



Etude sur le risque incendie associé aux panneaux photovoltaïques

Stéphane Duplantier

Responsable du Pole PHDS (Phénomènes dangereux & Résistances des Structures)
Direction des Risques Accidentels

Stephane.duplantier@ineris.fr

INERIS
*maîtriser le risque |
pour un développement durable |*



Contexte

Demande du ministère : Favoriser le **développement et l'implantation** de cellules photovoltaïques sur des bâtiments industriels ou destinés à des particuliers

→ vérifier qu'il n'y a pas de freins « réglementaires »

tout en s'assurant que cette implantation ne conduise **pas à une augmentation des risques** pour les installations, les habitants ou les intervenants en cas de sinistre.

→ pertinence de la réglementation actuelle vis-à-vis d'un système actif

Contexte

L'étude sur le risque incendie des PV a été réalisée en collaboration avec le CSTB qui s'occupe plus particulièrement de la partie bâtementaire de l'étude, l'INERIS s'attachant plutôt à la partie industrielle.

Les conclusions de l'étude alimentent les réflexions d'un groupe de travail piloté par le Ministère de l'écologie où sont notamment présents :

- Direction de la Sécurité Civile
- Direction générale de l'énergie et du climat
- Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature ...

 L'objectif du ministère étant de mettre en place une réglementation homogène au niveau national



Principales étapes de l'étude

- 1) Détermination du contexte réglementaire
- 2) Inventaire des différents types de produits existants
- 3) Analyse des risques liés à l'implantation de cellules photovoltaïques
- 4) Réalisation d'essais afin d'évaluer le comportement des panneaux vis-à-vis de l'incendie
- 5) Elaboration d'un cahier de solutions négociées avec les différents acteurs – en cours –

2-Synthèse produits et installations (p7 et suivantes du rapport)



1. Technologie du silicium cristallin

Leur rendement varie entre 12% et 17%.

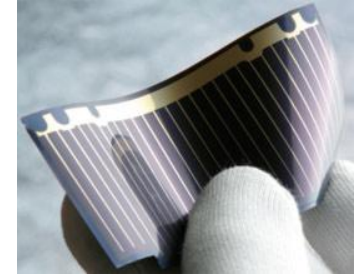
Il s'agit de la technologie la plus répandue, représentant aujourd'hui environ 90% du marché.



2. Technologie des couches minces (Thin Film)

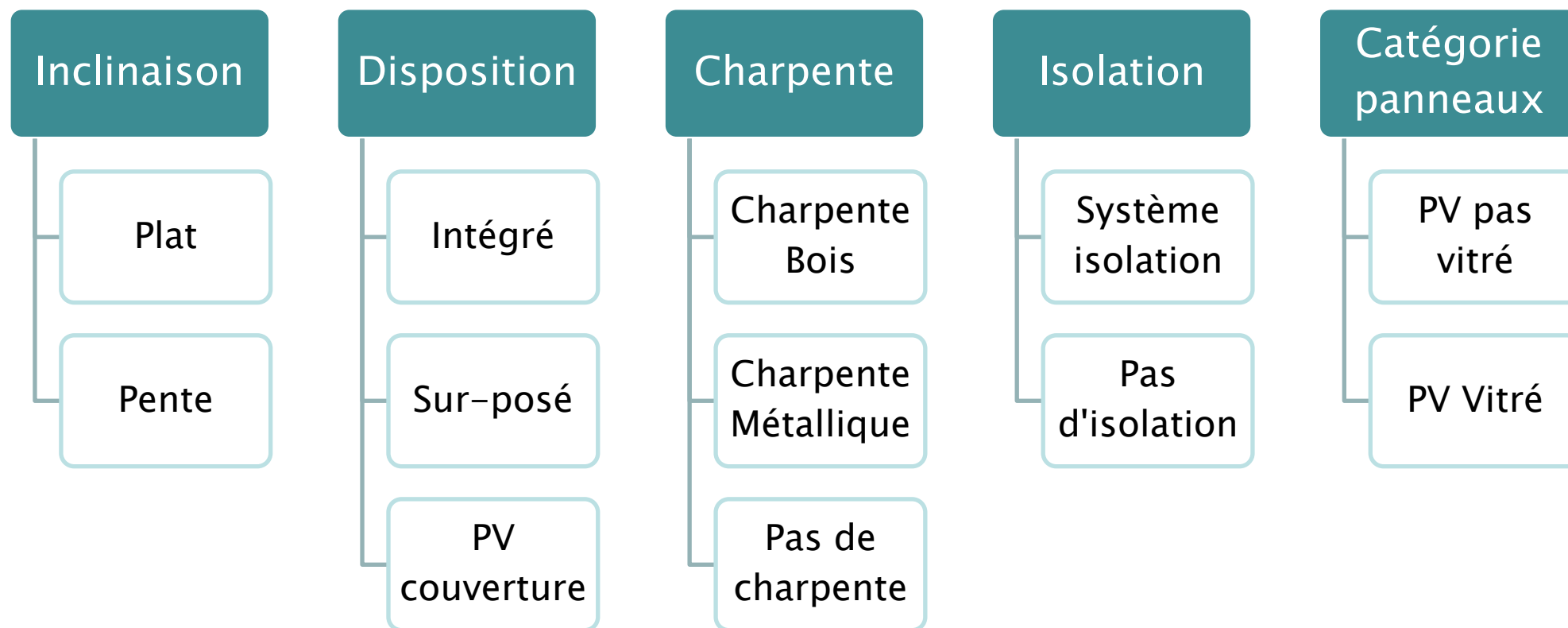
Leur rendement varie entre 5% et 13%.

Cela représente environ 10% du marché actuellement.



Recensement des différentes configurations

Définition du Système





3. Risques incendie identifiés (p39 et suivantes du rapport)

Fumées – le panneau est « agresseur »

- Cadmium (toxicité + fumées), Fluoropolymère (HF, COF₂), Câblage & Connectique PVC (HCl), Production particules ultrafines

Propagation – le panneau est « agressé »

- Présence de matériaux combustibles (film...), d'isolation supplémentaire ou d'étanchéité, obstacle à l'évacuation des fumées dans les combles...

Intervention des services de secours (simple contribution)

- Risque électrique, Accessibilité (source du feu),



4 – Campagne expérimentale – objectifs

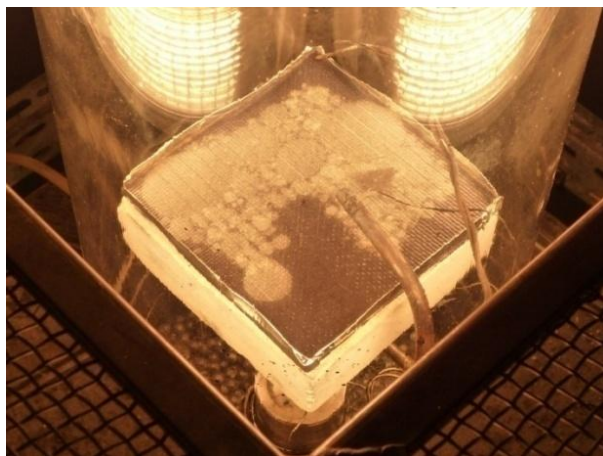
1 – Essais d'orientation à l'aide du calorimètre de Tewarson :
caractériser la composition des fumées et leur toxicité le cas
échéant

2 – Essais sur des échantillons plus grands:

Essais moyenne échelle : INERIS – permettent de connaître le
comportement en situation réelle ou à une échelle significative

Essais normalisés : CSTB – permettent de vérifier que les critères
figurant dans la réglementation sont adaptés aux panneaux PV

4.1 Essais d'orientation à l'aide du calorimètre de Tewarson (p47 et suivantes du rapport)



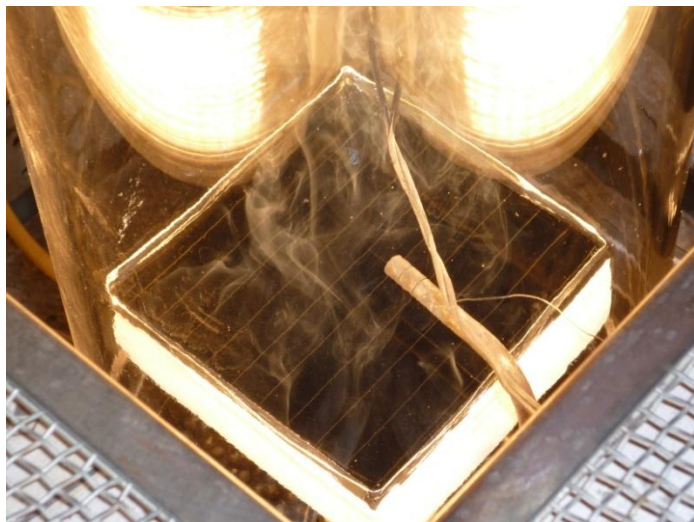
Echantillon de 10 cm² placé sous un flux incident de 50 kW/m²

L'analyse de la composition des fumées fait apparaître la présence de HF

En utilisant la composition mesurée pour estimer les conséquences d'un feu d'entrepôt (cellule de 6000 m²) on obtient une concentration d'HF au plus près des flammes de 5 ppm. Ce qui est très inférieur au Seuil des Effets Irréversibles qui est de 200 ppm.

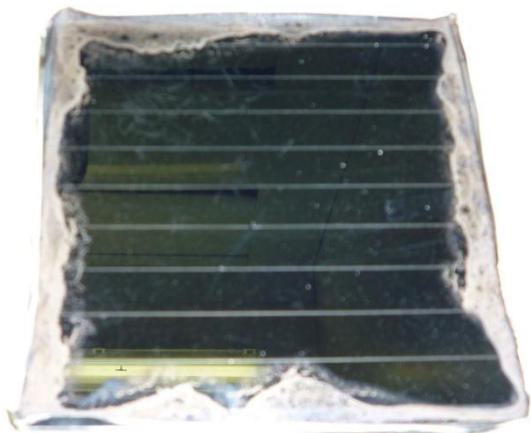
Pas d'impact toxique aiguë pour l'HF

Essais d'orientation à l'aide du calorimètre de Tewarson



Echantillon de 10 cm² placé sous un flux incident de 50 kW/m²

L'analyse de la composition des fumées fait apparaître la présence de Cadmium avec un taux d'émission qui varie entre 0.1 et 0.2% de taux d'émission selon les conditions (panneau cassé ou pas) sachant qu'il y a 10 à 20 g de Cd au m²



Le seuil des effets irréversibles est de 100 µg/m³ pour une exposition de une heure, la concentration à l'émission est de 10 à 20 µg/m³

4.2 Essais en configuration industrielle (p60 et suivantes du rapport) :

Essais à échelle moyenne (6m²) en situation avec charpente et isolation, et/ou étanchéité.

Panneau soumis au rayonnement solaire en situation de production



Objectif : évaluer le comportement du panneau en temps qu'agressé sur la base d'un feu important : propagation et maintien de la production électrique

Pour mémoire, la réglementation impose d'avoir une toiture Broof(t3) : qualifie le comportement d'un échantillon soumis à un test normalisé

1^{er} essai : configuration industrielle avec PV seul

Peu, voire pas de propagation du feu, c'est essentiellement le support qui brûle.

Dans les conditions expérimentales, il y a toujours eu un courant dans les panneaux malgré la destruction de 2 éléments (sur 22).

La présence de la flamme n'a pas augmenté la puissance délivrée par les panneaux.

Au final, le produit se révèle très résistant.



Débit de propane : 4.8 g/s

200 kW environ

Flamme peu fumigène d'une hauteur de 1 à 2 m

Peu de vent

Soleil « abondant »

Essai n°2 : vraie toiture « solaire » industrielle

L'étanchéité (bitume) est moins performante que les cellules PV même si le bitume n'a que peu propagé le feu.

Les variations mesurées au niveau de la puissance électrique résultent à la fois de la destruction d'une partie des panneaux et de la présence de fumées qui ont réduit le flux solaire.

La puissance électrique délivrée est restée à un niveau relativement important.

Même en présence d'une étanchéité combustible à proximité, le produit s'est révélé très résistant.





Conclusions pour les installations classées

En utilisation industrielle, les PV couches minces (classé Broof(T3)) s'avèrent plus performants que l'étanchéité utilisée couramment en limitant la propagation au feu.

De ce point de vue, la présence de panneaux PV sur des entrepôts ne favorisera pas la propagation du feu, au contraire. Le critère BROOF(t3) est suffisant pour les installations classées.

Côté intervention, ce caractère résistant constitue un handicap car les panneaux vont continuer à produire de l'électricité peut-être même après l'incendie.

4.3 Essais pour la partie habitat particulier (p65 et suivantes du rapport)

Moyenne échelle en situation avec charpente, isolation et étanchéité. Implantation la plus « classique »

Configuration pavillon : avec et sans PV panneau:

- Avec PV, thermocouples placés sur et sous les PV et mesure de la puissance aux bornes du PV pour rechercher la température critique en situation réelle
- Sans PV, configuration courante pour évaluer son comportement (avec thermocouples disposés de la même façon)

La comparaison se fait sur l'évolution de la température dans la partie située sous la toiture

Essais pour la partie habitat particulier

Sans panneau



Avec panneau



Essais pour la partie habitat particulier

Sans panneau



Avec panneau



Essais pour la partie habitat particulier

Sans panneau

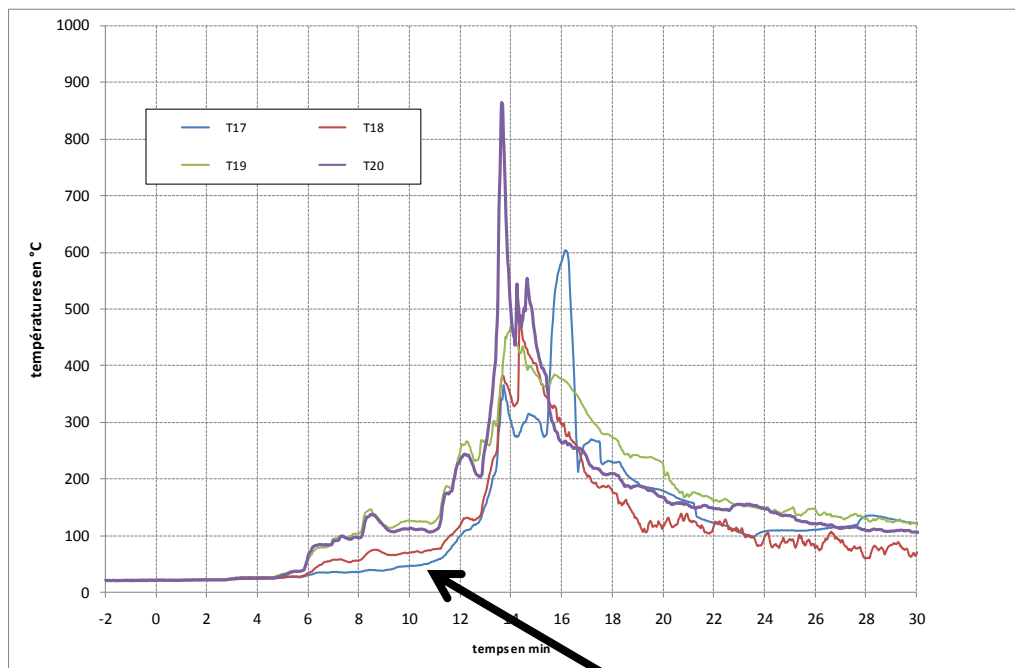


Avec panneau

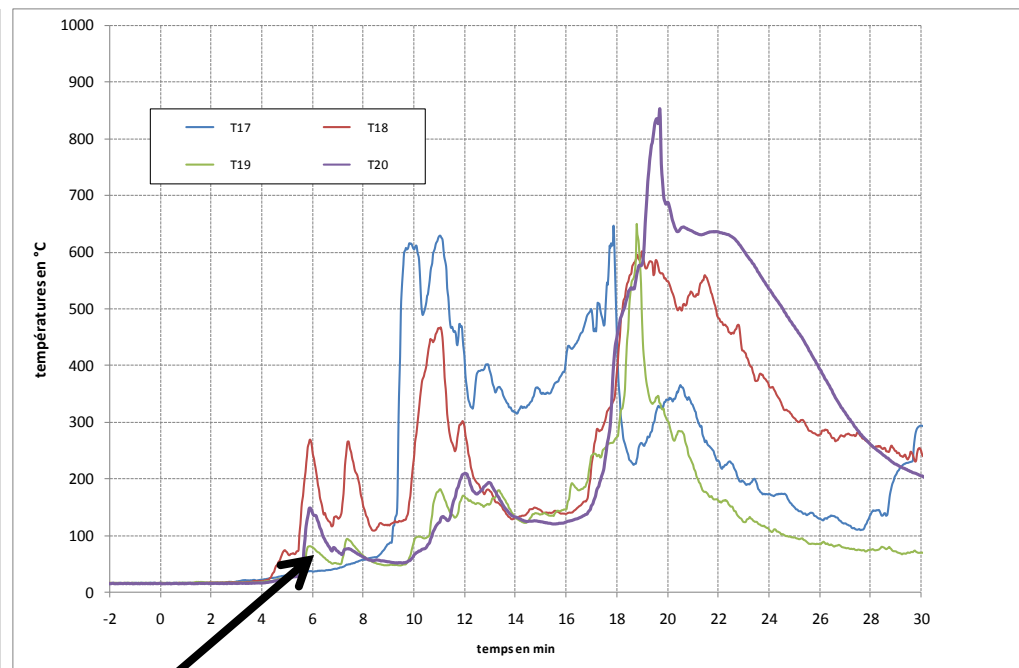


Comparaison des températures mesurées sous la toiture

Sans panneau
50°C au bout de 11 minutes



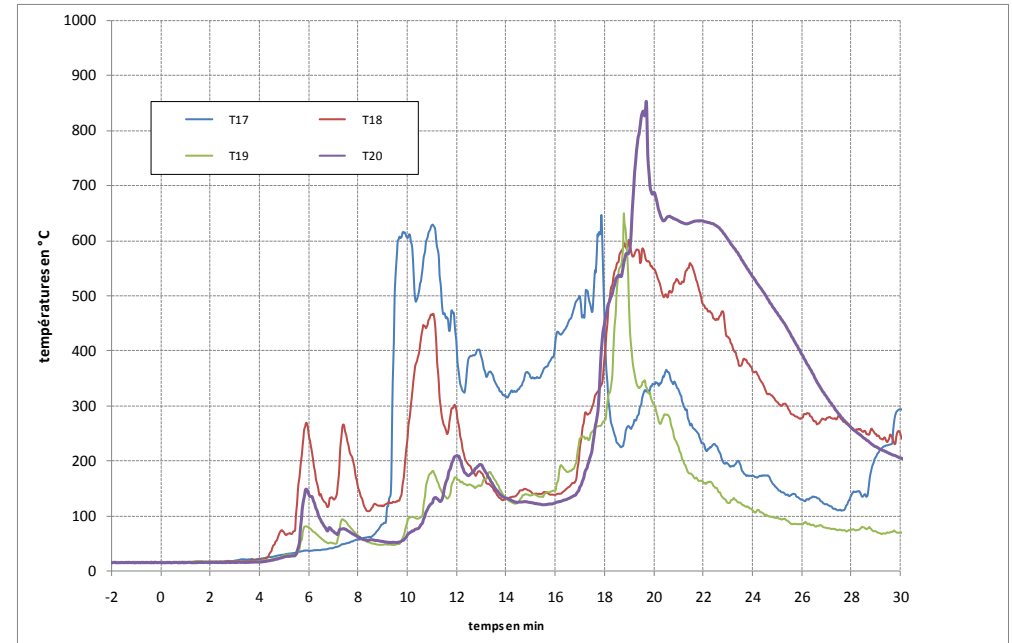
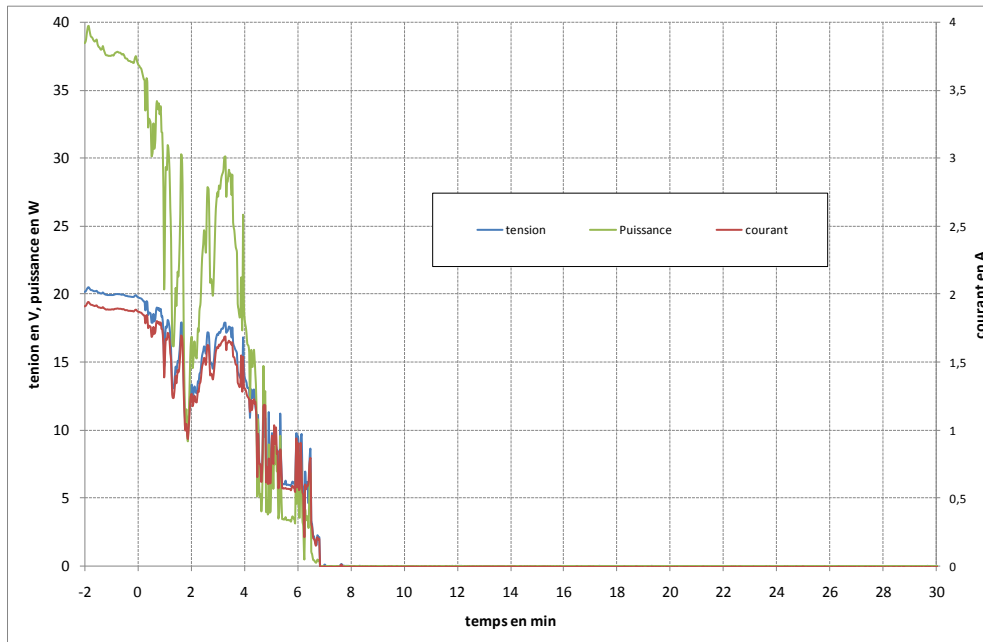
Avec panneau intégré et étanchéité
combustible (recommandée par le
fournisseur)
50°C au bout de 6 minutes



Evolution de la puissance délivrée par le panneau

Courbe de Puissance (t)
l'inflammation de l'isolant
provoque la destruction
des panneaux

Température (t)
rappel





Résultat des essais

La présence du panneau a eu un rôle négatif sur les températures mesurées à l'intérieur des « combles », des températures critiques pour les personnes ont été atteintes plusieurs minutes (5 minutes) plus tôt lorsqu'il y avait un panneau.

Ce comportement est dû exclusivement au fait que l'étanchéité utilisée était combustible (matériel recommandé par le fournisseur). **Il est donc essentiel de tester le système dans son ensemble.**

Côté intervention, la puissance délivrée par les panneaux a chuté très rapidement au fur et à mesure de la dégradation des cellules. Le risque « électrique » associé à ce type de panneau est donc moindre.

5–Quelques recommandations sur l'implantation (p70 et suivantes du rapport)

le système photovoltaïque surimposé génère moins de risques en cas d'incendie à l'intérieur du bâtiment que le système intégré.

La mise en œuvre en couverture de panneaux photovoltaïques en remplacement des éléments de la couverture avec des éléments interposé en tôles en dessous ne présente pas de danger en situation d'incendie externe, quelque soit le type de structure porteuse.

La mise en œuvre de tout type de PV sur des parois en béton ou sur des bardages métalliques en acier ne présente pas de danger en situation d'incendie. En effet, la contribution énergétique des PV est suffisamment faible pour ne pas affecter la résistance au feu de ces éléments de construction. Il faut toutefois veiller à

- ne pas créer d'effet cheminée.
- ce que les équipements ne conduisent pas à la chute de particules enflammées (d0).



Quelques recommandations pour les installations classées et les installations électriques

Pour les installations classées, sur les façades les panneaux doivent respecter les exigences réglementaires par rapport à la réaction au feu (A2-s1,d0). Pour les couvertures, l'ensemble de la toiture (éléments de support, isolant et étanchéité et système PV) doit satisfaire la classe et l'indice Broof (t3).

Concernant les équipements électriques, la mise en œuvre des installations (onduleurs, câbles, ...) doit être conforme à la norme NFC 15100 et UTE C15-71261. Sa conformité fera l'objet d'une vérification par le consuel.

De plus, la mise en œuvre de matériels électriques (boîte de connexion, câbles, onduleurs, etc.) doit être conforme aux normes en vigueur. Les câbles doivent être de catégorie C2 et ils doivent être implantés dans des cheminements techniques protégés en situation d'incendie.



Quelques recommandations pour faciliter l'intervention des services de secours

Concernant l'intervention des secours, une signalisation doit préciser l'emplacement des onduleurs ainsi que la présence de panneaux photovoltaïques.

Il est également nécessaire de prévoir des passages d'accès à la toiture pour les services de secours lorsque les panneaux photovoltaïques occupent une surface importante sur la toiture.

Il faut toutefois noter que des travaux spécifiques ont été réalisés par les services de secours et que les conclusions de ces travaux seront disponibles d'ici à la fin de l'année.

Tous ces points sont en discussion dans le cadre du groupe de travail du ministère.



ANNEXES