

Bienvenue



Energie-FR



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'énergie SdE
Amt für Energie AfE

WWW.FR.CH/SDE



Rencontre des expert-e-s CECB fribourgeois-es

28 juin 2024



Deux brèves présentations

Coût de production du kWh PV

Yannick Sauter,
Coordinateur romand
Swissolar

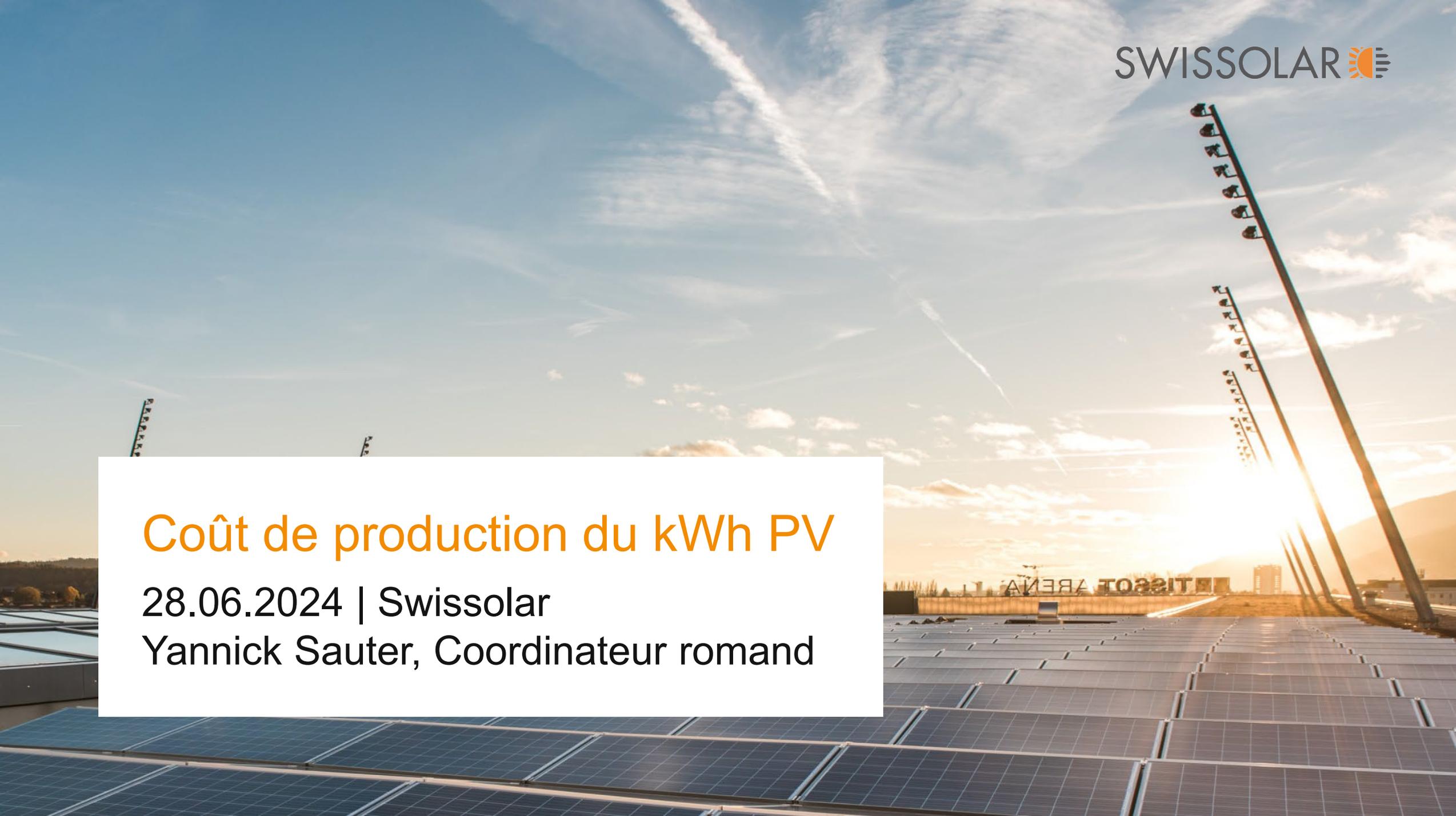
Panneaux photovoltaïques - risques

Harald Brülhart,
Responsable Prévention,
ECAB

Coût de production du kWh PV

28.06.2024 | Swissolar

Yannick Sauter, Coordinateur romand



Swissolar

Association suisse des professionnels de l'énergie solaire

- **Expérience** : actif depuis 1978
- **Membres** : environ 1300 entreprises
- **Collaborateurs** sur trois sites: Zürich, Yverdon-les-Bains, Avegno



Combien coûte un kWh?

- **Coût de revient** -> sans actualisation
- Coût actualisé de l'énergie, (**Levelized Cost of Electricity, LCOE**) [cts/kWh]

Calcul avec la méthode des annuités:

$$\begin{aligned} \text{LCOE (CHF/kWh)} &= \frac{\text{CAPEX} + \text{OPEX (Moyenne annuelle)}}{\text{Production (kWh/an)}} \\ &= \frac{\text{Annuités} + \text{Production (kWh/an)} * \text{Coût d'exploitation (CHF/kWh)}}{\text{Production (kWh/an)}} \end{aligned}$$

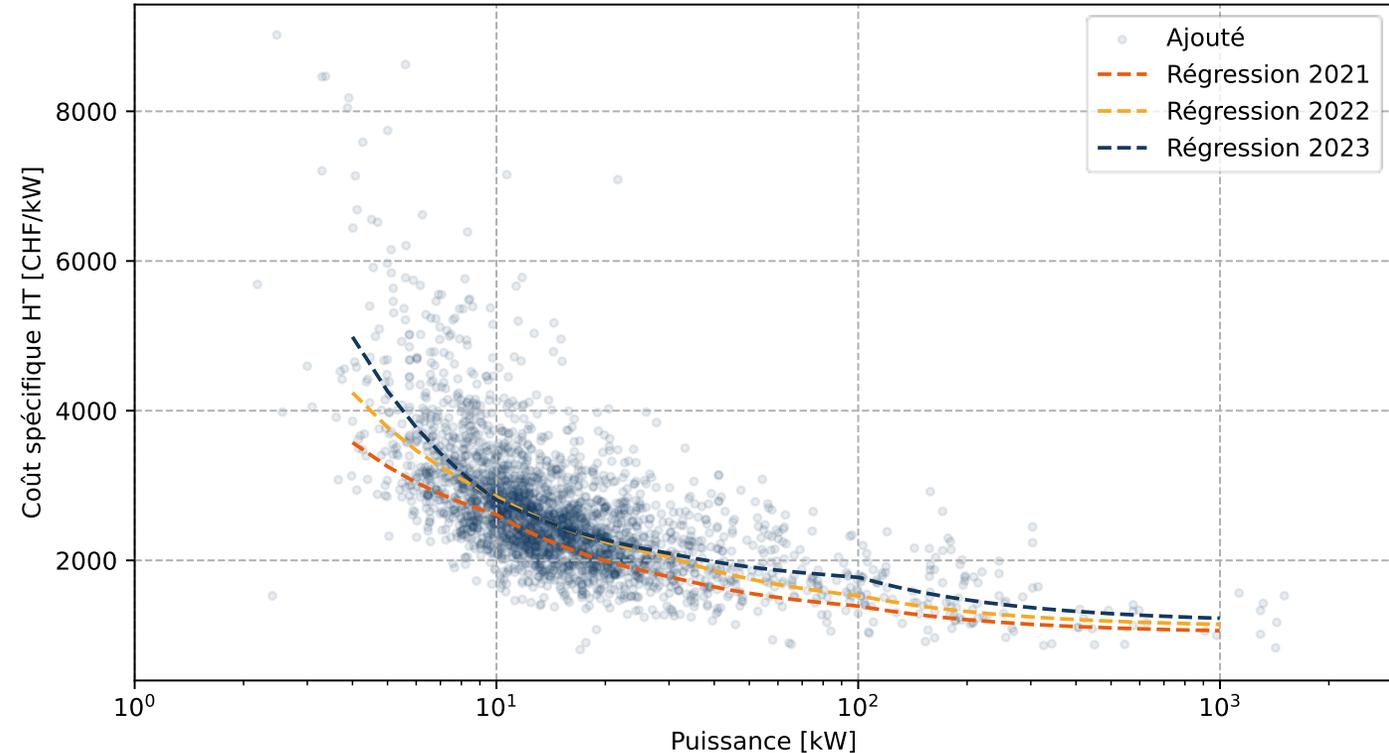
Comment trouver le CAPEX

Une étude est publiée par l'OFEN chaque année sur les prix du marché PV suisse

Le prix dépend principalement de la puissance !

Plus la puissance installée est importante plus le coût spécifique sera faible.

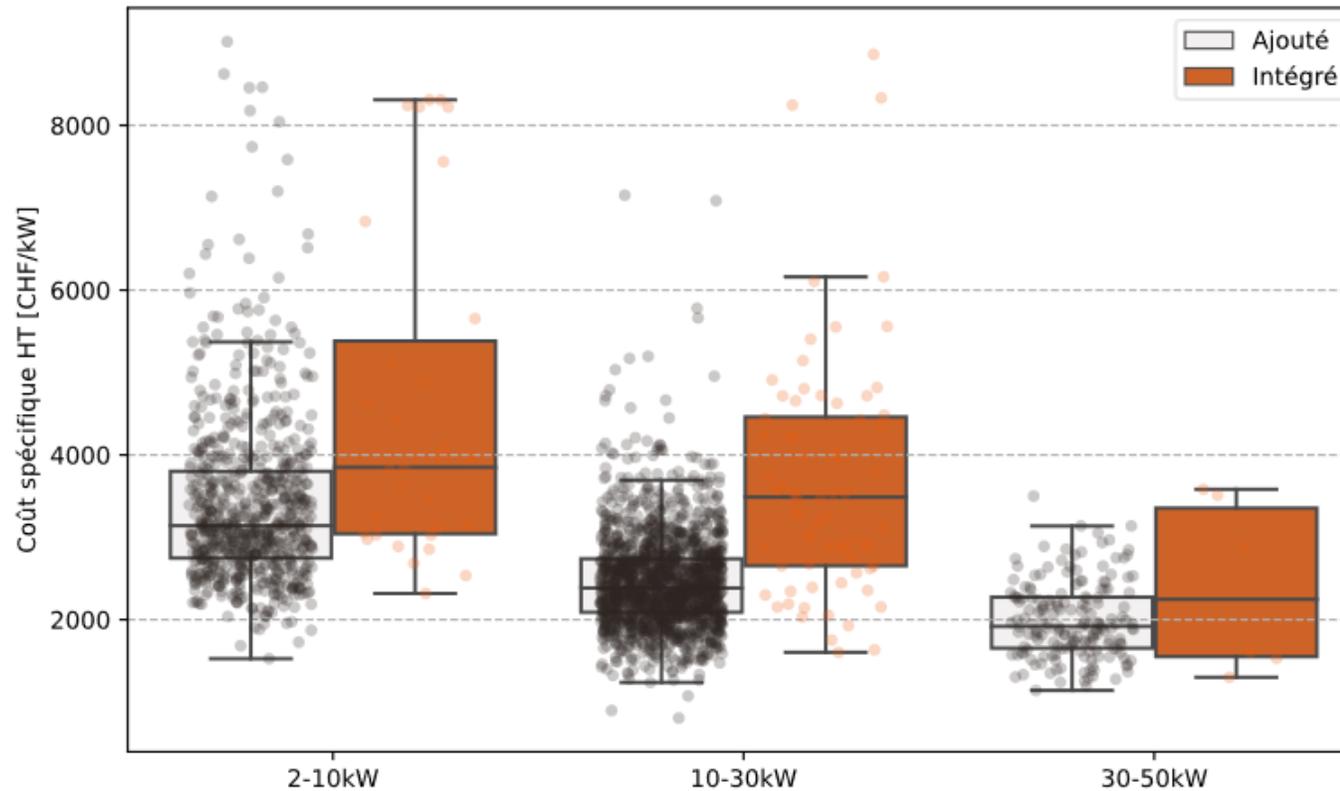
- Prix médian 10-30 kWc:
2400 CHF/kW
- Installations de grandes taille coûtent environ 2x à 3x moins
 - Coûts fixes identiques



Coût spécifique hors taxe des installations photovoltaïques ajoutées en fonction de la puissance installée en échelle logarithmique. La courbe bleue est la régression linéaire par morceaux du coût des installations ajoutées en 2023 exprimée ici en coût spécifique.
Source: [OFEN](#) « Observation des prix de marché photovoltaïque 2023 », 13 juin 2023.

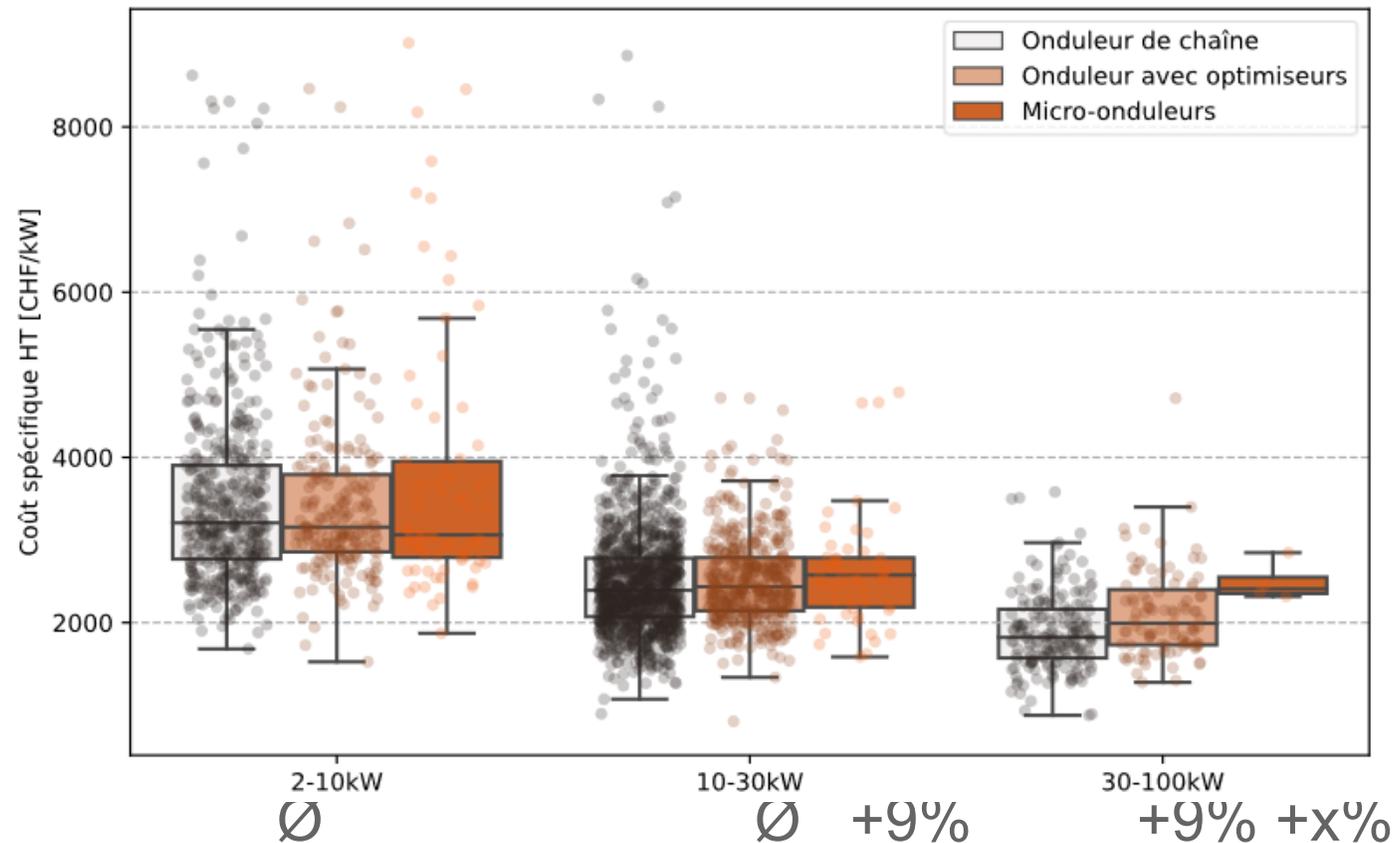
Etude des prix du marché PV 2023 – facteurs d'influence

– Installation intégrée: +20 à +50%



Etude des prix du marché PV 2023 – facteurs d'influence

– Type d'onduleur:



Etude des prix du marché PV 2023 – facteurs d'influence

– Type de toiture

- Peu de différences dans la plage 10-30 kW

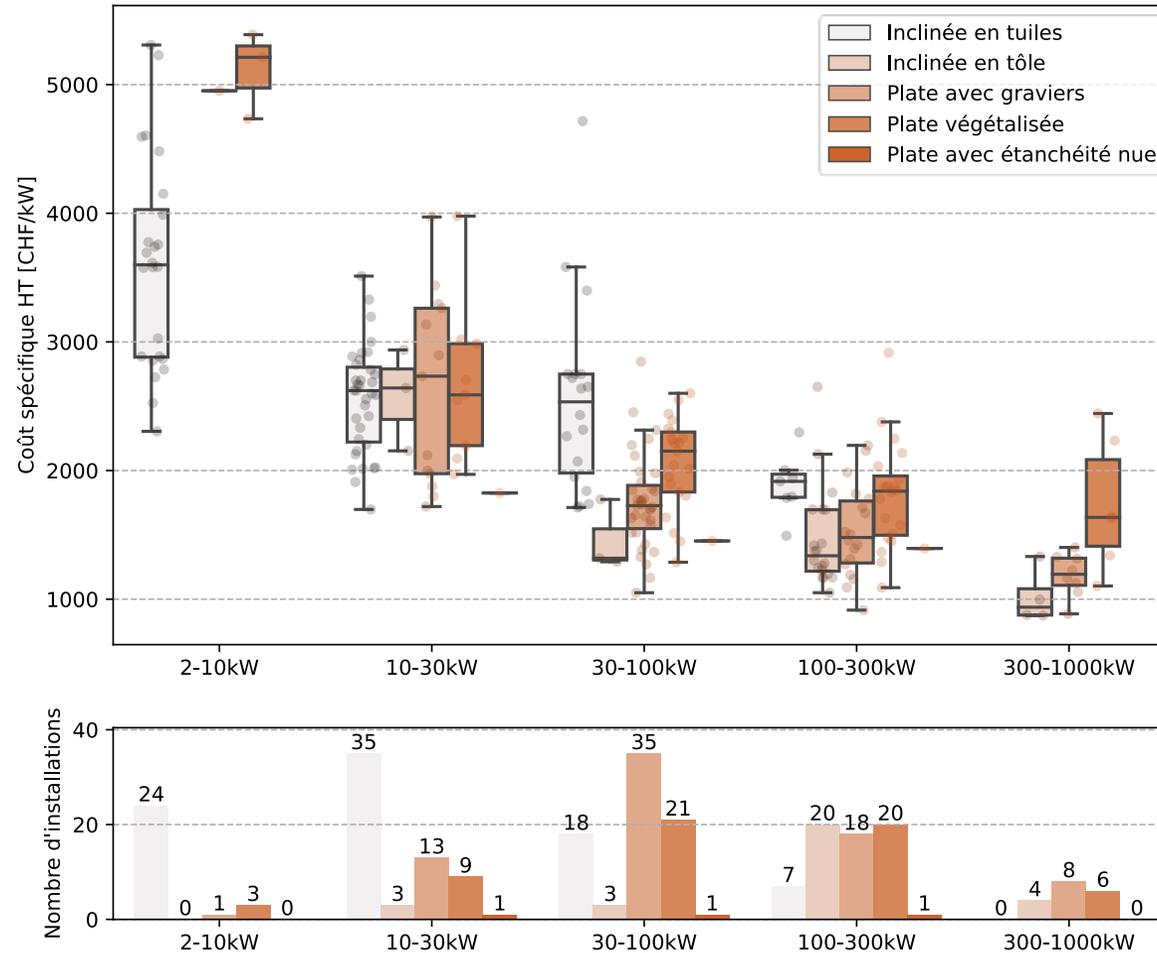


Figure du haut : distribution du coût spécifique hors taxe pour les 5 types de toiture et plages de puissance.

Figure du bas : nombre d'installations correspondantes.

Source: [OFEN](#) « Observation des prix de marché photovoltaïque 2023 », 13 juin 2024.

Etude des prix du marché PV 2023 – facteurs d'influence

Divers facteurs :

- **Bâtiment protégé:**
 - peut engendrer des surcoûts importants (matériel spécifique)
- **Raccordement et tableaux électriques;**
 - le coût peut vite augmenter si une nouvelle armoire doit être posée, si le local électrique n'est pas suffisamment dimensionné ou si le câble d'introduction doit être remplacé.
- **RCP (Regroupement pour la consommation propre):**
 - modification du tableau électrique, pose de compteurs privés

Comment trouver l'OPEX

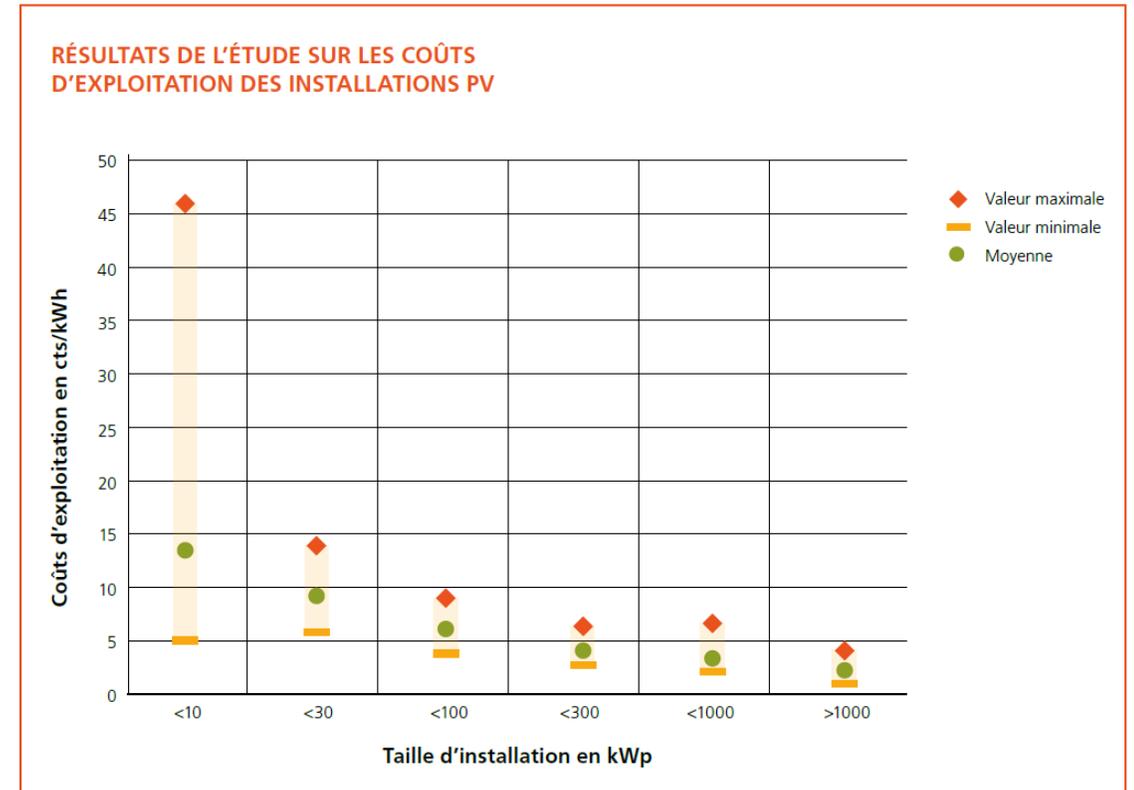
- Coûts d'exploitation, d'entretien et de maintenance de l'installation PV:
 - Réparation, remplacement et entretien
 - Monitoring
 - Nettoyage
 - Assurance (ECAB) et gestion
- On peut aussi réaliser pour chaque année une prévision individuelle (par ex. remplacement de l'onduleur dans la 10ème année)
- Les coûts d'entretien peuvent être soumis à une augmentation des prix

Coûts d'exploitation et maintenance

Les coûts d'entretien sont couramment calculés comme une fraction de la production électrique. Les valeurs suivantes sont réalistes:

- Petites installations: 3-5 ct./kWh
- Moyennes installations: 3-4 ct./kWh
- Grandes installations: 1.7-3 ct./kWh
- Très grandes installations: 1.4-3 ct./kWh

Une valeur moyenne réaliste pour les OPEX est **3 centimes/kWh**



SuisseEnergie : coûts d'exploitation des installations PV

Coût de l'énergie pour 10kW, 15kW et 150kW

Hypothèses et calculs:

| | 10 kW | 15 kW | 150 kW |
|----------------------|-------------|-------------|-------------|
| Investissement brut* | CHF 28'092 | CHF 36'777 | CHF 235'992 |
| Subvention | CHF 3'800 | CHF 5'700 | CHF 45'890 |
| Productible | 1050 kWh/kW | | |
| Production annuelle | 10'500 kWh | 15'750 kWh | 157'500 kWh |
| Coût de l'entretien | 4 cts/kWh | 3.5 cts/kWh | 3 cts/kWh |
| Durée de vie | 25 ans | | |

* Selon formule [OFEN](#) « Observation des prix de marché photovoltaïque 2023 », 13 juin 2024

Exemple LCOE pour une installation de 10 kW

– Production annuelle = 10 kW * 1050 kWh/kW = 10'500 kWh

– Coût forfaitaire de l'entretien = 4cts. /kWh

– Annuité :

$$\begin{aligned}\text{Annuité} &= \text{Investissement} * \text{ANF}(\text{durée}, \text{intérêt}) = \text{Investissement} * \text{ANF}(25, 2\%) \\ &= 28'092 * 5.12\% \\ &= 1243,8 \text{ CHF/année}\end{aligned}$$

Coût actualisé de l'énergie = 1243,8 / 10'500 * 100 + 4 cts./kWh = 15,85 cts/kWh

Résultats de plusieurs installations

| | 10 kW | 15 kW | 150 kW |
|------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| Investissement nette | CHF 24'292 | CHF 31'077 | CHF 190'102 |
| Production annuelle | 10'500 kWh | 15'750 kWh | 157'500 kWh |
| Coût de l'entretien (ct/kWh) | 4 | 3.5 | 3 |
| Temps de vie | 25 | 25 | 25 |
| Annuité | CHF 1'243 | CHF 1'591 | CHF 9'733 |
| LCOE [ct/kW] | 15.85 | 13.60 | 9.18 |



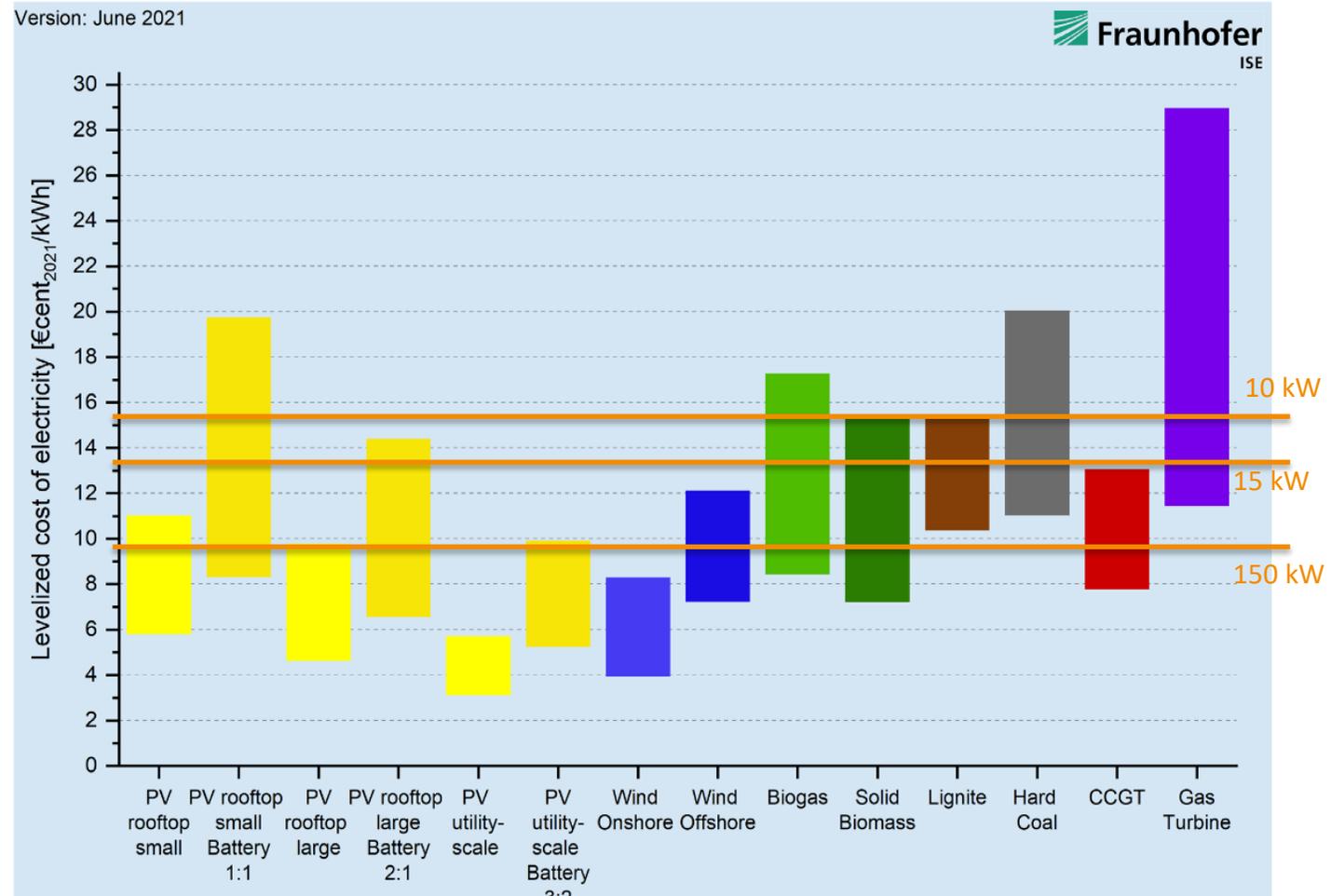
Plus l'installation est **grande** et donc puissante,
plus le **prix de revient baisse**

Autres exemples de coûts de production électrique

- On voit que le PV se situe dans les prix les moins chers !

LCOE des technologies d'énergie renouvelable et des centrales électriques conventionnelles sur différents sites en Allemagne en 2021. Le ratio pour les systèmes de batteries photovoltaïques exprime la puissance photovoltaïque (kWp) sur la capacité de stockage de la batterie (kWh).

Source: [Fraunhofer ISE](#), 2021, Levelized Cost of Electricity- Renewable Energy Technologies



Comparaison au prix de l'électricité

Le tarif standard de l'électricité chez [Groupe E](#) en 2024 est de **32.4 cts/kWh**:

- 12.22 ct./kWh pour l'utilisation du réseau
- 17.88 ct./kWh pour l'énergie
- 0 ct./kWh de taxes (variable selon canton et communes)
- 2.3 ct./kWh de supplément réseau pour énergies renouvelables (art 35 LEne)

Que paient les consommateurs finaux?

Tarif énergétique

- 50 % Énergie soutirée

Tarif d'utilisation de réseau

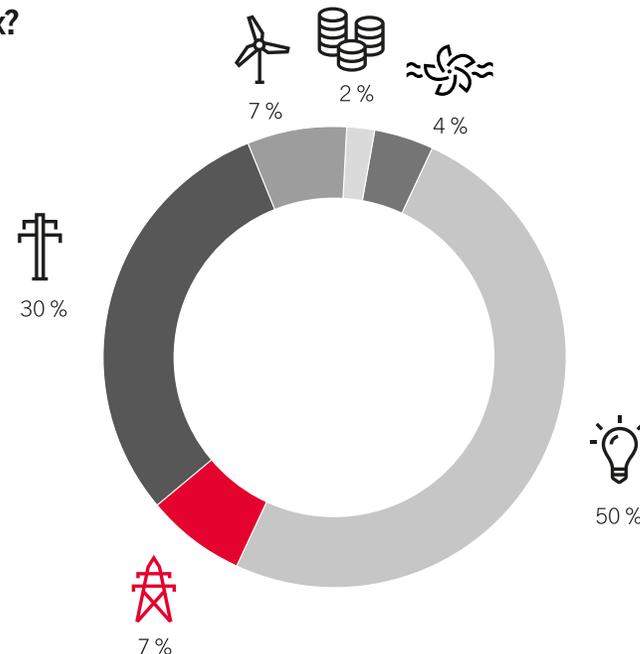
- 7 % Réseau de transport (Swissgrid)
- 30 % Réseaux de distribution

Redevances

- 7 % Subventiones énergies renouvelables
- 2 % Redevances cantonales et communales

Nouvelle composante depuis 2024

- 4 % Réserve d'électricité



Source: [Swissgrid](#), Tout savoir sur l'électricité

PV en façades

- Le profil de production dépend fortement de l'azimut et de la saison
- Coût spécifique moyen: 3500 CHF/kW (selon expérience Planair)
- Coût de revient moyen estimé:
 - 24 ct./kWh (Sud, 770 kWh/kWh de productible)

Production journalière

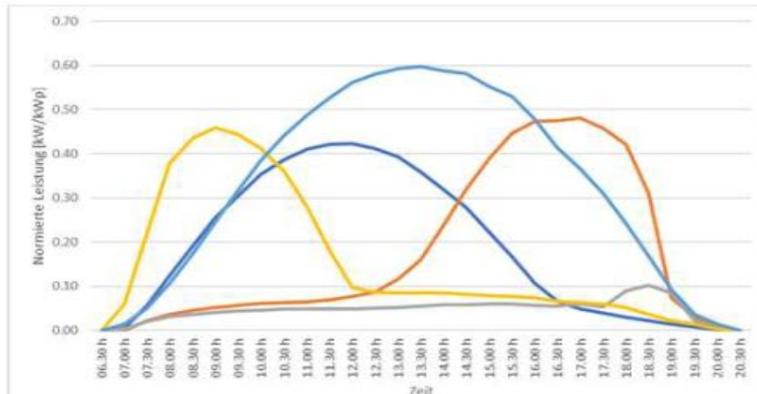
Sud-Est

Sud-Ouest

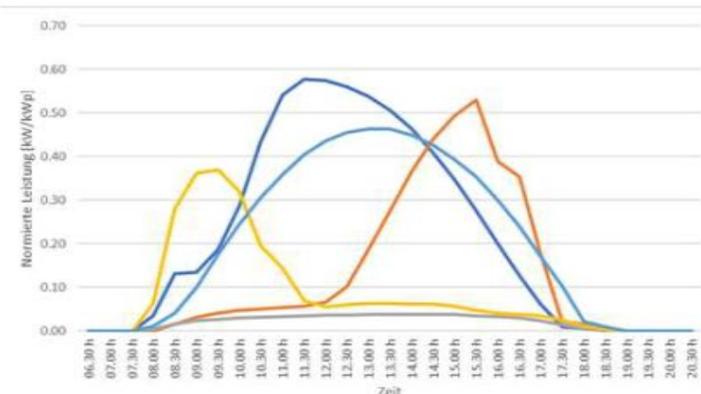
Nord-Ouest

Nord-Est

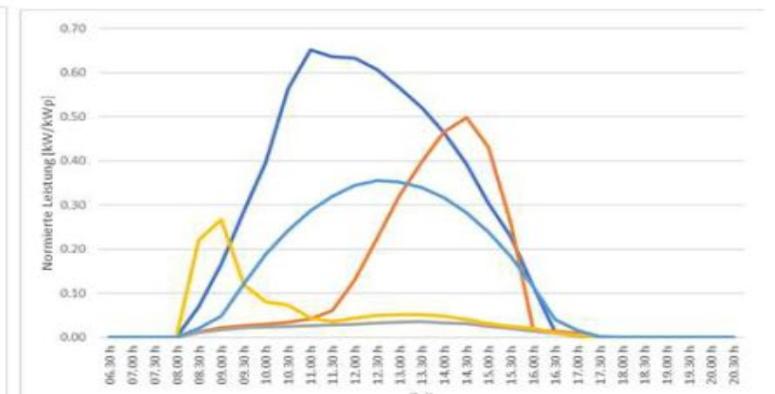
Toiture



Été (23.08.23)



Automne/printemps (11.10.23)



Hiver (03.02.24)

Source: Christian Renken, [22. Schweizer Photovoltaik-Tagung](#), 21./22. März 2024, STCC Lausanne

Comparaison finale

| | 10 kW | 15 kW | 150 kW | Façade sud | Façade est |
|--------------|-------|-------|--------|------------|------------|
| LCOE [ct/kW] | 15.8 | 13.6 | 9.2 | 23.8 | 29.5 |

- Prix de l'énergie chez Groupe E en 2024: 17.88 cts/kWh
- Rétribution de reprise de Groupe E en 2024 : 14.45 ct/kWh

Fragen | Inputs | Diskussion



RENCONTRE DES EXPERT-E-S CECB FRIBOURG



Panneaux photovoltaïques - risques incendies
28 juin 2024

THEMES

- ▶ INTRODUCTION
- ▶ DANGERS D'INCENDIE
- ▶ MESURES DE PROTECTION INCENDIE
- ▶ DANGERS NATURELS
- ▶ DISCUSSION



INTRODUCTION

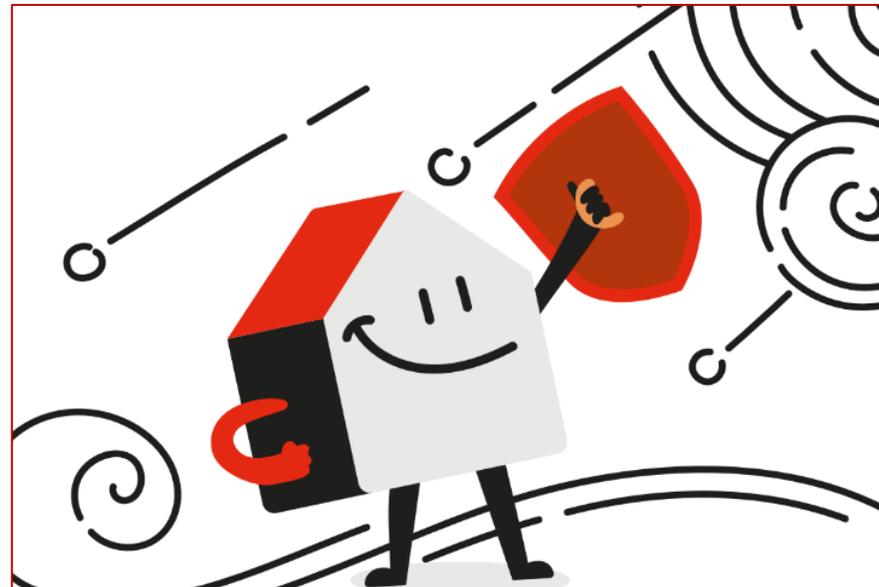
CONTEXTE ET COLLABORATION

OBJECTIFS DE NOS MESURES D'ASSAINISSEMENT

RENFORCER LA PROTECTION ET LA DURABILITE DES BÂTIMENTS

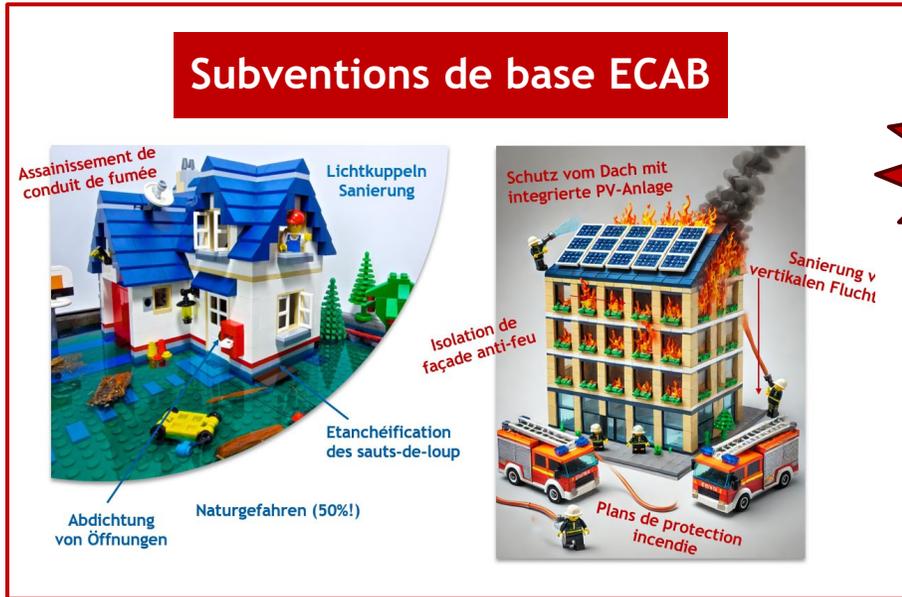
Grâce aux subventions d'assainissement et au doublement de montants, taux et limites en cas de rénovation énergétique, l'ECAB **favorise l'intégration des mesures de protection contre les incendies et les dangers naturels aux projets de rénovation** et s'engage en faveur de la durabilité.

Du 1^{er} juin 2024 au 31 décembre 2026



DOUBLEMENT DES SUBVENTIONS

Subventions de base ECAB



X 2

=

Subventions pour rénovation énergétique



Le Programme Bâtiments Fribourg
Assainir, ça paye.

Renovieren Sie mit dem Gebäudeprogramm und schützen Sie Ihr Haus.

Die KGV verdoppelt ihre Subventionen!



Das Gebäudeprogramm
Sanieren und profitieren.



ECAB
KGV



ecab.ch

PLATEFORME DE SUBVENTIONNEMENT FÖRDERPLATTFORM

1

Energieförderprogramm KGV Freiburg  Angemeldet als rossierandre@bluewin.ch Hilfe / Kontakt Sprache

Willkommen auf der Förderplattform der kantonalen Gebäudeversicherung

Übersicht Meine Daten Adressbuch Liegenschaften **Ihre Gesuche**

Neues Gesuch

Massnahme Eigentümerschaft und Kontakte Liegenschaft Massnahmenspezifische Daten Anhänge Zusammenfassung Einreichen

Verstärkung und Abdichtung von Gebäuden

- Verstärkung von Lichtkuppeln
- Abdichtung von Öffnungen
- Abdichtung von Lichtschächten

Brandschutz

- Sanierung von Abgasanlagen (Schornsteinsanierung)
- Ertüchtigung von vertikalen Fluchtwegen (Treppenhäuser)

Isolierung

- Nicht brennbare Fassadendämmung
- Anbringen einer feuerfesten Schicht im Dach unter einer integrierten Photovoltaikanlage

Mit der Massnahme soll der dauerhafte Hagelwiderstand der Lichtkuppeln erhöht werden.

Der Beitrag wird für Gebäude gewährt, deren Bau vor dem 1. Januar 2020 bewilligt wurde. Der Ersatz bestehender Lichtkuppeln durch Kuppeln aus Kunststoff ist von dieser Subventionierung ausgeschlossen.

Die Arbeiten müssen unter Einhaltung der geltenden Vorschriften durch qualifizierte Fachkräfte ausgeführt werden. Die Zuschüsse müssen vor Beginn der Arbeiten bei der KGV beantragt werden.

Die Informationen zu den Beiträgen bezüglich Brandschutz und Schutz vor Naturgefahren sowie die Ansprechpersonen finden Sie auf der KGV-Website.

[Informationen zu den KGV-Beiträgen und Kontakte](#)

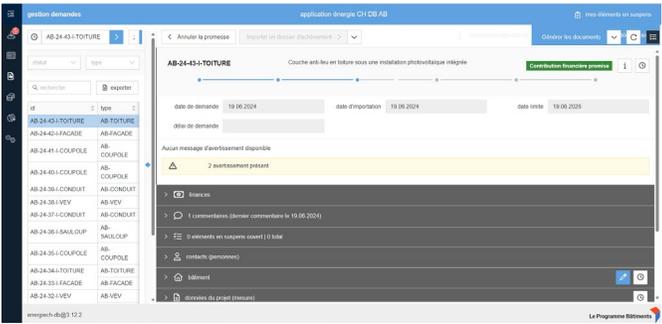
ABBRECHEN WEITER

2

Gestion du processus d'attribution de subvention



Centre de compétences Prévention



The screenshot shows a web application interface for managing subsidy requests. It includes a search bar, a list of requests with columns for ID, type, and status, and a detailed view of a specific request (AB-24-43-TOITURE) with fields for dates and a status indicator.

**~10'000 CHF de subventions
en cours d'attribution**

Objectif de l'action



Privilégier une approche complète du bâtiment



OFFRE PARTENAIRE CECB & ECAB

OFFRE, SUBVENTIONS, RÔLES DES EXPERTS

Offre partenaire

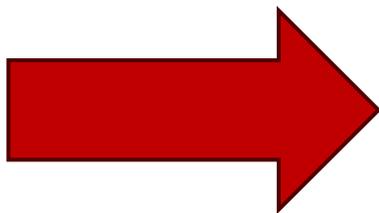
- ▶ Une **nouvelle prestation** dans le cadre des évaluations CECB
- ▶ La réalisation d'un **complément au CECB pour le propriétaire** sous forme de conseil
- ▶ Le **financement d'une évaluation du bâtiment** d'un point de vue de la protection incendie et des dangers naturels
- ▶ **300 CHF par analyse de l'expert CECB**
- ▶ Une possibilité supplémentaire de **service au client** sous forme de conseils en matière de protection dangers naturels et incendies
- ▶ Une première orientation par l'Expert CECB vers les subventions ECAB

2024_09_04_Formation complémentaire dans le cadre des expertises CE CB : Evaluation du potentiel de protection du bâtiment contre les dangers naturels et les incendies

Formation offerte



Formation offerte



Dates de cours

04.09.2024 14:00 - 17:00

Centre de formation ECAB, Route de Châtillon 31, 1725 Posieux, Suisse

DANGERS INCENDIES



Dangers inhérents au courant électrique

- ▶ Le courant électrique (quelques Ampères) n'est pas énorme mais **permanent**
- ▶ Les **connexions** sont souvent sources de **mauvais contacts** et surchauffent
- ▶ Les panneaux peuvent présenter eux-mêmes des **points chauds** (hot spot)





Isolation en laine de bois



Lignes DC
dans un canal
métallique

Stringbox

Dangers inhérents au courant électrique

- ▶ Le courant électrique (quelques Ampères) n'est pas énorme mais permanent
- ▶ Les connexions sont souvent source de mauvais contacts et surchauffent
- ▶ Les panneaux peuvent présenter eux-mêmes des points chauds (hot spot)
- ▶ Les tensions électriques sont élevées (>1'000 Volt) et présentent un risque pour les S-P (choc électrique, obstacle à l'eau d'extinction, chute d'éléments, etc)





Mesures de protection incendie - Exigences AEAI

Les installations solaires revêtues d'une enveloppe extérieure incombustible et **placées en surimposition** de toits plats ou de toits inclinés qui répondent aux prescriptions de protection incendie AEAI **ne sont pas soumises à des exigences supplémentaires** de protection incendie.



Mesures de protection incendie - Exigences AEAI

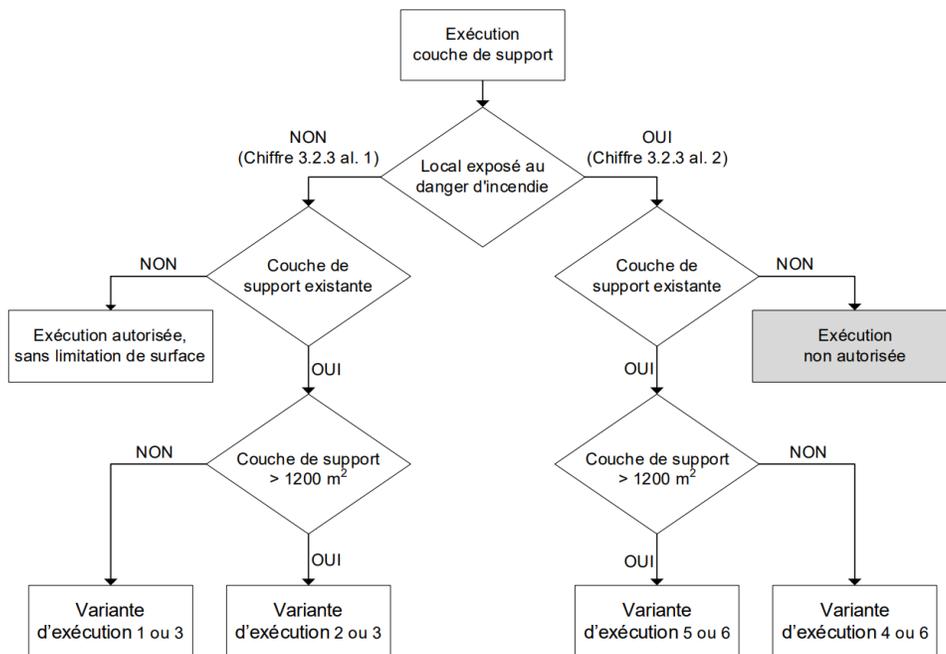
Pour les installations solaires intégrées au bâti qui présentent une **surface > 1200 m²** et sont dotées d'une couche de support, cette dernière doit être exécutée en matériaux de construction **RF1**.

Les installations solaires intégrées au bâti doivent être **séparées des locaux exposés au danger d'incendie** par une couche de support étanche à la poussière, stable et couvrant intégralement les surfaces correspondant à ces locaux.

Exigences AEA1

ad chiffre 3.2.3 Exigences concernant la couche de support

Exigences en matière de couche de support pour les installations solaires intégrées au toit, en fonction du local situé en dessous :



| Variante d'exécution | Description |
|----------------------|--|
| Variante 1 | Couche de support en matériaux de construction combustibles. |
| Variante 2 | Couche de support en matériaux de construction combustibles, à condition que l'espace vide entre l'installation solaire et la couche de support soit divisé en champs $\leq 1200 \text{ m}^2$ au moyen de séparations d'au moins 0,5 m de large et constituées de matériaux de construction RF1. |
| Variante 3 | Couche de support en matériaux de construction RF1. |
| Variante 4 | Couche de support étanche à la poussière, stable et couvrant intégralement la surface correspondant aux locaux exposés au danger d'incendie, en panneaux de bois au minimum constitués de matériaux de construction RF3. |
| Variante 5 | Couche de support étanche à la poussière, stable et couvrant intégralement la surface correspondant aux locaux exposés au danger d'incendie, en panneaux de bois au minimum constitués de matériaux de construction RF3, à condition que l'espace vide entre l'installation solaire et la couche de support soit divisé en champs $\leq 1200 \text{ m}^2$ au moyen de séparations d'au moins 0,5 m de large et constituées de matériaux de construction RF1. |
| Variante 6 | Couche de support étanche à la poussière, stable et couvrant intégralement la surface correspondant aux locaux exposés au danger d'incendie, en tôles profilées ou panneaux de construction RF1. |

NOUVELLES SUBVENTIONS PREVENTION



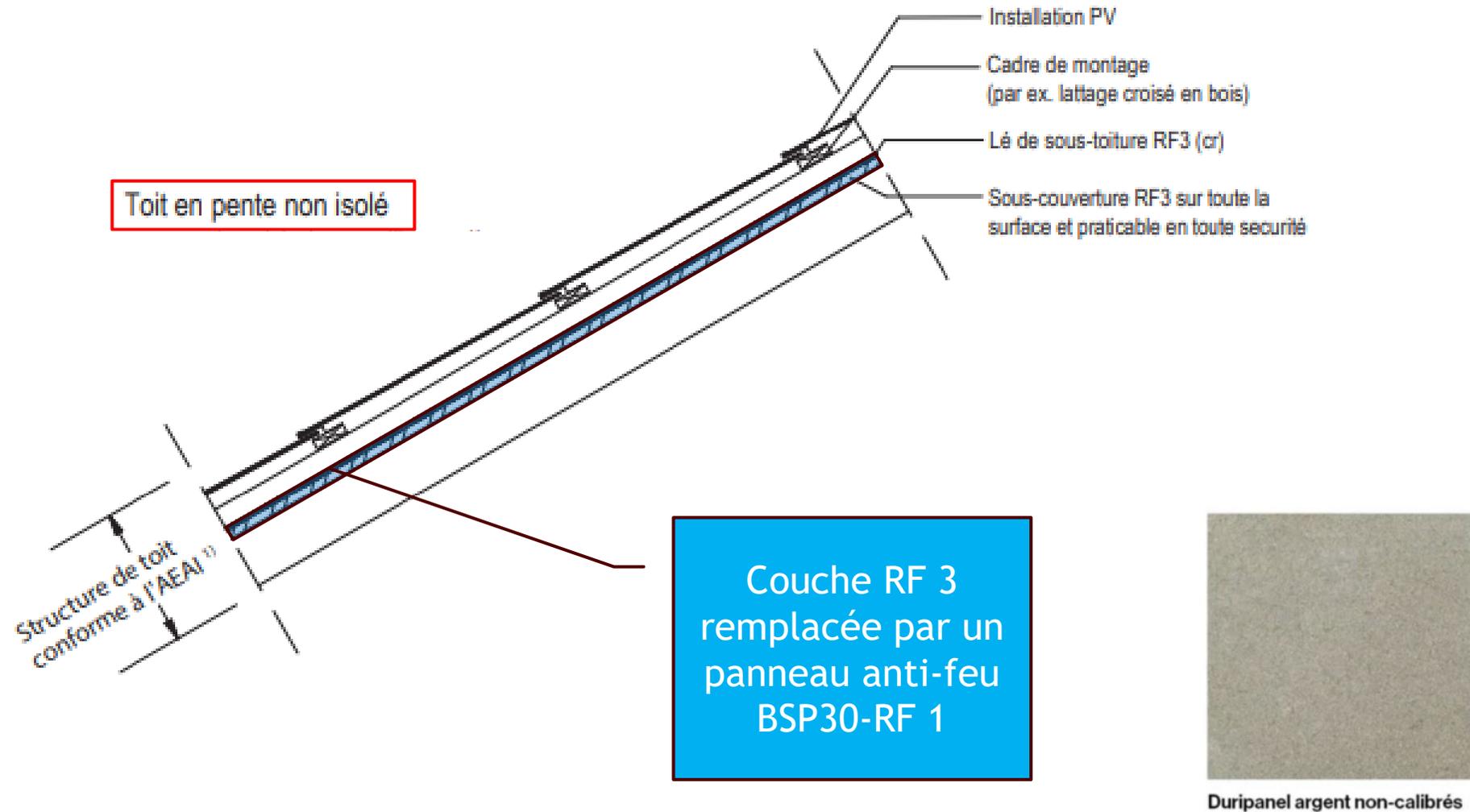
PROTECTION INCENDIE - Subsidés doublés dans le cadre de l'action

Assainissement du conduit de fumée et de l'enveloppe

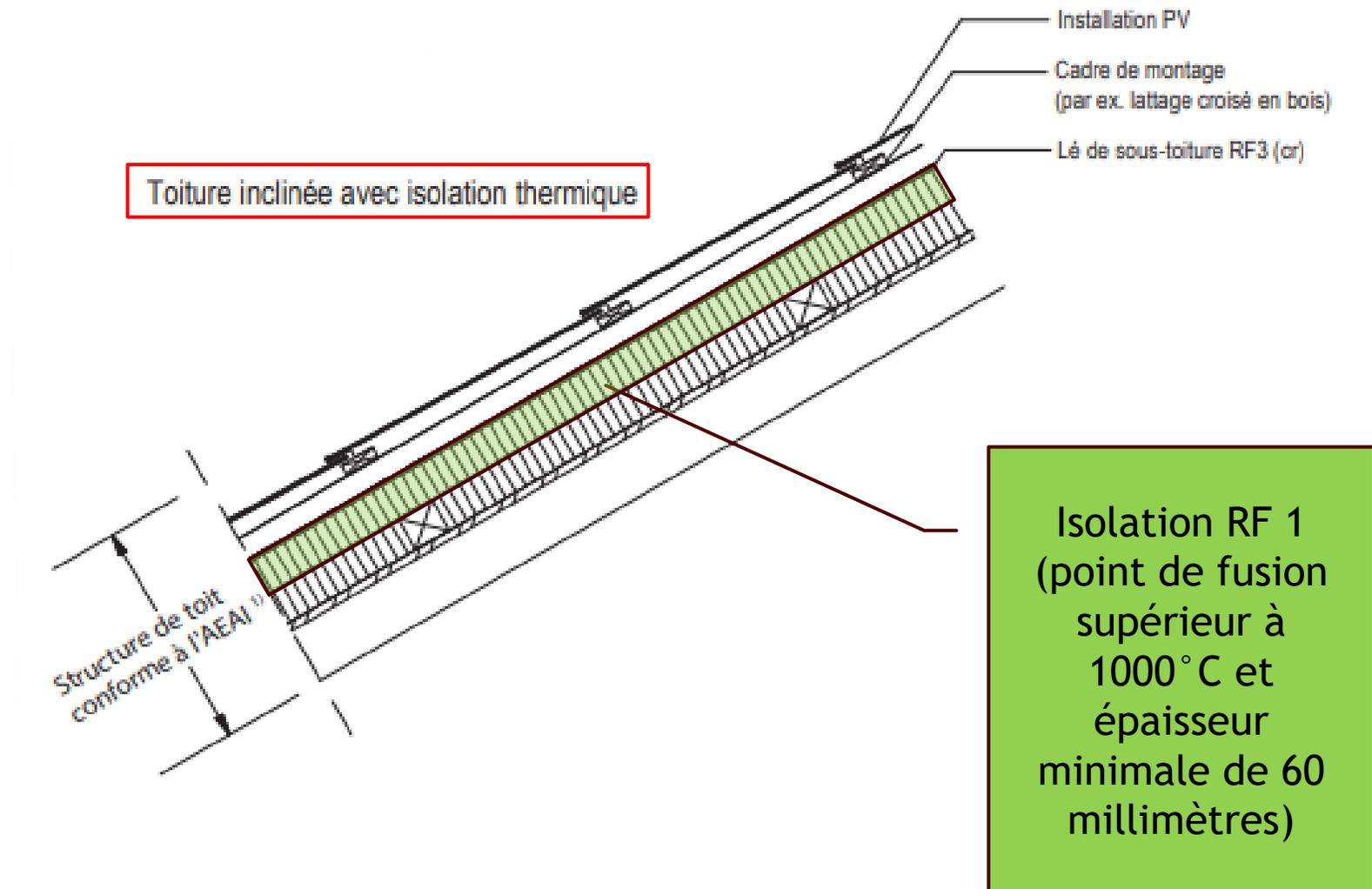
| Élément | Mesures de base | Mesures de base + Rénovation énergétique (Programm Bâtiments) |
|---|---|---|
| Protection de la toiture avec PV intégrés | 40 CHF par m2 d'isolation RF1 ou d'un panneau BSP 30-RF1 Montant maximal de 10'000 CHF | 80 CHF par m2 d'isolation RF1 ou d'un panneau BSP 30-RF1 Montant maximal de 20'000 CHF |

La mesure subventionnée consiste à ajouter **un panneau anti-feu BSP 30-RF1** ou ajouter **une couche d'isolation en matériaux de constructions RF1, avec un point de fusion supérieur à 1000 °C et une épaisseur minimale de 60 millimètres,** conformément aux exigences des prescriptions de protection incendie AEAI en la matière.

Installation photovoltaïque



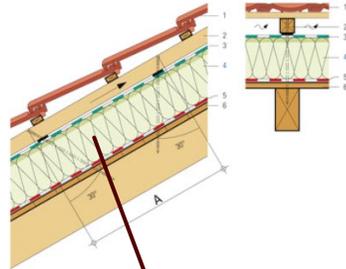
Installation photovoltaïque



Solutions techniques

Isolation sur chevrons, «toiture Flums»

C205



Légende

- 1 Couverture
- 2 Contre-lattes min. 60/60 mm
- 3 Sous-couverture perméable à la vapeur d'eau
- 4 Panneau isolant Flumroc PARA (H160)
- 5 Pare-vapeur et étanchéité à l'air
- 6 Lambrissage

A = selon base de calcul

Produits pour cette solution

→ Panneau isolant Flumroc PARA

DONNÉES TECHNIQUES

TÉLÉCHARGEMENTS

| Critères | Unité | | | | | | |
|--|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Epaisseur d'isolation | mm | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 |
| Coefficient de transmission thermique U | | | | | | | |
| Valeur moyenne selon norme SIA 180 | W/(m ² K) | 0.266 | 0.233 | 0.207 | 0.187 | 0.170 | 0.157 |
| Théorique, sans pont thermique | W/(m ² K) | 0.255 | 0.222 | 0.196 | 0.176 | 0.160 | 0.146 |
| Conductance thermique dynamique U ₂₄ | W/(m ² K) | 0.229 | 0.190 | 0.158 | 0.131 | 0.109 | 0.089 |
| Indice d'affaiblissement acoustique pondéré R _w | env. dB | 44* | 44* | 45* | 45* | 46* | 47* |
| Terme d'adaptation du spectre C; C _{tr} | dB | -3; -8 | -3; -8 | -3; -8 | -3; -8 | -3; -9 | -3; -9 |

*avec couverture ardoise +3 dB

Flumoc Para

ISORIGID

11-100
Toitures inclinées - Isolation dans la structure porteuse

Sans couche d'isolation supplémentaire intérieure - Panneau isolant de sous-toiture ISORIGID / Revêtement lambris

Description Produits associés Documents

ISORESIST 1000 035 PR

Informations techniques

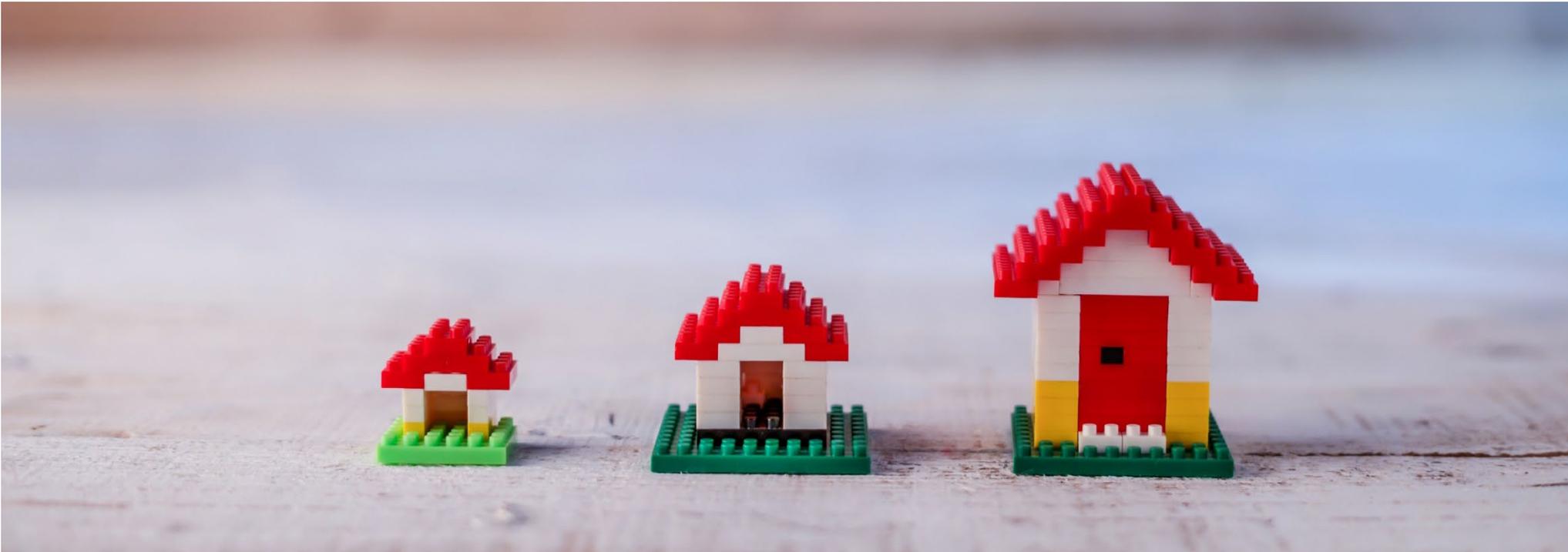
1. Tuile en terre cuite / Lattage
2. Contre-latte / Vide d'aération
3. Sous-couverture souple selon SIA 232/1, p.ex. INTEGRA ZUB
4. Panneau isolant de sous-toiture ISORIGID, λD = 0.036 W/(m K)
5. Isolation thermique et phonique PB M 030, λD = 0.030 W/(m K)
6. Pare-vapeur / Etanchéité à l'air VARIO XTRA
7. Lattage / Tubes électriques
8. Lambrissage 13 mm



Interventions des sapeurs-pompiers

- ▶ En cas d'urgence (incendie, événement naturel, etc.), les sapeurs-pompiers doivent pouvoir **intervenir le plus rapidement** possible sans être gênés, pour sauver des personnes, sécuriser un secteur ou lutter contre le feu. Il est capital qu'ils **ne soient pas exposés à un risque** significativement accru par la présence d'installations solaires.
- ▶ Lorsqu'un bâtiment reçoit une installation solaire, le maître d'ouvrage est tenu d'en **informer l'état-major des sapeurs-pompiers**.





DISCUSSION

**Démarrage de
l'action :**

1^e juin 2024

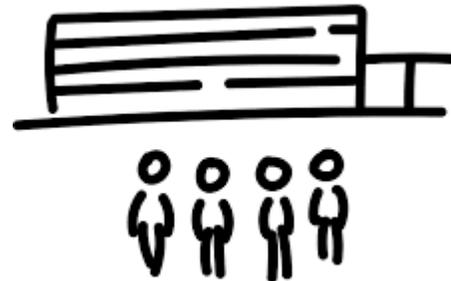
**Fin de l'action:
31 décembre
2026**



Vos contacts à l'ECAB

prevention@ecab.ch

+ 41 26 566 41 60



The End

MERCI POUR VOTRE PARTICIPATION!

Merci

Des questions ?



ETAT DE FRIBOURG
STAAT FREIBURG

Service de l'énergie SdE
Amt für Energie AfE

WWW.FR.CH/SDE



Energie-FR

Halle bleue
Passage du Cardinal 13B
1700 Fribourg

energie-fr@hefr.ch

