

Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : Isolants à base de fibres végétales ou animales

Produits isolants destinés à l'isolation thermique par l'intérieur

Le protocole d'évaluation de la résistance vis-à-vis des moisissures, présenté dans ce document, concerne tous les produits isolants thermiques. Il est établi selon la « Méthode isolants moisissures FCBA-CSTB », version n° 23 du 31/08/2020

Le présent Guide a été révisé et approuvé par le Groupe Spécialisé n° 20 le 23 février 2021. Il annule et remplace la version 3713_V2 du 13 mars 2018

Groupe Spécialisé n° 20

Produits et procédés spéciaux d'isolation

Cahier 3713_V3 – Février 2021

Publié le 3 décembre 2021



Commission chargée de formuler des Avis Techniques
et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

La dernière mise à jour de la liste des Avis Techniques en cours de validité
peut être consultée sur le site CSTB Evaluation :

<http://evaluation.cstb.fr/fr/rechercher/>

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2018

Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : Isolants à base de fibres végétales ou animales

Produits isolants destinés à l'isolation thermique par l'intérieur

SOMMAIRE

PRÉAMBULE

Les produits isolants à base de fibres végétales ou animales proviennent de plusieurs sources : laine de mouton, chanvre, laine et fibres de bois, lin, paille, coton, tissu, plumes de canard, ouate de cellulose (issue de la récupération de journaux). L'effervescence dans ce domaine traduit tout l'intérêt des professionnels et des consommateurs envers ces produits. Les acteurs du bâtiment sont de plus en plus demandeurs d'Avis Technique ou Document Technique et de certification.

Pour être efficacement déployés, ces produits, à l'instar des produits traditionnels, doivent respecter un certain nombre de conditions de mise en œuvre : aptitude à l'emploi, résistance au feu, à l'humidité, aux attaques des insectes et moisissures, etc. Pour les aspects durabilité, l'incorporation de substances antifongiques, insecticides ou autres biocides peut être nécessaire pour assurer la pérennité des performances de tels isolants.

Ce guide a pour objectif de mieux orienter le demandeur d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application et l'utilisateur des différents aspects autour de l'évaluation des produits isolants à base de fibres végétales ou animales. Le guide est ainsi scindé en deux parties :

- Note d'information.
- Prescriptions particulières à l'appui d'une demande d'un Document Technique d'Application ou d'un Avis Technique.

1. Note d'information	2
1.1 Introduction	2
1.2 Enjeux pour chaque performance	2
1.3 Mise en œuvre.....	3
1.4 Conclusions	3
2. Prescriptions particulières à l'appui d'une demande d'un Document Technique d'Application ou d'un Avis Technique.....	3
2.1 Objet	3
2.2 Description.....	3
2.3 Dossier technique	4
2.4 Qualité des produits et ouvrages	6
2.5 Appréciation sur l'aptitude à l'emploi	6
Annexe A	
Évaluation de l'aptitude à l'emploi	8
A1 Évaluation du produit	8
A2 Spécifications de certaines caractéristiques.....	9
A3 Évaluation de la résistance des produits isolants thermiques vis-à-vis des moisissures selon la « Méthode isolants moisissures FCBA-CSTB », version 23 du 31/08/2020	10
A4 Définition des protocoles d'essais de résistance à la moisissure en fonction du type de paroi (selon Projets DHUP n° RE 15-001 et 15-002 « Classes d'emploi et durabilité des isolants bio-sourcés vis-à-vis des moisissures » par le FCBA et le CSTB)	13
Annexe B	
Références normatives.....	17

1. Note d'information

1.1 Introduction

Les procédés d'isolation thermique des bâtiments qui utilisent des matériaux d'origine biologique se développent rapidement en France depuis la fin des années 1990 (ainsi que dans de nombreux pays). Il s'agit de produits isolants à base de fibres végétales (chanvre, coton, lin, bois, paille de blé), de produits d'origine animale (laine de mouton, plumes, etc.), ou issus de produits recyclés (papiers, vêtements, etc.).

Le développement de ces produits soulève légitimement de nombreuses questions de la plupart des utilisateurs quant à leur aptitude à l'emploi et à leur durabilité. Les acteurs de la construction, comme pour toute innovation, demandent si des Avis Techniques ont été formulés.

Ce besoin ne vaut qu'en l'attente d'un retour significatif d'expérimentations réussies, puis de la rédaction de règles de l'art. En effet, hormis pour les laines de bois et le liège dans certains emplois bien définis, la plupart des normes NF DTU (Documents Techniques Unifiés) ne préconisent pas actuellement les isolants de cette famille. Ce qui signifie que ces produits ne sont pas encore considérés comme traditionnels dans les emplois visés dans les DTU correspondants.

Dès 2001, la Commission chargée de formuler des Avis Techniques a créé le Groupe Spécialisé n° 20 « Produits et procédés spéciaux d'isolation » pour faciliter l'instruction de ces produits dans le cadre de l'Avis Technique. Ceci permet le développement de systèmes en fiabilisant leurs performances vis-à-vis de l'ouvrage pour que l'ensemble des acteurs notamment les maîtres d'ouvrages, maîtres d'œuvre, entreprises de pose et assurances aient confiance dans des produits bien évalués. Le principe est de limiter les contre références qui freinent ou stoppent le développement de procédés nouveaux et grevent l'assurance construction.

Depuis les premiers Avis Techniques formulés le 18 septembre 2001 par le GS n° 20 (les plus anciens Avis remontent au début des années 1980) concernant la ouate de cellulose, près d'une quarantaine d'Avis Techniques ont été formulés sur des procédés d'isolation variés à base de fibres végétales (chanvre, coton, lin, bois, paille de blé), de produits d'origine animale (laine de mouton, plumes, etc.), ou issus de produits recyclés (papiers, vêtements, etc.).

Ceci a conduit à caractériser de nombreux produits et définir des processus d'évaluation, la présente note a pour objet de faire connaître ces acquis de l'expérience.

1.2 Enjeux pour chaque performance

L'analyse, faite sur la base du Guide Technique Spécialisé utilisé par le GS 20, reprend l'ensemble des performances des caractéristiques d'aptitude à l'emploi de ces procédés comme suit :

12.1 La durabilité des produits et des ouvrages

Comme pour toute évaluation, pour chaque application, les conditions d'humidité et de température dans l'isolant et dans tous les composants d'une paroi, dépendent de la constitution de cette paroi. L'analyse des risques nuisibles de condensation s'effectue comme pour tous les procédés d'isolation par un calcul des quantités d'eau susceptibles d'être condensées dans la paroi pour

chaque saison en fonction des différents types de climats. L'analyse des résultats conduit les experts à se prononcer sur les limites d'emploi du produit ou procédé proposé notamment en regard de la durabilité intrinsèque du produit et du système complet d'isolation.

La nature du produit ne doit pas engendrer de vulnérabilité pour l'ouvrage au regard des attaques biologiques (moisissures, insectes, etc.) et chimiques (corrosion, etc.).

Le comportement sur le plan du développement de croissances fongiques est par exemple une information importante pour apprécier la durabilité de tous les produits quels qu'ils soient. Il est donc systématiquement demandé des justifications par des mesures dans ce domaine. Les mesures sur le développement des croissances fongiques représentent donc le risque en fonction de l'exposition et de l'humidification pour l'ouvrage concerné.

12.2 Comportement en réaction au feu

Ce risque est toujours évalué par référence à la réglementation en vigueur notamment dans l'habitation, les Etablissements Recevant du Public et les locaux relevant du Code du Travail. Comme pour tous les isolants combustibles, la réglementation a des exigences concernant la non propagation à l'intérieur des locaux. En isolation par l'intérieur elle préconise pour les produits non classés au moins A2-s1, d0 un écran résistant au feu d'une durée de ¼ d'heure en paroi verticale et ½ heure en paroi horizontale, une plaque de plâtre d'épaisseur 12,5 mm par exemple, qui doit être placée côté intérieur vis-à-vis d'un local occupé (voir les guides d'emploi des isolants du point de vue des risques en cas d'incendie). Le classement en réaction au feu est fourni le plus souvent (aspects réglementaires ou non) sous forme d'Euroclasse.

12.3 Comportement en performance thermique

Comme tout isolant, leur impact thermique peut être considéré vis-à-vis des transferts de chaleur en hiver, des changements de température, des modifications de l'inertie d'un local et de la diminution du facteur solaire en été.

Pour les transferts de chaleur la conductivité thermique utile est déterminée selon les Règles Th-Bât en tenant compte de la dispersion des valeurs mesurées, de la mise en œuvre et du taux d'humidité utile dans la paroi considérée.

Ces règles prévoient que la conductivité thermique peut être certifiée. Pour les autres aspects ci-dessus les informations données dans les Avis Techniques permettent des calculs au cas par cas.

12.4 Comportement en isolation acoustique

La principale caractéristique mentionnée est, le cas échéant, la mesure de l'indice d'isolement acoustique de la paroi complète avec et sans le produit pour permettre d'évaluer l'impact de ce dernier. La contribution de ces produits provient de leur porosité, leur raideur dynamique et leur résistance au passage de l'air, paramètres de caractérisation de l'effet ressort entre deux parois plus lourdes et de dissipation de l'énergie transmise.

1.2.5 Comportement mécanique

Comme pour tous les isolants, les produits se présentent sous la forme de feutres souples ou de panneaux. Les caractéristiques principales évaluées sont la tenue au déchirement pendant la manipulation, la semi-rigidité en application verticale et selon les emplois : la cohésion, la compression, la flexion, le cisaillement ainsi que selon les montages : l'aptitude au collage, le comportement au droit d'une fixation ponctuelle.

1.2.6 Comportement à l'absorption d'eau

Pour les emplois en isolation intérieure de murs (suivant le type de mur au sens des DTU 20.1 et 23) ou par l'extérieur sous bardage, il peut être souvent demandé un critère de « non hydrophilie » défini à partir d'un essai normalisé en immersion partielle qui distingue les produits selon leur comportement capillaire.

1.2.7 Comportement à la vapeur d'eau

Comme indiqué en 1.2.1 le calcul des quantités d'eau pouvant être condensées est important pour la durabilité. Ce calcul est basé sur la perméance à la vapeur d'eau des isolants. Ces produits sont très perméables à la vapeur d'eau, si besoin une mesure est faite. Comme pour les isolants hygroscopiques, la perméance à la vapeur d'eau dépend aussi du taux d'humidité relative de l'ambiance considérée.

1.2.8 Comportement au gel, à la chaleur et au froid

La plupart des isolants de structure fibreuse ne sont pas sensibles au gel /dégel, et peu sensibles (aspect, durabilité) aux variations de température. Les isolants plus denses ont des variations hygrothermiques qui se mesurent selon les exigences de l'application. Certains isolants associent des liants organiques dont la stabilité dimensionnelle dans le temps doit être connue et évaluée, en fonction des conditions d'usage.

1.2.9 Environnement et aspects sanitaires

Tous les produits isolants font l'objet d'une évaluation sur le plan du respect des réglementations en matière de substances dangereuses (règlement REACH, directive biocide, etc.). Les produits isolants, éventuellement traités pour satisfaire les contraintes du paragraphe 1.2.2, doivent faire la preuve de leur conformité à ces diverses réglementations.

1.3 Mise en œuvre

Le domaine d'emploi précis est défini dans l'Avis Technique ou le Document Technique d'Application, qui précise notamment les sollicitations en termes notamment d'humidité, de température, incendie et sur le plan mécanique et de conformité aux exigences réglementaires du Code de la construction et de l'habitation.

La description de la mise en œuvre (par application visée), y compris pour les principaux points d'attention, est analysée vis-à-vis des règles de l'art ou de leur adaptation spécifique.

1.4 Conclusions

Le développement de ces procédés d'isolation peut se poursuivre avec une sécurisation équivalente à celle des autres procédés sous condition de respecter les processus d'évaluation basés sur les référentiels d'évaluation tels que ceux de l'Avis Technique ou la certification, en attendant qu'ils soient considérés comme traditionnels.

L'Avis Technique donne une information détaillée sur le domaine d'emploi, la fabrication, la fiabilité des performances évaluées, la diffusion du procédé et sa mise en œuvre.

Du fait de l'expertise collective et de l'expérience acquise par les instances et les référentiels, il constitue un outil d'évaluation pour une information fiable pour l'utilisateur.

Les différents produits « appelés bio-sourcés » peuvent donc faire l'objet d'évaluation et de certification comme tous les autres produits isolants traditionnels ou non.

2. Prescriptions particulières à l'appui d'une demande d'un Document Technique d'Application ou d'un Avis Technique

2.1 Objet

Le règlement intérieur, relatif à la procédure d'Avis Technique, précise la composition du dossier de demande d'Avis Technique qui, outre la demande proprement dite, comporte :

- la description du procédé ;
- un sous-dossier technique ;
- la liste des chantiers de référence (Art. 16) ;
- recueil de justificatifs du dossier établi par le demandeur (Art. 17).

Le présent chapitre a pour but de faciliter au demandeur d'Avis Technique l'établissement de ces pièces techniques pour permettre d'évaluer les procédés d'isolation thermique des parois de bâtiments à base de fibres végétales ou animales.

Le document comporte deux volets :

- l'un relatif à la description du procédé ;
- l'autre relatif au recueil des justificatifs et plus particulièrement aux justifications de l'aptitude à l'emploi.

2.2 Description

2.2.1 Domaine d'emploi

2.2.1.1 Définition des emplois et parois concernées

L'usage de ces procédés est destiné à une installation côté intérieur ou extérieur, ou à une isolation répartie des parois :

- parois verticales de construction maçonnée ou à ossature ;
- parois inclinées de rampants de toitures (intérieur) ;
- planchers/plafonds de combles perdus ;
- planchers intermédiaires ;
- planchers bas.

2.2.1.2 Domaine d'emploi

Préciser le domaine d'emploi du procédé :

- climat : plaine, montagne, bord de mer ;
- types de locaux : résidentiel, non résidentiel, locaux d'usage courant, locaux industriels, agro-alimentaires, Etablissements Recevant du Public, etc. ;
- types de parois et de structure, position de l'isolation, matériaux et produits en contact, température d'utilisation, etc. ;
- hygrométrie du local adjacent ou sous-jacent et le cas échéant pression intérieure maximale de vapeur d'eau admissible pour les locaux à ambiance régulée ;
- agressivité ou non de l'ambiance intérieure ;
- atmosphère extérieure (si lame d'air ventilée sur l'extérieur).

222 Nature et définition des composants intervenants dans la technique

Caractéristiques physiques d'identification :

- poids ;
- masse volumique/surfacique ;
- dimensions ;
- gamme d'épaisseur ;
- nature des constituants (à fournir au CSTB).

223 Fiche technique ou fiche signalétique des composants

Une fiche technique ou signalétique détaillée est à établir pour chaque procédé ou produit. Les constituants, notamment les traitements fongiques ou ignifugeants, sont à définir dans cette fiche.

La liste des substances actives contenues dans les adjuvants éventuels est fournie au CSTB (sous pli confidentiel si souhaité) dans le dossier technique. Cette liste référence les numéros CAS de ces substances actives ainsi que leur proportion en masse dans le produit fini. La fiche technique des adjuvants est transmise au CSTB pour la présentation au Groupe Spécialisé.

224 Description de la fabrication

- Lieu de la fabrication ;
- contrôles matières premières, fabrication, produits finis :
 - nature des contrôles,
 - fréquences,
 - référentiels,
 - seuils retenus.

225 Description de la mise en œuvre

La mise en œuvre doit être précisément décrite par un pas à pas du processus de pose accompagné de détails d'exécution par des schémas et/ou commentaires :

- description de la mise en œuvre du procédé :
 - en partie courante,
 - aux jonctions linéiques (interface mur/plafond, mur/plancher, etc.),
 - traitement des points singuliers : fenêtres, pénétrations (conduit, câble, tuyauterie, gaines de ventilation, etc.) ;

- mode d'application, mode et type de fixations, raccordement ou liaison de la technique proposée au reste de l'ouvrage (matériaux associés au produit) ;
- composition totale de la paroi (revêtements intérieur / extérieur, structure, membranes pare-pluie / pare-vapeur / hygro-régulante, écran de sous-toiture, isolants complémentaires, etc.) ;
- caractéristiques nominales de mise en œuvre ;
- les plans devront être explicites, clairs, cotés, sans référence commerciale et pouvoir être utilisés pour reproduction directe dans le dossier technique (format A4 maximum) :
 - descriptif, plans, croquis et schémas nécessaires à la définition et à la compréhension de la technique d'isolation proposée,
 - coupes en partie courante et au droit de l'ensemble des points singuliers.

226 Description de la commercialisation et mode de distribution

La description de la commercialisation et de la distribution du procédé doit être clairement définie.

227 Assistance technique

Le demandeur doit apporter des éléments quant à l'accompagnement effectif sur le terrain des utilisateurs :

- description du support d'assistance technique ;
- description du type de formation : démonstration sur chantiers, réunions d'information, etc.

La mise en œuvre du procédé doit être réalisée par un personnel formé. Le demandeur fournit les supports de formation existants.

228 Hygiène et sécurité

Préciser les moyens nécessaires à la protection des opérateurs lors de la mise en œuvre si besoin (présence de produits chimiques, particules volatiles, etc.).

229 Références des chantiers réalisés

- Dates d'exécution ;
- maître d'ouvrage ;
- maître d'œuvre ;
- entrepreneur ;
- contrôleur technique selon le cas ;
- type de pose ;
- superficie.

2.3 Dossier technique

Il est destiné à apporter les justificatifs techniques argumentés (mesures, simulations numériques éventuelles, expérimentations, etc.) sur l'aptitude à l'emploi du système à satisfaire aux exigences réglementaires minimales pour le domaine d'emploi revendiqué. Les justificatifs nécessaires sont listés dans l'Annexe A et les références normatives dans l'Annexe B.

2.3.1 Règles découlant des exigences de sécurité

Ce Dossier technique est destiné à apporter, à défaut de preuves, des éléments de conviction suffisants sur l'aptitude du procédé présenté à répondre à ce que l'on en attend et notamment à satisfaire aux exigences de sécurité, de durabilité et d'aptitude à l'emploi.

2.3.1.1 Stabilité

La construction doit être telle qu'elle résiste dans son ensemble et dans chacun de ses éléments, à l'effet combiné :

- de son propre poids ;
- des charges climatiques éventuelles notamment la résistance au poids de la neige et aux effets du vent pour les procédés en contact avec des lames d'air ventilées sur l'extérieur ;
- des manipulations lors de la mise en œuvre ;
- des effets des variations de température.

Il convient de vérifier notamment :

- la résistance en compression des procédés sous chapes et dalles à long terme ;
- la résistance en traction ;
- les effets possibles induits sur les ouvrages adjacents (humidification des supports, etc.).

2.3.1.2 Sécurité incendie

- Respect des réglementations en travaux neufs.
- Non aggravation des risques en rénovation.
- Analyse des risques spécifiques de propagation.
- Incidence sur le comportement au feu des parois.
- Comportement en réaction au feu lorsque nécessaire pour les domaines d'emploi revendiqués.
- Dispositions spécifiques éventuelles vis-à-vis des équipements électriques.

2.3.1.3 Environnement – Santé

- Substances dangereuses

Le demandeur doit s'assurer de la conformité vis-à-vis du règlement REACH.

Nota : Certains adjuvants ou constituants sont classés comme substances extrêmement préoccupantes (SVHC) selon la réglementation REACH.

- Fiche de donnée sécurité

Les isolants à base de fibres végétales ou animales qui sont des mélanges doivent fournir des FDS s'ils contiennent des substances telles que mentionnées dans l'article 31 du règlement REACH.

- Fiche de déclaration environnementale et sanitaire : FDES

Le fabricant peut établir une Fiche de Déclaration Environnementale et Sanitaire conforme aux normes NF EN 15804 et NF EN 15804/CN et vérifiée par un vérificateur habilité par le programme INIES.

- Déclaration du fabricant

Le demandeur doit présenter une déclaration écrite indiquant si oui ou non le produit/procédé contient des substances dangereuses conformément à la réglementation européenne et nationale, et dresse la liste de ces substances.

Le demandeur fournit au CSTB les caractéristiques techniques de ces substances (désignation, numéro CAS, pourcentage sur la masse du produit fini).

Pour les isolants à base de fibres végétales ou animales qui ne sont pas des mélanges, ils doivent déclarer leurs substances conformément à l'article 33 du règlement REACH.

- Émission de COV et formaldéhyde

Pour les isolants en contact avec l'air intérieur, le demandeur fournit les éléments relatifs à l'étiquetage du produit conformément au 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.

- Biocide

Le demandeur fournit la preuve que le biocide utilisé est conforme au règlement biocide article 58.

2.3.2 Règles découlant des exigences de durabilité

2.3.2.1 Exigences

Le produit en œuvre doit conserver ses caractéristiques pendant la durée de vie prévue. Le demandeur justifiera que la durée de vie escomptée pour son ouvrage est compatible avec l'usage revendiqué. Le demandeur précisera la nature, la portée et la durée de la garantie offerte pour son produit.

En particulier le demandeur doit pouvoir apporter les justifications de l'aptitude du produit en œuvre par rapport à l'application et à l'ouvrage et notamment la conservation des performances pour une durée compatible avec la durée de l'ouvrage dans lequel le procédé est incorporé.

Le produit et l'ouvrage doivent conserver dans le temps :

- leurs propriétés mécaniques ;
- leur résistance thermique ;
- leur niveau de réaction et résistance au feu ;
- leur résistance aux attaques biologiques.

2.3.2.2 Action de la température et de l'humidité

Ni le froid, ni la chaleur, ni l'humidité ne doivent pouvoir exercer une action destructrice ou déformatrice permanente. La résistance à ces sollicitations est à évaluer selon l'usage, intérieur ou extérieur, du système considéré.

La conception du procédé doit être telle qu'il ne puisse y avoir accumulation nuisible d'humidité due à l'eau ou la condensation de vapeur d'eau ni dans le produit, ni dans les ouvrages adjacents (charpentes, chevrons, planchers bois, etc.).

Le procédé ou produit ne doit pas nuire au bon fonctionnement hygrothermique des parois et de l'ouvrage dans lesquels il est incorporé.

La nature du produit ne doit pas augmenter le risque pour l'ouvrage. Le cas échéant, le produit doit être traité ou l'ouvrage protégé pour éviter à ce dernier d'être dégradé vis-à-vis des attaques biologiques et chimiques. La nature des attaques susceptibles de se manifester dépend du matériau utilisé.

Les conditions d'humidité de l'isolant dans différentes configurations de pose sont définies dans l'Annexe A4. Ces conditions, directement liées au développement de moisissures, permettent de déterminer le Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé.

2.3.2.3 Effet des réactions du gros œuvre

Les variations dimensionnelles normales du gros œuvre ne doivent provoquer aucun désordre.

- Justifications par le raisonnement et/ou d'ordre expérimental.
- Essais spécifiques selon nature des matériaux.
- La conception du procédé, y compris les fixations et points singuliers, doit permettre de respecter cette exigence.

2.3.3 Mise en œuvre

2.3.3.1 Principe de mise en œuvre

La mise en œuvre est traitée au cas par cas dans les Avis Techniques associés.

Les prescriptions de mise en œuvre sont propres à chaque procédé.

Les produits à base de fibres végétales ou animales sont généralement des produits hygroscopiques et nécessitent des précautions particulières en fonction de leur destination dans les parois d'un bâtiment pour éviter tout risque de condensation dans le produit.

2.3.3.2 Organisation de la mise en œuvre

Seules les entreprises habilitées par le titulaire de l'Avis Technique ou du Document Technique d'Application peuvent réaliser la mise en œuvre du procédé. Les conditions de cette habilitation doivent être clairement définies dans le dossier technique établi par le demandeur.

2.3.3.3 Guide de mise en œuvre

Ces entreprises habilitées disposent d'un guide de mise en œuvre ou de la notice de pose fournie par le titulaire. Ce document doit comprendre notamment :

- les détails de mise en œuvre ;
- les précautions à prendre en compte conformément au dossier technique du titulaire ;
- les contrôles nécessaires pendant la mise en œuvre.

2.3.3.4 Assistance technique

L'entreprise chargée de l'installation bénéficie de l'assistance technique du titulaire de l'Avis Technique ou du Document Technique d'Application. Le contenu et les dispositions de cette assistance technique doivent être clairement définis dans le dossier technique établi par le demandeur.

2.3.3.5 Entretien et réparation

Lorsque c'est nécessaire, l'entreprise doit proposer et réaliser les réparations conformément aux prescriptions décrites dans le dossier technique établi par le demandeur.

2.3.3.6 Recommandations relatives à l'emballage, au transport ou au stockage

L'emballage des produits doit permettre de protéger le produit de la pluie :

- pendant le transport et le stockage ;
- pendant la mise en œuvre jusqu'à mise en place de l'étanchéité à la pluie du bâtiment.

Le stockage des produits avant mise en œuvre doit aussi permettre d'empêcher la remontée capillaire.

2.4 Qualité des produits et ouvrages

La fabrication doit permettre d'assurer aux procédés et aux composants associés une qualité constante.

Les dispositions prévues pour la mise en œuvre des procédés doivent être telles que, compte tenu des tolérances et des imperfections inhérentes au chantier, les règles précitées soient satisfaites.

La description des moyens mis en œuvre pour obtenir ce résultat a été fournie dans la partie descriptive au stade de la fabrication des éléments et au stade de la mise en œuvre.

Il convient de démontrer l'efficacité de ces moyens :

- d'une part, les matières premières doivent faire l'objet de contrôles réguliers soit lors de leur fabrication, soit à réception avant assemblage dans le composant final afin d'assurer la constance de leurs caractéristiques physiques ;
- les produits finis doivent être contrôlés régulièrement pour certaines de leurs caractéristiques (dimensions, masse surfacique, etc.) ;
- d'autre part, pour le procédé en œuvre en justifiant que les méthodes de mise en œuvre permettent d'obtenir une qualité finale satisfaisante dans des conditions normales d'utilisation.

2.5 Appréciation sur l'aptitude à l'emploi

L'évaluation de l'aptitude à l'emploi est décrite dans l'Annexe A.

2.5.1 Étanchéité à l'eau

Sauf cas particulier, le procédé ne participe pas à l'étanchéité à l'eau de la paroi.

2.5.2 Isolation thermique

La performance d'isolation thermique du procédé est exprimée :

- en conductivité thermique utile du produit ;
- en résistance thermique utile du produit ;
- en coefficient de déperdition U de la paroi complète.

La performance thermique s'obtient comme pour tous les procédés par application des Règles Th-U.

Le calcul tient compte :

- de la résistance thermique utile du produit, en tenant compte des facteurs de vieillissement éventuels et de son taux d'humidité utile ;
- des résistances thermiques superficielles conventionnelles des deux côtés intérieur et extérieur à la paroi ;
- des ponts thermiques intégrés éventuels dans la paroi (fourrures, chevrons, panne, suspente, réduction d'épaisseur au droit des fixations, etc.).

Les valeurs utiles sont déterminées sur la base :

- soit de valeurs certifiées ;
- soit de valeurs mesurées (I, R, etc.) corrigées ;
- soit de valeurs forfaitaires.

Dans tous les cas, le calcul prend en compte les valeurs thermiques utiles, c'est-à-dire en tenant compte de leurs comportements vis-à-vis de l'humidité et de leurs évolutions dans le temps.

Le calcul tient compte de la paroi, de son inclinaison, du mode de pose.

2.5.3 Étanchéité à l'air

Même si le procédé n'a pas pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'air de la paroi, il est nécessaire d'assurer une étanchéité à l'air :

- en partie courante (raccords entre feutres multicouches, fixations, etc.) ;
- à la périphérie du procédé : traitement des jonctions avec les ouvrages adjacents (plancher, plafond, murs, fenêtres, conduits et canalisations, fenêtres de toit, etc.).

2.5.4 Condensations superficielles

Les condensations superficielles, côté intérieur de la paroi, autres que passagères, doivent être évitées.

2.5.5 Confort acoustique

- Le cas échéant détermination de l'indice d'isolement acoustique de la paroi.
- La vérification en sol de l'amélioration acoustique aux bruits de chocs (si revendiqué dans le domaine d'emploi).

Annexe A

Évaluation de l'aptitude à l'emploi

Cette annexe définit les méthodes d'évaluation des produits à base de fibres végétales ou animales pour qualifier l'aptitude à l'emploi d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur.

D'autres référentiels peuvent être concernés lors de l'évaluation d'un procédé notamment pour des procédés intégrant des systèmes spécifiques de fixation ou des procédés à usages extérieurs. Les seuils et les conditions de vieillissement accéléré sont définis par le référentiel correspondant.

A1. Évaluation du produit

Les caractéristiques suivantes sont à évaluer lors de l'instruction d'une demande d'Avis Technique en concordance avec le domaine d'emploi revendiqué.

Les caractéristiques à évaluer dans cette annexe ne constituent pas une liste exhaustive d'exigences. Les particularités de chaque procédé doivent être évaluées pour chaque Avis Technique ou Document Technique d'Application.

	Caractéristique	Méthode d'essai	Unités	Critère de conformité
Caractéristiques dimensionnelles et pondérales	Longueur et largeur	NF EN 822	m	
	Épaisseur	NF EN 823 et annexe A2.2	m	
	Masse volumique apparente	NF EN 1602	kg/m ³	
	Équerrage	NF EN 824		
	Planéité	NF EN 825		
Stabilité dimensionnelle (produits rigides uniquement)	Évolution des caractéristiques dimensionnelles en fonction du temps : après 48 h à 70 ± 2 °C et 50 ± 5 %HR	NF EN 1604		
Tassement (produits en vrac)	Détermination de l'épaisseur du produit après 4 mois de test dans une ambiance cyclique en température.	Référentiel Acermi	Pourcentage	
Caractéristiques thermiques	Conductivité ou résistance thermique à 10 °C : - à l'état sec, - à l'état humide	NF EN 12664 NF EN 12667 NF EN 12939 et annexes A2.1 et A2.3	W/(m.K) ou m ² K/W	
Caractéristiques mécaniques	Résistance à la traction parallèle aux faces	NF EN 1608		
	Résistance à la traction perpendiculairement aux faces	NF EN 1607		
	Test de semi rigidité	NF DTU 20.1 P1.2		
	Contrainte de compression ou résistance à la compression	NF EN 826		
	Fluage en compression	NF P 61-203		
	Détermination du comportement sous charge ponctuelle (poinçonnement)	NF EN 12430	Déformation en %	
	Détermination de la variation de l'épaisseur de l'isolant pour sol flottant. Variation d'épaisseur entre 50 kPa et 2 kPa. p = db-dc. db est mesuré après 120 secondes	NF EN 12431	mm	
Caractéristiques hydriques	Absorption d'eau par capillarité ou à court terme par immersion partielle en kg/m ²	NF EN 1609	kg/m ²	
	Absorption d'eau à long terme par immersion partielle en kg/m ²	NF EN 12087	kg/m ²	
	Facteur de transmission de la vapeur d'eau	NF EN 12086	– (sans unité)	

	Caractéristique	Méthode d'essai	Unités	Critère de conformité
Caractéristiques acoustiques	Raideur dynamique : s' épaisseurs minimale et maximale au moins	NF EN 29052-1		
	Absorption acoustique	NF EN ISO 354		
	Résistance au passage de l'air	NF EN 29053		Méthode A
	Mesure en laboratoire de la réduction de la transmission du bruit de choc par les revêtements de sol sur un plancher lourd normalisé	NF EN ISO 140-8		
Caractéristiques de durabilité vis-à-vis des moisissures et insectes si pertinent au regard de la nature de l'isolant	Résistance au développement fongique	Annexe A3	Comportement du produit « résistant » ou « non résistant » aux moisissures dans les conditions de test définies. Cotation visuelle de 0 à 3, et, le cas échéant, nombre d'unités fongiques cultivables exprimé en \log_{10} UFC/cm ³	Cotations = 0 ou 1a sur la surface des 9 éprouvettes, ou pas plus d'une éprouvette est classée 1b (et les 8 autres sont classées 0 ou 1a) à l'issue de l'essai ET Moyenne \log_{10} UFC/cm ³ en fin d'essai \leq Moyenne \log_{10} UFC/cm ³ début d'essai (au seuil de risque de 0.05)
	Résistance au développement des mites kératophages si pertinent au regard de la nature de l'isolant	DEE 040005-00-1201		
	Résistance au développement d'insectes xylophages (y compris termites) sur échantillons neufs et sur échantillons vieillis (70 °C et 50 % HR pendant 3 semaines) si pertinent au regard de la nature de l'isolant.	DEE 040005-00-1201		
	Réaction au feu (Rapport de classement)	NF EN 13501-1	Euroclasse	
	Corrosion	Annexe A2.4		Aucune perforation observée dans la zone centrale
	Test de rétention des additifs chimiques sur les fibres	Annexe A2.6		

A2. Spécification de certaines caractéristiques

A2.1 Conductivité thermique

La conductivité thermique est déterminée selon les référentiels existants notamment de certification (référentiel Acermi) ou d'Agrément Technique européen (CUAP, guides). Lorsque la conductivité thermique est certifiée, la valeur utile de la conductivité thermique est la valeur certifiée.

Dans les autres cas, la valeur thermique déclarée doit tenir compte de l'application du coefficient d'humidité de conversion noté Fu. Ce coefficient est déterminé selon l'annexe B du CUAP sur la base de 2 séries d'essais :

- Détermination de la conductivité thermique à l'état sec à 10 °C avec un fractile 90/90 :
 - Mesure de la conductivité thermique à 10 °C à l'état sec après stabilisation des éprouvettes à 70 °C jusqu'à stabilisation de la masse.

Nota : Des précautions doivent être prises en compte pour limiter l'influence de l'humidité sur la mesure, par exemple couvrir les échantillons par des enveloppes en plastique rendues étanches à la vapeur d'eau.

- Détermination du coefficient de conversion dû à l'humidité :

Deux éprouvettes sont nécessaires.

- Mesure de la masse à l'état sec : conditionnement à l'état sec (stabilisation à 70 °C) puis mesure de la conductivité thermique. Mesure de la masse à l'état humide : conditionnement à (23 ± 2) °C et (50 ± 5) % HR puis mesure de la conductivité thermique.

- Détermination du coefficient de facteur d'humidité.

A2.2 Épaisseur

Produits non comprimés dans l'emballage

La mesure thermique est effectuée à l'épaisseur mesurée suivant la norme NF EN 823.

Produits comprimés dans l'emballage

L'épaisseur est mesurée conformément à la norme NF EN 823 après stockage du matériau dans son emballage pendant 9 semaines. La mesure thermique est effectuée :

- à l'épaisseur nominale si celle-ci est inférieure ou égale à l'épaisseur moyenne mesurée ;
- à l'épaisseur moyenne mesurée dans le cas contraire.

A2.3 Résistance thermique

Dans le cas de produits comprimés pour lesquels il existe une reprise d'épaisseur différée pendant plusieurs jours ou plusieurs semaines après ouverture d'emballage, l'épaisseur retenue pour la détermination de la résistance thermique est celle mesurée 15 minutes après ouverture de l'emballage.

A2.4 Corrosion

Le test du procédé consiste à évaluer le risque de corrosion sur les éléments métalliques en contact avec le produit isolant lorsque des éléments chimiques corrosifs (H₂SO₄, HNO₃, HCl, etc.) sont transmis par de la vapeur d'eau. L'apparition du phénomène de corrosion est essentiellement due aux adjuvants constituant le produit isolant en présence d'une ambiance humide.

Ce test accéléré est réalisé selon l'Annexe E du CUAP. Il consiste à tester quatre éprouvettes métalliques, deux de feuille de cuivre d'une pureté de 99,9 % et deux feuilles de zinc d'une pureté de 99,9 %, de dimensions 50 mm x 50 mm x 0,075 mm d'épaisseur. Le test est réalisé sur une période de 14 jours dans une ambiance 40 °C et 90/95 % HR. Les feuilles métalliques sont placées dans une solution avec du matériau isolant et de l'acide sulfurique (0,5 mol/l), du trichloréthylène et de l'acétate d'ammonium.

A2.5 Test de caractérisation face à une contamination fongique

En l'absence de justification particulière, le scénario HR95, décrit à l'annexe A3, sera appliqué.

A2.6 Test de rétention des additifs chimiques sur les fibres

La rétention des additifs chimiques sur les fibres a pour objet de vérifier la capacité de rétention des adjuvants par les fibres du produit isolant. Ceci est en relation avec les performances suivantes :

- réaction au feu ;
- résistance aux attaques d'ordre biologique.

Le test consiste à placer le matériau à l'état sec sur une feuille noire dans une boîte ouverte de dimensions 0,55 m x 0,55 m x 0,33 m (volume = 0,10 m³).

Cette boîte est inclinée (soulevée) sur un bord de 10 cm et relâchée de telle façon qu'elle tombe de cette hauteur sur le sol (paroi solide). Cet essai est répété alternativement 10 fois sur le bord opposé.

Le matériau est ensuite pris de la boîte et testé en réaction au feu et au test biologique (développement fongique), en fonction de la perte de masse observée.

Le résultat d'essai est comparé au résultat obtenu sur un échantillon non soumis à cette procédure. Le cas échéant, le pourcentage en poids de poussière laissé sur la feuille noire après l'essai est déterminé.

A2.7 Évaluation du risque de condensation

En dehors des exigences du domaine traditionnel (DTU), une étude spécifique peut être menée pour évaluer le risque de condensation dans la paroi.

A3. Évaluation de la résistance des produits isolants thermiques vis-à-vis des moisissures selon la « Méthode isolants moisissures FCBA-CSTB », version 23 du 31/08/2020

A3.1 Protocole

Le protocole d'évaluation proposé fournit une base d'appréciation de la résistance d'un isolant vis-à-vis du développement des moisissures, dans des conditions spécifiées d'humidité et de température.

Le comportement du produit est déterminé à partir de l'examen visuel de surface complété, au besoin, par l'évaluation quantitative des moisissures présentes au sein des éprouvettes.

Ce protocole constitue la méthode par défaut qu'il convient d'appliquer. Il laisse volontairement libre le choix de certaines solutions techniques pour la réalisation de l'essai (mode d'inoculation des éprouvettes). Il définit le cadre minimal à respecter pour la réalisation de l'essai.

A3.2 Domaine d'application

Cette méthode est applicable aux isolants en vrac, en rouleaux ou en panneaux, qu'ils soient traités ou non avec des additifs ou des biocides. Elle peut être appliquée aux isolants projetés par voie humide, à condition d'apporter à ces matériaux isolants une teneur en eau représentative de leur mise en œuvre.

Elle ne préjuge pas de la résistance d'un produit isolant face à une exposition accidentelle telle qu'une saturation en eau dans le matériau (dégât des eaux).

Cette méthode peut être déclinée pour évaluer le comportement d'un produit isolant destiné à être mis en œuvre en différentes ambiances.

Pour les isolants destinés à être mis en œuvre en situation dans laquelle les valeurs de température et d'humidité relatives respectent les critères du Scénario HR85 (cf. Annexe A4.1), les conditions de température et d'humidité relative utilisées pour le test seront respectivement de 28 °C (+/- 2 °C) et 85 % (+/- 4 %) : Scénario HR85.

Pour les isolants destinés à être mis en œuvre en situation dans laquelle les valeurs de température et d'humidité relatives ne respectent pas les critères du Scénario HR85 (cf. Annexe A4.1), les conditions de température et d'humidité relative utilisées pour le test seront respectivement de 28 °C (+/- 2 °C) et 95 % (+/- 4 %) : Scénario HR95.

Le choix de déterminer le comportement du produit selon le Scénario HR85 ou le Scénario HR95 relève du commanditaire de l'essai.

Nota : Les valeurs de température et humidité relative des enceintes d'incubation sont les consignes. Ces valeurs sont assorties d'une incertitude relative aux appareils de contrôle et ne sont en aucun cas une tolérance sur les conditions d'essai.

A3.3 Principe de l'essai

L'essai consiste à exposer des éprouvettes de l'isolant à tester à l'action de souches fongiques déterminées (moisissures) sur une durée spécifiée et dans des conditions de température et d'humidité maîtrisées.

Au terme de la période d'incubation, le développement des moisissures est évalué par observation et, le cas échéant, par la détermination de la flore fongique cultivable.

La présence d'un développement fongique ou non permet de statuer sur le caractère intrinsèque, respectivement, de non résistance ou de résistance du produit testé.

A3.4 Matériaux d'essai et appareillages

Moisissures employées

Les souches doivent être obtenues auprès de collections de cultures officielles.

Souches obligatoires :

- *Aspergillus niger* (MNHN 48-521 ou IHEM 5077 ou DSM 1957)
- *Penicillium pinophilum* (anciennement *funiculosum*) (MNHN 56-1527 ou DSM 1944)
- *Trichoderma viride* (MNHN 88-3354 ou IHEM 4146)
- *Chaetomium globosum* (ATCC 6205)
- *Paecilomyces variotii* (MNHN LCP 79-3210 ou DSM 1961)

Outre ces souches obligatoires, les produits pourront être testés vis-à-vis d'autres micro-organismes, à l'instar des produits faisant l'objet de normes produits ou encore de demandes particulières du commanditaire des essais. Des éprouvettes supplémentaires dédiées seront consacrées à la détermination du comportement du produit vis-à-vis de ces moisissures.

Produits et réactifs

- Milieu de culture : malt en poudre (4 % m/m) et agar (2 % m/m) à préparer dans de l'eau déminéralisée et à stériliser en autoclave (équivalent qualité 3 selon la norme ISO 3696),
- Solution nutritive pour les filtres en fibres de verre : La composition de cette solution est détaillée dans le § 5.2.3.1 de la norme NF EN ISO 846 (2019) :
 - NaNO_3 : 2,0 g
 - KH_2PO_4 : 0,7 g
 - K_2HPO_4 : 0,3 g
 - KCl : 0,5 g
 - $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,5 g
 - $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$: 0,01 g
 - Glucose : 30 g
 - H_2O : 1 000 ml

Le pH de la solution est ajusté entre 6 et 6,5 avec une solution de NaOH stérile à 0,01 mol/L.

- Préfiltres en fibres de verre sans liant ni cellulose de 70 mm de diamètre additionné d'une solution nutritive selon NF EN ISO 846 (2019)
- Tissu de filtration en nylon (maillage : 20 μm) pour préparation des suspensions de spores (inoculum)
- Agent mouillant tel que le Tween 80.

Appareillages

- Enceinte de conditionnement (contrôlée métrologiquement) et de culture ventilée, maintenue à une température cible de 28 \pm 2 °C et 95 \pm 4 % d'humidité relative cible (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR95) ou 28 \pm 2 °C, 85 \pm 4 % d'humidité relative (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR85).
- Microscope à fond clair et loupe binoculaire permettant un grossissement par 50 : estimation de la croissance fongique par observation des éprouvettes.
- Malaxeur et sachets stériles : extraction de la flore fongique.

- Étuve pour dessiccation maintenue à 70 \pm 3 °C : mesure de la teneur en eau des éprouvettes à l'issue des 28 jours d'incubation.
- Autoclave permettant de stériliser le matériel et le milieu de culture.
- Boîtes de Pétri stériles ;
- Vaporisateur pouvant fournir 1,5 x 10⁴ spores / cm³ (si inoculation par pulvérisation) ;
- Malaxeur et sachets stériles ;
- Poste de sécurité microbiologique.

A3.5 Échantillonnage des produits isolants

L'échantillonnage est constitué à partir de trois lots de produits.

Nombre d'éprouvettes

Trois séries d'éprouvettes du produit isolant sont réalisées :

- Série 1 (S1) : 3 éprouvettes dédiées à l'évaluation de la quantité de spores cultivables déposées à T0.
- Série 2 (S2) : 9 éprouvettes dédiées aux observations visuelles et, le cas échéant, à l'évaluation de la quantité de spores cultivables à T28 jours.
- Série 3 (S3) : 3 éprouvettes dédiées à la détermination de la prise en eau des éprouvettes pendant la phase d'incubation de 28 jours.

Préparation des éprouvettes

La superficie de chaque éprouvette doit être de 20 cm² minimum et son épaisseur comprise entre 8 et 10 mm. Toutes les éprouvettes auront une superficie et un volume identiques.

Pour les isolants en vrac, utiliser une quantité de produit suffisante pour pouvoir la tasser doucement afin d'obtenir une surface la plus plane possible. Cette opération facilitera l'examen microscopique.

Pour ce qui est des éprouvettes témoins, elles consistent en trois préfiltres en fibres de verre sans liant et sans cellulose. Une quantité calibrée de solution est appliquée sur chaque préfiltre préalablement stérilisé par rayonnement gamma à raison de 1 mL/cm³.

Une fois que la solution est appliquée sur les échantillons témoins, ceux-ci sont séchés sur un support puis placés dans des boîtes de Pétri stériles.

A3.6 Mode opératoire

Observation des éprouvettes d'essai à réception

Les éprouvettes d'essai de l'isolant sont examinées à l'œil nu et sous le microscope (grossissement 50) afin de vérifier qu'il n'y a pas de moisissures développées à réception avant l'essai. Un matériau qui présenterait, à ce stade, des développements fongiques, ne pourra pas être soumis à l'essai. Le fournisseur du produit sera informé de ces constatations.

Conditionnement de l'isolant avant essai

Pré conditionnement pendant 1 semaine à 28 \pm 2 °C, 95 % \pm 4 % (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR95) ou 28 \pm 2 °C, 85 % \pm 4 % (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR85).

À l'issue du pré conditionnement, les éprouvettes d'essai sont examinées à l'œil nu et sous le microscope (grossissement 50) afin de vérifier qu'il n'y a pas de développement fongique.

Dans le cas de développement fongique avéré, attesté par la prise de clichés, les éprouvettes de la Série S2 sont

cotées (échelle de cotation visuelle détaillée dans le tableau figurant en § *Examen des éprouvettes après incubation*), et le matériau est déclaré NON RESISTANT.

Cas particulier d'un isolant installé avec apport d'eau (isolant projeté par voie humide).

Les éprouvettes de l'isolant sont humidifiées avant essai en fonction de l'humidité habituellement apportée par le procédé de projection. Dans ce cas, la phase de conditionnement avant essai n'est pas nécessaire.

Note : Dans le cas d'isolants en vrac à base de ouate de cellulose projetée, une humidification des éprouvettes d'isolant avec 50% d'eau (par rapport à la masse conditionnée à réception de l'éprouvette d'isolant) est réalisée au moment de l'inoculation.

Dans le cas d'un isolant projeté avec un liant, une préparation d'éprouvettes avec le liant sera réalisée.

Stérilisation

Afin de réaliser l'essai sur des éprouvettes d'isolant sans contaminants, les éprouvettes du produit isolant à tester, préconditionnées le cas échéant, et les éprouvettes témoins sont stérilisées par irradiation ionisante (rayons gamma) comprise entre 25kGy et 50kGy.

Contamination des éprouvettes

Chaque éprouvette du produit à tester et les 3 éprouvettes témoins sont inoculées par les 5 souches fongiques d'essai en même temps. Le mode de contamination, dès lors qu'il permet une inoculation reproductible, est laissé à l'appréciation du laboratoire. La charge totale inoculée sur chaque éprouvette (mélange en concentrations identiques des 5 souches) doit être de l'ordre de 10^4 spores/cm³.

Les éprouvettes témoins sont inoculées dans les mêmes conditions que celles mises en œuvre pour les échantillons d'essai.

Les échantillons d'isolant inoculés et les témoins sont placés dans des boîtes de Pétri stériles sans milieu de culture.

Les éprouvettes S1 sont analysées selon le § « *Détermination de la flore fongique cultivable dans les éprouvettes d'essai : analyse quantitative* » le jour de l'inoculation.

Les boîtes de Pétri qui contiennent les échantillons S2 et S3 et les témoins sont maintenues ouvertes dans le poste de sécurité microbiologique jusqu'à ce que la masse des échantillons soit la même que celle d'avant la pulvérisation des spores. Cette étape permet de retirer l'eau provenant de l'étape d'inoculation par pulvérisation d'une suspension de spores.

A l'issue de l'inoculation (et du séchage si nécessaire) :

- Les éprouvettes de la série S2 et de la série S3 sont placées en incubation, en boîtes de Pétri stériles sans milieu de culture, pendant 28 jours à 28 +/- 2 °C ; HR 95 % +/- 4 % (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR95) ou 28 +/- 2 °C, 85 % +/- 4 % d'humidité relative (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR85).
- Les éprouvettes témoins sont placées en incubation, en boîtes de Pétri stériles sans milieu de culture, pendant 28 jours à 28 +/- 2 °C ; HR 95 % +/- 4 % (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR95) ou 28 +/- 2 °C, 85 % +/- 4 % d'humidité relative (dans le cas d'un essai selon le Scénario HR85).
- La flore fongique cultivable des éprouvettes S1 est

analysée et dénombrée.

Détermination de la flore fongique cultivable dans les éprouvettes d'essai : analyse quantitative

Chaque éprouvette à traiter (série S1 et S2 le cas échéant) est placée dans un sac stérile adapté au procédé de malaxage mécanisé. Selon la superficie de l'éprouvette, 50 à 100 mL de la solution « 0.9% de NaCl + 0.05% d'agent mouillant » sont ajoutés à l'éprouvette. L'éprouvette ainsi hydratée est malaxée pendant 1 minute au malaxeur.

L'extrait de chaque éprouvette est dilué par ajout de solution d'eau stérile avec 0.9% de NaCl. Les dilutions sont ensemencées par étalement de 0,1 mL sur 2 boîtes de milieu Malt/Agar respectivement à 4% et 2% m/m. Les boîtes sont mises à incuber dans les mêmes conditions de température que celles utilisées pour préparer les cultures en vue de la préparation de l'inoculum. La quantité de spores cultivables est évaluée conformément à la norme NF ISO 7218.

Suivi d'humidité au cours des 28 jours d'incubation

Les éprouvettes sont pesées : avant pré-conditionnement éventuel pour standardiser les éprouvettes (Séries S1, S2 et S3), en fin d'incubation des 28 jours (Séries S2 et S3) et après dessiccation (Série S3) (70 °C pendant 48 heures).

La prise en eau du produit isolant testé est calculée selon la formule :

Prise en eau de l'éprouvette (en pourcentage par rapport à la masse sèche de l'éprouvette) = $100 \times \frac{[\text{masse de l'éprouvette à T28jours} - \text{masse de l'éprouvette après dessiccation}]}{[\text{masse de l'éprouvette après dessiccation}]}$.

À titre informatif, la teneur en eau des éprouvettes de la Série S3, à l'issue de l'essai, sera reportée dans le rapport d'essai.

Une pesée supplémentaire est effectuée sur les éprouvettes inoculées (S2, S3 et témoins) à l'issue de la phase de séchage destinée à éliminer l'eau apportée par l'inoculation, afin de contrôler l'élimination du surplus d'eau.

Examen des éprouvettes après incubation

En fin d'essai, après exposition aux moisissures pendant 28 jours, un examen visuel de la surface des éprouvettes d'essai de la série S2 est réalisé à l'œil nu et à l'aide d'un dispositif permettant un grossissement de 50. Les éprouvettes de la série S2 sont cotées individuellement selon le tableau suivant. Chacune des 9 éprouvettes, dont toute la surface doit être observée, à l'œil nu et au microscope, donne lieu à une cotation individuelle.

Cotation moisissures	Intensité de la croissance fongique
0	Pas de développement de moisissures observé à la surface de l'éprouvette ⁽¹⁾
1a	Pas de développement de moisissures observé à l'œil nu mais quelques taches (hyphes ou têtes sporifères) ⁽²⁾ constatées au microscope (x50) :
1b	Pas de développement de moisissures observé à l'œil nu mais développement intensif ⁽³⁾ constaté au microscope (x50) :
2	Développement de moisissures visible à l'œil nu : observation de quelques taches de moisissures
3	Développement de moisissures intensif, visible à l'œil nu

(1)	Œil nu et au microscope (grossissement entre x 20 et x50).
(2)	Au grossissement x 20, moins de 30% de l'ensemble des champs observés présentent un développement de moisissures - Le grossissement x50 est utilisé pour confirmer ou non la croissance des moisissures
(3)	Au grossissement x 20, au moins 30 % de l'ensemble des champs observés présentent un développement de moisissures - Le grossissement x50 est utilisé pour confirmer ou non la croissance des moisissures

A l'issue de la période d'incubation, et sur la base des cotations visuelles, l'analyse quantitative de la flore fongique cultivable des éprouvettes de la série S2 pourra être nécessaire. Elle sera ainsi réalisée :

- si les 9 éprouvettes de la série S2 ont une cotation comprise entre 0 et 1a.
- si l'une des éprouvettes de la série S2 a une cotation 1b (avec 8 autres éprouvettes ayant des cotations 0 ou 1a)

Si l'une des éprouvettes de la série S2 a une cotation 2 ou 3, et si plus d'une éprouvette a une cotation 1b, il est inutile de quantifier les unités fongiques cultivables.

A3.7 Validité de l'essai

La validité de l'essai est conditionnée par :

- La cultivabilité des spores de l'inoculum,
- l'aptitude des spores inoculées à se développer sur les éprouvettes témoins (cotation par examen visuel égale à 3 à l'issue de la période d'incubation).

A3.8 Exploitation des résultats

L'examen visuel de la surface des éprouvettes d'essai (S2) de l'isolant conduit à des cotations individuelles : cotation 0, 1a, 1b, 2 ou 3.

L'analyse quantitative, menée, le cas échéant, sur l'ensemble des éprouvettes de la série S2, conduit au dénombrement des unités fongiques cultivables en fin d'essai. Cette moyenne est comparée au dénombrement des unités fongiques cultivables déposées en début d'essai (Série S1).

Les résultats sont exprimés en Log_{10} UFC/cm³ d'isolant testé pour la série analysée à T0 (S1) et pour la série analysée à T28jours (S2). Les moyennes sont calculées pour chaque série ainsi que l'incertitude liée à la moyenne (intervalle de confiance à 95 %). Un test de comparaison de moyennes (de type test de Student) est réalisé.

Les résultats sont exploités afin de déterminer la résistance aux moisissures de la manière suivante :

Comportement « Moisissures » pour les conditions de température et d'humidité relative considérées	Exigences
Résistant au développement des moisissures	<p>Aucune moisissure visible à l'œil nu (cotations = 0 ou 1a) sur la surface des 9 éprouvettes, OU pas plus d'une éprouvette est classée 1b (et les 8 autres éprouvettes ont des cotations 0 ou 1a (série S2) à l'issue de l'essai</p> <p>ET</p> <p>Moyenne du nombre d'unités fongiques cultivables en \log_{10} UFC/cm³ d'isolant en fin d'essai (série S2) inférieur ou égal à la moyenne du nombre d'unités fongiques cultivables en \log_{10} UFC/cm³ d'isolant en début d'essai (série S1)**</p>
Non résistant au développement des moisissures	<p>Croissance de moisissures visible à l'œil nu (au moins une éprouvette avec une cotation 2 et/ou 3) sur les éprouvettes à l'issue de la phase de pré-conditionnement</p> <p>OU</p> <p>Croissance de moisissures visible à l'œil nu à l'issue de l'essai pour au moins une éprouvette de la série S2 (cotation = 2 ou 3)</p> <p>OU</p> <p>Croissance intensive de moisissures visible au microscope sur au moins deux éprouvettes de la série S2 (cotation = 1b) à l'issue de l'essai</p> <p>OU</p> <p>Aucune moisissure visible ou croissance faible et éparse observée au microscope (cotations = 0 ou 1a) sur les 9 éprouvettes de la série S2 OU au maximum 1 éprouvette présente une cotation 1b (les 8 autres sont cotées 0 ou 1a) pour les 9 éprouvettes de la série S2 à l'issue de l'essai</p> <p>ET</p> <p>Moyenne du nombre d'unités fongiques cultivables en \log_{10} UFC/cm³ d'isolant en fin d'essai (série S2) supérieur à la moyenne du nombre d'unités fongiques cultivables en \log_{10} UFC/cm³ d'isolant en début d'essai (série S1)**</p>

** Un test de type test de Student (seuil de risque α de 0.05) est adapté pour comparer les valeurs moyennes d'unités fongiques cultivables au début du test (série S1) et à la fin du test (série S2).

A3.9 Rapport d'essais

Le rapport d'essais de la résistance des produits isolants thermiques vis-à-vis des moisissures doit inclure les informations suivantes :

- l'identification et la composition du produit soumis à essai, ainsi que les éventuels additifs et biocides ;
- la méthode d'essai utilisée et sa version ;
- le nom du laboratoire chargé de l'essai ;
- la description du conditionnement avant essai (durée, température et humidité) ;
- la méthode de stérilisation des éprouvettes d'isolant et des témoins ;
- la liste des champignons d'essai et leur référence ;
- les dates d'exposition aux moisissures et de l'examen final ainsi que la durée de cette exposition ;
- les conditions climatiques de l'exposition aux moisissures (température et humidité) ;
- l'échelle d'évaluation du développement fongique ;
- la validité de l'essai et les résultats sur les témoins ;
- la cultivabilité de l'inoculum de spores initialement déposées sur les éprouvettes (en UFC déposées en début d'essai/cm³ d'isolant) ;
- les éventuels écarts ou dérogations à la présente méthode et leur effet sur les résultats d'essai ;
- les résultats de l'essai en termes de cotations visuelles sur les éprouvettes d'isolant (valeurs individuelles) ;
- les résultats de l'essai en termes de UFC/cm³ d'isolant et en \log_{10} UFC/cm³ à T0 et à T28jours, le cas échéant - les moyennes correspondantes,
- la prise en eau des éprouvettes après les 28 jours d'exposition aux moisissures en pourcentage d'humidité par rapport à la masse sèche des éprouvettes, (valeurs individuelles et moyennes),
- le classement de l'isolant soumis à essai « résistant » ou « non résistant » avec les conditions climatiques de l'exposition aux moisissures (température et humidité)
- La mention suivante : « Les résultats mentionnés dans ce rapport d'essai ne sont applicables qu'au produit tel qu'il est décrit dans le présent rapport et soumis au laboratoire et pour les conditions de test utilisées ».

A4. Définition des protocoles d'essais de résistance à la moisissure en fonction du type de paroi (selon Projets DHUP n° RE 15-001 et 15-002 « Classes d'emploi et durabilité des isolants bio-sourcés vis-à-vis des moisissures » par le FCBA et le CSTB)

A4.1 Description des critères de classement

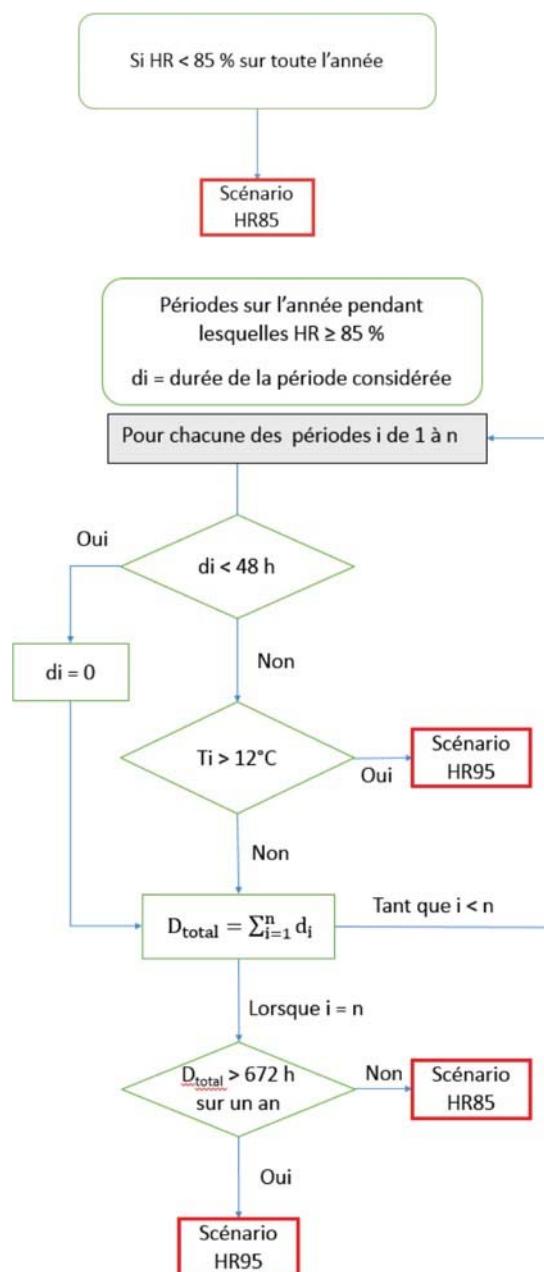
Le tableau suivant donne le protocole d'essai de résistance des isolants à la moisissure, Scénario HR85 ou Scénario HR95, à appliquer (cf. Annexe A3) en fonction des conditions d'humidité et de température rencontrées sur un an (1).

	Température inférieure ou égale à 12 °C	Température supérieure à 12 °C
HR inférieure à 85 %	Scénario HR85	Scénario HR85
HR supérieure à 85 % pendant moins de 48 h consécutives	Scénario HR85	Scénario HR85
HR supérieure à 85 % pendant plus de 48 h consécutives et moins de 672 h cumulées sur toute l'année (somme des dépassements dont la durée est supérieure à 48 h)	Scénario HR85	Scénario HR95
HR supérieure à 85 % pendant plus de 672 h cumulées sur toute l'année	Scénario HR95	Scénario HR95

Les critères sont vérifiés pour la troisième année de simulation.

Les points identifiés comme critiques doivent être de 2 mm² de surface au maximum.

Les diagrammes suivants reprennent ces critères et donnent la procédure à suivre.



1 Les simulations numériques WUFI sont réalisées dans le cadre des projets DHUP n° RE 15-001 et 15-002. Ces conditions doivent être vérifiées pour les points identifiés comme critiques et validant tous les points du matériau.

A4.2 Configurations par défaut

Les tableaux des § A4.2.2 et A4.2.3 sont valables pour des parois dont les exigences données dans le § A4.2.1 sont respectées.

Les demandeurs d'Avis Techniques souhaitant revendiquer l'emploi de leur isolant dans les parois décrites dans les tableaux suivants doivent faire réaliser un essai de résistance à la moisissure selon le Scénario HR85 ou HR95 (cf. Annexe A3) associé à ces parois.

4.2.1 Conditions / configurations par défaut

Les parois visées par les configurations ci-dessous doivent respecter les exigences suivantes :

- Les bâtiments dans lesquels sont mis en œuvre les isolants biosourcés sont à faible ou moyenne hygrométrie.
- Résistance thermique minimale pour l'isolant de parois verticales : $3,7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (hors ponts thermiques intégrés dans le cas de parois à ossature bois).
- Résistance thermique minimale pour l'isolant de parois horizontales ou inclinées : $7 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ (hors ponts thermiques intégrés dans le cas de structures en bois).
- Valeur S_d minimale du système d'étanchéité à la vapeur d'eau : 18 m.
- Valeur S_d maximale de l'enduit extérieur : 0,60 m.
- Valeur S_d minimale de l'enduit intérieur : 0,95 m.
- Valeur S_d maximale du pare-pluie : 0,18 m.
- Valeur S_d maximale de l'écran de sous-toiture : 0,10 m.
- Revêtement extérieur ventilé en cas d'isolation par l'extérieur.
- Couverture ventilée en sous-face.
- Ossature secondaire intérieure en bois ou en métal.
- Ossature secondaire extérieure en bois.
- Les parois à ossature bois sont conformes aux exigences du NF DTU 31.2.

A4.2.2 Parois verticales

Parois en béton ou en maçonnerie

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Avec isolation par l'intérieur et système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR85
Avec isolation par l'intérieur sans système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR95
Avec isolation par l'extérieur, isolant en une seule couche	Scénario HR95
Avec isolation par l'extérieur, isolant en plusieurs couches	Scénario HR95 pour les 4 premiers centimètres côté extérieur, ou toute la couche extérieure si celle-ci a une épaisseur supérieure à 4 cm Scénario HR85 dans les autres cas

Parois à ossature bois

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Isolant positionné côté extérieur par rapport au système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR85
Isolant positionné côté intérieur par rapport au système d'étanchéité à la vapeur d'eau et en application de la « règle des 2/3-1/3 »	Scénario HR95 (*)
Isolant positionné côté intérieur par rapport au système d'étanchéité à la vapeur d'eau et en application de la « règle des 3/4-1/4 »	Scénario HR85
(*) Scénario applicable uniquement pour l'isolant côté intérieur.	

A4.2.3 Parois horizontales ou inclinées

Combles perdus

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Avec système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR85
Sans système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR95

Rampants

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Avec système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR85
Sans système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR95

Doublages isolants intérieurs

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Isolant positionné côté intérieur par rapport au système d'étanchéité à la vapeur d'eau et en application de la « règle des 2/3-1/3 »	Scénario HR95 (*)
Isolant positionné côté intérieur par rapport au système d'étanchéité à la vapeur d'eau et en application de la « règle des 3/4-1/4 »	Scénario HR85
(*) Scénario applicable uniquement pour l'isolant côté intérieur.	

Isolant de type « sarking »

Configuration	Scénario d'essai de résistance à la moisissure associé
Avec système d'étanchéité à la vapeur d'eau	Scénario HR85

A4.3 Autres configurations

Les isolants mis en œuvre dans des parois non décrites dans les § A4.2.2, et A4.2.3 ou dans des parois ne répondant pas aux exigences décrites dans le § A4.2.1 sont à justifier :

- soit par défaut par un essai selon le Scénario HR95 ;
- soit par un essai selon le Scénario HR85 à condition que les simulations numériques respectent les critères définis pour ce Scénario (cf. § A4.1)

Annexe B

Références normatives

NF EN 822	Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment- détermination de la longueur et de la largeur.
NF EN 823	Détermination de l'épaisseur.
NF EN 824	Détermination de l'équerrage.
NF EN 825	Détermination de la planéité
NF EN 1602	Détermination de la masse volumique apparente.
NF EN 1603	Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de laboratoire normales et constantes (23 °C /50 % d'humidité relative).
NF EN 1604	Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées
NF EN 1607	Détermination de la résistance à la traction perpendiculaire aux faces.
NF EN 1608	Détermination de la résistance à la traction parallèlement aux faces.
NF EN 1609	Détermination de l'absorption d'eau à court terme par immersion partielle.
NF EN 12 086	Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau.
NF EN 12 087	Détermination de l'absorption d'eau par immersion.
NF EN 12 085	Détermination des dimensions linéaires des éprouvettes.
NF EN 12664	Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment – Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode flux métrique – Produits secs et humides de moyenne et basse résistance thermique
NF EN 12667	Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment – détermination de la conductivité thermique par la méthode fluxmétrique.
NF EN 14064-1	Isolation thermique formée sur chantier à base de laine minérale (MW)
EN 29052-1	Détermination de la raideur dynamique – Partie 1 : matériaux utilisés sous les dalles flottantes dans les bâtiments d'habitation
EN ISO 140-8	Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 8 : mesurages en laboratoire de la réduction de la transmission du bruit de choc par les revêtements de sol sur un plancher lourd normalisé
EN ISO 354, 354/A1	Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante
EN ISO 11654	Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments – Évaluation de l'absorption acoustique
EN 826	Détermination du comportement en compression
EN 1606	Détermination fluage en compression
EN 12431	Détermination de l'épaisseur des produits d'isolation pour sol flottant dL – dB
EN 12430	Détermination du comportement sous charge ponctuelle. Poinçonnement
EN 13 168	Produits manufacturées en laine de bois
EN 13 170	Produits manufacturées en liège expansé
EN 13 171	Produits manufacturées en fibres de bois
DEE 040005-00-1201	Produits manufacturés d'isolation thermique et/ou acoustique en fibres végétales ou animales
DEE 040138-00-1201	Produits en vrac appliqués in situ d'isolation thermique et/ou acoustique en fibres végétales ou animales

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2 TÉL. (33)
01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS