



Task 15 Stratégies pour le développement du BIPV

S  
P  
V  
P  
S

## FICHE D'INFORMATION

# Évaluation multidimensionnelle des installations BIPV

JUILLET 2024

Auteurs: Eder, G. C., Wilson, H. R., Frontini, F., Bonomo, P., Babin, M.,  
Thorsteinsson, S., Adami, J., Maturi, L., Jing Yang, R., Weerasinghe, N.,  
Martin-Chivelet, N., Boddaert, S., Frischknecht, R.

Gestionnaires de la Task 15:  
Francesco Frontini, SUPSI, Switzerland  
Helen Rose Wilson, Fraunhofer ISE, Germany



# Évaluation multidimensionnelle des installations BIPV

Le photovoltaïque intégré au bâtiment (BIPV) est une technologie clé dans la conception de bâtiments durables, **permettant d'intégrer harmonieusement les panneaux solaires à la structure des édifices.**



La méthodologie d'évaluation multidimensionnelle des installations BIPV est conçue pour faciliter les comparaisons transversales, dans le but de favoriser le déploiement des BIPV.

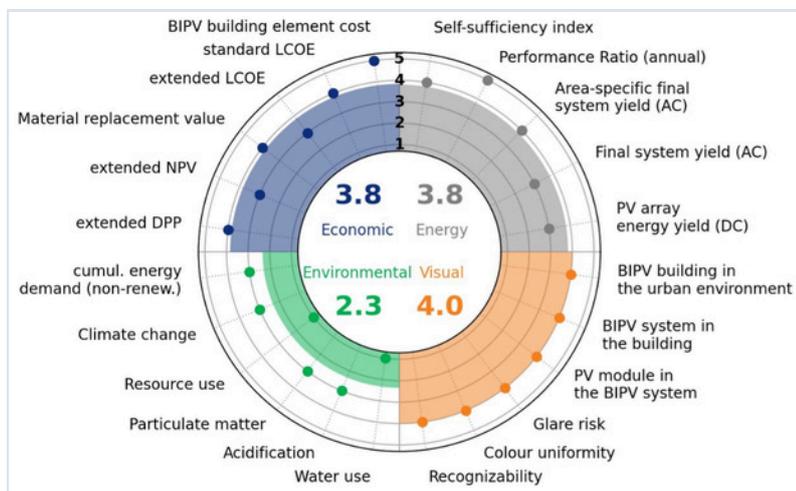
## Développement de l'outil d'évaluation multidimensionnelle

Établir des objectifs de recherche précis et définir les variables et paramètres dans quatre grandes catégories d'indicateurs de performance (IP):

IP liés à l'énergie	IP économiques	IP environnementaux	IP visuels
Rendement en électricité en courant continu (CC) des systèmes BIPV	Coûts des éléments de bâtiment BIPV (système BIPV complet)	Demande cumulative d'énergie provenant de ressources non renouvelables	Reconnaissabilité
Rendement final du système en courant alternatif (CA)	Coût actualisé standard de l'électricité	Changement climatique (PPC)	Couleur (uniformité)
Rendement final du système en CA par unité de surface	Coût actualisé de l'électricité étendu	Utilisation des ressources, minéraux et métaux	Éblouissement (risque)
Rapport de performance annuel	Valeur de remplacement des matériaux	Particules fines or Matériaux particuliers	Module photovoltaïque dans le système BIPV
Indice d'autosuffisance	Valeur actuelle nette étendue / coûts	Acidification	Système BIPV dans le bâtiment
	Délai de récupération actualisé étendu	Utilisation de l'eau	Bâtiment BIPV dans l'environnement urbain



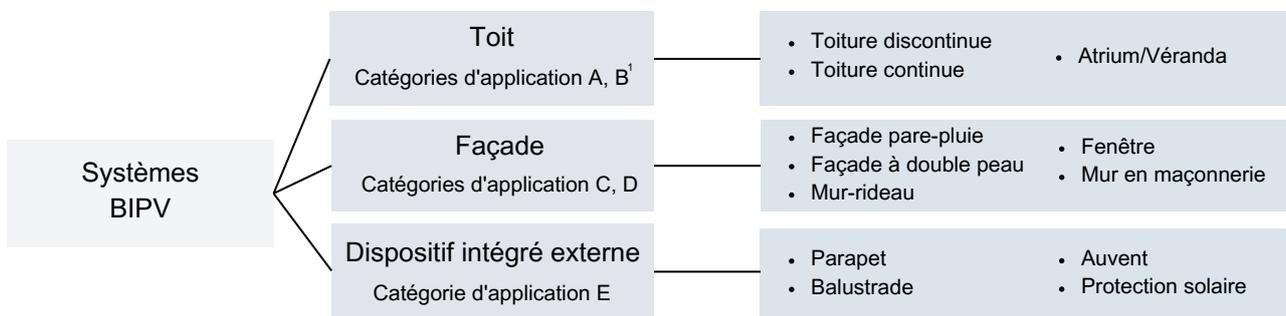
Développement d'un système de notation numérique pour chaque indicateur de performance (IP), permettant une analyse comparative quantitative et qualitative des différentes installations BIPV selon plusieurs critères par catégorie. Pour les IP visuels, une approche semi-quantitative est utilisée



*L'objectif de l'évaluation comparative de la performance multidimensionnelle est d'apprendre des projets BIPV existants et de soutenir les architectes, les développeurs de systèmes et d'autres parties prenantes impliquées dans la planification de nouveaux projets BIPV.*

Fig. 1: Résultats de l'évaluation de la performance visualisés dans les quatre catégories, indiquant les valeurs numériques des indicateurs de performance (IP) évalués

Développement d'un schéma de classification harmonisé pour les types d'installations BIPV, constituant une approche optimisée et servant de référence pour la classification des technologies d'enveloppe de bâtiment BIPV.



<sup>1</sup> Les catégories d'application A, B, C, D et E sont celles utilisées par les normes BIPV, EN 50583 et IEC 63092.

## Application de l'outil d'évaluation multidimensionnelle



Sélection de diverses installations BIPV représentant différentes typologies de bâtiments (par exemple, façades, toitures, dispositifs externes). Chaque installation sert de cas d'étude pour une analyse comparative. L'évaluation peut être effectuée pour :

- des projets planifiés, en se basant sur les données des fiches techniques, les données environnementales tabulées, les simulations et les rendus ;
- des installations BIPV existantes, en se basant sur les données de performance mesurées, les coûts réels, les données environnementales connues, ainsi qu'une évaluation sur site de la performance visuelle et optique.



**Application de la méthodologie multidimensionnelle** pour quantifier et évaluer la performance de chaque installation selon les indicateurs de performance définis. Cela inclut la collecte, l'analyse et l'interprétation des données à l'aide de méthodes d'évaluation standardisées. Les résultats sont présentés dans un format structuré, permettant une comparaison et une évaluation détaillées.



## Case Études de cas

### 1 Rénovation d'un immeuble résidentiel avec des modules BIPV colorés (Suisse)



Photo: © Vividén + Partner AG

- Rénovation d'un immeuble résidentiel avec intégration de modules photovoltaïques colorés sur les façades, entraînant une perte de performance d'environ 35 %.
- Le design complexe du bâtiment génère des conditions d'ombrage sévères.
- Dix-huit tailles différentes de modules ont été utilisées, dont seulement quatre étaient des modèles fictifs (panneaux non actifs). Théoriquement, environ 98 % de la façade vitrée est active.
- Une part significative des optimiseurs de puissance (plus de 7 %) a dû être remplacée au cours des premières années, entraînant des pertes de production d'électricité et une augmentation de la consommation de ressources et de la demande énergétique.

### 2 Bâtiment de bureaux avec façades et toitures BIPV intégrées (Uppsala, Suède)



Photo: © Nils Lindstrand/ Nordiske Medier

- Bâtiment de bureaux certifié LEED Platinum, équipé de BIPV sur les façades et les toitures, nécessitant des systèmes énergétiques très efficaces et des solutions innovantes.
- Construit avec une charpente entièrement en bois, ce bâtiment est conçu pour offrir une performance énergétique optimale, minimisant ainsi l'impact climatique des matériaux de construction et de la consommation d'énergie.
- Les panneaux photovoltaïques sont intégrés à la fois dans la toiture et la façade, ces dernières étant givrées ou satinées pour se fondre harmonieusement avec le reste de la structure sans dissimuler les cellules.

### 3 Maisons en terrasse avec toitures BIPV standardisées (Delft, Pays-Bas)



Photo: Exasur© Jan-Jaap van Os;  
<https://exasun.com/>

- Exasun utilise des produits préfabriqués et standardisés pour remplacer les tuiles de toit traditionnelles.
- Le système X-Roof s'intègre parfaitement aux lucarnes, fenêtres de toit et autres irrégularités de la toiture.
- L'ensemble du toit est constitué de panneaux photovoltaïques, optimisant ainsi le rendement énergétique.

### 4 Rénovation d'un immeuble résidentiel avec balustrades de fenêtres BIPV (Italie du Nord)



Photo: © Eurac Research

- Parapets BIPV : Installés lors de la rénovation grâce à une sous-structure polyvalente "Click-&-Go" développée dans le cadre du projet de R&D EnergyMatching (Horizon 2020).
- Balustrades de fenêtres BIPV : Développées dans le cadre du système « Solar Window Block », préfabriqué et multifonctionnel. Ce système intègre un BIPV avec une batterie pour alimenter un ventilateur à l'intérieur de la fenêtre.
- Le dimensionnement et le placement du système BIPV ont été optimisés pour améliorer l'accord entre la production et la consommation d'électricité horaire, maximisant ainsi l'efficacité globale du système.



## Défis et Considérations

L'outil d'évaluation rencontre plusieurs défis :

- **Disponibilité des données** : La disponibilité limitée des données et les autorisations d'utilisation peuvent entraver la réalisation d'évaluations complètes.
- **Problèmes de standardisation** : L'absence de définitions standardisées pour chaque indicateur de performance (IP) pose des défis majeurs lors de la comparaison des performances des différentes applications BIPV. Par exemple, le calcul des avantages économiques est complexe, car différentes études utilisent des éléments de coût et de bénéfice variés.
- **Variabilité des données environnementales** : Les méthodes diverses de génération des données environnementales compliquent le calcul des IP environnementaux.
- **Évaluation esthétique subjective** : Les évaluations de la performance visuelle sont intrinsèquement subjectives, nécessitant une approche semi-quantitative pour standardiser les notations.

## Perspectives

L'outil a été initialement conçu pour **une comparaison transversale** des différentes installations BIPV. Cependant, la méthode peut également être appliquée à d'autres types d'évaluations :

- **Évaluation des options concurrentes pour un projet spécifique en phase de planification** : Les conditions externes sont fixes (emplacement, construction, durée d'exploitation), les conditions économiques (taux d'intérêt, provision de capital) peuvent être homogènes entre les variantes BIPV, et les méthodes d'évaluation pré-définies pour les indicateurs de performance (IP) peuvent être appliquées de manière cohérente.
- **Évaluation séparée de chaque indicateur de performance** : Cela peut être utile pour les clients potentiels de BIPV qui souhaitent prioriser les indicateurs les plus pertinents pour leur projet spécifique.
- **Analyse des installations pionnières** (comme l'Étude de cas 1) : Cette analyse permet de mettre en évidence les réalisations, d'identifier les domaines à améliorer, et de contribuer au développement du marché.
- **Analyse longitudinale d'une installation BIPV sur toute sa durée de vie** : Cette analyse est prévue dans la Phase 3 de la Task 15.



La recherche en cours examinera les impacts à long terme sur la performance et les tendances évolutives des installations BIPV, soutenant ainsi une intégration durable des photovoltaïques dans les structures des bâtiments.



Cette méthodologie constitue une avancée significative dans l'évaluation des systèmes BIPV, favorisant une intégration efficace et durable des photovoltaïques dans différents contextes architecturaux.



## IEA PVPS Task 15

La Task 15 vise à établir un cadre pour accélérer l'adoption mondiale des produits BIPV dans les secteurs de l'énergie renouvelable et de la construction, tout en assurant une concurrence équitable avec les BAPV et les composants de construction traditionnels. Elle intègre les BIPV dans les technologies électriques et de construction, en mettant en avant les contributions supplémentaires en termes d'esthétique des bâtiments, de performance énergétique et de multifonctionnalité. Cette tâche couvre à la fois les bâtiments neufs et existants, ainsi que diverses technologies photovoltaïques, applications et échelles, allant des habitations résidentielles aux grandes installations BIPV dans les bâtiments commerciaux et les infrastructures publiques.

Cette fiche d'information est basée sur un article rédigé par les experts de la Task 15 de l'IEA PVPS, publié dans la revue *Energy and Buildings*. Vous trouverez une description détaillée de la méthode dans cet article :

[Wilson, H. R., Frontini, F., Bonomo, P., Eder, G. C., Babin, M., Thorsteinsson, S., Adami, J., Maturi, L., Yang, R. J., Weerasinghe, N., Martin-Chivelet, N., Boddaert, S., & Frischknecht, R. \(2024\). Multi-dimensional evaluation of BIPV installations: Development of a tool to assess the performance as building component and electricity generator. \*Energy and Buildings\*, 312.](#)