



Prévenir les désordres,  
améliorer la qualité  
de la construction

PÔLE  
PRÉVENTION  
PRODUITS  
MIS EN ŒUVRE

**COMPLEXES  
D'ÉTANCHÉITÉ  
AVEC ISOLANT :  
POINTS  
DE VIGILANCE**



Ce document a été réalisé par monsieur  
Jean-Pierre Thomas, expert Spécialiste  
Étanchéité CRAC du réseau



<b>I. OBJET DE LA MISSION</b>	<b>4</b>
<b>II. CONTENU DE LA MISSION</b>	<b>5</b>
<b>III. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON ÉTUDIÉ PAR TYPOLOGIE</b>	<b>5</b>
III.1 Implantation régionale des sites étudiés	6
III.2 Typologie des ouvrages étudiés	6
III.3 Typologie des destinations de toitures étudiées	7
III.4 Typologie des natures de terrasses étudiées	7
III.5 Typologie de l'âge des ouvrages concernés	8
III.6 Nature des isolants mis en œuvre	8
III.7 Typologie des membranes d'étanchéité mises en œuvre	8
<b>IV. CONTEXTE NORMATIF</b>	<b>9</b>
<b>V. TYPOLOGIE DES PATHOLOGIES SIGNALÉES</b>	<b>9</b>
V.1 Pathologies liées aux revêtements d'étanchéité	9
V.1.1 Comportement intrinsèque des revêtements	9
V.1.2 Résistance à la grêle des revêtements en PVC	10
V.1.3 Résistance au vent des revêtements	11
V.1.4 Autres pathologies observées	11
V.2 Pathologies liées au comportement de l'isolant	12
V.2.1 Variation dimensionnelle de l'isolant	12
V.2.1.1 Isolant en polystyrène	12
V.2.1.2 Isolant en polyisocyanurate	13
V.2.1.3 Isolant en polyuréthane	14
V.2.2 Poinçonnement des fixations	15
V.2.3 Soulèvement d'isolant	16
V.2.4 Délamination d'isolant	17
V.2.5 Isolant collé au bitume	18
<b>VI. COÛTS DES RÉPARATIONS</b>	<b>19</b>
<b>VII. CONCLUSION</b>	<b>19</b>

## **I. OBJET DE LA MISSION**

Le présent rapport a pour objet une mission d'analyse des causes de sinistres impliquant des isolants supports de revêtement d'étanchéité de toitures terrasses, à partir de l'étude des données collectées par le Dispositif Alerte (rapports d'expertise), auxquelles ont pu s'ajouter celles dont dispose la Direction Technique d'Eurisk sur le sujet, et l'expérience acquise par celle-ci dans le domaine technique concerné.

## II. CONTENU DE LA MISSION

La mission d'analyse réalisée comprenait les phases suivantes :

- Lecture et analyse technique des rapports d'expertise issus de la collecte du dispositif Alerte, et mis à disposition par l'AQC (environ 70 dossiers).
- Classement typologique des causalités mises en évidence (par nature d'isolant, de revêtements d'étanchéité associés, de mode de mise en œuvre - collés ou fixés mécaniquement) et des critères prépondérants émergeant de l'étude : variation dimensionnelle de l'isolant, problématique de produit, traitement des points singuliers, etc. avec tendances statistiques éventuellement émergentes.
- Rédaction de la présente note de synthèse récapitulant les résultats de l'étude conduite, après échanges et mises au point pour finalisation du rendu avec l'AQC.

Nous avons associé à cette mission différents rapports issus de nos données internes, et dont le sujet pouvait enrichir les données de la présente mission d'analyse.

L'échantillon étudié était ainsi constitué de 74 dossiers, avec pour certains plusieurs rapports successifs permettant de mieux analyser la nature des ouvrages, des désordres les affectant, de connaître les investigations conduites, et de mieux saisir l'origine des pathologies rencontrées.

Les rapports étudiés ont été établis entre le 13/08/2008 et le 6/11/2015, pour des déclarations comprises entre le 17/06/2008 et le 10/07/2015, soit étendues sur une période de sept ans.

## III. DESCRIPTION DE L'ÉCHANTILLON ÉTUDIÉ PAR TYPOLOGIE

La communication des rapports au Dispositif Alerte étant fondée sur la base du volontariat, et dépendant d'une déclaration préalable aux différents régimes de l'assurance-construction (dommages-ouvrage principalement, et responsabilité civile décennale des constructeurs) conduisant à une procédure d'expertise, amiable pour l'essentiel, l'échantillon étudié ne peut prétendre à une représentativité ou une exhaustivité de la sinistralité, tant géographique, que par type d'ouvrage ou par type de nature d'isolant et de supports et revêtements associés.

La description qui suit se veut donc principalement informative, pour éclairer les traits particuliers de l'échantillon étudié.

### III.1 Implantation régionale des sites étudiés

L'échantillon étudié se révèle géographiquement diversifié :

- **19 dans le Sud-Est** (18 en Provence Alpes Côte d'Azur, 1 en Corse),
- **14 dans le Centre-Est** (3 en Auvergne, 2 en Bourgogne, 1 en Franche Comté, 8 en Rhône-Alpes),
- **13 dans l'Ouest** (6 en Bretagne, 7 en Pays de la Loire),
- **9 dans le Sud-Ouest** (4 en Aquitaine, 2 en Midi-Pyrénées, 3 en Languedoc-Roussillon),
- **9 dans l'Est** (3 en Alsace, 5 en Lorraine, 1 en Champagne Ardenne),
- **5 dans le centre** (3 en Île-de-France, 2 en région Centre),
- **3 dans le Nord Pas de Calais**,
- **2 dans les départements d'Outre-Mer** (Martinique).

L'analyse générale des dossiers étudiés ne fait pas émerger de sinistralité régionale spécifique particulière.

Tout au plus, on peut noter que dans l'Est, les problèmes compilés concernent majoritairement des revêtements d'étanchéité auto-adhésifs sur isolant en polystyrène (5 cas sur 9) ainsi que dans les DOM, mais dans ce cas sur un échantillon trop réduit (deux dossiers) pour être significatif.

Inversement, on ne relève aucun signalement de pathologie concernant ce type de complexe d'étanchéité avec ce type d'isolant dans le Centre-Est, alors que sur ce secteur, on relève un nombre significatif de dossiers concernant des revêtements particuliers (6 avec membrane bitumineuse d'une marque spécifique, et 5 avec membrane synthétique en PVC).

Ces quelques données peuvent résulter d'habitude ou de préférence techniques locales, à des époques particulières pour certaines, ce qui rend difficile toute exploitation statistique réellement significative, compte tenu de la taille limitée de l'échantillon.

### III.2 Typologie des ouvrages étudiés

Les types d'ouvrages concernés sont diversifiés :

- **20 bâtiments destinés à l'habitation** (4 maisons individuelles, 16 bâtiments collectifs), majoritairement avec support des toitures terrasses en béton (80 %).
- **14 bâtiments tertiaires**, majoritairement avec support des toitures terrasses métallique en tôle d'acier nervurée (57 %).
- **12 bâtiments à vocation d'activités ou industrielle** (entrepôts, bâtiments de stockage ou logistiques), majoritairement avec support des toitures terrasses métallique en tôle d'acier nervurée (67 %).
- **10 établissements sanitaires** (3 maisons de retraite, 3 foyers d'hébergement, 4 établissements de soins), majoritairement avec support des toitures terrasses en béton (80 %).
- **8 surfaces de vente**, majoritairement avec support des toitures terrasses métallique en tôle d'acier nervurée (75 %).
- **5 bâtiments liés à l'enseignement** (crèche, école, établissements scolaires), sans nature de support des toitures terrasses prédominant.
- **3 établissements de spectacles**, dont deux avec support des toitures terrasses métallique en tôle d'acier nervurée.
- **Un bâtiment sportif** (piscine), avec support des toitures terrasses métallique en tôle d'acier nervurée.
- **Un bâtiment hôtelier**, avec support de toiture terrasse en panneaux à base de bois.



*Terrasses avec revêtement auto-protégé et sous protection meuble par gravillons.  
(source : Eurisk)*

### III.3 Typologie des destinations de toitures étudiées

Dans la très grande majorité des cas (97 %), les toitures sont constituées de terrasses inaccessibles ou techniques, avec revêtement auto-protégé dans 90 % des cas, ou sous protection meuble par gravillons pour les 10 % restant.

On note la présence de seulement deux dossiers concernant des terrasses accessibles (dont une avec système d'étanchéité liquide sous carrelage), aucune ne visant l'accessibilité à des véhicules.

On note l'absence de terrasses jardins, de terrasses végétalisées, et de terrasses sous protection lourde dure dans l'échantillon étudié.



### III.4 Typologie des natures de terrasses étudiées

Dans l'échantillon étudié, en ce qui concerne les supports, on distingue majoritairement deux types de support principaux : les dalles en béton et les tôles d'acier nervurées (31 et 30 dossiers respectivement). On ne relève la présence que de deux dossiers avec support en panneaux à base de bois, ainsi qu'un dossier avec support constitué d'une ancienne couverture métallique « sèche ». Le solde des dossiers (une dizaine) ne permet pas de préciser avec certitude la nature des supports concernés.

Même si l'essentiel des cas étudiés concerne des terrasses plates ou à pente nulle, la valeur des pentes de toiture n'est jamais précisée.

Dans 40 cas, la superficie des toitures concernées est précisée. Elle est comprise dans une fourchette très large, entre 16 et 35 900 m<sup>2</sup>, avec une moyenne de 3 900 m<sup>2</sup> et une médiane située à 1 000 m<sup>2</sup>.

### III.5 Typologie de l'âge des ouvrages concernés

La date de déclaration d'ouverture de chantier (DOC) de l'échantillon s'étend sur un peu plus d'une décennie, du 1/10/2000 au 21/11/2011.

La réception des ouvrages est comprise sur une période un peu plus longue de treize ans, comprise entre le 17/01/2001 et le 20/01/2014.

La moyenne du délai de déclaration des sinistres après réception est de 6,3 ans. Elle est un peu plus courte en habitation (5,5 ans), probablement parce que les conséquences d'infiltrations sont plus sensibles dans ce cas, et nettement plus longue pour les surfaces de vente (9 ans), les conséquences des sinistres, quand ils restent d'ampleur limitée, semblant moins pénalisante pour la poursuite de l'activité de ce type d'établissement, ou celle-ci s'en accommodant plus facilement pour limiter les dommages immatériels.

### III.6 Nature des isolants mis en œuvre

Parmi les isolants mis en œuvre, on peut distinguer différentes natures de matériaux, avec parfois l'information de la désignation exacte de leur marque commerciale ou du nom du fabricant. On relève ainsi :

- 23 cas d'isolant en laine de roche, dont 9 de marque identifiée, les autres ne l'étant pas,
- 14 cas d'isolant en polystyrène, dont 7 d'une marque spécifique identifiée, les autres ne l'étant pas,
- 7 cas d'isolant en polyuréthane ou polyisocyanurate,

- dont 3 de marque identifiée, les autres ne l'étant pas,
- 2 cas d'isolant en perlite de marque identifiée,
- 1 cas d'isolant en verre cellulaire de marque identifiée,
- 1 cas d'isolation inversée (polystyrène extrudé).

Dans les autres cas, la nature de l'isolant mis en œuvre n'est pas précisée.

On trouve deux cas avec lits d'isolants superposés (polyuréthane + perlite, et double lit de laine de roche), la grande majorité des complexes ne comportant qu'un seul lit d'isolant.

L'épaisseur des couches isolantes est précisée dans 21 cas, et se trouve comprise entre 40 et 280 mm, dont la moitié s'étend de 60 à 80 mm.

Quand elles sont précisées, les épaisseurs vont de 60 à 280 mm pour la laine de roche, de 50 à 80 mm pour le polyuréthane, et de 115 à 180 mm pour le polystyrène.

### III.7 Typologie des membranes d'étanchéité mises en œuvre

Dans les complexes mis en œuvre, les revêtements représentés sont majoritairement à base de bitume élastomère (50 cas), et pour l'essentiel du reste en membranes synthétiques (22 cas, dont 19 en PVC, deux en FPO, et un en EPDM). On relève également un cas de système d'étanchéité liquide, et un revêtement à base d'asphalte.

90 % des revêtements à base de bitume sont de type auto-protégé, le reste étant sous protection par gravillons, tous en toiture inaccessible ou technique.

86 % des revêtements en membrane synthétique sont de type auto-protégé (19 cas), le reste étant sous protection par gravillons (deux cas), ou en terrasse accessible (un cas, dont le type de protection n'est pas précisé).

## IV. CONTEXTE NORMATIF

L'exécution des ouvrages d'étanchéité relève de différents textes normatifs, en fonction de la nature des supports concernés :

- DTU 43.1 (NF P 84-204) d'octobre 1981, révisé en novembre 2004, sur éléments porteurs en maçonnerie en climat de plaine, et son amendement A1 de septembre 2007.
- DTU 43.3 (NF P 84-206) de juin 1995, révisé en avril 2008, sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées.
- DTU 43.4 (NF P 84-207) de février 1985, révisé en octobre 2008, sur éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois.

Par ailleurs, la mise en œuvre des membranes monocouches synthétiques en PVC-P sous Avis Technique relève d'un Cahier des Prescriptions Techniques Communes (CPTC) d'avril 2004 (fascicule 3502 des e-cahiers du CSTB).

Le § 4.1 des CGM (Critères généraux de choix des matériaux) du DTU 43.1 (partie 1-2), le § 3.3 des CGM du DTU 43.3 (P 1-2) et le § 6.1 du DTU 43.4 (P 1-2) précisent que les panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité (autres que ceux à base de liège aggloméré expansé pur, non rencontrés dans la présente étude), doivent bénéficier d'un Avis Technique ou d'un Document Technique d'Application, qui définissent notamment :

- les dimensions maximales d'utilisation (longueur, largeur, épaisseur) ;
- leurs caractéristiques dimensionnelles, pondérales, mécaniques, hygrométriques, de stabilité dimensionnelle ;
- leur conductivité thermique utile ;
- les ponts thermiques intégrés courants des fixations nécessaires à leur mise en œuvre et/ou à celle du revêtement d'étanchéité ( $\Delta U$  fixation), sur support métallique ;
- leur classe de compressibilité (suivant Guide UEAtc) ;
- leur adéquation avec l'accessibilité de la toiture ;
- leur mode de pose et de fixation ;
- le nombre de lits admis et les associations avec des panneaux de nature différente ;
- les revêtements d'étanchéité compatibles, leur protection et leur mode de pose (collage, soudage, fixation mécanique...);
- les limitations d'emploi en fonction de la destination de la toiture et de l'exposition au vent.

## V. TYPOLOGIE DES PATHOLOGIES SIGNALÉES

Dans l'échantillon étudié, on relève différents types de pathologies, dont les deux tiers (51 cas) ne concernent pas directement le comportement des isolants associés aux revêtements d'étanchéité mis en œuvre. Seul un tiers (23 cas) trouve son origine dans le comportement des matériaux isolants employés au sein du complexe d'étanchéité.

### V.1 Pathologies liées aux revêtements d'étanchéité

#### V.1.1 Comportement intrinsèque des revêtements

Près de la moitié des pathologies observées en relation avec les autres éléments du complexe d'étanchéité que l'isolant (24 cas) se manifeste par une fissuration des membranes de revêtement d'étanchéité, et fait l'objet d'une déclaration en moyenne 7,7 ans après la réception (entre 3,9 et 10 ans, avec une médiane à 8,2 ans).

Il s'agit le plus couramment d'un problème de comportement intrinsèque des revêtements lié au contexte de mise en œuvre et à leur situation dans l'ouvrage. De par la diversité des configurations et des différents types de revêtements et d'ouvrages concernés par rapport à la taille de l'échantillon analysé, il paraît difficile de tirer des conclusions générales pertinentes sur la mise en cause d'une éventuelle insuffisance d'évaluation des procédés impliqués.

- 13 cas concernent des membranes d'une marque spécifique, sur des ouvrages dont la réception est comprise entre 2001 et 2005, avec une déclaration en moyenne 8,3 ans après celle-ci (de 5,2 à 9,8 ans). Ces membranes sont de type bitumineux, mais de natures différentes (bitumes APP ou SBS), et mises en œuvre suivant des principes variables (soudure, fixation mécanique). Ces membranes ont déjà fait l'objet d'analyse par le dispositif Alerte, mais dans le cas de la présente étude, les données disponibles sont insuffisantes pour en tirer des conclusions précises sur la cause des pathologies observées. Leur analyse nécessiterait un travail complémentaire spécifique.



*Pathologie sur membrane bitumineuse d'origine spécifique (source : Eurisk)*



*Impact de grêle sur membrane d'étanchéité en PVC (source : Eurisk)*

- 3 cas concernent des membranes en PVC sur des ouvrages dont la réception est comprise entre 2001 et 2007 avec une déclaration en moyenne 8,4 ans après celle-ci.
- 2 concernent des membranes en FPO sur des ouvrages dont la réception remonte à 2008, avec une déclaration située 4 ou 5 ans après celle-ci.
- 6 cas concernent des revêtements en bitume, dont le type exact n'est pas précisément connu, et qui ne permettent donc pas d'en tirer d'enseignement pertinent, sauf sur le délai de déclaration, plus de cinq ans après la réception de l'ouvrage.

#### V.1.2 Résistance à la grêle des revêtements en PVC

Dans l'échantillon étudié, on relève quatre cas de percement de membrane, dont trois concernent les conséquences d'une exposition des revêtements à la grêle sur des membranes monocouches en PVC, dont la réception remonte à 2003-2004, avec une déclaration entre six et neuf ans après celle-ci, avec une moyenne à 7,2 ans.

Toutefois, nous connaissons un cas similaire avec membrane monocouche en PVC de 1,2 mm d'épaisseur, déclaré 3,6 ans seulement après la réception de l'ouvrage, sur une toiture terrasse d'environ 7 600 m<sup>2</sup>. Dans les cas étudiés, l'épaisseur des membranes affectées et la superficie des terrasses n'est pas connue.

Les membranes synthétiques en PVC-P sont définies au § 7.1 du CPTC visé au § IV ci-avant, qui renvoie au Guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes d'étanchéité de toiture en PVC non armés, armés et/ou sous-facés, de décembre 2001 (publié dans le cahier du CSTB 3539 de janvier 2006).

La résistance à la grêle, non visée dans le cadre du marquage CE auquel sont soumis ces revêtements d'étanchéité, est définie au § 3.2.3 de ce guide en tant qu'exigence complémentaire « pour les feuilles devant être utilisées dans des zones géographiques particulières ». Ce

paragraphe indique que vis-à-vis de la résistance à la grêle pour les zones géographiques concernées, les feuilles ne doivent subir aucun dégât à l'issue de l'essai réalisé selon la méthode visée au § 4.3.19 du guide, à savoir l'essai défini dans la norme NF EN 13583 Feuilles souples d'étanchéité - Feuilles bitumineuses, plastiques et élastomériques d'étanchéité de toiture - Détermination de la résistance à l'impact de la grêle (publiée initialement en janvier 2001 et révisée en octobre 2012).

L'essai consiste en un tir d'une balle lisse en polyamide (38,5 g et 40 mm de diamètre) sur cinq éprouvettes. La résistance de la feuille testée est caractérisée par la vitesse d'endommagement Vd (vitesse de tir de la balle) qui correspond à la perforation d'au maximum une seule éprouvette sur les cinq testées. Aucun critère de vitesse minimale qu'il faudrait atteindre pour être considéré résistant à une grêle courante, n'est évidemment défini dans cette norme d'essai et ne l'est pas non plus dans le guide UEAtc susdit. Cette absence de définition d'un critère de résistance minimal de référence, et des « zones géographiques particulières » concernées, explique qu'à notre connaissance, aucune justification de cette caractéristique n'ait jamais été exigée dans le cadre de l'instruction des Avis Techniques de ce type de membrane par le GS 5, et aucune jurisprudence en la matière n'a été émise par celui-ci à ce sujet.

À notre avis, dans le cadre de l'amélioration technique des procédés et d'une meilleure prévention des aléas associés à ce type d'actions météorologiques, le sujet mériterait d'être examiné et ce critère pris en compte systématiquement dans le cadre de l'évaluation des performances et de la durabilité de ces procédés, notamment compte tenu de l'incidence du coût des réparations et des dommages immatériels, sur des bâtiments de type logistique ou industriel de grandes dimensions où ce type de revêtement est fréquemment utilisé.

### V.1.3 Résistance au vent des revêtements

Dans l'échantillon étudié, on relève quatre cas de sinistres liés à un problème de fixations mécaniques de membranes en PVC conduisant à des arrachements et soulèvements du revêtement d'étanchéité. La réception des ouvrages concernés est comprise entre 2007 et 2010. L'apparition des sinistres intervient à court terme après celle-ci (entre 1 et 2 ans dans les cas concernés).

Il s'agit dans les cas étudiés de défaut majeur d'adaptation pour l'exécution lié à des erreurs dans la détermination de la densité des fixations nécessaires (répartition de fixations insuffisante ou mise en œuvre de celles-ci défectueuse), conduisant à des désordres certains, sans que la technique ou l'évaluation des procédés impliqués soit réellement mise en cause dans ses principes et sa conception.

### V.1.4 Autres pathologies observées

Le solde des pathologies affectant les éléments du complexe d'étanchéité autres que l'isolant, concerne :

- pour 7 cas, des problèmes liés à la réalisation ou l'exécution des relevés,
- pour 6 cas, des problèmes liés à la réalisation de différents points singuliers,
- pour 2 cas, des problèmes liés au choix et à la réalisation des protections du revêtement,
- pour 4 cas, diverses autres causes.

## V.2 Pathologies liées au comportement de l'isolant

Par rapport à l'ensemble de la sinistralité analysée dans le cadre de la présente étude, la déclaration des désordres liés au comportement de l'isolant par rapport à la réception est légèrement plus précoce, avec un délai moyen de 5,6 ans après celle-ci. Nous les passons en revue dans ce qui suit, par ordre d'importance décroissante dans l'échantillon étudié.

### V.2.1 Variation dimensionnelle de l'isolant

On relève treize cas de ce type dans l'échantillon étudié. Les isolants concernés sont en principe titulaires d'Avis Techniques délivrés sur la base du guide technique UEAtc pour l'agrément des systèmes isolants supports d'étanchéité des toitures plates et inclinées de février 1993 (Cahier du CSTB 2662 de juin 1993), qui impose des exigences de stabilité dimensionnelle et de limitation de cintrage assez strictes. Le maintien de ces caractéristiques est par ailleurs suivi dans le cadre des contrôles continus de fabrication attachés à la délivrance et au renouvellement des Avis Techniques.

#### V.2.1.1 Isolant en polystyrène

La majorité des cas relevés (au nombre de dix), concerne des isolants en polystyrène, sur des ouvrages dont la réception est comprise entre 2002 et 2009, et la déclaration de sinistre est située en moyenne 5 ans après celle-ci. Sur ces dix cas, 7 ont identifié l'isolant d'une marque spécifique sur des ouvrages dont la réception est comprise entre 2006 et 2009, et la déclaration de sinistre est située en moyenne 4,4 ans après celle-ci.

De façon générale, les sondages d'investigation réalisés permettent souvent de relever un défaut d'adhérence des panneaux d'isolant sur le pare-vapeur, en raison de l'insuffisance du collage (plots de colle bitumineuse ou cordons de faible dimension, ou en nombre insuffisant, constatés en sous-face), associé à une rétraction des panneaux isolants.

Du fait du défaut d'adhérence des panneaux isolants sur le pare-vapeur support, leur rétraction unitaire se cumule sur la largeur des terrasses concernées et génère un glissement de l'ensemble des panneaux, entraînant le plissement de la membrane sus-jacente du fait de l'adhérence de celle-ci sur l'isolant. Le phénomène est favorisé par l'alternance cyclique des contraintes thermiques subies par

la membrane d'étanchéité qui se propage à l'isolant sous-jacent qui y adhère, liées aux variations saisonnières et journalières. L'absence d'adhérence au support permet le libre déplacement des panneaux par dilatation-rétraction sous les sollicitations thermiques cycliques alternées auxquels ils sont soumis, et favorise le phénomène de reptation constaté.

Les points fixes constitués par les émergences maçonnées en toiture, perturbent le phénomène de libre rétraction-glisement des panneaux isolants et génèrent des plissements à 45° sur la membrane liaisonnée à ces émergences par les relevés d'étanchéité. La traction exercée sur les pieds de relevés par la rétraction cumulée des panneaux isolants entraînant la membrane, crée un vide de plusieurs cm entre le pied d'acrotère et les panneaux isolants générant l'affaissement des relevés, et conduit à des décollements de ceux-ci ou de recouvrement de lés de membrane en partie courante au droit des plissements qu'ils subissent. Le développement ou l'extension de ces pathologies conduit à des infiltrations dans le complexe, sous le pare-vapeur et dans l'élément porteur jusqu'aux locaux sous-jacents.



*Plissement de membrane lié à la rétraction des panneaux isolants en polystyrène supports. (source : Eurisk)*



*Rétraction cumulée de panneaux isolants en polystyrène en pied de relevé d'étanchéité. (source : Eurisk)*

Indépendamment du phénomène sus-décrit, une absence de dispositif spécifique de protection des tranches de panneaux isolants contre acrotères, conduit également à l'observation de fusions locales sur les rives de ces panneaux en pied de relevés, lors du soudage de la seconde couche du revêtement d'étanchéité dans cette zone.

Il est à noter que dans le cas des principaux procédés de revêtement auto-adhésif et auto-protégé titulaires d'Avis Techniques, l'utilisation spécifique d'adhésif à base de bitume seul pour le collage des panneaux isolants, les AT actuels de ces revêtements prescrivent que ces panneaux doivent être en plus fixés individuellement à l'élément porteur au moyen d'une fixation mécanique avec plaque de répartition placée au centre du panneau, afin de bloquer le mouvement de celui-ci dans son plan, en plus de la fonction de résistance au phénomène de dépression résultant de l'action du vent sur les toitures qu'assure le collage.

#### **V.2.1.2 Isolant en polyisocyanurate**

Deux cas concernent un isolant de marque identifiée sur des ouvrages dont la réception date de 2010, et la déclaration de sinistre est située entre 1,4 et 4 ans après celle-ci.

Cet isolant en mousse de polyisocyanurate obtenu à partir de polyols et d'isocyanates par expansion au pentane, revêtu sur ses deux faces d'un parement composite multicouche aluminium-kraft sans bitume, relevait d'un Avis Technique à l'époque de sa mise en œuvre, révisé depuis.

Les revêtements d'étanchéité associés sont de type auto-protégés. Dans un cas, il est précisé qu'il comporte une membrane auto-adhésive de type identifié.

La rétraction des panneaux associée à un collage insuffisant (plots de colle au lieu de cordons préconisés dans l'Avis Technique), génère des phénomènes de traction sur les pieds de relevés conduisant au décollement de ceux-ci, et à des infiltrations dans le complexe d'étanchéité, qui favorise la déformation des panneaux d'isolant et la dégradation de la membrane d'étanchéité.



*Plissement de membrane lié à la rétraction des panneaux isolants en polyisocyanurate supports.*  
(source : Saretec)



*Cintrage de panneaux isolants en polyuréthane sous membrane d'étanchéité.*  
(source : Eurisk)

### V.2.1.3 Isolant en polyuréthane

Un seul cas concerne un isolant de marque identifiée sur un ouvrage dont la réception date de 2005, et la déclaration de sinistre est située 7 ans après celle-ci.

Cet isolant en polyuréthane expansé au pentane avec parement multicouche relevait d'un Avis Technique à l'époque de sa mise en œuvre, révisé depuis, et en cours de validité jusqu'au 31/10/2016. Il semble que désormais il soit remplacé par un autre isolant de dénomination commerciale assez proche, et qui relève d'un Avis Technique distinct (mousse de polyisocyanurate expansée, avec composition des couches de parement et processus d'expansion et de fabrication différents). Dans le cas concerné, l'isolant était mis en œuvre sur support en béton sous revêtement auto-protégé, avec interposition d'un écran de semi-indépendance en voile de verre 50 g/m<sup>2</sup>, parfois absent dans certains sondages d'investigation réalisés. L'isolant était liaisonné au pare-vapeur par un collage en plein par enduit d'application à chaud, effectif dans 80 % des sondages d'investigation réalisés.

Deux phénomènes pathologiques distincts ont été observés :

- D'une part, un cintrage convexe en dépit du collage en plein, sans rétraction, et liée aux conditions de mise en œuvre des panneaux d'isolant (variabilité du mode de collage des panneaux, hygrométrie ambiante à la pose avant réalisation du revêtement d'étanchéité, variabilité de pose de l'écran de semi-indépendance constatée par sondage, et soudage du revêtement).
- D'autre part, une rétraction conséquente avec cintrage concave des panneaux d'isolant, dans des zones éloignées les unes des autres, avec traction consécutive sur les pieds de relevés d'étanchéité en périphérie des terrasses. Ce phénomène paraît directement lié au comportement de l'isolant lui-même, compte tenu de sa dispersion sur l'ensemble des terrasses, affectées ou non d'infiltrations avérées. Les essais réalisés en laboratoire sur des échantillons d'isolant prélevés sur site, ont montré que les valeurs de stabilité dimensionnelle des panneaux après 3 jours à 80 °C s'écartant notablement des tolérances fixées dans l'Avis Technique du procédé (de -0,89 à + 3,84 % pour une tolérance maximale de ± 0,3 %).



*Rétraction de panneaux isolants en polyuréthane. (source : Eurisk)*

Dans le cas présent, on a également observé la trame résurgente des panneaux isolants matérialisée par des plissements du revêtement d'étanchéité, mettant en évidence sur certaines zones, une pose de ces panneaux à joints croisés, au lieu d'une pose en quinconce préconisée par le § 6.4.3.1.1 du CCT du DTU 43.1, ce qui influe défavorablement sur les conséquences de la déformation des panneaux.

### V.2.2 Poinçonnement des fixations

Dans l'échantillon étudié, on relève six cas de sinistre lié à ce phénomène, sur des ouvrages dont la réception est située entre 2003 et 2005, avec une déclaration dans un délai moyen de 7,4 ans après celle-ci.

Cette pathologie concerne des revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement et se situe à une période de travaux antérieure à la décision du GS 5 du 7/02/2005 qui a imposé des attelages de fixations mécaniques des revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement dits « solide au pas », qui empêche, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison au-dessus de la plaquette lorsque la compression à 10 % de l'isolant support est inférieure à 100 kPa (mesurée selon l'essai de détermination du comportement en compression défini dans la norme NF EN 826).

Depuis la mise en œuvre systématique de vis de fixations avec filetage sous tête assurant cette solidité au pas, en maintenant la plaquette de répartition et évitant donc l'effet de piston conduisant à un risque élevé de poinçonnement des revêtements d'étanchéité, cette pathologie a régressé jusqu'à ne plus apparaître dans l'échantillon étudié postérieurement à cette décision et son application.



*Poinçonnement de tête de fixation mécanique de revêtement d'étanchéité. (source : Eurisk)*



*Soulèvement de panneaux isolants générant des déformations du revêtement d'étanchéité.  
(source : Saretec)*

### V.2.3 Soulèvement d'isolant

Deux cas de ce type de pathologie sont relevés dans l'échantillon étudié, dont un avec un isolant en polyuréthane, et un dont la nature de l'isolant n'est pas précisée. La réception des ouvrages concernés est située respectivement en 2006 et 2003, avec une déclaration située respectivement 4 et 8 ans après celle-ci.

La pathologie se manifeste par des soulèvements des panneaux isolants qui génèrent des déformations (« montagnes russes ») et déchirures du revêtement d'étanchéité auto-protégé, qui remettent en cause sa fonction, et nécessitent une réfection complète pour les deux cas signalés.

La cause n'en est pas clairement explicitée, mais on peut raisonnablement suspecter un défaut de liaison des panneaux isolants au support, associé à un enfermement d'humidité dans le complexe à la mise en œuvre, qui induit une formation de vapeur lors de l'échauffement par ensoleillement du revêtement auto-protégé, des sollicitations excessives subies par celui-ci, des tractions sur les relevés, et des déchirures consécutives qui occasionnent des entrées d'eau dans le complexe, qui aggravent souvent le phénomène de déformation des panneaux isolants.

Ce phénomène s'apparente aux conséquences des problèmes rencontrés avec les parements en voile de verre des panneaux isolants en polyuréthane, générateurs de pathologies récurrentes de ce type rencontrées dans les années 1990, et qui ont été remplacés dans la décennie suivante par des parements multicouches.



*Déformation par compression au droit d'un joint entre panneaux isolants suite à leur délamination dans l'épaisseur.  
(source : Saretec)*

#### V.2.4 Délamination d'isolant

Un cas est relevé sur un ouvrage réceptionné en 2005, avec une déclaration située 4 ans après celle-ci. La pathologie observée se situe sur un bâtiment à usage d'entrepôt frigorifique, d'une hauteur d'une trentaine de mètres, avec acrotères hauts.

Elle concerne une délamination dans son épaisseur, d'un isolant en laine de roche de marque identifiée de 120 mm d'épaisseur, mis en œuvre en 2e lit d'isolation par collage en plein à l'EAC sur un isolant en laine minérale d'un autre type, également identifié, de 160 mm d'épaisseur, lui-même fixé mécaniquement sur le support en tôle d'acier nervurée, sous un revêtement d'étanchéité en bicouche élastomère auto-protégé soudé. Les dimensions des panneaux isolants mis en œuvre, qui existaient en plusieurs formats, ne sont pas précisées. Le collage en plein des panneaux du second lit, dont un défaut pourrait expliquer les déformations en rives de ceux-ci, n'a pas été vérifié.

La dépression due à l'action du vent a généré des contraintes de traction perpendiculaire dans l'épaisseur de l'isolant (qui n'ont pas été évaluées précisément à partir des dimensions du bâtiment, mais qui restent a priori dans les limites admises par l'Avis Technique de l'isolant du second lit), conduisant à la délamination constatée, qui produit des déformations par compression au droit des joints entre panneaux isolants, en induisant des plissements du revêtement d'étanchéité, et une traction en pied de relevés, avec décollement et arrachement de ceux-ci.

On note que l'Avis Technique du panneau du premier lit limitait l'épaisseur totale d'isolation à 240 mm, contre 280 mm dans le cas présent, ce qui a également pu concourir à l'apparition du dommage. Cet Avis Technique ne visait pas non plus l'association en superposition du panneau du premier lit avec le panneau spécifique mis en œuvre en second lit, alors que d'autres types de panneaux isolants de même nature étaient envisagés dans cet AT.



*Coulure du bitume sous tôles d'acier nervurées liée à son ramollissement par fluage.  
(source : Eurisk)*

### V.2.5 Isolant collé au bitume

Un cas spécifique de coulure de bitume a été observé récemment, sur un ouvrage dont la réception remonte à janvier 2014, et la déclaration suit celle-ci de trois mois.

Il s'agit d'un centre aquatique dans lequel ont été observées des coulures de bitume en provenance des ondes perforées des tôles d'acier nervurées supports d'un isolant en verre cellulaire de marque identifiée, mis en œuvre dans un complexe de type identifié avec utilisation d'un enduit d'application à chaud (EAC) en bitume SBS. Ce phénomène est lié à un ramollissement du bitume par fluage.

On note que les prescriptions du dossier technique du procédé d'étanchéité mis en œuvre renvoie au § 3.4.2 du DTU 43.3 P1-2 pour la mise en œuvre à l'EAC, et que ce § du DTU ne mentionne que les EAC en bitume oxydé. De même, l'Avis Technique de l'isolant renvoie également au DTU 43.3 dans son dossier technique.

L'emploi de bitume SBS n'est donc pas visé en EAC, et la mise en œuvre peut donc être considérée comme hors DTU et textes de référence.

L'intérêt de ce type de bitume modifié est une utilisation à température plus basse que pour un bitume oxydé (température recommandée  $160 \pm 10$  °C, au lieu de  $190$  °C  $\pm 20$  °C), avec une valeur maximale de  $170$  °C.

Selon les recommandations du fabricant de l'isolant, « une température de chauffe trop élevée entraîne une détérioration des qualités du bitume et notamment un phénomène de fluage ». Le fabricant recommande donc d'utiliser un fondoir avec régulateur de température (thermostat).

Une récurrence de ce type de pathologie est à craindre dans la mise en œuvre de cet isolant pour les entreprises non averties, ou continuant à utiliser leurs méthodes de pose habituelles avec fondoir sans contrôle de température, si elles sont amenées à utiliser ce type de bitume SBS au lieu des bitumes oxydés traditionnels.

## VI. COÛTS DES RÉPARATIONS

Les coûts de réparation HT, connus seulement pour deux cas sur trois de l'échantillon étudié, se situent dans une fourchette très large, de 1 050 € à 1 051 k€ (lié pour partie à la grande variabilité des superficies des terrasses concernées).

Le coût HT moyen unitaire est d'un peu plus de 72 €/m<sup>2</sup>, la valeur médiane étant d'environ 30 €/m<sup>2</sup> et la valeur maximale proche de 150 €/m<sup>2</sup>. Ce coût est en général décroissant avec les dimensions des terrasses à reprendre.

Les moyennes des coûts indiquées ici ne sont pas significativement impactées par le fait que les causes sont liées au comportement de l'isolant ou non.

## VII. CONCLUSION

En conclusion de la présente étude, tout en rappelant que les retours de sinistralité analysés ne présentent comme indiqué plus haut, aucun caractère exhaustif, ni statistiquement significatif, certains points de vigilance méritent à notre sens néanmoins d'être mentionnés afin d'être mieux pris en compte dans le processus d'évaluation des procédés et d'amélioration globale des techniques constructives. Nous les synthétisons ci-dessous.

### La stabilité dimensionnelle

Certains désordres, notamment sous revêtement d'étanchéité auto-protégés plus fortement sollicités thermiquement, montrent que les variations dimensionnelles en œuvre de certains isolants (principalement en polystyrène) mesurées sur site, dépassent les valeurs théoriques maximales résultant d'essais de laboratoire codifiés figurant dans leur Avis Technique. Ce comportement peut s'expliquer par les contraintes supportées, mais également par un défaut du strict respect des délais minimaux de stabilisation des panneaux après fabrication et avant mise en œuvre, qu'il paraît indispensable de vérifier auprès du fabricant, et dont les valeurs doivent à notre sens être maintenues à des niveaux réalistes par rapport au comportement temporel connu des matériaux dans le mécanisme de fabrication industriel.

### Le défaut d'adhérence

Le défaut d'adhérence ou de liaison des panneaux isolants à leur support, sous revêtement d'étanchéité auto-protégé, est source de désordres puisqu'il permet leur libre rétraction/dilatation. Sur des surfaces de terrasses importantes, ce phénomène de mouvement alterné et cyclique, induit des déplacements non négligeables (d'ordre pluricentimétrique) des panneaux (reptation). Ce phénomène cumulatif et non réversible, associé au problème de stabilité dimensionnelle évoqué ci-avant, génère des contraintes sur la membrane d'étanchéité, au-delà de ses capacités de déformation, entraînant des plissements en partie courante, qui peuvent conduire à sa fissuration, et des tractions sur les relevés périphériques qui peuvent conduire à leur décollement ou leur déchirure, accélérant le vieillissement de l'ouvrage et l'atteinte à sa fonction du clos de la construction.

Il est donc indispensable de s'assurer d'un collage correct de l'isolant sur le support (densité et quantité de colle), et de le compléter suivant les prescriptions des référentiels de mise en œuvre du complexe (cahier des charges, Avis Techniques des revêtements associés et des isolants), des fixations mécaniques prévues pour bloquer le mouvement horizontal des panneaux dans le cas de pose par colle bitumineuse. Un autocontrôle formalisé par sondage des entreprises de mise en œuvre pourrait faire partie du processus d'amélioration de la qualité d'exécution, en prévention de ce type de sinistralité.

### Les bitumes SBS utilisés en collage

Ces matériaux utilisés depuis quelques temps en collage d'isolant en verre cellulaire, ne correspondent pas à la définition des EAC (enduits d'application à chaud en bitume oxydé) seuls visés par les textes normatifs de référence, et notamment le DTU 43.3 pour les supports en tôle d'acier nervurée. Leur comportement sous contraintes thermiques se révèle dommageable, en raison de conditions de température de mise en œuvre inadaptées (et trop élevées) correspondant à celles des bitumes traditionnels. Il est donc impératif d'insister sur la maîtrise de la température de mise en œuvre de ce type de bitume suivant les préconisations des fabricants, notamment par des dispositifs de contrôle sur le fondoir (thermostat), afin de prévenir une surchauffe qui génère une détérioration des qualités du bitume.

## La résistance des membranes en PVC

Bien que ces désordres ne ressortissent pas directement du sujet de la présente étude, mais au vu des conséquences de la sinistralité associée et évoquée ci-avant, et toujours dans le but d'améliorer l'évaluation des procédés et la qualité des techniques d'exécution, il nous semble utile d'insister, pour les membranes PVC, et notamment la grande majorité des membranes mises en œuvre, d'épaisseur minimale de 1,2 mm, sur l'utilité qu'il y aurait à mettre en place des critères de performance du revêtement vis-à-vis de la grêle, au regard de la norme d'essai NF EN 13583 « Feuilles souples d'étanchéité – feuilles bitumineuses, plastiques et élastomériques d'étanchéité de toiture – Détermination de la résistance à l'impact de la grêle » révisée en octobre 2012, et de les intégrer systématiquement dans la procédure d'évaluation des Avis Techniques de ces revêtements.

Enfin, en complément, notre expérience individuelle sur ce type de revêtement, nous incite également à recommander d'intégrer dans les préconisations formulées dans les Avis Techniques, la nécessité d'un suivi renforcé de l'auto-contrôle des soudures des membranes en PVC (cf. § 4.211 du CPT des membranes d'étanchéité en PVC - cahier du CSTB 3502 d'avril 2004) par les entreprises qui en assurent la mise en œuvre. En effet, dans des cas concrets, nous avons été amenés à noter que la reprise nécessaire de défauts de soudure constatés en expertise après sinistre, se révèle parfois impossible à réaliser sur des membranes d'épaisseur de 1,2 mm, en raison de leur vieillissement naturel sous l'action des UV. Sur des cas précis, le nettoyage préalable de la membrane au solvant a révélé une réduction d'épaisseur de matière résiduelle en enrobage de l'armature de la membrane, qui ne permet plus de réaliser la soudure d'une bande de pontage en réparation, imposant un remplacement complet de la membrane, et induisant, dans le cas évoqué, un triplement du coût de réparation.

