



Photo Argilus

ENDUITS ISOLANTS

UNE OFFRE DIVERSIFIÉE POUR UN MARCHÉ DE NICHE

TEXTE : FRANÇOIS PLOYE
PHOTOS : ARGILUS,
DB-CHANVRE, ECOBATI,
EMPA, FIXIT, PARC DU
LUBERON, PAREXGROUP,
SOLIHA

Les enduits légers contenant des particules isolantes de type chanvre, liège, perlite ou aérogel, sont appréciés pour la rénovation de façades anciennes ou l'optimisation du confort intérieur.

Les mortiers ou enduits légers thermo-isolants sont constitués de billes ou de granulats de matériaux isolants (perlite, polystyrène expansé, chanvre, aérogel de silice, etc.) et d'un liant à base de chaux ou de ciment. Ces produits enveloppants sont projetés en intérieur ou extérieur en une ou plusieurs couches dans des épaisseurs courantes de 4 à 10 cm et recouverts d'un enduit de finition. Leur conductivité thermique λ varie de 0,15 W/m.K pour l'enduit chaux/chanvre peu dosé en fibres à 0,028 W/m.K pour les nouveaux enduits aux billes d'aérogel en silice, un super-isolant nettement plus coûteux.

Les produits les plus usuels sont à base de matériaux naturels, soit minéraux et riches en silice (perlite, vermiculite, terre de diatomée...), soit végétaux (chanvre, liège). Avec un λ supérieur à 0,60 W/m.K, leur utilisation dans des épaisseurs qui dépassent rarement 12 cm fait qu'ils ne sont pas considérés comme des solutions d'isolation mais plutôt comme des correcteurs thermiques. Ils sont appréciés en extérieur en complément d'isolation d'une ITI traditionnelle en panneaux ou rouleaux par exemple, ou en intérieur pour optimiser le confort des occupants du bâtiment. En rénovation, leur facilité de mise en œuvre et leur caractère enveloppant permet de les utiliser aussi bien pour isoler des combles, colmater des trous dans l'isolation existante ou pour apporter une isolation thermique partielle ou complémentaire du bâti.

Par ailleurs, alors que la pose d'un isolant traditionnel matelassé ou rigide d'une épaisseur de 15 ou 20 cm peut modifier considérablement l'aspect extérieur des façades, l'usage d'un enduit isolant

“Les produits les plus usuels sont à base de matériaux naturels, soit minéraux et riches en silice (perlite, vermiculite, terre de diatomée...), soit végétaux (chanvre, liège)”

permet une réécriture en douceur de la façade, vu que son épaisseur peut être dosée en fonction des projets. « En comparaison des procédés classiques d'ITE, ces enduits isolants traitent mieux les singularités de la façade. L'enduit à base d'aérogel que nous mettons au point est minéral et résiste au feu. Il laisse respirer les façades tout en asséchant les parois et en supprimant l'effet paroi froide et le phénomène de condensation », met en avant Évelyne Prat, responsable R&D de ParexGroupe. D'une densité inférieure à 300 kg/m³, ces enduits isolants sont mis en œuvre en plusieurs passes comme un enduit classique, à la main (bétonnière et truelle) ou projeté avec une machine à projection ou à plâtre, équipée d'un mélangeur avec une buse adaptée au produit. Si le liant est à base de chaux, il faut veiller en rénovation à décroûter et assainir le support surtout s'il est recouvert d'une peinture ou d'un enduit organique fermé (ciment, plastique, RPE...).

Trois familles de produits

Pour Gilles Reboul, ingénieur chimiste et expert judiciaire, trois grandes familles d'enduits thermo-isolants peuvent être distinguées : « En premier lieu, au cours des années 1990 à 2000, ont été commercialisés des enduits avec liant hydraulique, allégés avec des billes de polystyrène. Ils sont projetés en sous-couche d'un enduit de finition fermé et imperméable. » Ainsi l'italien Edilteco propose l'enduit *Isolteco*, intégrant des billes de polystyrène expansé traitées (de diamètre 2 mm) et qui affiche un λ de 0,058 W/m.K pour une densité de 230 kg/m³. Ce produit peut être appliqué en intérieur ou en extérieur sur une épaisseur totale de 2 à 20 cm, avec 20 à 50 mm par passe et un temps d'attente minimum de >>>



1 Photo Parc du Luberon



2 Photo DB-Chanvre

- 1 Enduit chaux/chanvre.
- 2 L'enduit chaux/chanvre est apprécié en rénovation pour améliorer le confort des murs en pierre.
- 3 Isolation de murs ossature bois par un mortier chaux/chanvre.

3 heures entre les couches. En extérieur, des précautions d'emploi sont préconisées sur les façades soumises à un ensoleillement direct ou indirect (comme l'interdiction de finitions avec des coloris foncés) afin de limiter les montées en température. «*En pratique, comme ces billes de polystyrène se dégradent au soleil avec la chaleur, l'usage de ces enduits est arrêté. Par la suite, sont apparus sur le marché des enduits à la chaux contenant un matériau isolant comme de la roche volcanique, qui laissent respirer la façade*», complète Gilles Reboul. Du fait de leur faible performance thermique, ces enduits naturels, minéraux ou bio-sourcés, servent de correcteurs thermiques en complément d'une ITI sur un support ancien ou d'enduit de confort en intérieur.

Plus récente, la troisième famille d'enduits à base de gel de silice est prometteuse. «*Le λ de ces produits est très intéressant mais il n'existe ni Avis Technique ni Agrément Technique Européen. Les entreprises doivent savoir projeter dans les Règles de l'art, précise Gilles Reboul. Le développement de ces produits très performants est attendu mais du fait de leur prix élevé, leur mise en œuvre s'effectue essentiellement lors d'opérations de rénovations subventionnées. Des premiers chantiers de démonstration sont en cours d'expérimentation sur le territoire français.*»

Le chanvre, bio-sourcé et local

Parmi les enduits bio-sourcés se trouvent les bétons et les mortiers chaux/chanvre. Le chanvre est un matériau labellisé, local et renouvelable, très performant d'un point de vue environnemental. Une solution ossature bois et mortier au chanvre peut devenir compétitive économiquement, pour des extensions ou des immeubles collectifs, y compris

en HLM ou pour l'habitat d'urgence. Étant à changement de phase, le chanvre est régulateur hygrométrique de l'ambiance intérieure et améliore le confort d'été. La chaleur est en effet absorbée par vaporisation de l'eau contenue dans les granulats de chanvre. «*Son utilisation en intérieur améliore le ressenti de confort des occupants. De plus l'enduit absorbe les COV et n'en émet pas, régule l'hygrométrie de la pièce en absorbant et désorbant l'humidité et joue aussi un rôle acoustique et phonique*», met en avant le maître d'œuvre Daniel Bayol, fondateur du bureau d'études DB-Chanvre installé à Vidauban en Paca. Le chanvre régule aussi les remontées capillaires (ce qui est apprécié dans les vieilles habitations sans fondations) en pompant l'humidité et en réémettant progressivement l'humidité. L'enduit au chanvre est ainsi très bien adapté à la rénovation sur l'ancien. Sa pose suit les Règles professionnelles d'exécution d'ouvrages en béton et mortier de chanvre disponibles auprès de la SEBTP (Société d'édition du bâtiment et des travaux publics). Les chaux utilisées sont aériennes et/ou hydrauliques naturelles, les non naturelles (HL et NHL-Z) n'étant pas compatibles avec le chanvre.

Une performance thermique sur-mesure

La limite pour ces enduits légers chaux/chanvre demeure leur faible performance thermique. «*Le λ dépend du pourcentage de fibres, environ 0,05 W/m.K pour le béton banché avec 60 % en volume de fibres de chanvre et environ 0,1 W/m.K pour l'enduit projeté avec 30 à 40 % de fibres en volume toujours*», confie Philippe Chiffolleau, chargé de mission économie au Parc du Luberon. Daniel Bayol complète : «*En*



Photo DB-Chanvre 3

projeté pour le recouvrement, il existe deux familles de produits, l'enduit isolant à forte épaisseur utilisé en doublage avec un λ aux environs de 0,076 W/m.K (et une densité résultante d'environ 300 kg/m³), et l'enduit hygrothermique, avec un λ compris entre 0,15 et 0,17 W/m.K qui est destiné à la décoration ou à la finition intérieure avec une plus grande densité comprise entre 500 et 925 kg/m³. » L'enduit est projeté aussi bien en intérieur qu'en extérieur en plusieurs passes sur une épaisseur totale comprise entre 7 et 10 cm et pouvant aller jusqu'à 15 et même 20 cm. En intérieur, l'enduit fibreux d'une épaisseur typique de 4 à 8 cm est recouvert d'un enduit de finition minéral de quelques cm, soit en terre crue soit traditionnel en chaux sable. Daniel Bayol recommande « l'utilisation de terre crue avec différentes pigmentations naturelles, qui participe à la régulation hydrique tout en stockant la chaleur, et qui, avec une forte masse de 2 tonnes par m³, apporte de l'inertie ».

Des filières végétales labellisées

Les sacs de granulats de chanvre doivent être labellisés par l'association Construire en Chanvre. Ce label garantit la qualité de l'agrégat avec une bonne structure de la paille, un taux de poussière, une granulométrie (dimensions des tiges), une couleur qui vient d'un rouissage correct des tiges... Le maçon doit aussi utiliser un couple agrégat et liant homologué et validé par des tests dans un laboratoire accrédité par l'association. D'autres ressources végétales peuvent être exploitées avec profit. Depuis 2013, dans le cadre du projet Ibis (Isolants bio-sourcés) financé par l'Ademe, ParexGroup développe en partenariat avec des coopératives agricoles un mortier à base de granulats de chanvre ou d'autres granulats végétaux (tournesol, colza, lin...) pour la

rénovation du bâti ancien. Le projet se termine fin 2016 et un chantier test est en cours. « Le coût du matériau est attractif avec des bénéfices attendus en rénovation pour un λ d'environ 0,05 W/m.K. De plus cette démarche répond à la transition énergétique qui encourage d'utiliser des matériaux bio-sourcés pour valoriser la production agricole. Avec ce projet, nous allons avoir une solution d'enduit isolant, qui sera disponible à court terme bien que la technique ne réponde pas seule à la RT », met en avant Évelyne Prat, responsable R&D de ParexGroup.

Le Parc naturel régional du Luberon compte des producteurs qui fournissent des produits labellisés – chanvre (brut défibré) et chènevotte – pour faire du mortier chaux/chanvre. Le Parc a aussi mené des essais avec du mortier fibré aux balles de riz, d'épeautre et même avec de la paille de lavande qui a été expérimentée avec succès avec des murs banchés pour les façades à ossature bois du Criepam (Centre régionalisé interprofessionnel d'expérimentation en plantes à parfum aromatiques et médicinales) à Manosque. La mise en œuvre et les performances de ces différents types de fibres sont similaires, avec peut-être un travail un peu plus difficile sur la balle de riz du fait de ses pellicules. « Mais l'appropriation de la technique de l'enduit chaux/chanvre par les artisans demeure encore insuffisante. Par ailleurs la mise en œuvre sur le chantier est plus rapide et de meilleure qualité avec une machine à projeter mais les artisans sont encore peu équipés. Le travail se fait toujours manuellement à la truelle à partir d'une bétonnière à malaxeur planétaire... », constate Philippe Chiffolleau.

Le liège est un autre isolant naturel avec d'excellentes propriétés thermiques et acoustiques. Le fabricant suisse Haga propose Biotherm, >>>

“L'appropriation de la technique de l'enduit chaux/chanvre par les artisans demeure encore insuffisante”



4

Photo Ecobati



5

Photo Ecobati

“Certains minéraux comme les roches volcaniques (perlite, vermiculite...) ou les fossiles (terre de diatomée) contiennent naturellement de la silice et peuvent être utilisés comme isolant dans les enduits ou bétons”

un enduit isolant composé de granulés de liège légers et de liants constitués d'hydrate de chaux et de ciment blanc. Sa conductivité thermique est d'environ 0,070 W/m.K et il est applicable en extérieur et en intérieur avec une densité de 250 kg/m³.

Les enduits minéraux à silice naturelle

Certains minéraux comme les roches volcaniques (perlite, vermiculite...) ou les fossiles (terre de diatomée) contiennent naturellement de la silice et peuvent être utilisés comme isolant dans les enduits ou bétons. La vermiculite est par exemple utilisée pour donner des propriétés isolantes au béton ultra léger *Vermex M* de Soprema Efiisol, d'une densité d'environ 80 kg/m³. Avec un λ de 0,068 W/m.K, ce béton est coulé pour isoler ou rénover les vieux planchers lors d'aménagement de combles ou greniers. La société belge Ecobati, spécialisée dans les matériaux écologiques, distribue plusieurs enduits avec isolants naturels, minéraux ou biosourcés. Depuis quinze ans, ils distribuent sur la Belgique et le Luxembourg *Unilit 20 Volcalite*, un enduit à base de chaux hydraulique naturelle et de perlite au λ de 0,066 W/m.K. Il est projeté en une ou plusieurs couches (jusqu'à quatre) avec une

épaisseur maximale de 30 mm par passe, en comptant environ 3,5 kg par cm d'épaisseur et par m². Après un temps de séchage de trois à quatre semaines, la surface est protégée avec un enduit de finition à la chaux de 3 à 4 mm, type *Unilit 65 F/M*. « La perlite vient d'Italie mais le mortier est fabriqué en Belgique. Il est perspirant et perméable à la vapeur avec un μ de 10 et il est apprécié en faible épaisseur en extérieur pour de la rénovation de façades », explique Thierry Noël, fondateur d'Ecobati. Le distributeur propose sur le marché français *Isol'Argilus* fabriqué par Argilus, un fabricant d'enduits terre et de matériaux naturels installé en Vendée. Ce mortier est composé de chaux pouzzolannique, d'argiles, de billes de perlite et d'adjuvants. Il s'utilise uniquement en intérieur sur des supports rugueux. Il peut être appliqué en forte épaisseur jusqu'à 8 ou 10 cm avec une épaisseur maximale de 3 cm par passe. Une sous-couche d'accrochage est nécessaire sauf pour la pierre. « Ce produit s'est développé ces cinq dernières années pour la rénovation en intérieur associé à une monocouche de finition. Avec un λ de 0,060 W/m.K, cet isolant de très grande qualité peut servir à rénover une maison en pierre en égalisant les murs », précise Thierry Noël. Un autre enduit léger proposé par Ecobati est le mortier



Photo Soliha

6



Photo Soliha

7



Photo Fixit

8

Diathonite Évolution fabriqué par l'italien Diasen et sous Avis Technique (n° 7/12-1509). Cette poudre renforcée de couleur grise est composée de liège (d'une granulométrie de 0 à 3 mm), d'argile, de poudres de diatomées et de chaux hydraulique NHL 3,5. Le fabricant met en avant une conductivité thermique λ de 0,045 W/m.K et un caractère perspirant (μ de 4). « Cet enduit est appliqué en une ou plusieurs couches par passe de 30 mm, pour une épaisseur courante comprise entre 20 et 90 mm. Il est principalement utilisé en extérieur pour la rénovation de façades en complément d'isolation », confie Thierry Noël. Pour une épaisseur dépassant 60 mm, l'enduit est armé avec un treillis en fibres de verre.

L'aérogel, un isolant venu de l'espace

La révolution dans le domaine de l'isolation vient de l'aérogel de silice, un matériau coûteux mais extrêmement léger et très performant thermiquement, utilisé par la Nasa pour isoler les combinaisons des astronautes. Dans le domaine de la construction, l'aérogel de silice donne ses propriétés super-isolantes à des Panneaux d'isolants sous vide (PIV), des matelas souples, des vitrages et des enduits. Leur utilisation en enduit est facile à mettre en œuvre et une épaisseur de 4 à 6 cm suffit pour obtenir une peau isolante phonique et thermique niveau BBC ou Minergie. Spécialisé depuis trente ans dans les isolants, le groupe suisse Fixit AG a joué les pionniers avec la sortie en 2013 d'un produit révolutionnaire, le *Fixit 222Aérogel*. Développé avec le laboratoire suisse Empa (Laboratoire fédéral d'essai des matériaux et de recherche), ce crépi isolant est composé de chaux hydraulique naturelle, de ciment blanc et d'un granulat d'aérogel de silice

4 Mortier *Diathonite Évolution* (Diasen) à base de liège et de poudres de diatomée (λ de 0,045 W/m.K), distribué par Ecobati.

5 Revêtement coloré *Diathonite Finition*, à base de liège, distribué par Ecobati (λ de 0,086 W/m.K).

6 Pose de treillis en fibre de verre avec *Fixit*, un enduit isolant à l'aérogel de silice.

7 Rénovation de la façade d'un immeuble haussmannien à Paris. L'enduit des deux derniers niveaux a été enlevé pour poser 8 cm d'enduit *Fixit* thermo-isolant; la résistance thermique R de 2,8 m².K/W a permis d'obtenir une subvention de Soliha, acteur associatif du secteur de l'amélioration de l'habitat.

8 Lors de la rénovation par Grand Habitat Lyon de la cité jardin Tony Garnier, un mur pignon en mâchefer a été rénové avec 6 cm d'enduit *Fixit* à l'aérogel.

fabriqué par l'américain Cobat dans son usine située près de Francfort. Avec un λ de 0,028 W/m.K et une densité de 220 kg/m³, il est apprécié avant tout en rénovation et adapté à la pose sur tous supports y compris plâtre. « Ses propriétés sont exceptionnelles, il est perméable, perspirant, facile à mettre en œuvre avec une machine à projeter et de plus ne brûle pas et ne fume pas. Depuis 2013, plus de 200 chantiers ont été réalisés en Suisse avec un prix du m² posé se situant entre 180 et 250 euros », se félicite Michel Couturier, directeur commercial chez Fixit SA. Le fabricant est aussi présent dans une moindre mesure en Autriche, au Luxembourg et en Allemagne sous la marque Hasit. En France, une ATEX (Appréciation Technique d'Expérimentation) est en préparation avec trois premiers chantiers annoncés à Paris et à Lyon. Si la majorité des chantiers se font avec 6 ou 8 cm d'enduit, la fourchette d'épaisseur sur les chantiers déjà réalisés en Suisse va de 3 cm à 11 cm (15 cm max). Comme 8 cm est la limite pour une couche, l'enduit d'épaisseur 11 cm a été réalisé en deux passes (6 et 5 cm). « Le produit se révèle moins compétitif sur le neuf. Néanmoins un beau projet est en cours de développement en Allemagne en immeuble collectif, avec des façades constituées de 3 cm d'enduit à l'aérogel en intérieur et de 6 cm en extérieur, sur 37 cm de briques monolithiques. Le coût de l'opération serait avantageux car avec des façades peu épaisses et très performantes thermiquement, le procédé permet de gagner en surface habitable, compensant le coût de la matière première », indique Michel Couturier. La mise en œuvre de l'enduit est classique et respecte les Règles professionnelles de pose des enduits minéraux en démarrant par une couche d'accrochage et une humidification du support avant de >>>



Photo ParexGroup

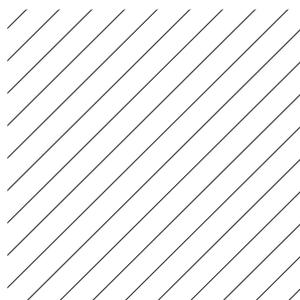
poser l'enduit dont le temps de dessiccation est rapide (ceci afin d'éviter les microfissures). Après la pose de la première couche, il faut attendre le lendemain pour la deuxième couche et au plus tard le troisième jour. L'ensemble est recouvert d'un mortier d'enrobage avec treillis d'armatures, d'un enduit de finition minéral et d'une peinture minérale.

Lever le frein du coût

En France, sur 2011-2013, le projet de recherche Parex.IT (Parement extérieur pour l'isolation thermique) a réuni ParexGroup (pour le liant) avec Wienerberger (pour les briques isolantes), Enersens (pour l'aérogel de silice), le CEA et Armines, qui ont aidé à la définition d'un nouvel enduit à l'aérogel. Le résultat est un mortier très isolant avec un λ de 0,03 W/m.K, qui peut être appliqué par projection en monocouche autour d'une maison pour former une enveloppe continue. Cet enduit a été testé à Chambéry sur une maison neuve à parois en briques isolantes Wienerberger avec l'aide du laboratoire Locie qui a modélisé et validé les performances sur site.

Sur cette première expérimentation, une épaisseur de 4 cm d'enduit thermique a été posée sur des parois en briques isolantes Wienerberger. La résistance thermique R obtenue est d'environ 1,3 m².K/W mais l'approche s'avère encore plus

Les différentes étapes de pose de l'isolant à l'aérogel Parex.IT avec son enduit de finition.



pertinente en rénovation, avec une réduction des pertes de chaleur de 80 %. Le marché principal de l'enduit à base d'aérogel serait celui de l'ancien. Mais d'après le fabricant, à environ 2500 euros le m³ d'aérogel, une couche de 4 cm de mortier revient à plus de 100 euros le m² rien que pour l'aérogel. De premiers chantiers tests vont démarrer en Suisse et Enersens souhaite passer du stade pilote à une phase industrielle avec la construction d'un réacteur pour fabriquer l'aérogel à plus grande échelle. « Pour toucher le marché de la maison individuelle, il est impératif d'arriver à moins de 10 000 euros la rénovation complète d'une maison. Dans le cas contraire, le produit va être cantonné à des opérations de prestige comme la rénovation de châteaux », explique Évelyne Prat.

Un des axes de réduction des coûts est d'optimiser la logistique car le produit est léger donc volumineux et coûteux en transport. L'autre axe pour Enersens est de générer une économie d'échelle en augmentant sa production, ce qui passe par la diversification. Enersens et ParexGroup sont ainsi partenaires du projet Homeskin (Homes Key INsulating material) pour le développement de matelas d'aérogel, un isolant commercialisé en rouleaux avec un λ à 0,01 W/m.K. Un premier mur d'essais va démarrer prochainement afin de tester cette approche.

Du côté de Fixit, la réduction des coûts est aussi un enjeu. En 2015, la gamme a été élargie avec les enduits Fixit 244, 288 et 688 moins dosés en aérogels, avec un λ plus élevé entre 0,048 et 0,075 W/m.K mais un coût plus bas. En février 2016, le fabricant annonçait que « l'optimisation de la production et l'effet quantitatif aussi bien chez Cabot que chez Fixit ont permis des réductions de prix allant jusqu'à 50 % sur la liste de prix des enduits thermo-isolants ». ■

“Pour toucher le marché de la maison individuelle, il est impératif d'arriver à moins de 10 000 euros la rénovation complète d'une maison”



Photo EMPA

Les grains d'aérogel sont translucides, laiteux et très légers.

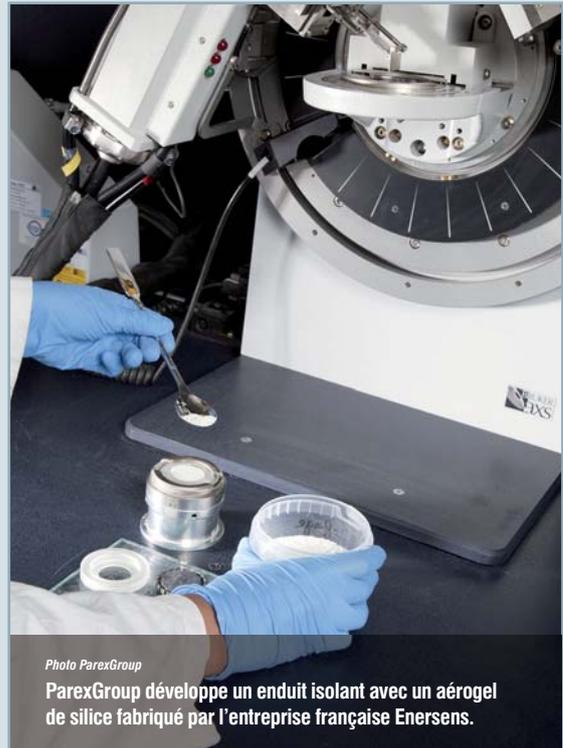


Photo ParexGroup

ParexGroup développe un enduit isolant avec un aérogel de silice fabriqué par l'entreprise française Enersens.

AÉROGELS : PEU D'ACTEURS ET UNE INTENSE COMPÉTITION

L'isolant à l'aérogel est composé de billes de gels de silice dont le liquide a été remplacé par de l'air enfermé dans un réseau de nanoparticules en silice amorphe.

Les deux principaux industriels fabricants d'aérogels Cabot Corporation et Aspen Aerogels sont nord-américains. L'Europe compte plusieurs jeunes sociétés comme Green Earth Aerogel Technologies (Espagne) qui a développé de l'aérogel au carbone à partir de déchet de riz, et Svenska (Suède) qui annonce avoir développé un aérogel, le *Quartzene*, dont le procédé de fabrication breveté permettrait de proposer un prix inférieur de 70 à 90 % de celui des concurrents. En France, la société Enersens créée en 2010, commercialise un aérogel de silice : le *Kwark*. Cette filiale du groupe chimique PCAS est une spin-off des Mines ParisTech. L'Ademe est entré à hauteur de 14 % de son capital en septembre 2015 dans le cadre du programme d'investissement d'avenir. En pratique, pour fabriquer de l'aérogel, un gel de silice est séché

dans des conditions de température et de pression extrêmes, ce qui demande beaucoup d'énergie et rend le matériau très coûteux et peu avantageux dans une analyse du cycle de vie.

Côté sanitaires, les nanoparticules de silice ne sont ni génotoxiques ni cancérigènes. Mais les grains de l'aérogel sont cassants et ont tendance à former de la poussière lors de leur mise en œuvre. Les liaisons entre les nanoparticules de silice sont en effet extrêmement fines. Ces particules peuvent s'avérer irritantes pour les yeux, la peau, les systèmes respiratoires et digestifs et demandent des précautions pour les manipuler. Leur faible résistance mécanique et leur coût élevé constituent les deux freins actuels à leur développement commercial. Les industriels travaillent sur des procédés permettant de fabriquer de l'aérogel à température et pression ambiante. Le développement d'autres types d'aérogels, plus forts mécaniquement bien qu'un peu moins performants thermiquement, est aussi à l'ordre du jour. C'est le cas des

aérogels organiques, par exemple à base de polyimide ou de polyuréthane, comme le *Slentite* dont le développement avait été annoncé en 2014 conjointement par Bouygues Construction et le chimiste allemand BASF. L'autre piste est celle des aérosols bio-sourcés à base de « déchets » de ressources naturelles abondantes comme la pectine (présente dans la pomme ou les agrumes), l'amidon (dans l'enveloppe de céréales), la cellulose, la lignine... À partir de pectine, les chercheurs du Cemef (Centre de mise en forme de matériaux) de Mines ParisTech à Sophia-Antipolis ont développé l'Aéropectine et travaillent sur un aérogel hybride silice et pectine avec l'aide des chercheurs de l'Empa. Le λ de ce matériau varie entre 0,014 et 0,017 W/m.K, à comparer au 0,012 à 0,015 W/m.K pour l'aérogel de silice pure. Mais ses propriétés mécaniques sont nettement meilleures : il peut être comprimé jusqu'à 80 % sans se rompre, ce qui diminue aussi la formation de poussière. ■