



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement, des
transports, de l'énergie et de la communication DETEC

Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Recherche énergétique et Cleantech

Rapport final du 11 Avril 2022

Toiture photovoltaïque partiellement inclinée et intégrée dans la structure

Photovoltaic roof partially inclined and integrated into the structure



Source : © XY 2021



Date: 14.04.2022

Lieu: Berne

Prestataire de subventions:

Office fédéral de l'énergie OFEN
Section Recherche énergétique et cleantech
CH-3003 Berne
www.ofen.admin.ch

Bénéficiaires de la subvention :

BAUBOX Sàrl
Chemin de Monetilly 10, CH-1007 Lausanne

Designergy SA
Via Pra Proed 1, CH-6534 San Vittore
www.designergy.ch

Auteur(s):

Romain Paillard, Baubox Sarl, rp@graham-group.ch

Suivi du projet à l'OFEN:

Men Wirz, men.wirz@bfe.admin.ch

Numéro du contrat de l'OFEN: SI/501459-02

Les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions du présent rapport.



Zusammenfassung

Dieses Pilotprojekt wurde im Rahmen einer Aufstockung in der Gemeinde Genf, Rue Guye 1-3-5-7, durchgeführt. Es betraf ein Gebäude mit vier Gängen, das sich ursprünglich über vier Stockwerke und ein Attikageschoss erhob. Das Projekt bestand darin, das Attikageschoss in ein Standardgeschoss umzuwandeln und zwei zusätzliche Stockwerke hinzuzufügen. In den bestehenden Wohnungen vom Erdgeschoss bis zum vierten Stock wurden die Außenfenster ausgetauscht und eine mechanische Belüftung eingebaut, die bislang fehlte. Das Flachdach des ursprünglichen Gebäudes war abgesehen von den Aufzugsschächten frei von technischen Installationen. Im Rahmen dieses Projekts schlug die Firma Designergy das TCR-Modulsystem vor, das in das neue Dach integriert werden sollte. Da diese Elemente für Schrägdächer konzipiert sind, wurde eine Giebelakroterie errichtet, um das Erscheinungsbild des Gebäudes nicht zu verändern. Die PANTS wurden also in das Gebäude integriert, ohne vom Boden aus sichtbar zu sein. Leider musste der Lieferant der Solaranlage Konkurs anmelden, weshalb das Projekt nicht vollständig umgesetzt und fertiggestellt werden konnte.

Résumé

Ce projet pilote a été réalisé dans le cadre d'une surélévation sur la commune de Genève, rue Guye 1-3-5-7. Il concerne un bâtiment de 4 allées s'élevant à l'origine sur quatre niveaux et un attique. Le projet a consisté à transformer l'attique en étage standard et ajouter deux étages complémentaires. Les appartements existants du rez au 4^{ème} étage ont fait l'objet d'un remplacement des menuiseries extérieures et de l'apport d'une ventilation mécanique jusqu'ici inexistante. La toiture plate du bâtiment d'origine était vierge de toute installations techniques hormis les massifs de cages d'ascenseurs. Dans le cadre de ce projet, la société Designergy a proposé le système de module TCR et de l'intégrer dans la nouvelle toiture. Ces éléments étant conçus pour des toitures inclinées, un acrotère sur pignon a été réalisé afin de ne pas modifier l'aspect du bâtiment. Les pants sont donc intégrés à la construction sans être visibles depuis le sol. Malheureusement, le fournisseur du système solaire a dû déposer le bilan, raison pour laquelle le projet n'a pas pu être entièrement mis en œuvre et achevé.

Summary

This pilot project was carried out within the framework of a building elevation in the commune of Geneva, rue Guye 1-3-5-7. It concerns a building of 4 lanes originally standing on four levels and an attic. The project consisted in transforming the attic into a standard floor and adding two additional floors. The existing apartments from the ground to the 4th floor have had their exterior woodwork replaced and a mechanical ventilation system installed that was previously non-existent. The flat roof of the original building was devoid of any technical installations except for the elevator shafts. Within the framework of this project, the company Designergy proposed the TCR module system and to integrate it into the new roof. As these elements are designed for sloping roofs, an acroterion on the gable was created so as not to alter the appearance of the building. The panels are therefore integrated into the construction without being visible from the ground. Unfortunately, the supplier of the solar system had to file for bankruptcy, which is why the project could not be fully implemented and completed.



Take-home messages

- Le concept permet une utilisation importante de la surface de la toiture pour transformer en centrale de production tout en garantissant d'assurer les fonctions primaires d'un « toit » incliné
- Le système TCR implique une gestion complète de la part du fabricant des éléments en lien avec le dit « système » (élément de structure porteuse, ferblanterie, éléments de sortie en toiture afin de limiter les responsabilités).
- L'entreprise mandatée pour les travaux d'installation doit être formée avec une rigueur particulière et être assurée de réaliser ces installations de manières récurrentes afin de conserver ce gain de temps d'installation qui ne peut être garantit que par une conception efficace avec les différents acteurs et une entreprise compétente dans ce domaine.
- L'évolution du système vers des modules sur-mesure permettant de couvrir des portions plus importantes réduira les connectivités et nombres de raccordements en réduisant donc le nombre de défaillance. Il optimisera également les temps d'installation du système ainsi que les coûts d'installation de chantier. C'est finalement le modèle d'industrialisation apporté au domaine de la construction.



Table des matières

Zusammenfassung.....	3
Résumé.....	3
Summary	3
Take-home messages	4
Table des matières	5
1 Introduction.....	6
1.1 Contexte et arrière-plan.....	6
1.2 Justification du projet.....	6
1.3 Objectifs du projet.....	7
2 Description des installations.....	10
3 Résultats et commentaire.....	15
4 Conclusions et résumé	20
5 Aperçu et mise en œuvre prochaine	20



1 Introduction

1.1 Contexte et arrière-plan

Actuellement, les toits photovoltaïques conventionnels sont composés de couches séparées agissant comme des composants uniques et non connectés avec une multitude d'intervenants à coordonner avec les contrôles entre chacun à assurer. Dans une majorité des cas, ces installations photovoltaïques sont généralement réalisées sur toiture plate avec un notamment un problème d'inclinaison péjorant la production. Si des châssis permettent d'incliner ces panneaux, le système est généralement couteux et implique un croisement de technique important pouvant créer une diminution de la surface du champ, une contrainte d'orientation et des problèmes d'ombrage. Les systèmes sur toit plat impliquent également une surveillance de l'étanchéité soumise à des charges ponctuelles pouvant entraîner des problèmes d'étanchéité en cas de percement de la couche bitumineuse.

Dans le cadre du projet de surélévation, l'objectif principal est de transformer une partie du toit plat en un toit incliné totalement. Les éléments TCR, fabriqués par Designergy, composent le toit incliné.

Actuellement, les toits photovoltaïques conventionnels sont composés de couches séparées agissant comme des composants uniques et non connectés avec une multitude d'intervenants à coordonner avec les contrôles entre chacun à assurer. Dans une majorité des cas, ces installations photovoltaïques sont généralement réalisées sur toiture plate avec un notamment un problème d'inclinaison péjorant la production. Si des châssis permettent d'incliner ces panneaux, le système est généralement couteux et implique un croisement de technique important pouvant créer une diminution de la surface du champ, une contrainte d'orientation et des problèmes d'ombrage. Les systèmes sur toit plat impliquent également une surveillance de l'étanchéité soumise à des charges ponctuelles pouvant entraîner des problèmes d'étanchéité en cas de percement de la couche bitumineuse

1.2 Justification du projet

Ce projet pilote est l'opportunité d'apporter une solution rapide, des coûts maîtrisés et la possibilité d'améliorer un parc immobilier vieillissant sans modifier automatiquement sa structure ou son architecture car il peut être intégré autant en neuf qu'en rénovation. Nous constatons souvent des installations solaires réalisées sans logique d'amélioration de l'enveloppe du bâtiment, notamment par des fonds d'investissement voulant améliorer les performances énergétiques mais souvent en ajoutant ces installations sur une couverture existante.

Le but est de réduire la consommation globale des ménages et installations communes en couvrant 70% de la surface de la toiture. Une partie axée au bâtiment demeure plate pour les installations techniques. Les deux pans inclinés garantissent donc une bonne inclinaison.

En Suisse, il y a un ordre de grandeur potentiel de millions de m² par an. Dans le monde, cet ordre de grandeur peut être multiplié par deux autres ordres de grandeur. Il s'applique en particulier aux nouvelles constructions à toit plat et, dans une moindre mesure, aux élévations de bâtiments (comme dans ce projet). La concurrence fournissant un produit similaire au TCR avec ses trois principales fonctions de toit intégrées n'est pas encore connue sur une base commerciale réussie. L'intégration d'un tel produit avec la structure porteuse du toit n'est pas non plus connue à ce jour. La concurrence est essentiellement constituée par la construction normale d'une toiture à laquelle est ajouté un système photovoltaïque : bien que technologiquement très avancée, cette solution reste la plus courante, car le marché de la toiture et le marché photovoltaïque n'interfèrent pas l'un avec l'autre. La probabilité de succès est donc élevée, mais au niveau de la pénétration du marché dans un secteur



qui progresse très lentement, comme celui du bâtiment, la présence de références à une échelle pertinente est indispensable pour accélérer l'acceptation.

La nouvelle solution de couverture de ce projet est particulièrement intéressante pour les surélévations de bâtiments existants, ce qui est certainement soutenu par les lois de plus en plus strictes d'une utilisation plus dense du territoire suisse, comme c'est le cas pour ce projet particulier. En outre, en particulier dans le cas de nouveaux bâtiments, nous constatons de plus en plus l'intérêt des architectes et des propriétaires/développeurs de bâtiments à introduire une pente minimale sur leurs constructions initialement plates, car cela fournit la plus grande probabilité possible d'éviter les fuites d'eau sans avoir besoin d'une surface/volume de construction plus importante.

Les chiffres sont dans ce cas difficiles à évaluer mais une pénétration du marché de la construction de toits plats entre 1-5% dans les 3 à 5 prochaines années impliquerait un ordre de grandeur potentiel de quelques 10'000 m²/an et peut-être jusqu'à plus de 100'000 m²/an. Ces chiffres ont été obtenus à partir d'hypothèses basées sur les chiffres moyens de trois mémoires de Master Marketing différents, chacun provenant de trois groupes d'étudiants professionnels différents de la SUPSI, spécifiquement axés sur le Designergy.

1.3 Objectifs du projet

L'objectif principal du présent projet est de transformer une partie d'un toit plat en un toit en pente. Les éléments TCR, fabriqués par Designergy, composent le toit incliné. De nos jours, les toitures photovoltaïques conventionnelles sont composées de couches séparées qui agissent comme des composants uniques et non connectés ; en effet, les installateurs placent habituellement des couches d'isolation thermique puis une barrière d'étanchéité et, enfin, l'installation photovoltaïque qui, en particulier pour les toits plats, pourrait être considérée comme un système supplémentaire placé sur le toit. Les résultats esthétiques sont souvent médiocres et, en outre, les clients doivent gérer et résoudre les problèmes qui se posent lorsqu'une installation supplémentaire est installée sur une couche isolante recouverte d'une barrière d'étanchéité. Les principaux problèmes sont généralement les lourdes charges produites par la centrale photovoltaïque sur les couches d'isolation thermique et sur les structures de support, et, surtout, les dommages produits sur la barrière d'étanchéité ; les fuites d'eau, en effet, provoquent un manque d'isolation thermique, des dommages sur la structure du toit et la formation de moisissures.

L'idée clé de Designergy est de considérer les éléments mentionnés ci-dessus comme des sous-composants d'un élément architectural multifonctionnel. d'un élément architectural multifonctionnel ; en effet, le TCR fabriqué par Designergy est l'élément principal de la élément principal de la toiture car il est à la fois un élément d'isolation thermique, un élément d'étanchéité et, enfin, un générateur d'électricité. et, enfin, un générateur d'énergie électrique. En effet, la solution proposée est un système photovoltaïque parfaitement intégré dans la toiture ; outre l'aspect esthétique du système par Designergy, l'intégration optimisée offrira, dans d'éventuels cas de figure, des possibilités d'économies d'énergie. En effet, la solution proposée est un système photovoltaïque parfaitement intégré dans la toiture ; outre l'esthétique du système Designergy, l'intégration optimisée offrira, dans d'éventuels projets futurs, des réductions importantes du coût d'investissement : TCR système comme "toit standard+installation photovoltaïque".

Le concept des modules TCR de Designergy est de considérer les différents éléments d'une toiture à savoir, barrière vapeur, isolation thermique, système de couverture et de production photovoltaïque en un seul élément et de les intégrer en toiture inclinée et intégrée afin de profiter d'une inclinaison optimale tout en garantissant l'esthétique. La toiture inclinée devient donc un champ solaire sur une majorité de la surface au sol du bâtiment et devient donc un élément complet assurant isolation,



étanchéité et centrale de production électrique.

Comme le TCR remplace d'autres matériaux de construction " indispensables ", un calcul conduit à l'hypothèse générale qu'un m² de TCR, avec un coefficient de transmission thermique, U, égal à 0,2 W/m² K ou inférieur, peut permettre d'atteindre les objectifs de la Confédération en matière d'isolation thermique tandis que la production photovoltaïque avec au moins 150 Wp/m² peut générer au moins environ 150 kWh/m²/an. L'ensemble peut générer plus de 1t/m² de CO₂ pendant une durée de vie d'au moins 30 ans.

L'énergie produite et économisée par rapport à une toiture conventionnelle correctement isolée et équipée d'un système photovoltaïque traditionnel séparé est à peu près la même. La différence proviendra dans les projets futurs de l'industrialisation de l'approche de ce projet en combinaison avec des courbes d'apprentissage et un plus grand pouvoir d'acquisition sur les fournisseurs de matériaux et de services. Cette différence concerne donc principalement le coût de l'investissement dans une toiture.

Si un toit traditionnel coûte A et un système photovoltaïque traditionnel coûte B, le toit Designergy construit à la place d'un toit plat standard complet, y compris toutes les sous-structures, devrait coûter C, soit exactement entre A et A+B. Avec de nouvelles améliorations et réductions de coûts, en particulier pour les composants du marché photovoltaïque, une nouvelle réduction vers la " parité des toits ", c'est-à-dire un coût C de plus en plus proche de A, est très réaliste. La section 9.3 fournit quelques données sur les coûts d'un toit traditionnel et d'un système pv standard ; selon les informations décrites dans la sec. 9.3, la parité des toits signifie que le coût d'un toit photovoltaïque devrait être d'environ 300 CHF/m². Pour atteindre ce résultat ambitieux, il faut un processus de fabrication hautement automatisé et des installateurs qualifiés.

Afin de comparer l'objectif final de 300 CHF/m² avec le coût actuel du toit photovoltaïque, les éléments listés dans le Tab. 1 doivent être pris en compte.

Tab. 1: Coûts d'installation du TCR

Wooden basement and vapour barrier: installation	200	h	101	CHF/h	20200
Wooden basement and vapour barrier: material	1	pc	20625	CHF/pc	20625
TCR and DUMMY: installation	450	h	101	CHF/h	45450
TCR and DUMMY: material	1	pc	280000	CHF/pc	280000
Electrical plant: material and installation	1	pc	39500	CHF/pc	39500
Electrical plant: design	1	pc	6000	CHF/pc	6000

Le montant total des coûts énumérés dans le Tab. 1 est égal à CHF 411'775,00 et la surface totale du toit est égale à : 720 m². Le coût unitaire est égal à 411'775/720=572 CHF/m². Il existe toujours un écart important entre le coût réel et le coût cible, mais les actions suivantes contribueront à réduire l'écart mentionné ci-dessus dans les années à venir. - La technologie PV continue de s'améliorer, ce qui fait baisser le coût du module PV, qui est le composant le plus cher de l'élément TCR. Dans les années à venir, nous espérons réduire le prix de l'élément TCR d'au moins 5% en raison de la réduction du coût du module PV. - L'augmentation du volume des matières premières devrait



contribuer à réduire le prix de l'élément TCR d'au moins 20%. - Un processus de fabrication hautement automatisé devrait contribuer à réduire le prix de l'élément TCR d'au moins 15%. - Les installateurs mécaniques qualifiés, habitués à installer des systèmes TCR, devraient devenir plus efficaces dans un avenir proche ; nous nous attendons à ce que le temps d'installation soit réduit de 50%. - Les installateurs électriques qualifiés, habitués à installer le système TCR, devraient devenir plus efficaces dans un avenir proche ; de plus, le coût du matériel (principalement l'onduleur) va diminuer ; nous nous attendons à ce que le coût de l'installation électrique soit réduit de 50%. Compte tenu des actions TCR mentionnées ci-dessus, les coûts d'installation devraient évoluer dans les prochaines années comme le montre le tableau 2.

Tab. 2: Coûts d'installation de TCR à moyen terme

Wooden basement and vapour barrier: installation	200	h	101	CHF/h	20200
Wooden basement and vapour barrier: material	1	pc	20625	CHF/pc	20625
TCR and DUMMY: installation	225	h	101	CHF/h	22725
TCR and DUMMY: material	1	pc	154000	CHF/pc	154000
Electrical plant: material and installation	1	pc	19750	CHF/pc	19750
Electrical plant: design	1	pc	3000	CHF/pc	3000

Le montant total des coûts énumérés dans le Tab. 2 est égal à 240'300 CHF et le coût unitaire est égal à $240'300/720=334$ CHF/m² ; cette valeur est très proche de l'objectif final.

Il existe encore une possibilité supplémentaire qui, à notre avis, pourrait contribuer à réduire davantage les coûts. En effet, il devrait être possible de fabriquer des macro-éléments composés de quelques TCR et DUMMY ; cette approche devrait permettre de réduire les coûts d'installation. Des analyses de faisabilité et un nouveau projet doivent être réalisés pour évaluer le potentiel de l'action susmentionnée. Enfin, le coût total sera encore plus intéressant pour tous les bâtiments qui ont besoin d'un système de protection contre la foudre ; les paratonnerres ne sont pas nécessaires car le système composé d'éléments de couverture placés parmi les éléments TCR et DUMMY (c'est-à-dire les carters) a été conçu pour répondre à cette caractéristique supplémentaire. La fonctionnalité des carters longitudinaux comme paratonnerres a été analysée et approuvée par Electrosuisse. Pour toutes les évaluations susmentionnées, nous sommes très confiants que la parité de toit est un objectif réalisable.

De plus, l'installation en une seule étape d'un toit photovoltaïque permettra de réduire fortement l'énergie grise pour la construction d'un toit photovoltaïque, car tout est monté en une seule étape au lieu de deux étapes distinctes. Ce chiffre énergétique, qui ne sera peut-être évalué que dans le futur après de nombreuses statistiques d'installation, sera idéalement égal à 50% de l'énergie grise d'un toit standard plus un système pv standard ou égal à l'énergie grise requise pour un toit standard non pv. Il est important de noter qu'étant donné la solidité structurelle du produit TCR, la structure de support en dessous peut être hautement optimisée d'un point de vue technique et économique en remplaçant par exemple les lourdes sous-structures en béton à 100 %, typiques des tueurs d'énergie grise, par des solutions plus légères en métal et/ou en bois.



2 Description des installations

La rénovation du bâtiment situé à Genève, rue Guye, comprend la surélévation de la propriété (c'est-à-dire un étage supplémentaire), la construction d'un nouveau toit et la mise à niveau des installations électriques, sanitaires et CVC ; le toit sera également équipé d'un système photovoltaïque.

Le toit actuel du bâtiment est plat, tandis que le nouveau toit aura une partie plate, située au milieu de la construction, et deux parties inclinées. Les principaux équipements et dispositifs des installations sanitaires et CVC seront installés sur la partie plate du toit, tandis que les parties inclinées seront composées d'éléments TCR. Le système TCR permet d'obtenir l'intégration architecturale de la centrale photovoltaïque avec un résultat esthétique pertinent grâce à l'homogénéité de la surface.

L'immeuble étant ancien, la solution d'une construction mixte a été développé par l'ingénieur civile. Les murs en béton armé reprenant les efforts statiques du bâtiment assurent la mitoyenneté entre logement et permettent la fixation d'une structure métallique porteuse selon coupe ci-dessous. Lors de la première étape de l'installation, une moitié du toit a été construite. La figure 0 montre le dessin de la section transversale du toit. Les côtés extérieurs de la toiture, qui étaient plats dans le projet initial, ont été convertis en pentes inclinées.

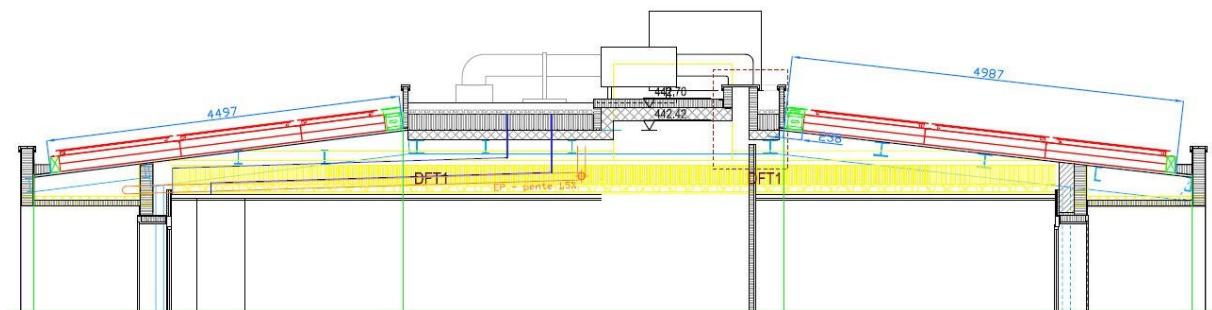


Fig. 0: dessin de la section transversale

La Fig. 1 montre les principaux composants et accessoires de TCR ; leurs noms sont indiqués ci-dessous.

- Module photovoltaïque (1)
- Couche de support (2)
- Couche d'isolation thermique (3)
- Carter longitudinal (4)
- Carter transversal (5)

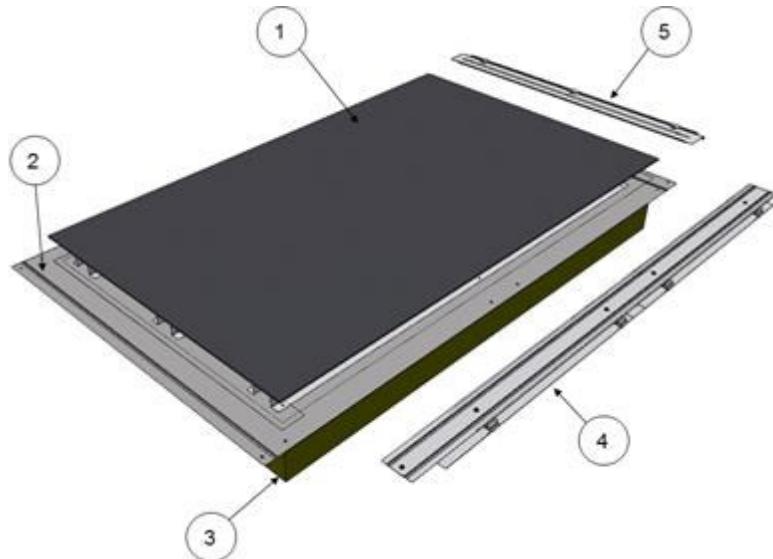


Fig. 1: Element TCR

Le TCR est, à la fois, un élément d'isolation thermique, un élément d'étanchéité et, enfin, un générateur d'énergie électrique.

D'autres aspects pertinents du système de toiture proposé par Designergy sont énumérés ci-dessous.

- Utilisation d'un module photovoltaïque en silicium monocristallin en verre, pour garantir une qualité et une efficacité élevées dans le temps.
- Stabilité du niveau d'isolation thermique grâce au choix de la laine minérale comme matériau isolant.
- Niveau de sécurité élevé grâce à l'absence de grandes parties inflammables.
- Ventilation de la surface du module afin d'améliorer les propriétés thermo-hygrométriques du bâtiment et de réduire les effets de la dégradation thermique sur les performances photovoltaïques.

Afin d'obtenir un résultat homogène tant du point de vue fonctionnel qu'esthétique, des éléments "Dummy TCR", conçus et fabriqués par Designergy, seront installés dans les zones du toit incliné sur lesquelles il n'y aura pas assez d'espace pour installer des éléments photovoltaïques. Le TCR factice diffère du TCR par l'utilisation d'une surface supérieure en HPL à la place du module photovoltaïque. En effet, il est bien connu qu'il serait faisable, mais trop coûteux, de façonnier des éléments photovoltaïques en fonction des espaces disponibles alors qu'il est possible de façonnier des surfaces HPL, selon les besoins, avec de simples procédés mécaniques de découpe et/ou de perçage.

Deux types d'éléments TCR seront fabriqués afin de maximiser la surface "active" produisant de l'énergie électrique. Le premier type, à savoir le TCR 654 S X, comprend un module photovoltaïque de 54 cellules ayant une puissance de pointe égale à 235÷240 W ; le second type, à savoir le TCR 636 S X, est plus petit et comprend un module photovoltaïque de 36 cellules ayant une puissance de pointe égale à 160 W. Dans le présent projet, 355 TCR 654 S X et 71 TCR 636 S X seront utilisés ; la puissance de pointe de l'installation sera approximativement égale à 96 kW.

Au centre, une solution plate a été envisagée afin de rendre la surface du toit adaptée à l'installation d'unités et de conduits de CVC. La Fig. 2 montre les deux différentes surfaces d'interface entre le toit



et l'un des murs du bâtiment (photo à gauche); en effet, la partie intérieure de la surface d'interface est plate tandis que la partie extérieure est inclinée. La surface des zones inclinées a été préparée en installant un pare-vapeur et des poutres de fixation. En effet, les TCR doivent être fixés sur les poutres longitudinales à l'aide de vis de fixation. Pendant les étapes finales de l'installation, de petits éléments aveugles doivent être construits autour de la partie centrale, à savoir la partie photovoltaïque, du toit afin d'obtenir un toit homogène complet. Enfin, des carters métalliques doivent être installés entre les TCR et les éléments aveugles pour obtenir un toit photovoltaïque intégré.



Fig. 2: La structure métallique est donc inclinée pour les parts destinés à l'installation photovoltaïque et plat sur la zone centrale destinées aux installations techniques.

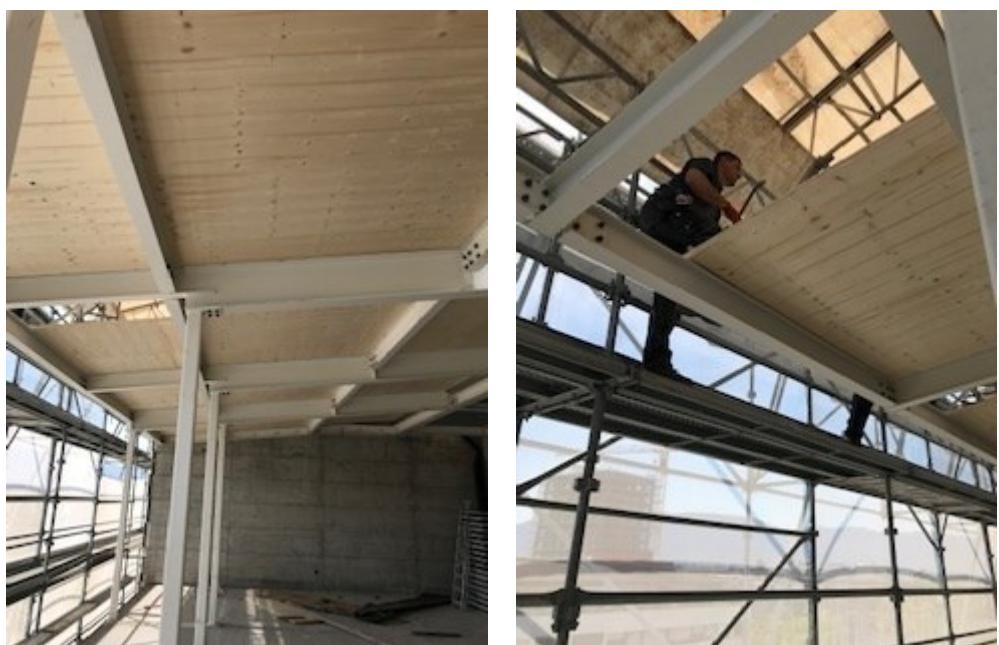


Fig. 3: Un plancher servant de support pour les modules est fixé par moyen de clou à métal dans la structure métallique.



Fig. 4: Le pare-vapeur et le lambourdage est ensuite fixé à la structure bois selon dimension des modules TCR



Fig. 5: Les modules sont ensuite fixés au lambourdages et raccordés selon leur chaîne défini par l'ingénieur chargé du projet (Greenkey)

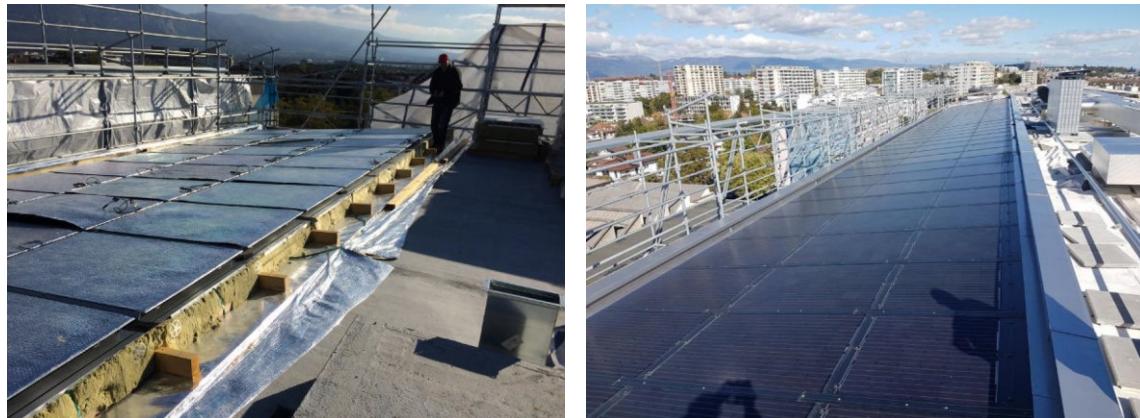


Fig. 6: Modules installés



Fig. 7: élément préfabriqué (« superelement ») d'environ 20 m² composé par 12 éléments photovoltaïques, la couche d'étanchéité, le matériau d'isolation thermique, la barrière à la vapeur d'eau et comprenant une partie de la structure porteuse.



Fig. 8: Installation des « superelement » (exemple)



3 Résultats et commentaire

Des problèmes de coordinations ont été rencontrés ainsi que des problèmes d'étanchéité aux raccordements avec les éléments de ferblanterie du caniveau. Au cours de la première étape de l'installation, une moitié du toit a été construite. L'installation de la deuxième partie du toit a été reportée en 2019 ; en effet, l'installation des éléments du toit sera réalisée pendant la période de printemps. Au cours de cette année, les activités du site se sont concentrées sur une question pertinente. En effet, le client a signalé que, lors de fortes pluies, des fuites d'eau étaient visibles à proximité de la zone d'interface de la gouttière. La figure 9 montre les éléments de délimitation métalliques installés à proximité du canal de la gouttière. l'interface entre le RCT et le caniveau. Les principaux problèmes suivants sont visibles :

- La pente du toit change à proximité du caniveau ; l'inconvénient est la création d'une zone d'eau stagnante (voir aussi Fig. 10). d'eau stagnante (voir aussi Fig. 10).
- Le bouclier en "L" placé devant le canal de ventilation n'est pas correctement supporté ; il conduit l'eau de pluie sur la membrane d'étanchéité installée pour sceller le canal. pluie sur la membrane d'étanchéité installée pour sceller les joints entre les RCT et les éléments de délimitation. éléments.

Les matériaux utilisés pour la présente application sont adaptés aux toits en pente et ne peuvent pas fonctionner correctement lorsque le toit est presque plat. La propriété de l'étanchéité est fortement affectée par l'angle d'inclinaison et il n'est pas possible d'utiliser les matériaux susmentionnés si l'angle est inférieur à 6°. La configuration de l'interface de délimitation est complètement différente de celle recommandée par Designergy et discutée avec les installateurs pendant le processus de conception. Les principales caractéristiques de la configuration recommandée sont présentées de la Fig. 11 à la Fig. 17 ; la Fig. 11 montre le canal et le solin de gouttière. Designergy recommande de placer une bande d'étanchéité auto-adhésive en mousse PVC (voir Fig. 12). Le TCR doit être installé de manière à ce que sa couche métallique recouvre le solin de gouttière équipé de la bande d'étanchéité (voir Fig. 13). Une membrane d'étanchéité en EPDM, à savoir SikaMembran® Universal, est utilisée pour sceller le joint entre la couche métallique du TCR et le raccord de gouttière (voir Fig. 14). Une colle élastique appropriée à base de PU, à savoir SikaBond® TF plus N, doit être utilisée pour fixer la membrane. Le carter longitudinal illustré à la Fig. 15, composé principalement de deux canaux d'eau de condensation et d'un couvercle, ferme l'espace entre les TCR adjacents. La Fig. 16 montre la section transversale de l'interface de la gouttière après l'installation du carter. Enfin, Designergy recommande d'installer un grillage aviaire. La Fig. 16 montre le détail complet de l'interface de la gouttière. Le problème de fuite a été résolu à l'aide d'une résine d'étanchéité liquide.



Fig. 9: Éléments de délimitation métalliques de l'interface de la gouttière.



Fig. 10: Interface de gouttière : eau stagnante.

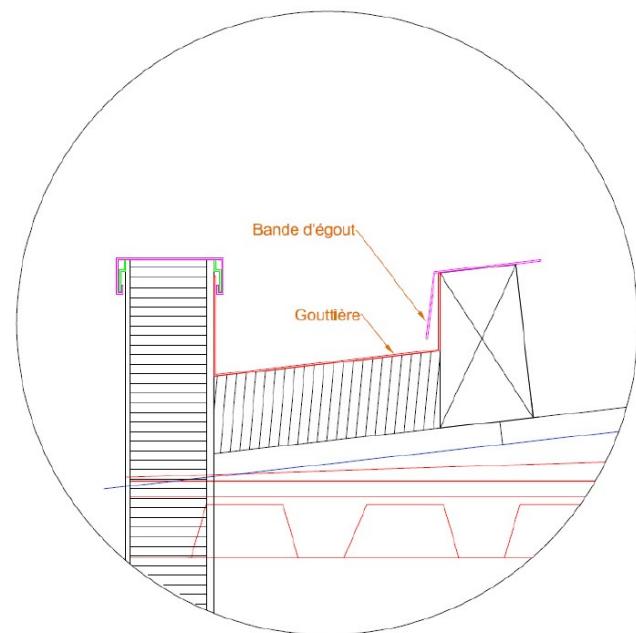


Fig. 11: Solin de canal et de gouttière.

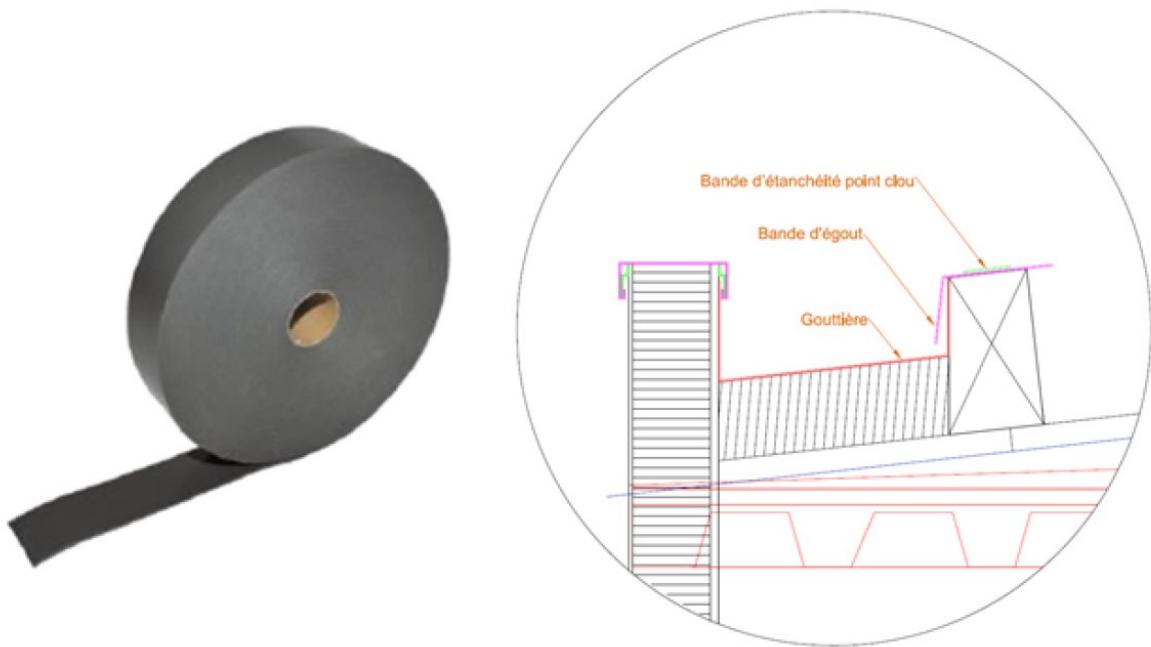


Fig. 12: Bande d'étanchéité en mousse PVC.

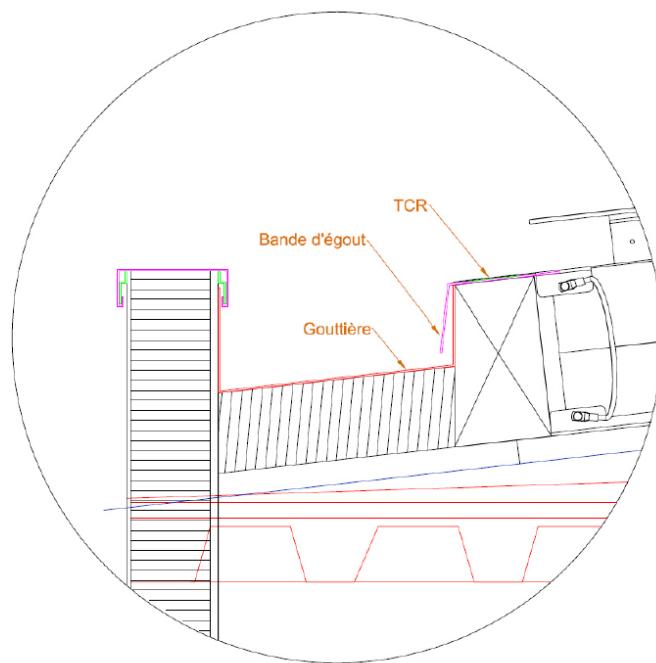


Fig. 13: Installation du TCR.

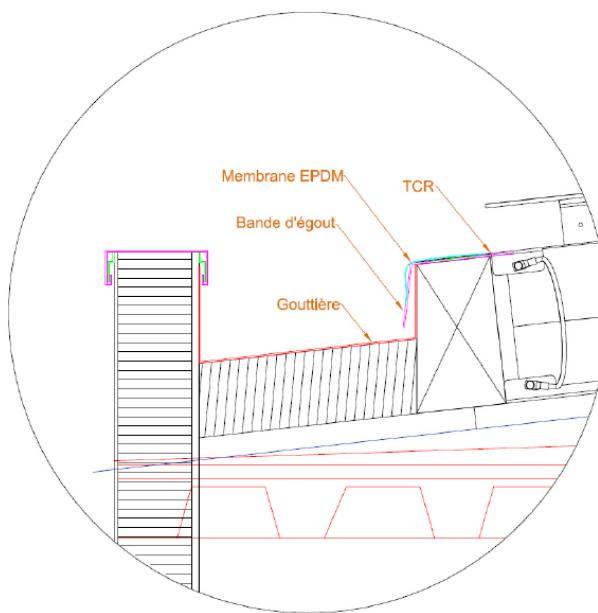


Fig. 14: Pose de la membrane d'étanchéité EPDM.

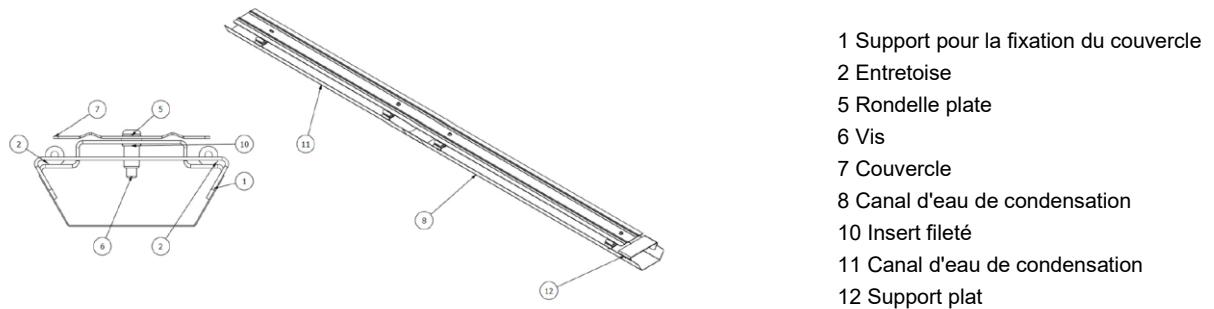


Fig. 15: Carter longitudinal.

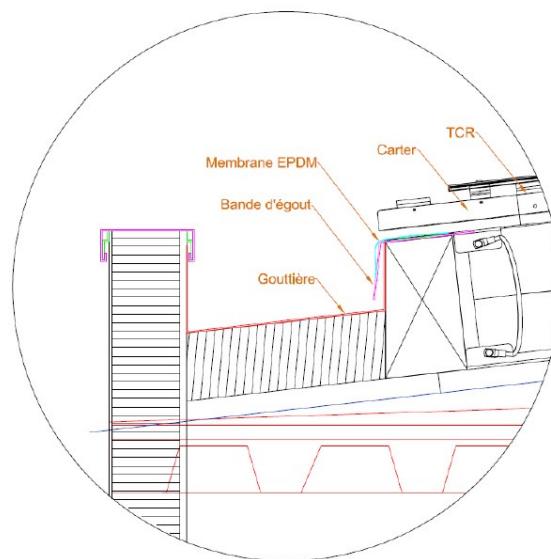


Fig. 16: Interface de la gouttière après la pose du carter.

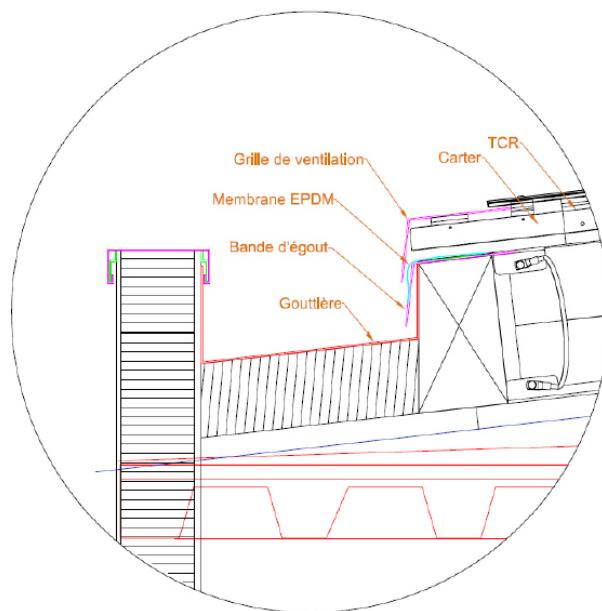


Fig. 17: Interface de la gouttière

La faillite de Designergy a également impliqué une livraison de la deuxième phase d'éléments non assemblés à 100%. Un travail sur place a donc dû être effectué et a généré un surcoût pour le maître de l'ouvrage. La qualité des éléments n'étant donc pas identique à la première phase bien que ses performances de production n'en soient pas altérées.

En fin de projet, nous ne pouvons que constater que le système est intéressant mais reste à perfectionner en terme de conception afin d'assurer un travail de qualité et des garanties sur l'étanchéité du bâtiment.

4 Conclusions et résumé

Le concept malheureusement nouveau n'a pas subi l'attractivité souhaitée de la part des intervenants locaux mais notamment par manque de connaissance et par légère réticence aux nouvelles technologies. Néanmoins, le concept a été salué en fin de projet malgré les quelques problématiques rencontrées. La récupération de chaleur est pourtant un élément qui mérite réflexion et devrait être intégré à de futurs projets afin d'apporter un atout supplémentaire à ces modules préfabriqués.

5 Aperçu et mise en œuvre prochaine

La faillite de Designergy ne permet pas cet aperçu mais nous souhaitons que ce concept soit à nouveau réutilisé et amélioré afin de l'intégrer autant en bâtiment résidentiel qu'en bâtiment industriel ou commercial.