



Panneaux photovoltaïques : installation et maintenance, comment prévenir les risques ?

■ Notre métier,
■ rendre le vôtre plus sûr

3 décembre 2024

www.inrs.fr

Intervenant



Gérard FLEURY

Chargé de projets, Département Ingénierie des Equipements de Travail (INRS)

Sommaire

1 Le photovoltaïque

- Les types d'installation, les évolutions, les métiers
 - La démarche de prévention
-

2 Les principaux risques professionnels

- Risque chute de hauteur
 - Risque électrique
 - Risque lié à la manutention manuelle de modules et aux contraintes posturales
 - Risque lié à une activité extérieure (chaleur, vent, intempéries)
 - Autres
-

3 Synthèse et conclusion



1. Le photovoltaïque

Les différents systèmes photovoltaïques et leurs applications

Systèmes PV

non raccordés au réseau



Systèmes PV

raccordés au réseau

Injection totale

Avec
stockage

Sans
stockage

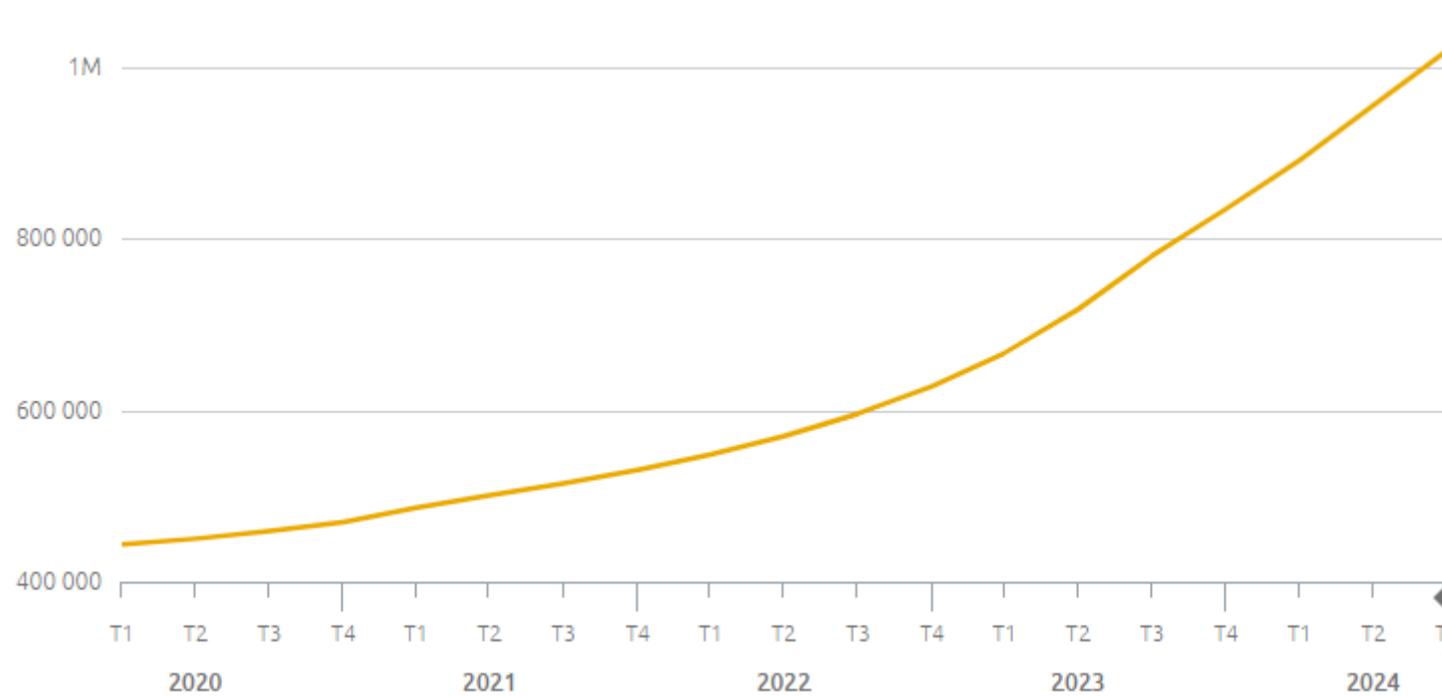
Injection partielle
(autoconsommation)

Avec
stockage

Sans
stockage

Source : *L'électrification solaire photovoltaïque, systèmes autonomes, systèmes hybrides, mini réseaux*, Gérard Moine, Observ'ER.

Evolution du nombre d'installations raccordées au réseau



1 019 588 installations PV raccordées au réseau au 1^{er} octobre 2024

963 534, soit **95%** des installations sont **dites de petite production** (puissance < 36 kWc)

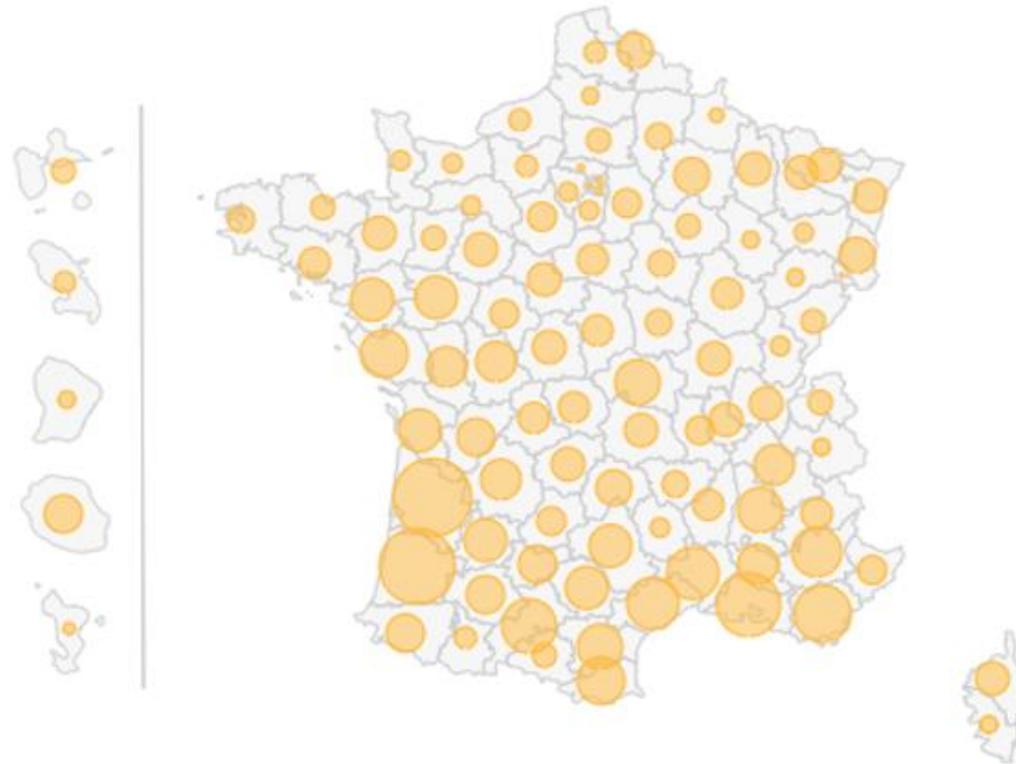
14623, soit uniquement environ **1%** des installations sont **avec stockage**

Source : [Enedis](#)



Répartition sur le territoire

22 GW installés en 2024



Centrale solaire de Toul

Centrale PV au sol

Puissance solaire photovoltaïque totale raccordée par département au 31 décembre 2023

Présence sur l'ensemble du territoire et répartition non uniforme

Source : [Données et études statistiques solaire photovoltaïque \(Ministère de la transition écologique\)](#)

Evolution dans les prochaines années

Année	2030	2035
Puissance [GW]	54 à 60	75 à 100

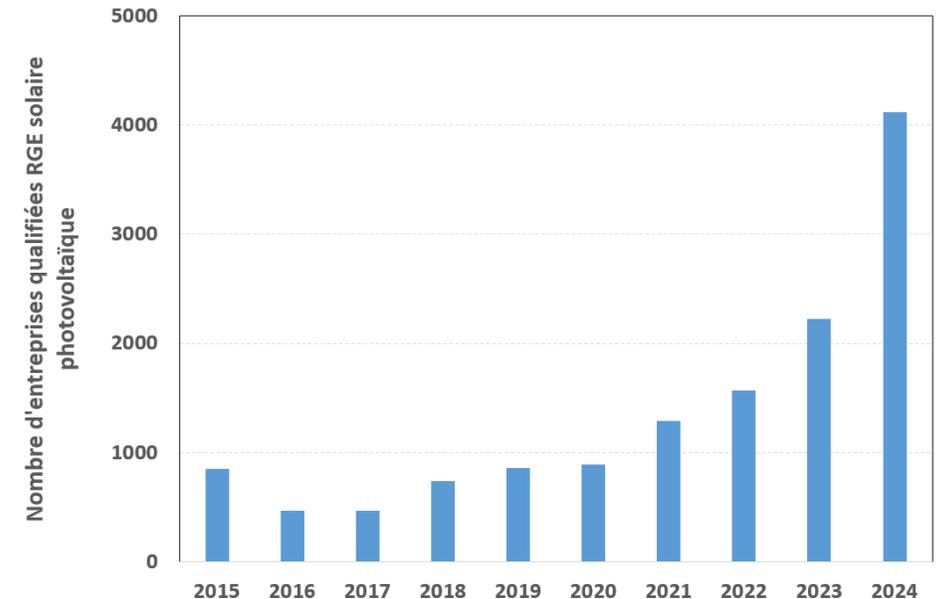
Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE3) jusqu'en 2035

Bâtiment :

- Loi Energie-Climat 2019
 - Loi d'accélération des énergies renouvelables de 2023
- En 2028, la solarisation ou la végétalisation des toitures concernera tous les bâtiments de + 500 m², sauf exception.

Résidentiel :

- Prix de l'électricité incitatif à l'autoproduction



Evolution du nombre d'entreprises qualifiées RGE solaire photovoltaïque

Source : [*Données et études statistiques solaire photovoltaïque \(Ministère de la transition écologique\)*](#)

Diversification

En hauteur sur bâtiment



Toiture

(résidentiel, commercial, industriel, tertiaire, agricole)



Toiture-terrace

Autres

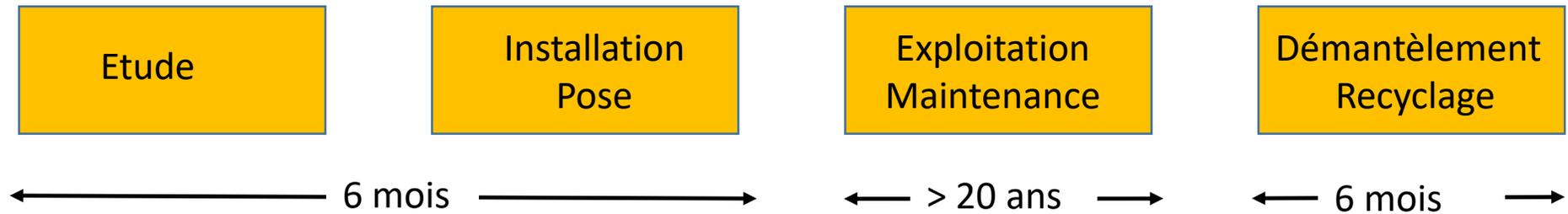


Ombrière



Tracker

Les acteurs professionnels



Installateurs

Exploitants



électricien



couvreur



Les entreprises d'installation PV et les exploitants (donneurs d'ordre)
Les installations sur toitures de puissance < 36 kW_c raccordées au réseau

Démarche de prévention et évaluation des risques

L'employeur, responsable devant la loi, prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des salariés dans son entreprise.

La démarche de prévention s'appuie sur neuf principes généraux ([L.4121-2 du Code du travail](#)) qui régissent l'organisation de la prévention :

1. Éviter les risques
2. Évaluer les risques, c'est apprécier l'exposition au danger et l'importance du risque afin de prioriser les actions de prévention à mener.

...

Avant, pendant et après la pose :

Visite client

Préparation, organisation et planification du chantier

Maintenance

Les principaux risques professionnels

Risque de chutes de hauteur

- Risque électrique
- Risque lié à la manutention manuelle de modules et aux contraintes posturales
- Risque lié à une activité extérieure
 - chaleur
 - vent
 - intempéries
- Autres

Sources :

- Recommandation [CNAM R.467](#)

- INRS : ED137: [Pose et maintenance de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques](#)

Sinistralité due aux chutes de hauteur dans le BTP



Résidentiel



Toiture-terrasse

- Dans le BTP, les chutes de hauteur représentent la **première cause d'accidents mortels** au travail et la seconde en nombre d'accidents du travail, en arrêts avec incapacité et en nombre de jours perdus.
- Les arrêts de travail liés aux chutes de hauteur sont en moyenne de **quatre mois**, quand la moyenne des autres accidents est de deux mois et demi.
- Les **métiers de la couverture** sont parmi les plus impactés.
- Les **travailleurs expérimentés** travaillant sans EPC ou avec EPC inefficaces sont particulièrement touchés.

Spécificités du photovoltaïque

Chute à travers la couverture

- Charpente vétuste
- Zones fragiles (puits de lumière, sky-dome, fibro-ciment, ...)



Chute en bord de rive

- La proximité du bord

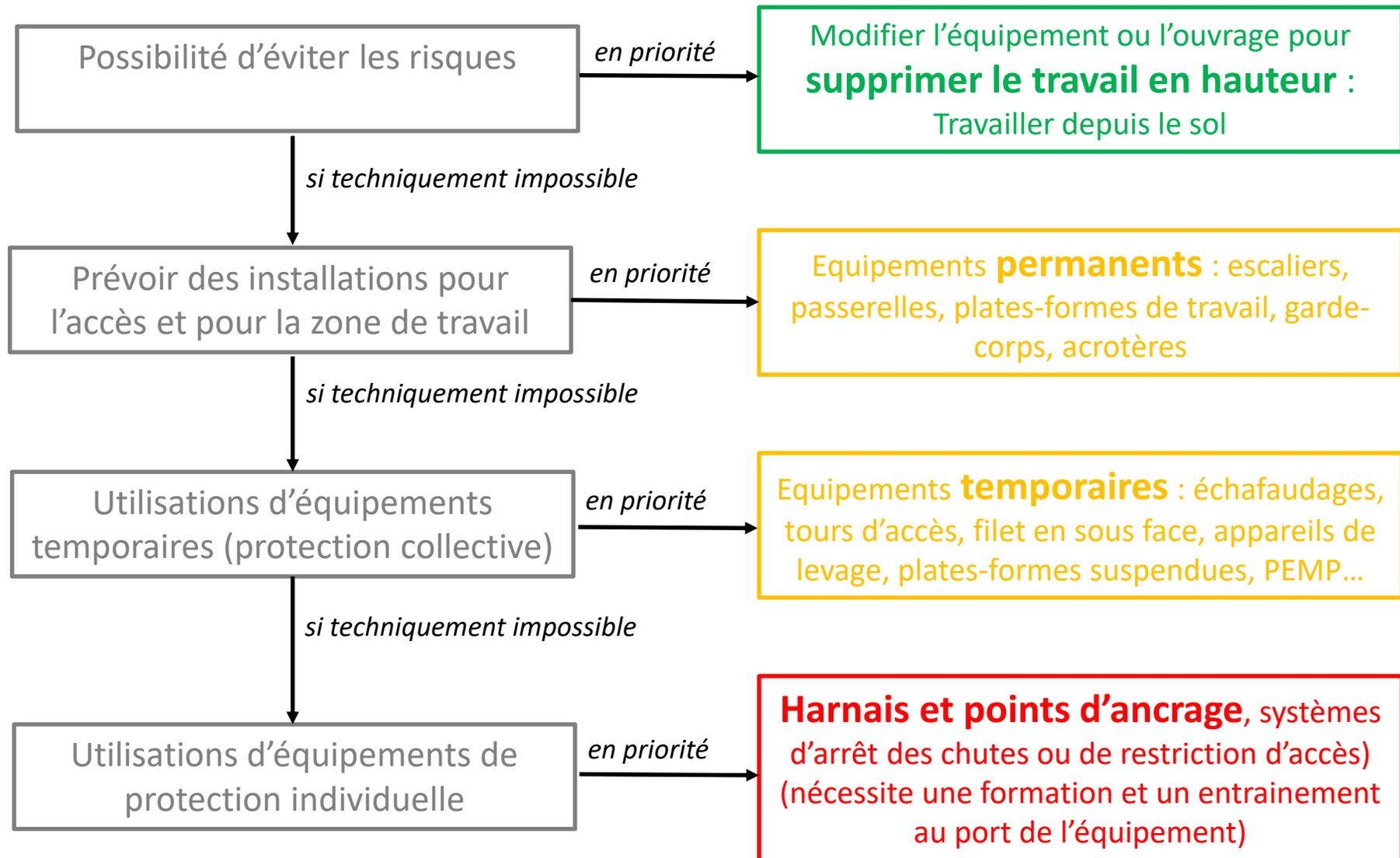
Glissade et chute en bas de pente

- Pente de la toiture
- Etat de surface de la couverture
 - Nature du matériau (béton/terre cuite, bac-acier)
 - Niveau d'entretien (mousse), humidité, adhérence des chaussures (SRC)
- Activité : port des modules
- Fatigue (chaleur), manque de vigilance
- ...



Chute lors des accès au chantier en hauteur

Prévention des chutes de hauteur selon les principes généraux de prévention



Source : INRS (ED 6110 - [Prévention des chutes de hauteur](#))

Minimiser le travail en hauteur

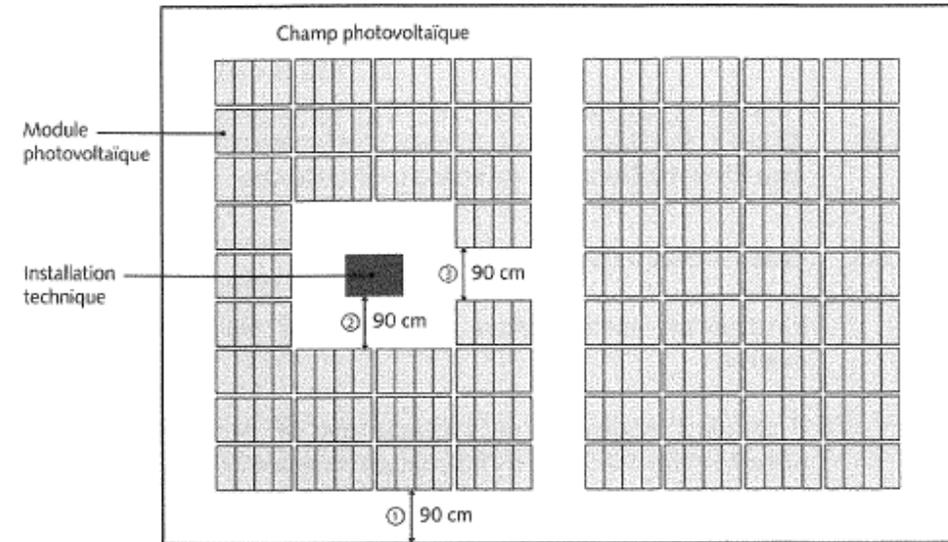
Lors de la pose

- Réaliser les travaux de préparation au sol ou sur un équipement de travail sécurisé (échafaudage)
 - Pré-assembler des composants du système de fixation
 - Sertir des connecteurs électriques
 - ...

Lors de la maintenance

- Optimiser les fréquences de nettoyage des modules par suivi de la production
- Evaluer l'intérêt d'intégrer en toiture les fonctions onduleurs (micro-onduleurs / optimiseurs / onduleur de chaîne)
- ...

Faciliter l'accessibilité pour la maintenance en toiture-terrasse



Pour faciliter l'accessibilité des secours en cas d'incendie, le référentiel APSAD « *Procédés photovoltaïques* » préconise des corridors de cheminement sur toiture d'au moins 90 cm de large.

Escalier permanent et corridors de cheminement

Prévoir des garde-corps en périphérie de toiture-terrasse



Source : INRS (ED6529 - [Sécuriser les interventions sur les toitures terrasses](#))

EPC temporaires : les échafaudages



** Pas de plinthe, pas de filet*



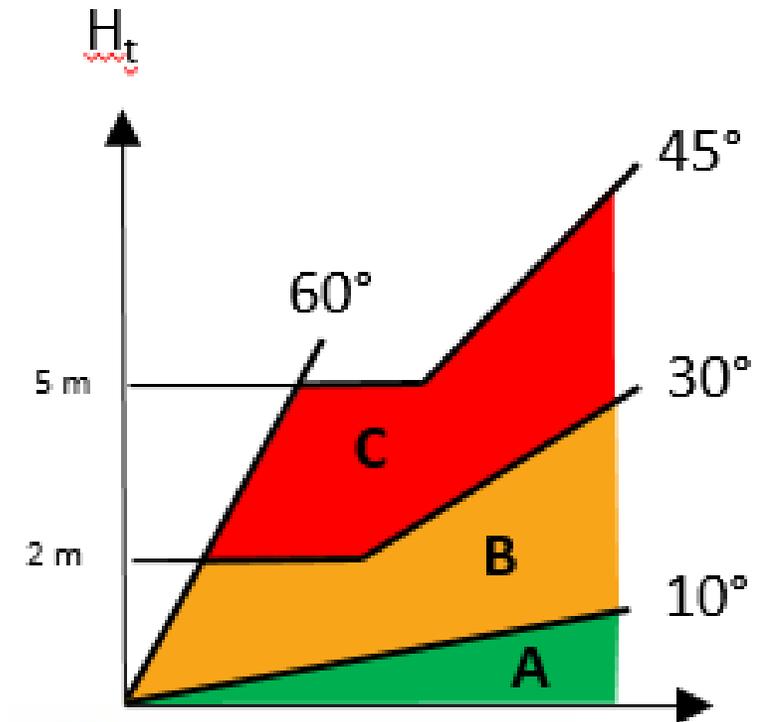
- Utiliser comme EPC des échafaudages de pied ou roulant ($h < 8$ m en extérieur)
- Protéger en bas de pente sur la totalité de la largeur du chantier
- Formation « échafaudage » pré-requise et vérification journalière de l'échafaudage

Source : INRS (Dossier web [Risques de chutes de hauteur](#))

EPC temporaires : les garde-corps



dimos-brochure-poseur-panneaux-solaire-8p-a4-hd.pdf



Classes de la norme NF EN 13374+A1: Garde-corps périphériques temporaires, Spécifications du produit – Méthode d'essais

Les classes B et C nécessitent la pose complémentaire d'un filet 10x10 classe C ou 25x25 classe B

Source : INRS (Dossier web [Risques de chutes de hauteur - Équipements temporaires de protection collective d'un plan de travail](#))

Utilisation d'équipements de protection individuelle

Le recours à des EPI contre les chutes de hauteur peut être envisagé uniquement lorsqu'il est techniquement impossible de mettre en œuvre des EPC.

Arrêter la chute d'une personne

- Point d'ancrage
 - Longe avec coulisseau
 - Harnais anti-chute
-
- Formation au préalable à la pose d'ancrage provisoire et port des EPI pour travail en hauteur
 - Vérifications périodiques des EPI et de la résistance des points d'ancrage permanents



Source : INRS (Dossiers web [Risques de chutes de hauteur - Équipements de protection individuelle contre les chutes de hauteur](#))

Le risque chute de hauteur lors des accès temporaires

Accéder au chantier en hauteur → risque chute de hauteur

Moyen d'accès adapté à la typologie du chantier (durée, taille, nombre d'accès, ...)

Réduire le nombre d'accès autant que faire se peut

Le cas de l'échelle



preventionbtp.fr



Échelles de toit



Crochet de toit



Les échelles de toit permettent de créer des chemins de circulation, faciliter l'accès notamment sur les toitures pentues et répartir le poids.

!! A utiliser en combinaison avec EPC ou EPI !!

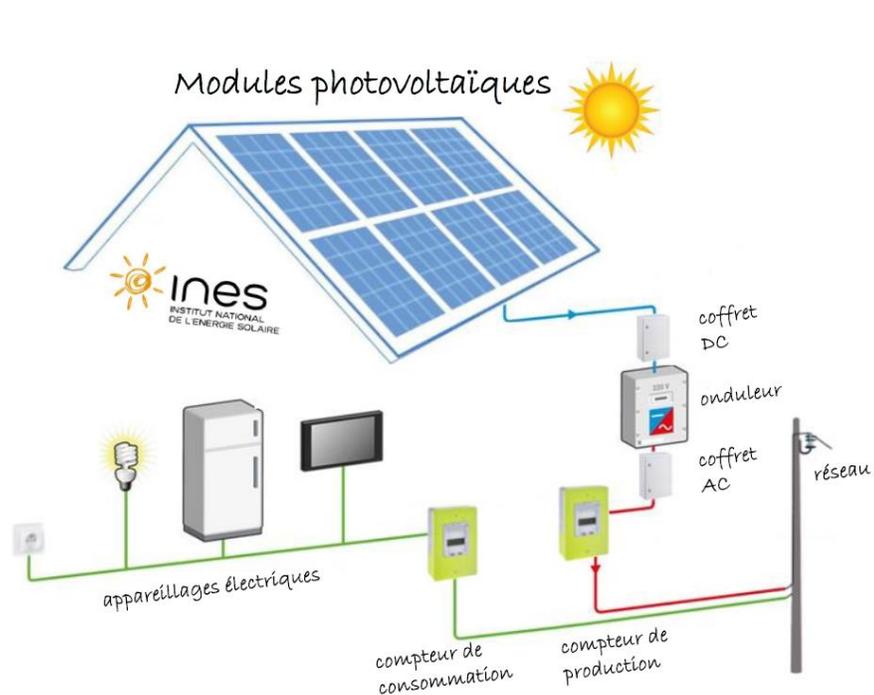
Les principaux risques professionnels

- Risque de chutes de hauteur

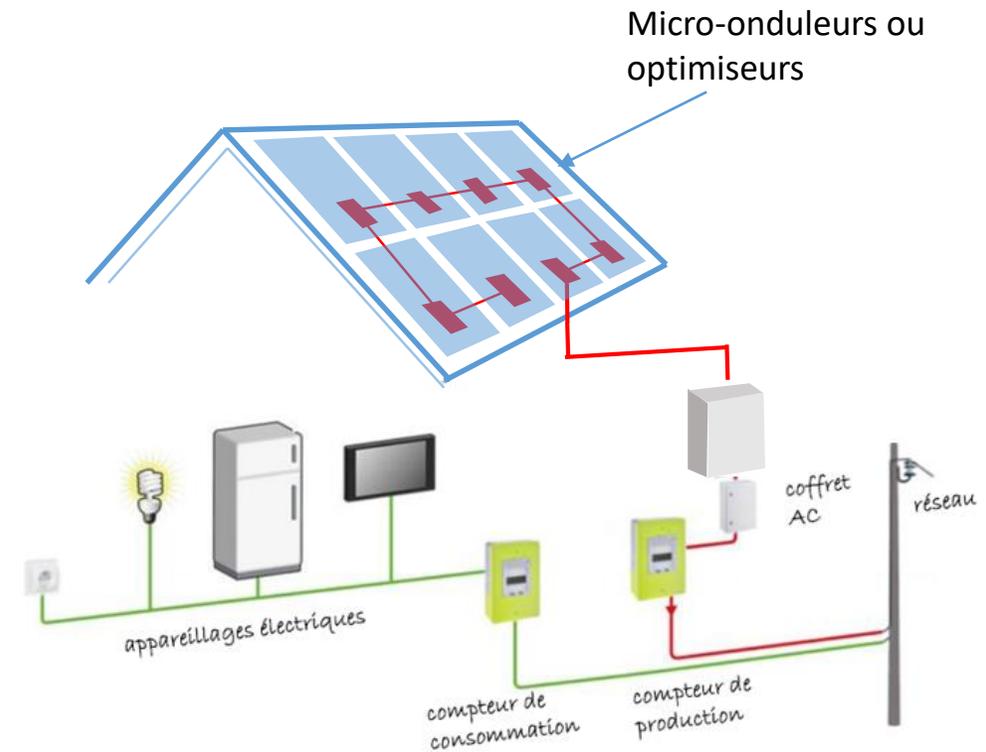
Risque électrique

- Risque lié à la manutention manuelle de modules et aux contraintes posturales
- Risque lié à une activité extérieure
 - chaleur
 - vent
 - intempéries
- Autres

Installations photovoltaïques raccordées au réseau : le risque électrique



Onduleur de chaînes



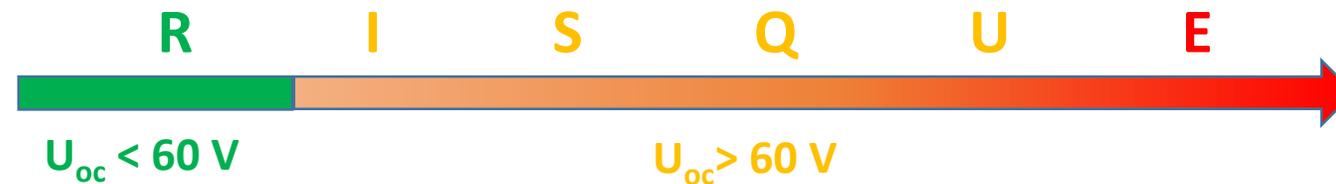
Micro-onduleurs ou optimiseurs

En alternatif, risque d'électrisation, d'électrocution et de brûlures

Très basse tension	TBT	$U_n \leq 50 \text{ V}$
Basse tension	BT	$50\text{V} \leq U_n \leq 1000\text{V}$

Le risque électrique en courant continu

Les modules PV produisent une tension dès qu'ils sont exposés à la lumière du jour, et celle-ci ne peut être interrompue.



Les conducteurs actifs d'un champ PV dont la tension en circuit ouvert $U_{oc}^{1)}$ est supérieure à 60 V doivent être considérés comme dangereux s'ils ne sont pas protégés contre les contacts directs.

Mesures

Matériels :

Connecteurs avec niveau de protection IP55 (exposition aux intempéries ou à l'humidité) conformes à la norme NF EN 62852:2015+A1:2020

Mise en œuvre :

Acquisition préalable de la compétence métier (formation)

Habilitations : symboles « **BP** » et « **BR Champs d'application photovoltaïque** »



Chargé d'opérations BT élémentaires Chaine PV

Symbole d'habilitation BP

Lors de l'installation **initiale** d'une chaine photovoltaïque, il peut :

- Réaliser le montage et démontage de connecteurs débrochables ($U_{oc} < 60 \text{ V}$ et NF EN 62852+A1) (*voir § 12.9.2.1.2*).
- Manipuler des modules PV ($U_{oc} < 60\text{V}$ ou IP2X/IP55) (*voir § 12.9.2.1.2*).
- Connecter des modules PV d'une même chaine à l'aide de connecteurs débrochables a minima IP2X (hors raccordement à une boite de jonction) (*voir § 12.9.2.1.3*).

Il n'a pas le droit de déconnecter un module.

Lors d'opérations de **maintenance**, en présence et sous l'autorité d'un chargé d'intervention générale (habilitation symbole **BR**), il peut :

- Assurer la fonction d'exécutant pour la mise en œuvre d'écrans opaques et le nettoyage des surfaces transparentes des modules PV.

→ *Détails et mesures de prévention dans la norme NF C18-510 +A1+A2, chapitre 12.9.2*

Chargé d'intervention générale

Symbole BR Champ d'application photovoltaïque

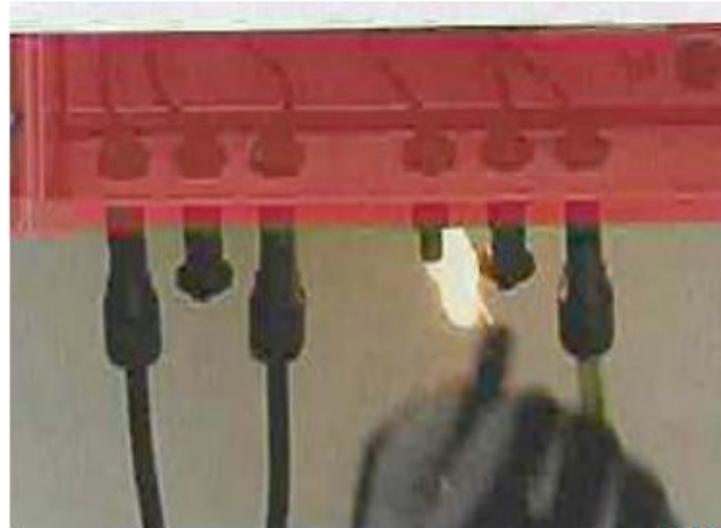
Il peut :

- Diagnostiquer et dépanner les installations
- Réaliser des opérations de connexion et déconnexion
- Réaliser des opérations de montage / démontage de connecteurs non protégés ou de sectionnement mécanique (si $U_{oc} < 750 \text{ V}$ et $I < 32\text{A}$)
- Réaliser la séparation et la condamnation de l'installation

- Encadrer un exécutant habilité **BP**

Détails et mesures de prévention dans la norme NF C18-510 +A1+A2, chapitre 12.9.2

Risque d'arc par ouverture d'une chaîne DC



Source SMA

Risque d'incendie et de brûlures

Mesures de prévention

- Couper la charge en premier (**règle AC/DC**)
- Ouvrir la chaîne par les organes de coupure prévus à cet effet
- S'assurer de l'absence de défaut électrique sur la chaîne
- Réaliser une mesure d'intensité au préalable

Graduation du risque en courant continu

Travailler hors tension	Sertir un connecteur photovoltaïque en DC sur une rallonge avant connexion de l'autre extrémité
Travailler sous une tension $U_{oc} < 60\text{ V}$	Sertir un connecteur photovoltaïque à l'extrémité d'une polarité d'un module PV (avec $U_{OCSTC} < 60\text{V}$) en s'assurant que l'autre polarité n'est pas connectée
Travailler sous une tension $60\text{ V} < U_{oc} < 750\text{ V}$ et $I < 32\text{ A}$	Connecter les panneaux pré-câblés (c'est-à-dire équipés de connecteurs photovoltaïques) entre eux
	Débrancher une connexion au sein d'une chaîne non endommagée
	Intervention sur une chaîne endommagée



Risque dû au travail à proximité de lignes aériennes de distribution



Ligne BT avec conducteur d'alimentation isolé

- Risque de dégradation de l'isolant (effet UV) et donc de la protection aux contacts directs

Pour ligne HT de tension inférieure à 50 kV

- Pas d'activité à moins de 3 m : → protéger en isolant ou mettre hors tension la ligne
- Entre 3 et 50 m, réaliser une évaluation du risque électrique

Les principaux risques professionnels

- Risque de chutes de hauteur
- Risque électrique

Risque lié à la manutention manuelle de modules et aux contraintes posturales

- Risque lié à une activité extérieure
 - chaleur
 - vent
 - intempéries
- Autres

Port des modules et contraintes posturales

Des panneaux de plus en plus lourds et encombrants à manipuler

Des contraintes posturales contraignantes (sol incliné)



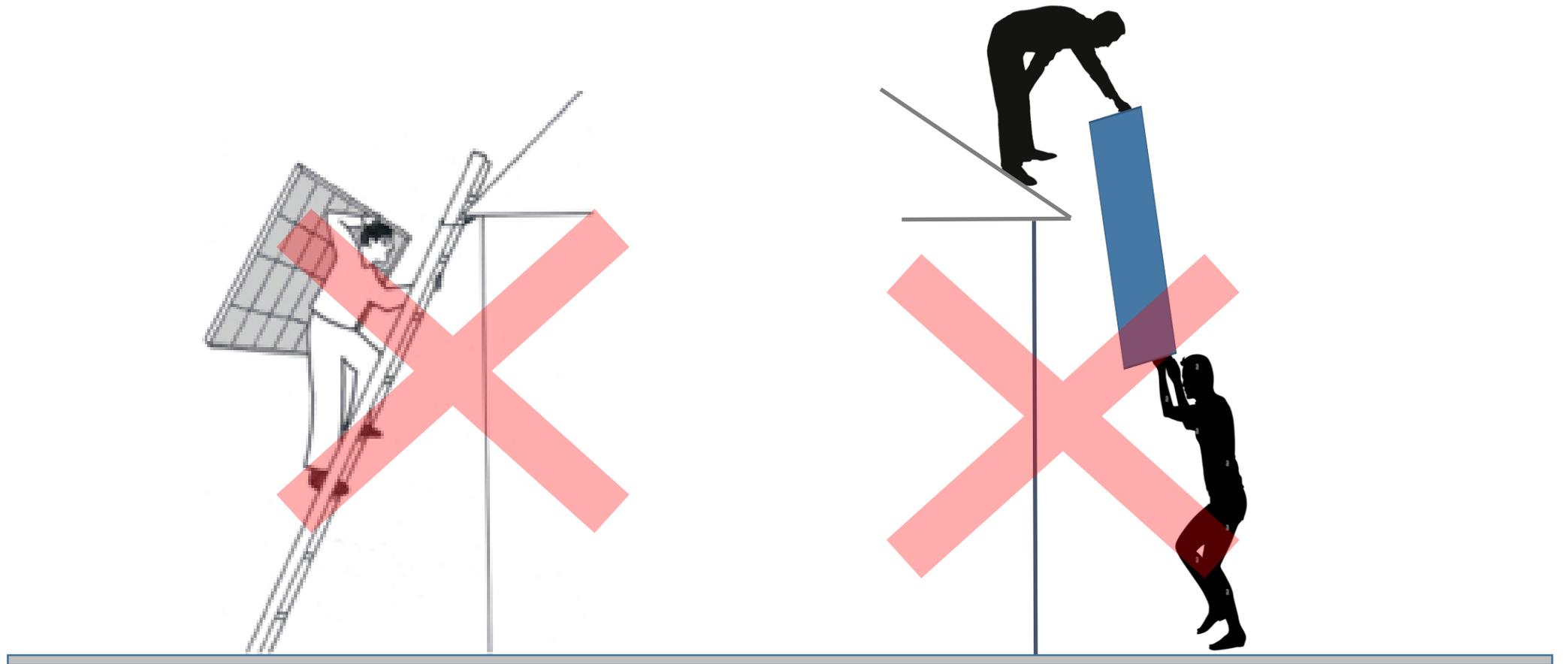
TMS - lombalgie

Manipuler un module à deux selon sa taille et sa masse

S'organiser pour varier les positions

Source : INRS (ED 6161 - [Méthode d'analyse de la charge physique de travail](#))

L'approvisionnement manuel des panneaux



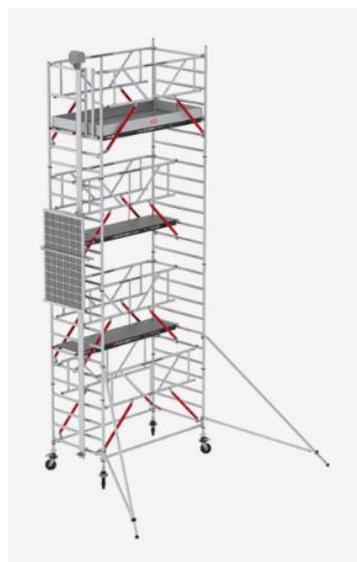
Situations dangereuses

Utiliser des moyens mécaniques de levage adaptés (monte-charge, télescopique, ...)

L'approvisionnement des panneaux

En résidentiel : accessibilité difficile (jardin, ...)
Installation de faible puissance
Peu de modules à approvisionner

Sur bâtiment : accessibilité facilitée (parking, ...)
Installation de puissance importante
Plus de modules à approvisionner



Solution conçue spécifiquement pour le levage de modules photovoltaïques et/ou adaptée en fonction du type de chantier, de son accessibilité et de sa taille

Appareil de levage : (formation, CACES)

Les principaux risques professionnels

- Risque de chutes de hauteur
- Risque électrique
- Risque lié à la manutention manuelle de modules et aux contraintes posturales
- **Risque lié à une activité extérieure**
 - **chaleur**
 - **vent**
 - **intempéries**
- **Autres**

Les risques liés aux conditions météorologiques

- **Le rayonnement infrarouge** = chaleur

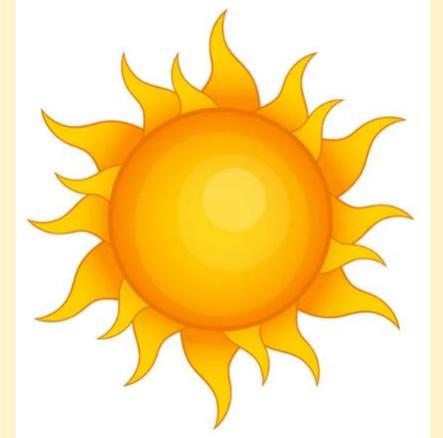
Périodes de chaleur de plus en plus longues, intenses et fréquentes (changement climatique)

Risques :

- Coup de chaleur (hyperthermie), déshydratation,
- Malaise, fatigue, baisse de vigilance → accident, chute
- Brûlures par contact avec les modules PV

- **Le rayonnement ultraviolet** = endommagement des cellules vivantes

Risque pour les yeux et la peau – érythème, cancer



Vent (modules mais aussi nacelle, échafaudage, ...)



Intempéries

Prévention des risques liés aux conditions météorologiques



UV

inrs
Institut National de Recherche et de Sécurité

Période de forte chaleur et travail quelle prévention ?

- Consulter le bulletin météo pour connaître le niveau de vigilance caniculé et prendre les mesures adaptées.
- Aménager les horaires de travail en favorisant les heures les moins chaudes de la journée.
- Limiter le temps d'exposition du salarié au soleil ou effectuer des rotations de tâches.
- Limiter ou reporter le travail physique.
- Modifier voire mécaniser certaines tâches.
- Augmenter la fréquence des pauses de récupération dans des lieux frais.
- Prévoir des sources d'eau potable fraîche et des aires de repos ombragées ou climatisées.
- Éviter le travail isolé.
- Permettre aux salariés d'adapter leur propre rythme de travail.
- Prendre en compte la période d'acclimatation : au minimum sept jours d'exposition régulière à la chaleur.
- Former et informer les salariés sur les risques liés à la chaleur.

Plus d'informations sur : www.inrs.fr/chaleur

Chaleur

Autres situations à risque

Toiture avec couverture amiantée :

- Forte recommandation au désiamantage préalable (première cause de mortalité suite à maladie professionnelle)
- Si installation, elle doit se faire conformément au champ de la réglementation risque amiante (sous-section IV de l'article R4412-94 2)

Découpe d'éléments de toiture (tuile) au moyen de **machines portatives** :

- Choix de machines moins exposantes
- Port des EPI (gants, casques, masques respiratoires) pour prévenir les risques associés (bruit, vibratoire, de coupure, poussières de silice cristalline, ...)

Dérangement d'un nid de guêpes, frelons sous toiture :

- En cas de **piqûre**, surveiller et consulter un médecin si réaction importante

Autres selon l'évaluation des risques à réaliser pour chaque chantier

3. Synthèse et conclusion

Synthèse et conclusion

La pose et la maintenance d'installations photovoltaïques sont des travaux physiques, extérieurs, en hauteur et d'ordre électrique

Identification des principaux risques et proposition de mesures de prévention associées conformément aux principes généraux de la prévention

L'évaluation des risques doit être réalisée spécifiquement pour chaque chantier

L'organisation et la planification des travaux jouent un rôle crucial dans la prévention des risques

Si des questions subsistent...

- Découvrez l'ensemble de nos supports sur

www.inrs.fr

- Vous pouvez adresser vos questions au service assistance de l'INRS *via* la rubrique

Poser une question à l'INRS





Notre métier, rendre le vôtre plus sûr

Merci de votre attention



Ce webinaire sera disponible en replay dans les prochains jours sur le site de l'INRS et sur la chaîne YouTube de l'INRS.

www.inrs.fr

YouTube



in