



EUROPEAN UNION

**Interreg**



EUROPEAN UNION

France ( Channel  
Manche ) England

Projet **BIO-CIRC**

Fonds européen de développement régional

# Projet **BIO-CIRC**

Bio(and)Circular Insulation for Resourceful  
Construction

**Qualité de l'air intérieur et santé  
des occupants et travailleurs :**  
Impact des isolants en fibres naturelles et recyclées

Mai 2021



EUROPEAN UNION  
European Regional Development Fund

nomadéïs

ASBP  
The Alliance  
for Sustainable  
Building Products

therma  
fleece  
Nature's finest insulation

backtoearth



EUROPEAN UNION



**Nomadéis Le Havre**

120, boulevard Amiral Mouchez • 76600 Le Havre • France

Téléphone : +33 (0)1 45 24 31 44

[www.nomadeis.com](http://www.nomadeis.com)



**The Alliance for Sustainable Building Products**

The Foundry, 5 Baldwin Terrace • London N1 7RU • Royaume-Uni

Téléphone : +44 (0) 20 7704 3501

<https://asbp.org.uk>



**Eden Renewable Innovations Limited**

Soulands Gate, Soulby, Penrith • Cumbria, CA11 0JF • Royaume-Uni

Téléphone : +44 (0) 1768 486285

<https://www.thermafleece.com>



**Back To Earth Limited**

22 Tuns Lane, Silverton • Exeter, EX5 4HY • Royaume-Uni

Téléphone : +44 (0) 1392 861763

<https://www.backtoearth.co.uk/>

**Droits d'auteur**

Le texte de cette publication peut être reproduit en totalité ou en partie à des fins éducatives et non monétaires sans le consentement préalable du détenteur du droit d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Les partenaires du projet BIO-CIRC seraient reconnaissants de recevoir une copie de toutes les publications qui ont utilisé la présente publication comme source. La présente publication ne peut être reproduite, transmise ou utilisée de quelque manière que ce soit à des fins commerciales sans l'autorisation écrite préalable des auteurs.

## A propos du projet

---

Le projet BIO-CIRC, *Bio(and)Circular Insulation for Resourceful Construction*, entend s'attaquer aux fortes dépendances en carbone, en énergie et en ressources du secteur du bâtiment, tout en tirant parti d'une ressource inutilisée : le polyester issu des déchets de literie.

Le projet vise à concevoir, développer et déployer 3 prototypes de matériaux d'isolation thermique innovants à faible émission carbone, fabriqués à partir de polyester et associés à des fibres naturelles. Il entend ainsi favoriser l'émergence d'une filière de valorisation des déchets de polyester et l'utilisation de produits vertueux d'isolation en fibres naturelles et recyclées.

Ce projet est porté par un partenariat transmanche composé de 4 acteurs clés et complémentaires, issus de la chaîne de valeur du secteur du bâtiment :

- Nomadéis (chef de file)
- Alliance for Sustainable Building Products (ASBP)
- Eden Renewable Innovations
- Back to Earth

Prévu sur 2 ans, le projet BIO-CIRC est financé par le Fonds Européen de Développement Régional (FEDER). La contribution du FEDER s'élève à 399 600 € pour un budget total de 499 500 €.

# Table des matières

---

<b>1</b>	<b>Introduction</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>Caractérisation des polluants responsables de la dégradation de la QAI</b>	<b>9</b>
2.1	Nature des polluants responsables de la dégradation de la QAI	9
2.2	Facteurs influençant la dégradation de la QAI	12
2.3	Règlements et étiquettes	13
2.3.1	Europe	13
2.3.2	Royaume-Uni	14
2.3.3	France	15
2.4	Les risques de dégradation de la QAI sur la santé publique	16
<b>3</b>	<b>Caractéristiques des IFNR</b>	<b>18</b>
3.1	Les différents types de matériaux d'isolation	18
3.1.1	Fibre de bois	19
3.1.2	Coton	20
3.1.3	Lin et chanvre	20
3.1.4	Laine de mouton	21
3.1.5	Polyester recyclé	21
3.2	Impact des fibres vitreuses et minérales artificielles sur la QAI et la santé	22
3.2.1	Effet cancérigène des fibres vitreuses et minérales artificielles	22
3.2.2	Émissions de formaldéhyde des fibres vitreuses et minérales artificielles	23
<b>4</b>	<b>Impact des IFNR sur la QAI et la santé</b>	<b>24</b>
4.1	Matières particulaires	24
4.2	COV et formaldéhyde	25
4.3	Humidité et développement des moisissures	31
4.4	Impacts et avantages d'une installation réussie	33
<b>5</b>	<b>Conclusions</b>	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>Recommandations</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>36</b>



## Enseignements clés

L'objectif de cette revue est d'explorer l'impact de l'isolation en fibres naturelles recyclées (IFNR) sur la qualité de l'air intérieur (QAI) et la santé des habitants et des travailleurs sur site. Cette étude doit ainsi répondre aux préoccupations selon lesquelles la biomasse et les matériaux issus de déchets pourraient ne pas être sûrs en termes d'émission de particules, de développement de parasites ou présenter des risques pour les travailleurs en charge de la production et de l'installation des isolants. **Basée sur une importante revue de la littérature scientifique et technique, ce rapport propose ainsi une synthèse des connaissances sur l'impact des IFNR sur la qualité de l'air intérieur et la santé (et plus particulièrement du lin, du chanvre, du coton, de la laine de mouton et du polyester recyclé).**

### LES POLLUANTS RESPONSABLES DE LA DÉGRADATION DE LA QAI :

1. Plus de **2 700 substances potentiellement toxiques** ont été identifiées dans l'air ambiant de différents types d'environnements intérieurs.
2. Ces substances toxiques sont classées en trois catégories :
  - Les **substances chimiques** (monoxyde de carbone - CO -, composés organiques volatils ou composés organiques semi-volatils - COV ou COSV - et substances radioactives comme le radon) ;
  - Les **substances physiques** (particules, fibres d'amiante, fibres minérales synthétiques) ;
  - Les **substances biologiques** (virus, bactéries, moisissures, allergènes, acariens, etc.).
3. Lorsqu'on s'intéresse aux isolants, trois principaux types de polluants sont à prendre en compte : les COV et les COSV, les particules (PM<sub>2,5</sub> et PM<sub>10</sub>) et les moisissures en suspension dans l'air.

### ÉVALUATION DE L'IMPACT DES IFNR SUR LA QAI :

#### ⇒ LES PARTICULES

1. **Aucun risque de mésothéliome, de cancer du poumon, de fibrose pulmonaire ou d'asthme n'a été associé à la présence de fibres organiques à ce jour.**
2. L'évaluation de l'impact des particules émises par les isolants biosourcés reste difficile dans la mesure où les études ciblent principalement l'industrie textile et non celle de l'isolation.
3. **Aucun risque accru de mésothéliome, de cancer du poumon ou de fibrose pulmonaire n'a été identifié chez les travailleurs exposés aux fibres organiques naturelles**, contrairement aux travailleurs exposés aux fibres cristallines inorganiques telles que l'amiante.



4. Cependant, les travailleurs fortement exposés à la poussière organique semblent présenter un risque accru de développer des maladies pulmonaires obstructives et des bronchites. Un risque qui n'est pas lié à la forme fibreuse des particules, mais plutôt à la poussière et aux produits chimiques et micro-organismes présents dans et sur la poussière<sup>1</sup>.

#### ⇒ COV ET FORMALDÉHYDE

1. **Les produits biosourcés ne présentent pas de risque identifié pour la santé en ce qui concerne les COV totaux et le formaldéhyde.**
2. **90 % des produits d'isolation sur le marché français ont été classés A+** par le label Indoor Air Emission (la notation A+ correspond au plus faible taux d'émission de COV dans l'air l'intérieur de l'indice).
3. L'examen scientifique de l'impact des IFNR est aujourd'hui insuffisant : trop peu de mesures ayant été effectuées en conditions réelles et elles se concentrent généralement sur les matières premières plutôt que sur les produits finalisés.

#### ⇒ L'HUMIDITÉ ET LA FORMATION DE MOISSURES

1. **Le chanvre et le polyester semblent être naturellement résistants à la formation de moisissures.**
2. Tout comme les isolants en laine de roche et en laine de verre, certains isolants naturels (par exemple, le lin, le coton et le bois) sont sensibles à la formation de moisissures et doivent être traités en conséquence.
3. **La laine de mouton, le chanvre et le bois présentent une très bonne capacité à réguler l'humidité de l'air.**

#### ⇒ RONGEURS, INSECTES ET ACARIENS

1. **Le lin, le chanvre et le polyester semblent être naturellement résistants aux rongeurs, aux insectes et aux acariens.**
2. Tout comme les isolants en laine de roche et en laine de verre, certains IFNR (par exemple le coton, la laine de mouton et le bois) doivent être traités contre les insectes et les rongeurs.

## CONCLUSION

1. La littérature scientifique et technique indique, qu'à date, les **IFNR n'ont pas d'impact significatif sur la qualité de l'air intérieur en termes d'émissions de particules, de COV et formaldéhyde, et de moisissures.**
2. Les travailleurs (en charge de la production et de l'installation des isolants) peuvent présenter un risque accru de développer des maladies du système respiratoire en cas de forte exposition à la poussière et aux fibres organiques et inorganiques. Il est donc **essentiel de veiller au strict respect de l'ensemble des mesures de protection**



(administrative, collective et individuelle) afin de préserver la santé des travailleurs.

3. Tout comme **les isolants en laine de roche et en laine de verre, certains IFNR (coton, laine de mouton et bois) doivent être traités contre les insectes et les rongeurs**. Au contraire, le lin, le chanvre et le polyester semblent être naturellement résistants à ces nuisibles.
4. **Le manque de recherches comparatives** menées sur les produits d'isolation en conditions réelles ne permet pas de conclure sur l'impact précis des IFNR et des fibres vitreuses et minérales sur la qualité de l'air intérieur.
5. **L'analyse du label français Emissions dans l'air intérieur indique que ce dernier semble être un bon moyen d'assurer que les produits d'isolation respectent les directives européennes et nationales relatives à la qualité de l'air intérieur**. Son champ d'application est cependant limité car il exclut les particules et le développement des moisissures.



## 1 Introduction

Au cours des dernières décennies, la qualité de l'air intérieur (QAI) a fait l'objet d'une attention croissante de la part de la communauté scientifique internationale et des gouvernements qui s'efforcent d'améliorer le bien-être des populations. Les études scientifiques ont, en effet, démontré les conséquences, en termes de santé publique, d'une mauvaise QAI, dont les effets sanitaires sont aussi variés que les polluants eux-mêmes.

La population européenne passe, en moyenne, 90 % de son temps<sup>1</sup> dans des espaces clos : maisons, bureaux, écoles, transports en commun, etc. ; des espaces tous confrontés aux problématiques de QAI. En réponse à cet enjeu de santé publique est créé en 2001 l'Observatoire français de la qualité de l'air intérieur (OQAI) dont l'objectif est d'améliorer la connaissance des polluants de l'air intérieur. En 2006, l'observatoire entreprend une importante enquête nationale sur un panel de 600 logements<sup>2</sup>. En 2004, une enquête similaire est commandée par le gouvernement britannique auprès d'environ 900 foyers afin d'en savoir plus sur ces substances toxiques<sup>3</sup>.

Ces études, et d'autres, mirent ainsi en évidence la présence de polluants dans l'air intérieur des logements, des écoles, des transports publics, etc. L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a notamment évalué qu'à l'échelle mondiale, 9 personnes sur 10 respirent un air fortement concentré en polluants (au-delà des recommandations de l'OMS)<sup>4</sup>. Les substances incriminées peuvent provenir de l'air ambiant extérieur, de la pollution du sol par d'anciennes activités industrielles, des matériaux composant les bâtiments ou des activités menées par les occupants.

Les conséquences de cette pollution de l'air intérieur sont aujourd'hui majeures : on estime qu'elle est à l'origine de 19 900 décès par an en France et qu'elle est la principale cause de comorbidité pour 31 200 personnes par an<sup>5</sup>. Au Royaume-Uni, la pollution atmosphérique est la cause d'environ 40 000 décès par an<sup>6</sup>. La pollution de l'air intérieur présente également un coût économique estimé par l'OQAI à 19 milliards d'euros par an en France, dont 195 millions d'euros liés aux finances publiques<sup>7</sup>.

**L'objectif de cette revue est d'explorer l'impact de l'isolation en fibres naturelles recyclées (IFNR)<sup>8</sup> sur la QAI et la santé des habitants et des travailleurs.** Cette étude doit ainsi répondre aux préoccupations selon lesquelles ces matériaux pourraient ne pas être sûrs en termes d'émission de particules, de développement de parasites ou présenter des risques pour les travailleurs en charge de la production et de l'installation.

<sup>1</sup> Ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère des Solidarités et de la Santé, ministère de la Cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales (2013). *Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur*.

<sup>2</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2006) *Campagne nationale Logements, Etat de la qualité de l'air dans les logements français*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et AFSSETS

<sup>3</sup> Raw, G., Coward, S., Brown, V., & Crump, D (2004). Exposition aux polluants de l'air dans les foyers anglais. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*.

<sup>4</sup> Organisation mondiale de la santé (2018) La pollution de l'air ambiant : Une évaluation mondiale de l'exposition et de la charge de morbidité.

<sup>5</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur (2014) *Étude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur*. CSTB, ANSES.

<sup>6</sup> Le Collège royal des médecins (RCP) et le Collège royal de pédiatrie et de santé infantile (2016) *Chaque souffle que nous prenons : l'impact de la pollution atmosphérique tout au long de la vie*.

<sup>7</sup> L'impact sur les finances publiques concerne les dépenses de soins et de prévention, le coût de la recherche, de l'expertise et de la communication institutionnelle en matière de pollution intérieure, et l'impact "positif" sur les pensions de retraite qui seront versées, ou non, en cas de décès prématuré.

<sup>8</sup> Sont plus particulièrement étudiés : le lin, le chanvre, le coton, la laine de mouton et le polyester recyclé





## 2 Caractérisation des polluants responsables de la dégradation de la QAI

Au cours des dernières décennies, la qualité de l'air intérieur (QAI) a suscité une attention croissante en raison des effets néfastes qu'elle peut avoir, lorsqu'elle est dégradée, sur la santé humaine. Dans ce rapport, le terme "intérieur" fait référence à une variété d'environnements fermés, notamment les habitations, les lieux de travail ou les bâtiments utilisés comme bureaux ou à des fins récréatives. Certaines études citées peuvent également avoir été réalisées dans l'atmosphère confinée des véhicules de transport.

### 2.1 Nature des polluants responsables de la dégradation de la QAI

La pollution de l'air intérieur est d'origine multiple : air ambiant extérieur, pollution du sol par des activités industrielles antérieures ou voisines, composants ou matériaux de la structure du bâtiment ou bien activités menées par les occupants eux-mêmes. Ces sources contribuent toutes à libérer dans l'air un ensemble de substances toxiques pouvant être classées en trois grandes catégories<sup>9</sup> :

- Les **substances chimiques** telles que le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatils ou les composés organiques semi-volatils (COV ou COSV) et les substances radioactives comme le radon ;
- Les **substances physiques** telles que les particules, les fibres d'amiante, les fibres minérales synthétiques, etc. ;
- Les **substances biologiques** telles que les virus, les bactéries, les moisissures, les allergènes, les acariens, etc.

Aujourd'hui, **plus de 2 700 substances potentiellement toxiques ont été identifiées** dans l'air ambiant de différents types d'environnements intérieurs. Le tableau suivant présente ces différentes substances, leurs caractéristiques ainsi que de leurs origines.

<sup>9</sup> Ademe. (2019) Un air sain chez soi - Des conseils pour préserver votre santé.



Tableau 1 - Synthèse des substances toxiques à l'origine de la pollution de l'air intérieur

	TYPE DE POLLUANT	ORIGINE
<b>SUBSTANCES CHIMIQUES</b>		
<b>Monoxyde de carbone (CO)</b>	Le monoxyde de carbone est un gaz mortel et toxique, invisible et impossible à sentir <sup>10</sup> .	Appareils de chauffage et de production d'eau chaude défectueux, fumée de tabac, pollution urbaine externe comme le trafic routier (Institut Veolia & Nomadéis, 2020).
<b>Composés organiques volatils (COV)</b> (aldéhydes, hydrocarbures, organochlorés, éthers de glycol, etc.)	Les COV constituent un groupe diversifié de composés gazeux émis par des substances solides ou liquides, dont certains peuvent avoir des effets néfastes sur la santé à court et/ou à long terme. Un COV est défini comme un composé organique dont le point d'ébullition initial est inférieur ou égal à 250° C, mesuré à une pression atmosphérique standard de 101,3 kPa <sup>11</sup> .	Matériaux de construction, air extérieur au bâtiment et activités humaines exercées à l'intérieur des bâtiments <sup>12</sup> .
<b>Composés organiques semi-volatils (COSV)</b> (pesticides, produits ignifuges, etc.)	Les COSV sont émis sous forme de gaz ou de particules par de nombreux produits chimiques et matériaux utilisés quotidiennement. En raison de leurs propriétés physico-chimiques, ces composés se dispersent dans l'air et se fixent aux poussières émises par le sol et les meubles. Un COSV est un composé dont le point d'ébullition est compris entre 240 et 260 °C et entre 380 et 400 °C, mesuré à une pression atmosphérique standard de 101,3 kPa. En raison de ce point d'ébullition plus élevé, les COSV ne sont pas aussi volatils que les COV.	Matériaux de construction, air extérieur au bâtiment et activités humaines exercées à l'intérieur des bâtiments (Tsakas, Siskos, & Siskos, 2011).
<b>Substances radioactives</b> (radon)	Le radon est un gaz radioactif inodore et incolore créé par la désintégration naturelle de l'uranium situé dans la croûte terrestre. Dans les zones à risque (comme la Bretagne en France <sup>13</sup> ), des taux élevés de radon peuvent être mesurés à l'intérieur d'une habitation <sup>14</sup> .	Matériaux de construction, sols dans les zones à risque (fissures, porosité, joints, trajets de canalisations) (Institut Veolia & Nomadéis, 2020).
<b>SUBSTANCES PHYSIQUES</b>		

<sup>10</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur : [Pollutions : Le monoxyde de carbone](#).

<sup>11</sup> Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) : *Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality*.

<sup>12</sup> Tsakas, M., Siskos, A., & Siskos, P. (2011) Les polluants de l'air intérieur et leur impact sur la santé humaine. *Chimie, contrôle des émissions, pollution radioactive et qualité de l'air intérieur*.

<sup>13</sup> L'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) a cartographié le potentiel radon des formations géologiques et a classé les communes en trois catégories de risque. [Lien de la cartographie](#). Le même type de cartographie a été réalisé au Royaume-Uni par l'organisation Public Health England. [Lien vers la cartographie](#).

<sup>14</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur : [Pollutions : Le radon](#).



<p><b>Particules</b> (fumée, poussière, pollen, etc.)</p>	<p>Les particules sont des matières en suspension dans l'air qui peuvent être solides ou liquides. Elles sont classées en deux catégories : les PM2,5 (taille inférieure à 2,5 µm) et les PM10 (taille inférieure à 10 µm). Les conséquences sanitaires des particules dépendent de leur taille, les plus fines ayant un impact sanitaire plus important. En outre, les bactéries et les virus responsables de maladies infectieuses peuvent être propagés par les particules en suspension dans l'air<sup>15</sup>.</p>	<p>Systèmes de ventilation encrassés ou détériorés, combustion de carburant, fumée de tabac, proximité d'un chantier de construction, pollution urbaine dont le trafic routier, proximité de sites industriels, air extérieur pollué (y compris par des pollens) (Institut Veolia &amp; Nomadéis, 2020).</p>
<p><b>Fibres minérales synthétiques</b></p>	<p>Les fibres minérales synthétiques composent la majorité des isolants en vente en France, au Royaume-Uni ainsi que dans de nombreux pays depuis l'interdiction de l'amiante. Ces fibres peuvent être libérées dans l'atmosphère intérieure lors de l'isolation du bâtiment ou au cours de la vie du bâtiment.</p>	<p>Laine de verre, laine de roche, fibre céramique réfractaire, fibre d'alumine (Institut Veolia &amp; Nomadéis, 2020).</p>
<p><b>SUBSTANCES BIOLOGIQUES</b></p>		
<p><b>Virus et bactéries</b> (légionelles)</p>	<p>Les virus et les bactéries peuvent se propager dans l'atmosphère <i>via</i> des gouttes d'eau et des poussières en suspension dans l'air.</p>	<p>Efficacité du recyclage de l'air, de la propreté des locaux et des systèmes de ventilation/climatisation.</p>
<p><b>Moisissures</b> et flore fongique en suspension dans l'air</p>	<p>Les moisissures sont des champignons microscopiques capables de coloniser une variété de surfaces telles que le bois, le papier, le tissu, les aliments, etc. Dans les habitations, les moisissures peuvent libérer des spores en grande quantité ou des substances odorantes et toxiques comme les mycotoxines et les COV<sup>16</sup>.</p>	<p>Source interne d'humidité (dégâts des eaux, fuites, condensation, murs mal isolés, etc.) (Institut Veolia en partenariat avec Nomadéis, 2020).</p>
<p><b>Allergènes</b></p>	<p>Les allergènes sont des substances étrangères en suspension dans l'air que l'on peut trouver dans les habitations, capables de déclencher une réaction allergique<sup>17</sup>.</p>	<p>Animaux domestiques (chien, chat, etc.), acariens, pollens, etc.</p>

<sup>15</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur : [Pollutions : Les particules.](#)

<sup>16</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur : [Pollutions, les moisissures.](#)

<sup>17</sup> Observatoire de la qualité de l'air intérieur : [Pollutions, les allergènes.](#)



## 2.2 Facteurs influençant la dégradation de la QAI

Comme le présente le tableau 1 ci-avant, un grand nombre de polluants ont été identifiés dans l'air intérieur. Ces derniers proviennent de quatre sources principales : 1. Les activités humaines exercées à l'intérieur des bâtiments (appareils de chauffage et de cuisson, produits de nettoyage, fumées, animaux domestiques, etc.), 2. Les matériaux de construction, 3. L'air provenant de l'extérieur du bâtiment et 4. L'environnement proche (espaces verts, caractéristiques du sol, pollution de l'eau et du sol, etc.).

Les types et les quantités de polluants présents à l'intérieur des bâtiments varient dans le temps et l'espace et sont, comme présenté ci-avant, très spécifiques au contexte. Les conséquences de la présence de ces polluants dans l'air intérieur sur la santé des utilisateurs de ces bâtiments (et des professionnels de la construction) dépendent de deux facteurs principaux : la durée d'exposition et la concentration en polluants.

En ce qui concerne la durée d'exposition, la National Human Activity Pattern Survey (NHAPS), parrainée par l'Agence américaine de protection de l'environnement (EPA), indique que les personnes passent en moyenne 87 % de leur temps dans des bâtiments fermés et environ 6 % de leur temps dans des véhicules fermés<sup>18</sup>. Une durée d'exposition qui implique que même une faible concentration en polluants dans l'environnement intérieur peut entraîner des conséquences dramatiques sur la santé.

La qualité de l'air intérieur est notoirement difficile à prévoir, quelle que soit l'échelle géographique ou temporelle, car elle est déterminée par des relations complexes et dynamiques entre le contexte environnemental spécifique d'un espace confiné, les activités des occupants et les caractéristiques du bâtiment et de l'environnement proche. Par exemple, la conception de l'espace intérieur d'un bâtiment (aménagement de l'espace), la conception de l'enveloppe (circulation de l'air) et le choix des matériaux peuvent grandement contribuer à l'accumulation ou à la dissipation des polluants.

L'objectif des paragraphes suivants est d'examiner les données scientifiques disponibles sur l'impact de certains matériaux d'isolation (biosourcés et à base de déchets réutilisés) sur la qualité de l'air intérieur et la santé globale des habitants.

---

<sup>18</sup> Klepeis, N. et al. (2001) The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS) : a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, pp. 231-252.



## 2.3 Règlements et étiquettes

Afin d'évaluer les dangers que peuvent représenter les matériaux d'isolation à base de déchets et de produits biosourcés, une première étape consiste en l'analyse des lois, règlements et recommandations traitant de la qualité de l'air intérieur.

### 2.3.1 Europe

Les principales directives concernant la QAI ont été élaborées par l'OMS qui fixe des niveaux cibles ou des concentrations de polluants de l'air intérieur pour lesquels des effets sur la santé humaine ont été identifiés. Dans la **législation européenne, il n'existe pas de directive de référence spécifique sur la QAI**, bien que les initiatives prélegislatives (études, normes non législatives, etc.) se soient multipliées au fil des ans.

En outre, certains États membres de l'UE, comme la France, le Portugal, la Finlande, l'Autriche, la Belgique, l'Allemagne, les Pays-Bas et la Lituanie, ont adopté des guides ou des valeurs seuils spécifiques pour certains polluants<sup>19</sup>.

→ Focus sur les lignes directrices européennes sur la qualité de l'air :

L'UE dispose de deux textes législatifs principaux qui fixent les lignes directrices pour la qualité de l'air : la ligne directrice de 2008 sur la qualité de l'air ambiant et la ligne directrice sur l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant<sup>20</sup>. **Cependant, aucune directive spécifique sur la qualité de l'air intérieur n'a été publiée à ce jour.**

→ Le label européen de qualité de l'air natureplus® :

L'association internationale natureplus e.V. a développé un écolabel pour offrir aux consommateurs et aux professionnels de la construction en Europe des conseils sur les produits de construction. Il atteste du respect de normes de qualité élevées et certifie actuellement plus de 600 produits de construction.

L'attribution de l'écolabel natureplus® se fait sur la base des critères suivants :

1. Une **production propre et efficace** : une fabrication respectueuse de l'environnement et économe en énergie qui répond aux normes de responsabilité sociale. Le produit final doit être fonctionnel et recyclable.

Une **protection de l'environnement et de la santé** : le produit final ne nuit pas à l'environnement ou à la santé humaine par l'intermédiaire de substances nocives et garantit, en particulier, des espaces de vie intérieurs sains.

2. Une **durabilité des ressources** : les produits doivent être fabriqués à partir de ressources renouvelables, de matières premières minérales abondantes ou de matières premières secondaires. Dans tous les cas, les matières premières doivent provenir de sources durables.

<sup>19</sup> Dimitroulopoulou, S., & Shrubsole, C. (2020) *Lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur pour certains COV au Royaume-Uni*. ASBP - Bâtiments sains : Conference and Expo 2020 - Public Health England.

<sup>20</sup> Service de recherche du Parlement européen (2018) *Qualité de l'air : Sources de pollution et leurs effets, législation de l'Union européenne et accords internationaux*.



En outre, natureplus® a établi des directives spécifiques pour chaque type de produit. Par exemple, le guide "Matériaux d'isolation à partir de matières premières renouvelables" précise, pour chaque type de ressource (chanvre, lin, laine de mouton, etc.), les exigences à respecter en termes de composition, de paramètres écologiques et d'émission de polluants dans l'air ambiant intérieur (COVT, COV, métaux et pesticides)<sup>21</sup>.

La **procédure de certification** oblige les fabricants à demander la certification à l'Institut natureplus SCE et à fournir des données exactes sur les composants utilisés ainsi qu'une description détaillée du processus de production. L'admissibilité du produit au label écologique est déterminée par la catégorie de produit spécifique et un plan d'évaluation est établi. Le fabricant doit ensuite commander les évaluations nécessaires, qui comprennent généralement :

- L'inspection du ou des sites de production avec vérification informations transmises par le fabricant et échantillonnage ;
- L'analyse du cycle de vie du processus de fabrication conformément aux valeurs indicatives, par exemple pour la consommation d'énergie primaire et les émissions de CO<sub>2</sub> ;
- La réalisation de tests spécifiques en laboratoire ;
- L'analyse du cycle de vie du produit (incluant l'extraction de ressources compatibles avec l'environnement, la responsabilité sociale et le recyclage éventuel).

Si toutes les exigences sont remplies, l'Institut natureplus SCE attribue le label natureplus® et délivre un certificat temporaire. Les tests doivent être renouvelés à intervalles fixes<sup>22</sup> pour que le certificat soit maintenu.

### 2.3.2 Royaume-Uni

Au Royaume-Uni (RU), les exigences minimales en matière de QAI sont couvertes par la partie F des règlements de construction publiés par le ministère du logement, des communautés et du gouvernement local. La partie F des règlements de construction du Royaume-Uni<sup>23</sup> est en cours de révision et une nouvelle version devrait être publiée en 2021.

Les critères d'humidité et de QAI sont couverts par l'annexe B du document approuvé. Cette annexe spécifie les valeurs seuils pour le monoxyde de carbone, le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), le formaldéhyde et les COVT (concentrations totales de COV). Les directives sur la qualité de l'air intérieur publiées par *Public Health England*, pour certains composés organiques volatils (COV) au Royaume-Uni, doivent être utilisées lorsque des COV individuels sont analysés.

Ce document suggère également des limites pour l'humidité relative et l'eau de surface : l'activité de l'eau de surface pour une période moyenne mobile de 1 mois (respectivement 1 semaine et 1 jour) devrait être de 0,75 (resp. 0,85 et 0,95) et l'humidité relative de l'air intérieur devrait être de 65 % (resp. 75 % et 95 %)<sup>24</sup>.

<sup>21</sup> Natureplus : [Award guidelines](#).

<sup>22</sup> Les coûts dépendent de la quantité de tests requis et peuvent être consultés sur [www.natureplus-institute.eu](http://www.natureplus-institute.eu). Des droits de licence sont perçus pour l'utilisation du label natureplus.

<sup>23</sup> Document approuvé F - Ventilation. Version de consultation janvier 2021.

<sup>24</sup> L'activité de l'eau est la quantité d'eau non liée dans un échantillon. Cette eau non liée peut être utilisée par les micro-organismes. Plus il y a d'eau non liée, plus la probabilité d'altération microbienne est élevée. Les appareils de mesure de l'activité de l'eau (aw) mesurent la pression de vapeur de l'eau non liée afin de déterminer l'altération microbienne et la stabilité chimique et physique.



Alors que les règlements changent peu en ce qui concerne les COV et les COVT, il est dès lors reconnu que l'humidité et l'activité de l'eau jouent un rôle vital dans la qualité de l'air intérieur, un thème récurrent dans la future norme de construction qui est actuellement ouverte à la consultation.

### 2.3.3 France

En France, le système national de surveillance de la qualité de l'air ambiant, application du règlement européen, définit des valeurs limites, des objectifs de qualité, des seuils d'alerte et des niveaux critiques pour une sélection de polluants. Ces polluants sont le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>), les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le plomb (Pb), les PM<sub>10</sub> (particules d'un diamètre inférieur ou égal à 10 micromètres), le monoxyde de carbone (CO), le benzène, l'ozone (O<sub>3</sub>), les PM<sub>2,5</sub>, l'arsenic, le cadmium, le nickel et le benzo(a)pyrène<sup>25</sup>.

Pour répondre à l'enjeu sanitaire de la qualité de l'air intérieur et fournir aux pouvoirs publics des outils pour gérer ce risque, l'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) a élaboré les Recommandations pour la Qualité de l'Air Intérieur (RQAI). Ces référentiels (édités en 2007 et mis à jour en 2016) sont basés exclusivement sur des critères sanitaires et ont donné lieu à la création d'un label destiné aux matériaux de construction et de décoration. L'objectif est ici de permettre la promotion de matériaux considérés comme émettant moins de polluants atmosphériques.

Pour ce faire, l'ANSES a identifié et sélectionné les substances chimiques clés émises par ces matériaux. Sur les 600 substances identifiées, seules 31 ont été considérées par l'ANSES comme étant de première importance. Enfin, les **experts de l'ANSES ont estimé qu'une sélection de 10 polluants de l'air intérieur, tous membres de la catégorie des composés organiques volatils (COV), devait être surveillée dans le cadre de l'étiquetage car présentant des effets nocifs avérés sur la santé humaine**. Ces polluants sont énumérés dans le tableau 2 ci-dessous qui présente également les différentes classes de qualité du label. Le label "Emission dans l'air intérieur" n'évalue donc que la concentration en COV et exclut d'autres polluants comme les moisissures et les particules physiques.

<sup>25</sup> Ministère de la transition écologique (2017) Les critères nationaux de qualité de l'air. Disponible via [AirParif](#).



Tableau 2- Concentration en polluants des différentes classes de qualité du label Emission dans l'air intérieur<sup>26</sup>

COVS	UNIT*	A+	A	B	C
Formaldéhyde	µg.m <sup>-3</sup>	< 10	< 60	< 120	> 120
Acétaldéhyde	µg.m <sup>-3</sup>	< 200	< 300	< 400	> 400
Toluène	µg.m <sup>-3</sup>	< 300	< 450	< 600	> 600
Tétrachloroéthylène	µg.m <sup>-3</sup>	< 250	< 350	< 500	> 500
Xylènes	µg.m <sup>-3</sup>	< 200	< 300	< 400	> 400
1,2,3-Triméthylbenzène	µg.m <sup>-3</sup>	< 1000	< 1500	< 2000	> 2000
1,4-Dichlorobenzène	µg.m <sup>-3</sup>	< 60	< 90	< 120	> 120
Ethylbenzène	µg.m <sup>-3</sup>	< 750	< 1000	< 1500	> 1500
2-Butoxyéthanol	µg.m <sup>-3</sup>	< 1000	< 1500	< 2000	> 2000
Styrène	µg.m <sup>-3</sup>	< 250	< 350	< 500	> 500
Total COV	µg.m <sup>-3</sup>	< 1000	< 1500	< 2000	> 2000



\* 28 jours après la pose de l'isolant.

La note d'émission attribuée à un produit est basée sur la note la plus basse obtenue (de A+ à C) pour l'un des polluants de la liste<sup>27</sup>.

Depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2013, il doit être indiqué sur l'ensemble des matériaux de construction (y compris les isolants)<sup>28</sup> dans quelle classe de qualité du label *Emission dans l'air intérieur* ils se situent. Ce label a cependant une vocation uniquement informative et non normative. De plus, la réglementation n'impose pas de réaliser des tests systématiques pour certifier la classe d'émission de COV mais seulement d'étiqueter les produits concernés.

#### → Critique de l'étiquette "Emission dans l'air intérieur" :

Une évaluation critique du label entreprise par l'ADEME (Agence française pour la transition écologique) a noté que<sup>29</sup>:

1. Par rapport aux autres réglementations européennes, le protocole de l'ANSES sur la qualité de l'air intérieur est largement le plus strict.
2. Ce protocole n'est cependant pas assez strict pour distinguer les produits couramment commercialisés car 90 % des produits étiquetés étudiés par l'ADEME ont été classés A+.
3. Le protocole actuel n'est pas assez strict pour distinguer les produits à base de pétrole, de minéraux ou biosourcés.

## 2.4 Les risques de dégradation de la QAI sur la santé publique

La connaissance du risque que peuvent représenter les polluants sur la santé humaine est très variable dépendamment des produits concernés. En effet, la connaissance de l'impact sanitaire

<sup>26</sup> ADEME (2017) Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment. Direction Productions et Energies Durables.

<sup>27</sup> ANSES (2016) [Étiquetage des produits de construction et de décoration au regard des émissions de COV](#).

<sup>28</sup> Cette réglementation concerne tous les produits ou sols de construction ou de revêtement mural et les peintures et vernis, cf. Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'[étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils](#).

<sup>29</sup> ADEME (2017) Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment. Direction Productions et Energies Durables.





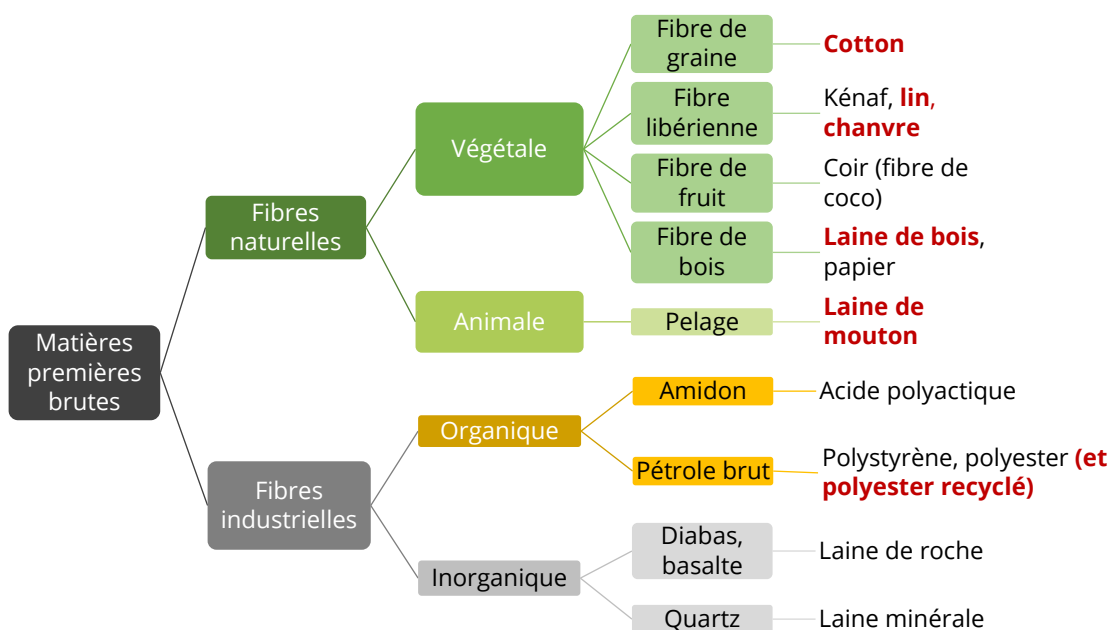
de la pollution de l'air intérieur (PAI) dépend du type de substance considérée. De manière générale, les impacts identifiés de la PAI sur la santé humaine sont les suivants (Tsakas, Siskos, & Siskos, 2011) :

- **Effets sur le système respiratoire associés à l'exposition aux PAI** : Plusieurs effets sur le système respiratoire ont été associés à l'exposition aux PAI. Il s'agit notamment de modifications aiguës et chroniques de la fonction pulmonaire, de l'augmentation de l'incidence et de la prévalence des symptômes respiratoires, de l'aggravation des symptômes respiratoires préexistants et de la sensibilisation des voies respiratoires aux allergènes présents dans l'environnement intérieur. En outre, les infections respiratoires peuvent se propager dans les environnements intérieurs lorsque des sources spécifiques d'agents infectieux sont présentes, ou simplement parce que les volumes de mélange intérieurs plus petits permettent aux maladies infectieuses de se propager plus facilement d'une personne à l'autre.
- **Allergies associées à l'exposition aux PAI** : L'asthme et l'alvéolite extrinsèque (pneumonie d'hypersensibilité) sont les deux maladies allergiques les plus graves causées par les allergènes présents dans l'air intérieur. La rhino-conjonctivite et la fièvre des humidificateurs sont d'autres maladies importantes. L'asthme et l'alvéolite allergique disparaissent avec l'arrêt de l'exposition à l'allergène, mais une exposition continue chez les patients sensibilisés peut entraîner des lésions pulmonaires permanentes et la mort par insuffisance pulmonaire.
- **Cancer et effets sur la reproduction associés à l'exposition aux PAI** : Le cancer du poumon est le principal cancer qui a été associé à l'exposition aux PAI (radon ou fumée de tabac ambiante - FTA). L'exposition à l'amiante a été liée au cancer chez les travailleurs et les membres de leur famille, vraisemblablement en raison des fibres d'amiante apportées à la maison par les vêtements des travailleurs. Cependant, il n'existe aucune étude associant l'exposition à l'amiante en tant que matériau de construction, dans les maisons ou les bâtiments publics, au développement d'un cancer. Les effets sur la reproduction humaine ont été associés à l'exposition à des produits chimiques présents dans l'environnement mais sans que l'impact précis des PAI ne soit connu.
- **Effets sensoriels et autres effets sur le système nerveux associés aux PAI** : Les effets sensoriels sont définis comme la réponse perceptive aux polluants présents dans l'environnement. Ces effets sont générés par les propriétés odorantes ou irritantes pour les muqueuses de nombreux composés chimiques présents dans l'air intérieur. Par conséquent, les effets sensoriels sont des paramètres importants du contrôle de la qualité de l'air intérieur : le système olfactif joue un rôle important en tant que système d'alerte.
- **Effets cardiovasculaires associés aux PAI** : Une augmentation de la mortalité due aux maladies cardiovasculaires (MCV) a été associée à l'exposition aux PAI dans certains groupes de femmes non fumeuses mariées à des fumeurs.

## 3 Caractéristiques des IFNR

### 3.1 Les différents types de matériaux d'isolation

Depuis près de 30 ans, la volonté de réduire la consommation énergétique des bâtiments mais également d'améliorer le confort d'été et d'hiver des habitants ont accru l'importance de l'isolation dans le secteur de la construction. Depuis lors, le secteur de l'isolation est dominé par les isolants fibreux inorganiques synthétiques (laine de verre et laine de roche) et les mousses organiques d'origine pétrochimique (polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyuréthane) (figure 1)<sup>30</sup>.



En rouge : Matériaux d'isolation étudiés dans les paragraphes suivants.

Figure 1: Catégorisation des fibres utilisées pour l'isolation (source : Mansour, Loxton, Elias & Ormondroyd, 2014)

Au cours des dernières années, l'attente des consommateurs a évolué, ces derniers présentant un intérêt croissant à l'égard du caractère durable des matériaux, de l'impact de leur production sur l'environnement et le changement climatique ou de leur capacité à assurer un meilleur confort d'été. De nouvelles attentes qui ont accru l'intérêt pour les ressources naturelles biosourcées (coton, lin, chanvre, fibres de bois et laine de mouton), historiquement utilisées par l'industrie textile, ou recyclées.

En effet, plusieurs études ont mis en évidence leurs propriétés attrayantes : bonne résistivité thermique, bonne résistance structurelle, régulation de l'humidité ou absorption de certains gaz (Mansour, Loxton, Elias, & Ormondroyd, 2014). Ces matériaux d'isolation biosourcés ou recyclés ont également, dans la plupart des cas, des propriétés physiques équivalentes à leurs homologues conventionnels (isolants fibreux inorganiques synthétiques)<sup>31</sup>.

<sup>30</sup> Mansour, E., Loxton, C., Elias, R., et Ormondroyd, G. (2014). Évaluation des implications sanitaires liées au traitement et à l'utilisation des produits d'isolation en laine naturelle. *Environnement international*, p. 402-412.

<sup>31</sup> Korjenic, A., Petranek, V., Zach, J., & Hroudova, J. (2011). Développement et évaluation des performances des matériaux naturels d'isolation thermique composés de ressources renouvelables. *Energy and Buildings*, pp. 2518-2523.



### 3.1.1 Fibre de bois

Les isolants en fibres de bois sont produits en fibrant des<sup>32</sup> déchets de bois séchés et déchiquetés, qui sont ensuite transformés en panneaux rigides par un procédé "sec" ou "humide", ou en un isolant flexible non tissé de type matelas :

- Le procédé à sec consiste à mélanger les fibres séchées avec environ 4 % en masse d'adhésif pMDI (diisocyanate de diphenylméthane polymérique) et 1,5 % en masse d'émulsion de paraffine avant de les déposer sur un convoyeur et de les comprimer pour obtenir un panneau de l'épaisseur et de la densité appropriées. Ce matériau est traité à la vapeur pour faire réagir et durcir l'adhésif, puis découpé<sup>30</sup>.
- Les panneaux obtenus par voie humide sont fabriqués de la même manière que le papier. Le bois fibré est mélangé à de l'eau chaude et à des produits chimiques pour créer une suspension de fibres. Celle-ci est déposée sur un convoyeur à tamis, comprimée à l'épaisseur et à la densité voulues, puis séchée à la vapeur. Ce processus permet de coller les fibres entre-elles, grâce à la lignine présente à la surface des fibres, sans utiliser de colle synthétique. Ce processus produit généralement des panneaux de 20 mm d'épaisseur qui sont ensuite laminés avec de la colle PVA (acétate de polyvinyle) pour créer des panneaux plus épais.
- Les matelas non tissés utilisent un processus similaire à celui des autres isolants en fibres non tissées. Les fibres séchées sont soufflées avec une fibre polyester bi-composant qui lie les fibres de manière lâche pour former des matelas d'une densité comprise entre 40 et 60 kg/m<sup>3</sup>. Des agents ignifuges (sulfate d'ammonium) sont ensuite ajoutés pour ralentir l'oxydation de sorte que le produit ne brûle que très lentement<sup>31</sup>.



STEICOFLEX - Fibre de bois

Les deux types de panneaux d'isolation rigides peuvent être utilisés pour l'isolation extérieure des toits et des murs à ossature en bois, sur des murs en maçonnerie solide, ou en isolation intérieure, directement contre la maçonnerie. La paraffine ajoutée leur confère un certain degré de résistance aux intempéries (jusqu'à 3 mois d'exposition aux intempéries).

Les produits en fibres de bois présentent généralement une bonne conductivité thermique ainsi qu'une capacité thermique deux fois plus importante que celle des fibres minérales/de verre<sup>29</sup>. Cette capacité thermique élevée permet de ralentir le transfert de chaleur, renforçant la performance énergétique globale du matériau, en particulier par temps chaud.

Enfin, en raison de la structure des pores et de la nature hydrophile des fibres de bois, celles-ci adsorbent et désorbent de grandes quantités d'humidité, ce qui les rend utiles pour gérer l'humidité dans la construction et en cours d'utilisation sans nuire aux structures en bois environnantes.

<sup>32</sup> Le fibrage est un procédé de fabrication utilisé pour produire des objets tels que des isolants. Il décrit plusieurs processus qui permettent de former une masse fibreuse.



### 3.1.2 Coton

L'isolation en coton est constituée d'un mélange de fibres de coton (75 - 90 %) et d'un liant bi-composant en polyester (PET) (10 - 25 %). La principale source de coton provient du denim qui a été reconstitué en fibres libres. Les déchets de coton de pré-consommation sont largement utilisés dans la literie où ils sont mélangés à un liant bi-composant en polyester<sup>33</sup> pour produire de la ouate utilisée comme composant de matelas. La fabrication de l'isolation en coton fait appel à cette technologie et constitue une extension naturelle de ces applications conventionnelles.



BUILDDIRECT -Denim Insulation

Le polyester a une température d'ignition de l'ordre de 485 °C alors que celle du coton est de 255 °C. Un produit ignifuge doit donc être appliqué sur le coton servant comme produit d'isolation. Les retardateurs de flammes typiques comprennent des mélanges de sulfates, borates, nitrates et phosphates inorganiques.

En outre, le coton est une fibre cellulosique respirante, bien que son point de saturation<sup>34</sup> soit inférieur à celui d'autres matériaux lignocellulosiques tels que le bois ou le chanvre<sup>35</sup>.

### 3.1.3 Lin et chanvre

La fibre de lin, provenant de la paille de lin après séparation de l'anas interne, peut être utilisée en isolation car à la fois durable et légère. Cette fibre est, pour ce faire, mélangée à un liant (fibres de polyester ou polymères de maïs). Un retardateur de flamme minéral peut être mélangé aux fibres de lin pour améliorer la résistance au feu.

L'isolation en chanvre est fabriquée de la même manière que le lin : les fibres techniques<sup>36</sup> sont séparées de l'anas des tiges du chanvre. Les fibres de chanvre techniques sont ensuite mélangées avec des liants et d'autres fibres (fibres de polyester) pour produire l'isolant.



Systèmes de construction écologiques -  
Isolation en fibres de chanvre et de jute

Les fibres de chanvre sont également incorporées à des matériaux à base de chaux et d'argile pour former des enduits composites et des substituts de béton.

<sup>33</sup> Les fibres bi-composantes sont des fibres ayant été extrudées puis filées sur la même filière avec deux ou trois polymères, avec une forme de section propre à l'usage voulu de la fibre. Les deux polymères diffèrent dans leurs caractéristiques physico-chimiques, comme le poids moléculaire. L'objectif principal de la production de fibres bi-composantes est d'exploiter des capacités qui n'existent pas dans l'un ou l'autre polymère seul.

<sup>34</sup> Le point de saturation des fibres est un terme utilisé dans la mécanique du bois, et plus particulièrement dans le séchage du bois, pour désigner le point du processus de séchage auquel il ne reste plus que l'eau liée aux parois cellulaires, toute autre eau, appelée eau libre, ayant été éliminée des cavités cellulaires.

<sup>35</sup> BondedLogic Inc.: [UltraTouch Denim Insulation](#).

<sup>36</sup> Les fibres de chanvre technique sont les fibres de chanvre les plus fines utilisables une fois la matière ligneuse retirée.



### 3.1.4 Laine de mouton

L'isolation en laine de mouton utilise de la laine de mouton « grossière » combinée à d'autres fibres pour créer une isolation thermique et acoustique matelassée. La laine de mouton n'est pas utilisée pour la fabrication d'isolants rigides ou soufflés en vrac. Les laines « grossières » sont les mieux adaptées à l'isolation en raison de leur faible valeur économique et de leur densité plus importante.



ArchiExpo - Isolation en laine de mouton

La proportion de laine de mouton dans l'isolant en laine doit être comprise entre 50 % et 100 %. En effet, la norme ISO 17749:2018 Produits d'isolation thermique - Matelas et panneaux en laine de mouton - s'applique aux isolants dont la teneur en laine est supérieure à 50 %.<sup>37</sup>

Des fibres supplémentaires sont utilisées dans l'isolation en laine de mouton pour lier les fibres de façon permanente, éliminant ainsi le risque de tassement et d'affaissement de l'isolant. Le liant bi-composant PET est couramment utilisé à cette fin, comme c'est le cas pour d'autres types d'isolants matelassés recyclés et naturels. Des fibres de polyester recyclé (rPET) sont également ajoutées pour donner plus de rebond à l'isolant et en réduire la densité sans en perdre les performances thermiques. Une protection efficace contre les insectes est essentielle pour les isolants en laine.

La laine est une protéine structurelle et, en tant que telle, elle possède des propriétés chimiques différentes de celles des hydrates de carbone tels que la cellulose, l'hémicellulose ou la lignine. La laine est très absorbante et est capable de fixer environ 30 % de sa propre masse en eau.

De plus, la kératine réagit avec le formaldéhyde dans une réaction de condensation créant un pont méthyle au sein de la protéine et générant de l'eau comme sous-produit. Une réaction qui permet de limiter la diffusion du formaldéhyde dans l'air intérieur.

### 3.1.5 Polyester recyclé

L'isolant en polyester recyclé est composé de deux types de fibres de polyester : la fibre discontinue de polyester qui constitue la majeure partie de l'isolant (80 - 90 %) et le liant bi-composant de polyester (10 - 20 %). Le liant bi-composant en polyester possède un noyau extérieur qui fond à 110 °C et lie les fibres entre elles afin d'empêcher leur affaissement<sup>38</sup>.

L'isolation en polyester recyclé utilise actuellement du rPET provenant d'emballages usagés. Le rPET est un matériau inerte : il ne se dégrade pas en présence d'un excès d'humidité et n'est pas sensible aux attaques biologiques.

Enfin, l'isolation ayant une durée de vie, en moyenne, équivalente à celle du bâtiment, le recours aux emballages usagés permet de retirer ces produits des filières de gestion des déchets (ou d'éviter leur relargage dans l'environnement) pendant une durée relativement importante.

<sup>37</sup> ISO 17740. 1<sup>ère</sup> édition 2018-05 Produits d'isolation thermique - Matelas et panneaux en laine de mouton - Spécification

<sup>38</sup> Eden renewable Innovations Ltd - Spécification technique



## 3.2 Impact des fibres vitreuses et minérales artificielles sur la QAI et la santé

Comme pour les autres types d'isolation, il est complexe d'évaluer l'impact des fibres vitreuses et minérales sur la qualité de l'air intérieur et la santé.

### 3.2.1 Effet cancérigène des fibres vitreuses et minérales artificielles

Le règlement (CE) n° 1272/2008<sup>39</sup> relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges classe les fibres (silicates) vitreuses artificielles (FVA) ou les fibres minérales artificielles (FMA) (dont fait partie l'isolation en laine minérale) dans la catégorie 3 des substances cancérigènes. Les fibres céramiques réfractaires et les fibres à usage spécial sont classées dans la catégorie 2. Ces catégories sont définies de la manière suivante :

- Catégorie 1 : substances connues pour être cancérigènes pour l'homme ;
- Catégorie 2 : Substances qui doivent être considérées comme cancérigènes pour l'homme ;
- Catégorie 3 : substances préoccupantes pour l'homme, en raison d'effets cancérigènes possibles.

Toutefois, la note Q du Règlement permet de ne pas appliquer la classification s'il peut être démontré que la substance remplit l'une des conditions suivantes :

- Un test de bio-persistence à court terme par inhalation a montré que les fibres de plus de 20 µm ont une demi-vie pondérée inférieure à 10 jours ;
- Un test de bio-persistence à court terme par instillation intra-trachéale a montré que les fibres de plus de 20 µm ont une demi-vie pondérée inférieure à 40 jours ;
- Un test intra-péritonéal approprié n'a montré aucune preuve de cancérigénicité excessive ;
- Absence de pathogénicité pertinente ou de changements néoplasiques dans un test d'inhalation à long terme approprié.

Il a été démontré que les isolants FMA de composition spécifique se dissolvent dans les poumons, ce qui garantit que leur bio-persistence est conforme aux critères susmentionnés<sup>40</sup>. Des organisations telles que l'EUCEB<sup>41</sup> vérifient que la composition de l'isolant FMA se situe dans les fourchettes de référence qu'elles ont publiées et qu'elle est donc conforme à l'exemption de la Note Q mentionnée précédemment.

Au Royaume-Uni, le *Health and Safety Executive* a conclu, dans ses dernières directives (circulaire opérationnelle OC267/2) en 2012, qu'il n'y avait pas de risque de cancer lié à la manipulation d'isolants installés dans des combles, y compris avant 1998<sup>42</sup>.

En 2007 et 2008, en France, l'ANSES a publié deux rapports sur les fibres synthétiques vitreuses et minérales évaluant les caractéristiques techniques et les usages de ces fibres ainsi que l'exposition

<sup>39</sup> RÈGLEMENT (CE) No 1272/2008 DU PARLEMENT EUROPÉEN ET DU CONSEIL du 16 décembre 2008 relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges, modifiant et abrogeant les directives 67/548/CEE et 1999/45/CE, et modifiant le règlement (CE) no 1907/2006. Annexe VI 1.1.3.1 Note Q.

<sup>40</sup> [Gamme de produits chimiques EUCEB.](#)

<sup>41</sup> Conseil européen de certification des produits en laine minérale (EUCEB).

<sup>42</sup> Health and Safety Executive (HSE) : *Fibres minérales artificielles (MMMMF).*



de la population générale et professionnelle. Les rapports concluent à une exposition limitée de la population à ces fibres, à l'exception des travailleurs sur site exposés à une concentration en fibres supérieure à celle recommandée, dans 10 % des cas (pour les cas suivis par l'étude). Le rapport reconnaît également un manque de données sur l'exposition de la population générale et professionnelle et son impact sur la santé humaine<sup>43</sup>.

Par défaut, le principe de précaution s'applique et la hiérarchie des modes de protection doit être appliquée pleinement.

### 3.2.2 Émissions de formaldéhyde des fibres vitreuses et minérales artificielles

Une évaluation conjointe réalisée par la MSCA française (ANSES) et la MSCA néerlandaise (RIVM) s'est intéressée au formaldéhyde afin de clarifier ses propriétés CMR (cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction), les risques associés à l'exposition actuelle des travailleurs et consommateurs et les enjeux d'un usage à trop grande échelle. Dans leur évaluation, les laines minérales ont été identifiées comme une source permanente de formaldéhyde avec un niveau 95-P de 31,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Cependant, les évaluateurs ont conclu que les laines minérales, étant systématiquement recouvertes par d'autres matériaux de construction, ne représentaient pas une source pertinente d'émission de formaldéhyde.

Le Comité d'évaluation des risques européen a également identifié l'isolation en laine minérale comme une source d'émission de formaldéhyde<sup>44</sup>. Le rapport s'appuie sur une expérience inter-laboratoires visant à mesurer l'émission de formaldéhyde par les panneaux de laine minérale (Wiglusz et al., 2000)<sup>45</sup>. Dans ces expériences, les émissions en formaldéhyde sont comprises entre 44  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h})$  et 210  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h})$  avec une valeur P50 de 57  $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{h})$ .

D'autres expériences<sup>46</sup> ont été menées sur le sujet sans pour autant permettre de conclure quant à l'impact sur la santé humaine des émissions de formaldéhyde des fibres vitreuses et minérales artificielles.

**Ainsi, la question de l'impact des fibres vitreuses et minérales artificielles sur la santé des travailleurs sur site et des populations n'est pas encore résolue et reste un sujet d'étude important car toujours source de controverses.**

### 3.2.3 Autres risques posés par les fibres minérales

En dehors des risques liés à la potentielle carcinogénicité et aux émissions de formaldéhyde, les fibres minérales présentent de nombreux autres risques au système respiratoire dont des irritations, des fibroses, des obstructions respiratoires, etc<sup>47</sup>.

<sup>43</sup> AFSSET. (2008). *Les fibres minérales artificielles siliceuses - Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs.*

<sup>44</sup> Comité d'évaluation des risques (CER). Avis du comité d'analyse socio-économique (SEAC) sur un dossier de l'annexe XV proposant des restrictions sur le formaldéhyde et les libérateurs de formaldéhyde. ECHA/RAC/RES-O-0000006740-76-01/F. Avis du CCR, adopté le 13 mars 2020.

<sup>45</sup> Wiglusz R, Jarnuszkiewicz I, Sitko E, Nikel G (2000) Interlaboratory comparison experiment on the determination of formaldehyde emitted from mineral wool board using small test chambers. *Build Environ* : pp 53-57.

<sup>46</sup> Des données WKI non publiées provenant de huit échantillons différents de laine minérale (quatre en laine de verre, quatre en laine de roche) rapportent pour 96 heures des concentrations entre 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  et 66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (GM 31.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , T 23 °C, RH 50 %, ACH 1 h<sup>-1</sup>, L = 1  $\text{m}^2/\text{m}^3$ )<sup>46</sup>.

<sup>47</sup> Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (2018) [Dossier Fibres autres que l'amiante.](#)



**Dans tous les cas, il est nécessaire d'avoir recours à des mesures de prévention proactive en respectant la hiérarchisation des modes de prévention et protection : administrative, collective puis individuel.**

## 4 Impact des IFNR sur la QAI et la santé

### 4.1 Matières particulaires

Les agences sanitaires internationales et nationales ont publié des lignes directrices sur la concentration acceptable en matières particulaires dans l'air intérieur (tableau 3). Ces recommandations visent les matières particulaires provenant de fibres vitreuses et minérales artificielles mais aussi de fibres organiques (telles que la laine de mouton, le chanvre ou les fibres de lin).

Tableau 3- Valeurs indicatives pour les matières particulaires

POLLUANTS	LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS <sup>48</sup> (2005)	DIRECTIVES DE L'ANSES - IAQGS <sup>49</sup>	LIMITES DE QUALITÉ DE L'AIR AU ROYAUME-UNI <sup>50</sup> (2004 - 2020)
PM <sub>2.5</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10 µg/m<sup>3</sup> - moyenne annuelle</li> <li>- 25 µg/m<sup>3</sup> - moyenne sur 24 heures</li> </ul>	L'ANSES est en accord avec les valeurs guides établies par l'OMS.	25 µg/m <sup>3</sup> - moyenne annuelle
PM <sub>10</sub>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 20 µg/m<sup>3</sup> - moyenne annuelle</li> <li>- 50 µg/m<sup>3</sup> - moyenne sur 24 heures</li> </ul>	L'ANSES est en accord avec les valeurs guides établies par l'OMS.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 40 µg/m<sup>3</sup> - moyenne annuelle</li> <li>- 50 µg/m<sup>3</sup> - moyenne sur 24 heures</li> </ul>

L'article publié en 2014 par Mansour E., Loxton C., Elias R., et Ormondroyd G.<sup>51</sup> synthétise la littérature scientifique disponible sur l'émission de particules par les fibres naturelles, en particulier le bois et la fibre de laine de mouton. Il résume les modes d'exposition aux poussières, les voies toxicologiques et les dangers imposés par l'inhalation.

**Cette étude conclut qu'aucun risque de mésothéliome, de cancer du poumon, de fibrose pulmonaire ou d'asthme n'a été associé aux fibres organiques.**

**Cependant, il est difficile de conclure sur l'impact réel de l'émission de particules par les isolants biosourcés car l'article mentionné ci-avant ne cible pas les matériaux d'isolation.**

De plus, il met moins l'accent sur les habitants potentiels que sur les installateurs et les fabricants, alors qu'il s'agit d'un paramètre crucial. Davantage d'études sur l'émission potentielle de

<sup>48</sup> OMS (2005). Directives de l'OMS sur la qualité de l'air pour les particules, l'ozone, l'azote, le dioxyde et le dioxyde de soufre - Mise à jour mondiale 2005.

<sup>49</sup> AFSSET (2010) Valeurs guides de qualité d'air intérieur.

<sup>50</sup> UK AIR - Air Information Resource : Objectifs nationaux de qualité de l'air et valeurs limites et cibles de la directive européenne pour la protection de la santé humaine.

<sup>51</sup> Mansour, E., Loxton, C., Elias, R., et Ormondroyd, G. (2014) Évaluation des implications sanitaires liées au traitement et à l'utilisation des produits d'isolation en laine naturelle. *Environnement international*, pp. 402-412.





particules par les IFNR sont donc nécessaires pour conclure sur le risque que peuvent, ou non, représenter ces fibres.

Dans cet esprit, le Centre français d'étude et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (CEREMA) lance actuellement une étude (appelée EmiBio - *Emissions des Matériaux biosourcés*) sur l'impact sur la qualité de l'air intérieur des isolants en laine de bois et ouate de cellulose<sup>52</sup>.

→ Focus sur l'impact des IFNR sur les travailleurs sur site

La poussière atmosphérique est générée tout au long du processus de fabrication des produits d'isolation en laine de mouton.

L'étude sur les implications sanitaires de l'utilisation des produits d'isolation en laine naturelle a conclu qu'il n'y avait pas de risque accru de mésothéliome, de cancer du poumon ou de fibrose pulmonaire chez les travailleurs exposés aux fibres organiques naturelles, contrairement aux travailleurs exposés aux fibres cristallines inorganiques telles que l'amiante.

**Toutefois, les travailleurs fortement exposés à la poussière organique semblent présenter un risque accru de maladie pulmonaire obstructive et de bronchite.** Ces effets ne sont pas liés à la forme fibreuse des particules, mais plutôt à la poussière, aux produits chimiques absorbés par la poussière ou aux micro-organismes présents dans la poussière.

En outre, selon l'article, il n'existe aucun résultat sur la fabrication d'isolants en laine biosourcée ; toutes les études réalisées à ce jour font plutôt état de résultats obtenus dans l'industrie textile. (Mansour, Loxton, Elias, & Ormondroyd, 2014) .

## 4.2 COV et formaldéhyde

Les matériaux utilisés dans le tissu des bâtiments peuvent constituer des sources d'émission de polluants dans l'air intérieur (tels que le formaldéhyde et d'autres COV). En conséquence, l'OMS ainsi que les agences sanitaires britannique et française ont défini des valeurs limites pour différents types de COV (dont fait partie le formaldéhyde). Le tableau 4 présente ces valeurs limites ainsi que les valeurs seuils de la performance A+ du label *Emission dans l'air intérieur* (Cf. section ci-dessus *Réglementations et labels*).

Les expériences suivantes ont été menées par des chercheurs et des producteurs d'isolants pour évaluer l'impact des IFNR sur la qualité de l'air intérieur et la santé (les résultats de ces expériences sont synthétisés dans le tableau 5) :

- **Maskell, D., da Silva, C., Mower, et al. (2015). Propriétés des matériaux d'isolation biosourcés et leur impact potentiel sur la qualité de l'air intérieur. ICBBM**  
Cet article présente les résultats d'une expérience dans le cadre de laquelle ont été mesurées les émissions totales de COV (TCOV) et de formaldéhyde de plusieurs isolants biosourcés comme [la laine de mouton](#), [la fibre de chanvre](#), [la chaux de chanvre](#), [la fibre de bois](#) et [le panneau rigide de fibre de bois](#). Dans cette expérience, les produits sont installés dans des chambres hermétiques dont l'air est échantillonné après 3 et 28 jours.
- **Les tests effectués dans la norme BS EN 16516:2017 pour les composés cancérigènes tels que définis dans l'annexe VI du règlement (CE) n°1272/2008.**

<sup>52</sup> CEREMA. (2020) Matériaux biosourcés et émissions de polluants en intérieur : [deuxième campagne de mesures du projet EmiBio](#).



Les deux études techniques concernaient un isolant composé à 75% de laine de mouton et à 25% de polyester, et un autre composé à 100% de polyester.

- **Institut Bauen und Umwelt e.V. , Déclaration environnementale de produit, STEICO SE, 2016**

Cette étude porte sur la déclaration environnementale d'un isolant en fibre de bois produit par STEICO SE.

- **ADEME (2017), Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur des produits biosourcés utilisés dans les bâtiments.**

Cette étude a comparé différents produits biosourcés, minéraux et pétrochimiques actuellement sur le marché français, sur la base des évaluations du label français *Emission dans l'air intérieur*.



Tableau 4- Valeurs indicatives de COV pour l'air intérieur

POLLUANTS	LIGNES DIRECTRICES DE L'OMS <sup>53</sup> (2010)	DIRECTIVES DE L'ANSES - IAQGs <sup>54</sup> (MISE À JOUR EN JUILLET 2018)	PERFORMANCE A+ DU LABEL ÉMISSION DANS L'AIR INTÉRIEUR <sup>55</sup> (JUIN 2017)	VALEURS LIMITES CONSEILLÉES ROYAUME- UNI (2010)
Benzène	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aucun niveau d'exposition sans danger ne peut être recommandé ;</li> <li>- Les concentrations en benzène dans l'air associées à un risque excessif sur la vie entière de 10<sup>-4</sup>, 10<sup>-5</sup> et 10<sup>-6</sup> sont respectivement de 17, 1,7 et 0,17 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Exposition à long terme (&gt; 1 an) : 10 µg/m<sup>3</sup> ;</li> <li>- Exposition à long terme (&gt;1 an) correspondant à un niveau de risque de 10<sup>-5</sup> : 2 µg/m<sup>3</sup> ;</li> <li>- Exposition à long terme (&gt;1 an) correspondant à un niveau de risque de 10<sup>-6</sup> : 0,2 µg/m<sup>3</sup>.</li> </ul>		
1,2,4- Triméthylbenzène			< 1 000 µg/m <sup>3</sup> après 28 jours	
1,4-Dichlorobenzène			< 60 µg/m <sup>3</sup> après 28 jours	
Ethylbenzène		Exposition à long terme >1 an : 1 500 µg/m <sup>3</sup>	< 750 µg/m <sup>3</sup> après 28 jours	
Formaldéhyde	0,1 mg/m <sup>3</sup> pour une moyenne de 30 minutes	A court terme : 100 µg/m <sup>3</sup>	< 10 µg/m <sup>3</sup> après 28 jours	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 100 µg.m<sup>3</sup> - 30 minutes</li> <li>- 10 µg.m<sup>3</sup> - 1 an</li> </ul>
Naphtalène	0,01 mg/m <sup>3</sup> - moyenne annuelle	A long terme, pour une exposition >1 an : 10 µg/m <sup>3</sup>		
Trichloroéthylène	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estimation du risque unitaire de 4,3*10<sup>-7</sup> par µg/m<sup>3</sup> ;</li> <li>- Les concentrations de trichloroéthylène dans l'air associées à un risque excessif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A long terme, pour une exposition de 14 jours à 1 an : 800 µg/m<sup>3</sup> ;</li> </ul>		

<sup>53</sup> OMS (2010). Valeurs guides de l'OMS pour la qualité de l'air intérieur : le cas de plusieurs polluants.

<sup>54</sup> ANSES (2018) [Liste des valeurs guides de l'ANSES en matière de qualité de l'air intérieur.](#)

<sup>55</sup> ADEME (2017) Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment.



	de cancer au cours de la vie de $10^{-4}$ , $10^{-5}$ et $10^{-6}$ sont respectivement de 230, 23 et $2,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .	<ul style="list-style-type: none"> <li>- L'exposition à long terme (&gt;1 an) correspondant à un niveau de risque de <math>10^{-5}</math> : <math>20 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> ;</li> <li>- Exposition à long terme (&gt;1 an) correspondant à un niveau de risque de <math>10^{-6}</math> : <math>2 \mu\text{g}/\text{m}^3</math> ;</li> </ul>	
Tétrachloroéthylène	0,25 mg.m <sup>3</sup> - moyenne annuelle	Exposition à long terme >1 an : $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$	< $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
Acroléine		Exposition à long terme >1 an : $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$	
Acétaldéhyde		Exposition à long terme >1 an : $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$	< $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
Toluène		A court et à long terme : $20\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$	< $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
Xylènes			< $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
2-Butoxyéthanol			< $1\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
Styrène			< $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
COV total (COVT)			< $1\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ après 28 jours
			$300 \mu\text{g}.\text{m}^3$ - 8 heures



Tableau 5- Résultats de plusieurs études mesurant les émissions de TCOV et de formaldéhyde dans l'air intérieur des produits et matériaux biosourcés

PRODUITS / MATÉRIAUX D'ISOLATION	SOURCES	FORMALDEHYDE	TCOV
Isolation 75 % laine de mouton 25 % polyester	Tests réalisés selon la norme BS EN 16516:2017 pour les composés cancérigènes tels que définis à l'annexe VI du règlement (CE) n° 1272/2008.	< 2µg/m <sup>3</sup> à 3 et 28 jours	9 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et aucun COV au-dessus du seuil de détection à 28 jours (5 µg/m <sup>3</sup> )
Isolation 100 % polyester		2,8 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 2,7 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	32 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et aucun COV au-dessus du seuil de détection à 28 jours (5 µg/m <sup>3</sup> )
Fibre de bois <sup>56</sup>	Institut Bauen und Umwelt e.V. (2016). Déclaration environnementale de produit. STEICO SE.	2 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	80 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours
100 % laine de mouton	Maskell, D., da Silva, C., Mower, K., Rana, C., Dengel, A., Ball, R., et al. (2015). Propriétés des matériaux d'isolation biosourcés et leur impact potentiel sur la qualité de l'air intérieur. <i>ICBBM</i> .	100 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 107 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	573 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et < 1 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours
Fibre de chanvre		115 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 54 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	659 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 158 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours
Chaux de chanvre 330 kg/m <sup>3</sup> mélangée		77 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours	552 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours
Chaux de chanvre 275 kg/m <sup>3</sup> mélangée		80 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours	682 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours
Fibre de bois		134 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 121 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	18,220 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 3,192 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours
Panneau rigide en fibre de bois		374 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 242 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours	280 µg/m <sup>3</sup> à 3 jours et 181 µg/m <sup>3</sup> à 28 jours
Produit biosourcé sans nom		Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) (2017), Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur des produits biosourcés utilisés dans les bâtiments.	

Les concentrations mesurées respectent les valeurs limites

Les concentrations mesurées ne respectent pas les valeurs limites

<sup>56</sup> Institut Bauen und Umwelt e.V. (2016) Déclaration environnementale de produit. STEICO SE.



Le tableau 5 ci-dessus permet de tirer plusieurs conclusions :

1. Les produits biosourcés étudiés présentent des taux d'émission de TCOV et de formaldéhyde très inférieurs aux valeurs limites de l'OMS, de la France, de l'Angleterre et même de la performance A+ du label *Emission dans l'air intérieur*. **Comme le conclut l'étude de l'ADEME, ces produits biosourcés ne présentent pas de risque sanitaire concernant les TCOV et le formaldéhyde.**

En outre, il convient de noter que les IFNR sont des produits relativement nouveaux sur le marché. Il existe donc une marge d'innovation potentielle pour certains produits biosourcés, afin de se rapprocher le plus possible du "zéro émission".

2. Les matériaux étudiés dans l'article *Properties of bio-based insulation materials and their potential impact on indoor air quality* présentent des taux d'émission légèrement supérieurs aux valeurs limites (tableau 4). Cette différence avec les autres études peut s'expliquer par le fait qu'il s'agisse **de matériaux et non de produits isolants finis**. De plus, les matériaux sont placés en **contact direct avec l'air échantillonné. Une méthode de mesure qui n'est pas représentative de la manière dont sont installés les isolants dans les bâtiments** : ils sont toujours recouverts par d'autres matériaux de construction. Il est également important de noter que les propriétés physiques des isolants biosourcés (dont leur capacité à émettre des polluants dans l'air intérieur) évoluent en fonction de la variété de plante utilisée et du mode de préparation des produits.
3. Il est donc nécessaire d'évaluer les émissions de COV non pas à partir des matériaux mais bien de produits finalisés d'isolation. Les mesures doivent également être réalisées en conditions réelles afin d'être les plus représentatives possible. Enfin, il faut noter que **90 % des produits isolants présents sur le marché français ont été classés A+** (meilleur classement) dans le cadre du label *Emission dans l'air intérieur*.

En outre, la nécessité pour l'isolation de répondre à des exigences minimales en matière de résistance au feu impose l'utilisation de retardateurs de flamme à base de phosphate, sulfate ou borate pour les fibres naturelles. Cependant, aucun des produits ignifuges utilisés dans les IFNR n'est une source de COV.

→ Focus sur les liants utilisés dans les produits d'isolation

Tableau 6- Liants utilisés dans les produits d'isolation

TYPE D'ISOLANT		LIANTS COURAMMENT UTILISÉS
Isolant FVA et FMA		Formaldéhyde utilisé comme ingrédient dans le liant
<b>IFNR</b>	Laine de mouton, chanvre, et certaines fibres de bois	Fibre liante bi-composante en polyester
	Fibre de bois produites à sec	Diisocyanate de méthylène diphényle (MDI)
	Certains types de IFNR, cellulose ou fibres de bois soufflées	Sans liant
	Fibres de bois formées par voie humide	Propriétés liantes naturelles de la lignine



Le formaldéhyde fait partie des liants phénol-formaldéhyde couramment utilisés dans les isolants FVA et FMA<sup>57</sup>. Au contraire, les IFNR utilisés sur le marché ne nécessitent pas de liants à base de formaldéhyde (tableau 6)<sup>58</sup>.

Il est cependant important, dans la plupart des cas, d'incorporer un liant dans l'isolant afin d'assurer le bon maintien des fibres après installation.

Les isolants matelassés souples tels que la laine de mouton, le chanvre et les fibres de bois nécessitent une fibre liante bi-composante en polyester. Cette dernière est composée à 100 % de polyester.

L'isolation en fibres de bois produite à sec est collée à l'aide de diisocyanate de méthylène diphenyle (MDI)<sup>59</sup>.

Certains types de IFNR n'ont pas besoin de liant, notamment la cellulose soufflée en vrac ou les fibres de bois. Ces isolants doivent être compactés pour atteindre une densité minimale afin de garantir que l'isolant ne s'affaisse pas.

Les fibres de bois formées par voie humide sont liées grâce à la lignine naturellement contenue dans les fibres de bois.

**L'utilisation de liants ne contenant pas de formaldéhyde peut ainsi représenter un premier moyen de prévenir les émissions de COV dans l'air intérieur.**

### 4.3 Humidité et développement des moisissures

Deux enjeux fréquemment soulevés en ce qui concerne les isolants biosourcés sont : 1. Leur durabilité en conditions humides et 2. Leur résistance au développement de moisissures. Pourtant, si certains travaux proposent des éclairages quant à la sensibilité des matériaux biosourcés à ces deux enjeux, aucune étude majeure ne permet véritablement de conclure et surtout d'apporter des points de comparaison avec les matériaux pétrochimiques et d'origine minérale. Le tableau suivant synthétise les connaissances disponibles sur le sujet.

Tableau 7- Sensibilité des IFNR à la croissance des moisissures

TYPE DE MATÉRIAU	SENSIBILITÉ À LA FORMATION DE MOISSURES <sup>60</sup>	TRAITEMENT CONTRE L'HUMIDITÉ
<b>Laine de mouton</b>	La résistance de la laine de mouton aux moisissures est controversée.	Oui (sels de bore)
<b>Bois</b>	Le bois peut être sujet à la formation de moisissures	Oui
<b>Lin</b>	Susceptible de développer des moisissures.	Oui (sels de bore)
<b>Chanvre</b>	Très bon régulateur d'humidité. Le chanvre est imputrescible, antifongique et antibactérien.	Non

<sup>57</sup> Fibres (silicates) vitreuses artificielles (FMV) ou fibres minérales (FMV).

<sup>58</sup> Membres du groupe de l'ASBP sur l'isolation en fibres naturelles.

<sup>59</sup> Produit irritant et allergène mais peu volatil. Le MDI présente donc un risque pour les travailleurs lors de la production et de l'installation de l'isolation. Voir la [fiche toxicité de l'INRS](#).

<sup>60</sup> Université de Nantes : [Propriétés et utilisation des fibres naturelles, artificielles et synthétiques](#).

Guide de la maison écologique : [Comparatif des isolants naturels avec des matériaux biosourcés](#).

ECOCO2 : [Eco-rénovation : les matériaux isolants écologiques](#).



<b>Coton</b>	Très bon régulateur d'humidité mais sensible à la formation de moisissures.	Oui (sels de bore)
<b>Polyester recyclé</b>	Le polyester est résistant à la formation de moisissures. Par conséquent, il n'existe aucune information sur le polyester recyclé.	Non

**Comme indiqué dans le tableau 7, le chanvre et le polyester recyclé semblent être naturellement résistants à la croissance des moisissures. Au contraire, certains IFNR sont sensibles à la croissance des moisissures, notamment le lin, le coton et le bois. En réponse, ces matériaux doivent être traités avec, par exemple, du sel de bore (produit sans danger pour les travailleurs et habitants).**

**Par ailleurs, la laine de mouton, le chanvre et le bois semblent disposer d'une très bonne capacité de régulation de l'humidité de l'air.** A titre d'exemple, l'enquête sur la performance des bâtiments menée par la Society for the Protection of Ancient Buildings (SPAB) a démontré un équilibre plus stable de l'humidité et de la teneur en eau dans un système réel où l'isolation en fibre de bois était utilisée dans les traitements muraux d'isolation interne<sup>61</sup>.

→ Se concentrer sur le lien entre l'humidité relative, l'activité de l'eau et la croissance des moisissures.

Les niveaux d'humidité relative (HR) et d'activité de l'eau ( $a_w$ ) dans le tissu du bâtiment influencent grandement la qualité de l'air intérieur. Les propriétés sorptives des fibres naturelles permettent aux IFNR de fixer l'humidité, ce qui a une incidence sur l'humidité relative et l'activité de l'eau.

L'activité de l'eau est une mesure de la disponibilité de l'eau pour les réactions délétères, l'activité métabolique et la croissance des micro-organismes ( $a_w$  est caractéristique d'une espèce de micro-organisme). La croissance de la plupart des bactéries et des champignons se produit à des valeurs d' $a_w$  supérieures à 0,90 et si  $a_w$  est inférieure à 0,8, seules les moisissures xérophiles et les levures osmophiles sont susceptibles de se développer. En effet, l'énergie nécessaire pour capter l'eau des matériaux dont  $a_w$  est inférieure à 0,8 est beaucoup trop élevée pour la plupart des organismes<sup>62</sup>.

De même, la croissance microbienne commence à devenir significative dans les bâtiments lorsque l'humidité relative (HR) dépasse 90 % (seules les moisissures xérophiles et les levures osmophiles se développent en dessous de 80 % d'HR). Cela s'explique par le fait que l'énergie nécessaire pour capter la vapeur d'eau en dessous de 80 % d'HR est beaucoup trop élevée pour la plupart des organismes<sup>56</sup>.

Il est possible d'utiliser conjointement  $a_w$  et l'HR pour prévoir la croissance microbienne et déterminer la stabilité microbienne d'un produit ou contrôler les risques liés à l'activité microbienne dans les bâtiments. En effet, si la teneur en humidité des matériaux respirants peut varier considérablement, le maintien d'une activité de l'eau inférieure à 0,8 réduit le risque d'activité microbienne au sein du système.

Par conséquent, l'augmentation de l'humidité relative n'a pas d'impact sévère sur les "matériaux respirants" car ils peuvent équilibrer l'activité de l'eau.

<sup>61</sup> Historic England (2020) SPAB Building Performance Survey - Rapport final.

<sup>62</sup> Public Health England (2017) Détermination de l'activité de l'eau dans les aliments.





→ Se concentrer sur la résistance des IFNR au développement des rongeurs, des insectes et des acariens.

Il apparaît que certains IFNR (coton, laine de mouton et bois) sont sensibles aux insectes et aux rongeurs et doivent être traités en conséquence. Au contraire le chanvre, le lin et le polyester semblent naturellement résistants aux insectes et aux rongeurs <sup>63</sup>.

**Cependant, comme pour la croissance des moisissures, il n'existe actuellement aucune étude majeure permettant de conclure sur la stricte sensibilité ou résistance des IFNR aux parasites dans différentes conditions climatiques.**

#### 4.4 Impacts et avantages d'une installation réussie

Les isolants en fibre flexible sont, par définition, flexibles et compressibles, permettant aux cavités dans lesquelles ils sont installés d'être entièrement remplies. Cette propriété, associée à la nature hygroscopique des IFNR<sup>64</sup>, permet de prévenir les dommages causés par l'humidité<sup>65</sup>.

Le remplissage complet des cavités est vital pour la performance globale d'un bâtiment, car il permet d'éliminer les pertes de ventilation et de minimiser le chauffage en hiver et le refroidissement en été. Cela permet également d'éviter les problèmes liés à la condensation dans les murs et au développement ultérieur de moisissures, qui ont un effet extrêmement délétère sur la qualité de l'air intérieur.

Enfin, une isolation correctement installée avec une membrane pare-vapeur empêche l'air de passer à travers le tissu et de pénétrer dans le bâtiment. Ce mouvement d'air n'est généralement pas un problème dans les bâtiments anciens contrairement aux bâtiments récents dans lesquels les matériaux sont susceptibles de libérer des COV dans l'air intérieur.

<sup>63</sup> Université de Nantes : [Propriétés et utilisation des fibres naturelles, artificielles et synthétiques](#).

Guide de la maison écologique : [Comparatif des isolants naturels avec des matériaux biosourcés](#).

ECOC02 : [Eco-rénovation : les matériaux isolants écologiques](#).

<sup>64</sup> La nature hygroscopique des IFNR signifie que leur teneur en eau et l'activité de l'eau s'ajustent en fonction de l'humidité relative du milieu environnant. Les matériaux hygroscopiques sont capables d'adsorber et de désorber l'eau moléculaire.

<sup>65</sup> Pour les constructions à ossature bois.



## 5 Conclusions

---

1. La littérature scientifique et technique indique, qu'à date, les **IFNR n'ont pas d'impact significatif sur la qualité de l'air intérieur en termes d'émissions de particules, de COV et formaldéhyde, et de moisissures.**
2. Les travailleurs (en charge de la production et de l'installation des isolants) peuvent présenter un risque accru de développer des maladies du système respiratoire en cas de forte exposition à la poussière et aux fibres organiques et inorganiques. Il est donc **essentiel de veiller au strict respect de l'ensemble des mesures de protection (administrative, collective et individuelle) afin de préserver la santé des travailleurs.**
3. Tout comme **les isolants en laine de roche et en laine de verre, certains IFNR (coton, laine de mouton et bois) doivent être traités contre les insectes et les rongeurs.** Au contraire, le lin, le chanvre et le polyester semblent être naturellement résistants à ces nuisibles.
4. **Le manque de recherches comparatives** menées sur les produits d'isolation en conditions réelles ne permet pas de conclure sur l'impact précis des IFNR et des fibres vitreuses et minérales sur la qualité de l'air intérieur.
5. **L'analyse du label français Emissions dans l'air intérieur indique que ce dernier semble être un bon moyen d'assurer que les produits d'isolation respectent les directives européennes et nationales relatives à la qualité de l'air intérieur.** Son champ d'application est cependant limité car il exclut les particules et le développement des moisissures.



## 6 Recommandations

---

Afin de fournir une information de qualité et homogène aux usagers des environnements intérieurs, aux maîtres d'ouvrages ainsi qu'aux entreprises du bâtiment installant les IFNR, il apparaît nécessaire de mener des travaux de recherche complémentaires. A ce titre, une approche systématisée et inclusive de la diversité des matériaux présents sur le marché apparaît comme une mesure nécessaire aux manques de données identifiés.

A ce titre, les partenaires du projet BIO-CIRC préconisent de mener les actions suivantes tant en France qu'en Angleterre :

1. Création d'un groupe de travail regroupant des experts thématiques et des organisations privées, publiques et universitaires. Le consortium pourra utilement rassembler des expertises en écoconstruction, en mesure de la qualité de l'air, en médecine du travail, en maladies respiratoires et en réglementation produits ;
2. Cartographie précise des données manquantes, peu fiables ou non-représentatives sur l'ensemble des polluants recensés, les risques encourus par les travailleurs et les usagers des bâtiments ;
3. Mise en place d'un plan expérimental permettant de dégager une connaissance systématique du comportement des isolants déployés :
  - a. L'accent devra être mis sur la mesure *in-situ* (bâtiment en fonctionnement et sur chantier lors de l'installation) des émissions de particules ;
  - b. De même, le plan expérimental devra inclure la notion de durabilité des matériaux et ainsi étudier les émissions de polluants au cours du vieillissement du matériau (mesure dans des installations >20 et >50 ans par exemple) ;
4. Emissions de préconisations auprès des organismes normatifs, institutions en charge des pratiques constructives, etc. afin d'améliorer, le cas échéant, les consignes de déploiement, ainsi que les pratiques constructives afin de prévenir l'exposition des ouvriers et usagers aux polluants.



## 7 Bibliographie

- ADEME. (2017). *Comparaison des émissions de COV dans l'air intérieur par les produits biosourcés utilisés dans le bâtiment*. Direction Productions et Energies Durables.
- Ademe. (2019). *Un air sain chez soi - des conseils pour préserver votre santé*.
- AFSSET. (2008). *Les fibres minérales artificielles siliceuses - Evaluation de l'exposition de la population générale et des travailleurs*.
- AFSSET. (2010). *Valeurs guides de qualité d'air intérieur*. Edition scientifique.
- Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail (AFSSET). (2010). *AVIS de l'Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail relatif à la proposition de valeurs guides de qualité de l'air intérieur pour les particules*.
- ANSES. (2016, 08 24). *Labelling of building and decoration products with respect to VOC emissions*. Récupéré sur anses.fr: <https://www.anses.fr/en/content/labelling-building-and-decoration-products-respect-voc-emissions>
- ANSES. (2018). *ANSES's List of Indoor Air Quality Guideline Values*. Récupéré sur [https://www.anses.fr/fr/system/files/Tableau\\_VGAI\\_Juillet2018EN.pdf](https://www.anses.fr/fr/system/files/Tableau_VGAI_Juillet2018EN.pdf)
- CEREMA. (2020). *Matériaux biosourcés et émissions de polluants en intérieur: deuxième campagne de mesures du projet EmiBio*. Récupéré sur [cerema.fr](https://www.cerema.fr/fr/actualites/materiaux-biosources-emissions-polluants-interieur-deuxieme): <https://www.cerema.fr/fr/actualites/materiaux-biosources-emissions-polluants-interieur-deuxieme>
- Dimitroulopoulou, S., & Shrubsole, C. (2020). *Indoor Air Quality Guidelines for selected VOCs in the UK*. ASBP - Healthy Buildings: Conference and Expo 2020 - Public Health England.
- EPRS - Service de recherche du Parlement européen. (2018). *Qualité de l'air : Sources de pollution et leurs effets, législation de l'Union européenne et accords internationaux*. Parlement européen.
- European Certification Board for Mineral Wool Products (EUCEB). . Récupéré sur <http://www.euceb.org/>
- Health and Safety Executive (HSE). (2011). *EH40/2005 Workplace exposure limits*. HSE Books.
- Health and Safety Executive (HSE). . *Man-made mineral fibres (MMMMF)*. Récupéré sur [hse.gov.uk](https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/200-299/oc267_2.htm): [https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/200-299/oc267\\_2.htm](https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/ocs/200-299/oc267_2.htm)
- Historic England. (2020). *SPAB Building Performance Survey - Final report*.
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2016). *Déclaration environnementale de produit*. STEICO SE.
- Klepeis, N., Nelson, W., Ott, W., Robinson, J., Tsang, A., Switzer, P., . . . Engelmann, W. (2001). The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, pp. 231-252.
- Korjenic, A., Petranek, V., Zach, J., & Hroudova, J. (2011). Development and performance evaluation of natural thermal-insulation materials composed of renewable resources. *Energy and Buildings*, pp. 2518-2523.
- Mansour, E., Loxton, C., Elias, R., & Ormondroyd, G. (2014). Assessment of health implications related to processing and use of natural wool insulation products. *Environment International*, pp. 402-412.
- Maskell, D., da Silva, C., Mower, K., Rana, C., Dengel, A., Ball, R., . . . Shea, A. (2015). Properties of bio-based insulation materials and their potentiel impact on indoor air quality. *ICBBM*.
- Ministère de la transition écologique. (2017). *Les critères nationaux de qualité de l'air*. Récupéré sur AirParif: <https://www.airparif.asso.fr/reglementation/normes-francaises>



- ministère de la Transition écologique et solidaire, ministère des Solidarités et de la Santé, ministère de la Cohésion des territoires et des relations avec les collectivités territoriales. (2013). *Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur*. Récupéré sur [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan\\_QAI\\_23\\_10\\_2013.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Plan_QAI_23_10_2013.pdf)
- Ministry of Housing, Communities & Local Government. (2010). *Statutory Guidance - Ventilation: Approved Document F*. Récupéré sur gov.uk: <https://www.gov.uk/government/publications/ventilation-approved-document-f>
- natureplus. . *Award guidelines*. Récupéré sur natureplus.org: <https://www.natureplus.org/index.php?id=43&L=2>
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur . . *Pollutions : Les particules*. Récupéré sur oqai.fr: <https://www.oqai.fr/fr/pollutions/les-particules>
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. (2006). *Campagne nationale Logements, Etat de la qualité de l'air dans les logements français*. Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) et Agence Française de Sécurité Sanitaire de l'Environnement et du Travail (AFSSET).
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. (2014). *Etude exploratoire du coût socio-économique des polluants de l'air intérieur*. CSTB, ANSES.
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. . *Pollutions : Le monoxyde de carbone*. Récupéré sur oqai.fr: <https://www.oqai.fr/fr/pollutions/le-monoxyde-de-carbone>
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. . *Pollutions : Le radon*. Récupéré sur oqai.fr: <https://www.oqai.fr/fr/pollutions/le-radon>
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. . *Pollutions, les allergènes*. Récupéré sur oqai.fr: <https://www.oqai.fr/fr/pollutions/les-allergenes>
- Observatoire de la qualité de l'air intérieur. . *Pollutions, les moisissures*. Récupéré sur oqai.fr: <https://www.oqai.fr/fr/pollutions/les-moisissures>
- Papadopoulos, A. (2004). State of the art in thermal insulation materials and. *Energy and buildings*, pp. 77-86.
- Public Health England . (2017). *Determination of water activity in food*.
- Raw, G., Coward, S., Brown, V., & Crump, D. (2004). Exposure to air pollutants in English homes. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*.
- Royal College of Paediatrics and Child Health (RCPCH). (2020). *The inside story : Health effects of indoor air quality on children and young people*. Royal College of Physicians.
- Settimo, G., Manigrasso, M., & Avino, P. (2020). Indoor Air Quality: A Focus on the European Legislation and State-of-the-Art Research in Italy. *Atmosphere*.
- The Royal College of Physicians (RCP) and the Royal College of Paediatrics and Child Health. (2016). *Every Breath We Take: The Life Long Impact Of Air Pollution*.
- Trades Union Congress (TUC). (2011). *Dust in the workplace, guidance for health and safety representatives*.
- Tsakas, M., Siskos, A., & Siskos, P. (2011). Indoor Air Pollutants and the Impact on Human Health. *Chemistry, Emission Control, Radioactive Pollution and Indoor Air Quality*.
- UK AIR - Air Information Resource. . *National air quality objectives and European Directive limit and target values for the protection of human health*.
- United States Environmental Protection Agency (EPA). . *Volatile Organic Compounds' Impact on Indoor Air Quality*. Récupéré sur epa.gov: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air->





EUROPEAN UNION  
European Regional Development Fund





EUROPEAN UNION

Interreg



EUROPEAN UNION

France ( Channel  
Manche ) England

Projet BIO-CIRC

Fonds européen de développement régional

*Le projet BIO-CIRC fait partie du programme transfrontalier de coopération territoriale européenne (CTE) Interreg VA France (Manche) Angleterre et bénéficie du soutien financier du Fonds européen de développement régional.*

nomadéis

ASBP The Alliance  
for Sustainable  
Building Products

therma  
fleece®  
Nature's finest insulation

backtoearth