrumentation de cette copropriété a permis de constater pendant la période de chauffe des températures intérieures après rénovation dans les logements de 22,4 °C. Pour le même projet de rénovation, mais avec une consigne à 19 °C, on estime un gain non plus de 47 % mais de 64 % sur les consommations d'énergie pour le chauffage.

Suivant cet usage, les émissions de GES évitées chaque année montent à 174 tCO_{2eq}.

Panneaux d'isolation en chanvre



⁷ Publiée en septembre 2020 par l'Agence Parisienne du Climat : <https://www.apc-paris.com/publication/etude-performance-energetique-copropriete-retour-sur-deux-ans-dinstrumentation>.

⁸ Les données de consommation de chauffage recalculées avec une consigne à 19°C sont issues de l'étude « Performance énergétique des copropriétés », calculs réalisés par ENERTECH.

⁹ Les données de consommation de chauffage recalculées avec une consigne à 19°C sont issues de l'étude « Performance énergétique des copropriétés », calculs réalisés par ENERTECH.

¹⁰ Une méthode d'évaluation environnementale multicritère qui permet de quantifier les impacts d'un produit, d'un service, d'un procédé, sur l'ensemble de son cycle de vie, depuis l'extraction des matières premières jusqu'à son traitement en fin de vie, en passant par les étapes de mise en œuvre et de vie œuvre.

Méthodologie

Pour répondre à la problématique de cette note, nous nous appuyons sur l'étude « Performance énergétique en copropriété »⁷. Son objectif était de mesurer les gains réels, en confort et en économie d'énergie, d'une rénovation énergétique en copropriété. Huit copropriétés avaient été instrumentées en Île-de-France (couvrant deux saisons de chauffe de 2017 à 2019) : mesure des consommations d'énergie, des températures, de l'hygrométrie, des extractions d'air, etc. Les données permettent de comparer un état réel du comportement du bâtiment avant et après rénovation, tout en connaissant les matériaux employés pour celle-ci.

Les caractéristiques et données de deux des copropriétés instrumentées représentatives sont utilisées ici. Elles sont les suivantes :

Copropriété	Cas d'étude 1	Cas d'étude 2
Année de construction	1963	1965
Surface habitable (m ² SHAB)	2 357	3 833
Nombre de logements	40	60
Mode de chauffage	Collectif	Collectif
Source d'énergie initiale / après rénovation (si mutation)	Chauffage urbain	Fioul / gaz
Ventilation initiale	Naturelle	Naturelle

Pour chaque cas, nous calculons les émissions de CO₂ équivalent (CO_{2eq}) sur 30 ans et pour cinq scénarios, allant de l'état initial du bâtiment à la rénovation en matériaux biosourcés avec consigne de chauffage à 19°C. On considère la fibre de bois comme matériau utilisé en tant qu'isolant biosourcé pour les calculs, à performance thermique identique (R = 5 m².K/W).



Utilisation de panneaux en fibre de bois sur un projet de rénovation énergétique globale, lauréat du Grand Prix des Trophées Métropolitains CoachCopro 2023

Les scénarios de rénovation et d'usage

État initial	État réel des émissions de GES liées au chauffage avant la rénovation.
Rénovation conventionnelle	État réel des émissions de GES liées au chauffage après la rénovation et à l'emploi de matériaux conventionnels.
Rénovation en biosourcé	État théorique des émissions de GES liées au chauffage après la rénovation et à l'emploi de matériaux biosourcés.
Rénovation conventionnelle et consigne à 19°C	État théorique des émissions de GES liées au chauffage après la rénovation avec une consigne de chauffage à 19°C ⁸ , et à l'emploi de matériaux conventionnels.
Rénovation en biosourcé et consigne à 19°C	État théorique des émissions de GES liés au chauffage après la rénovation avec une consigne de chauffage à 19°C ⁹ , et à l'emploi de matériaux biosourcés.

Pour chaque scénario, le calcul des émissions de CO_{2eq} se fait en additionnant :

- les émissions de CO_{2eq} sur 30 ans liées au chauffage : la consommation annuelle d'énergie de chauffage (kWh/an) x facteur d'émission de l'énergie (kgCO_{2eq}/kWh) x 30 (an) ;
- les émissions de CO_{2eq} liées aux matériaux employés pour la rénovation énergétique : [la surface de façade isolée (m²) x facteur d'émission de l'isolant (kgCO_{2eq}/m²)] + [la surface de toiture isolée (m²) x facteur d'émission de l'isolant (kgCO_{2eq}/m²)].

Les facteurs d'émission des gaz à effet de serre (en CO_{2eq}) utilisés proviennent :

- de la base carbone de l'ADEME pour les énergies fossiles et l'électricité ;
- des fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) inscrites dans la base INIES pour les isolants conventionnels et biosourcés. Ces fiches indiquent le poids carbone issu de l'analyse du cycle de vie¹⁰ des produits.

¹¹ Base Carbone® de l'ADEME - <https://bilans-ges.ademe.fr/>

¹² Base INIES - <https://www.inies.fr/>

Par énergie de chauffage ¹¹		Pour un m ² d'isolant posé avec R = 5 m ² .K/W ¹²	
Énergie	Facteur d'émission	Type d'isolant	Facteur d'émission
Gaz naturel	0,227 kgCO _{2eq} /kWh	Fibre de bois	-14,6 kgCO _{2eq} /m ²
Fioul domestique	0,324 kgCO _{2eq} /kWh	Polystyrène expansé	29,1 kgCO _{2eq} /m ²
Électricité	0,147 kgCO _{2eq} /kWh	Polyuréthane	18,2 kgCO _{2eq} /m ²
Chauffage urbain (données CPCU)	0,172 kgCO _{2eq} /kWh	Laine de roche	38 kgCO _{2eq} /m ²
		Laine de verre	12,7 kgCO _{2eq} /m ²

Par simplification pour les analyses, les scénarios comparés sont exactement similaires hormis le matériau employé. L'impact carbone du chantier dans son ensemble n'est pas pris en

compte non plus : déplacements, installation du chantier, fourniture des matériaux et équipements, etc. Ces impacts sont considérés identiques selon l'emploi du matériau isolant.



ALLER PLUS LOIN SUR LE SUJET DES MATÉRIAUX BIOSOURCÉS

- Guide sur les matériaux durables pour le bâtiment – État des lieux du biosourcé et du réemploi en métropole parisienne, mai 2020, Agence Parisienne du Climat www.apc-paris.com/sites/www.apc-paris.com/files/file_fields/2020/07/09/guide-biosource-web.pdf ;
- Le labo d'éco-construction à l'Académie du Climat à Paris : « Le labo d'écoconstruction est un démonstrateur pédagogique des solutions de rénovation bas-carbone sur les différents types de bâti parisien : fibre de bois, liège, laine de coton... testées, validées et comparées aux solutions conventionnelles, les principales sont présentées en maquette à taille réelle ! » (Académie du Climat) ;
- Des exemples de rénovation énergétique en copropriété avec emploi de matériaux biosourcés à Paris sur la plateforme CoachCopro (www.coachcopro.com) :
 - [82 rue Marguerite de Rochechouart 75009 Paris](#)
 - [2 bis rue de Nice 75011 Paris](#)
 - [60 rue Albert 75013 Paris](#)



ALLER PLUS LOIN SUR LE SUJET DE LA RÉNOVATION ÉNERGÉTIQUE

- L'étude : Performance énergétique en copropriété – Retour sur deux ans d'instrumentation, octobre 2020, Agence Parisienne du Climat www.apc-paris.com/etude-performance-energetique-copropriete ;
- Le dispositif d'accompagnement CoachCopro piloté par l'Agence Parisienne du Climat www.coachcopro.com ;
- Rejoindre la communauté des professionnel·les affilié·es à CoachCopro : pro.coachcopro@apc-paris.com.





Agence
Parisienne
du Climat



Accélérateur de la transition écologique locale, l'Agence Parisienne du Climat soutient depuis sa création la mise en œuvre des Plans Climat de la Ville de Paris et de la Métropole du Grand Paris. Experte des politiques climat, elle a pour rôle d'informer et d'accompagner au quotidien les Parisien·nes et les acteurs économiques dans leurs démarches en faveur de la transition énergétique et écologique.

Elle est le guichet unique de la rénovation des copropriétés à Paris et pilote le dispositif CoachCopro au niveau national, déployé sur le territoire français par les Agences Locales de l'Énergie et du Climat. Ce dispositif gratuit et indépendant, a pour objectif d'accompagner la massification de la rénovation énergétique. Il participe à la structuration de la filière professionnelle, favorise les échanges entre acteurs professionnels, facilite leur accès à la formation et met en relation les copropriétaires et les professionnel·les.

L'Agence Parisienne du Climat anime également l'Observatoire métropolitain de la rénovation énergétique en copropriété, qui a pour objectif de témoigner de la dynamique de la rénovation à l'échelle du périmètre de la Métropole du Grand Paris, de produire des analyses sur des sujets spécifiques et de valoriser les projets existants.

Agence Parisienne du Climat
www.apc-paris.com
www.coachcopro.com
contact@apc-paris.com

 **APC: Agence Parisienne du Climat**

 **@AparisClimat**

 **Agence Parisienne du Climat**

Photographies : Divgradcurl / Adobe Stock - AlGen / Adobe Stock - Latitude48 / Spebi
Directrice de la publication : Cécile Gruber
Rédacteur en chef : Benjamin Rougeyroles
Rédacteur : Guillaume Privat
Suivi de production : Laury Delatorre
Conception graphique : Chloé Heinis