# Intégration photovoltaïque industrielle optimisée : simulateur BIPV et système ECO-PIMS en synergie prédictive

Mame Cheikh SOW, Youssef JOUANE, Mourad ZGHAL
CESI, CESI LINEACT Laboratory UR 7527, Strasbourg, France

L'intégration du photovoltaïque (PV) dans les bâtiments industriels souffre d'un manque d'outils unifiés conciliant à la fois contraintes architecturales, performance énergétique et viabilité économique. Nous présentons le simulateur BI²PV, un outil de simulation interactif développé sous MATLAB App Designer, couvrant l'ensemble du workflow : importation et interpolation des données NSRDB et des profils de consommation industriels, génération de six scénarios météorologiques (Clear, Real, Rainy…), sélection dynamique de modules depuis la base Sandia, dimensionnement optimal sur surfaces disponibles, analyse coûts–bénéfices, calcul de retour sur investissement (ROI), classement multicritères AHP + TOPSIS pour la hiérarchisation des modules et génération de base de données de production pour le développement de modèles de prédiction artificiels. Une fonction générative 3D réalise automatiquement le positionnement des panneaux sur toitures et façades (Figure 1).

La Figure 2 illustre la démarche complète allant de la production des données PV jusqu'au développement du système de gestion prédictive, ECO-PIMS (Optimisation du Contrôle Énergétique – Système de Gestion Intelligente Prédictive) en passant par le développement des modèles d'apprentissage artificiel et des mécanismes de gestion dynamique et en temps réel pour le système prédictif.

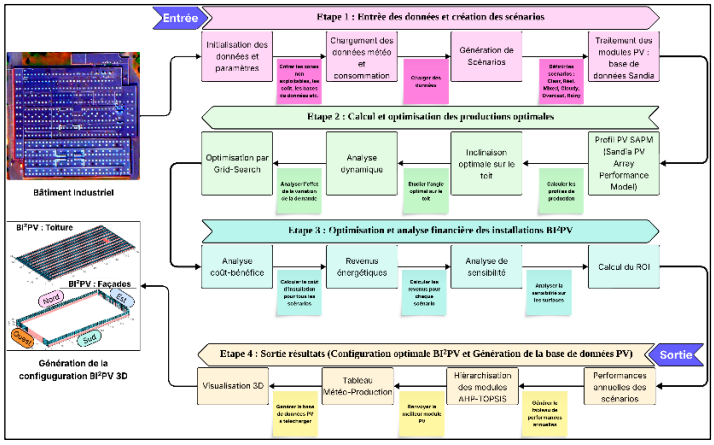


***Fig. 1*** : Architecture complète du simulateur BI²PV

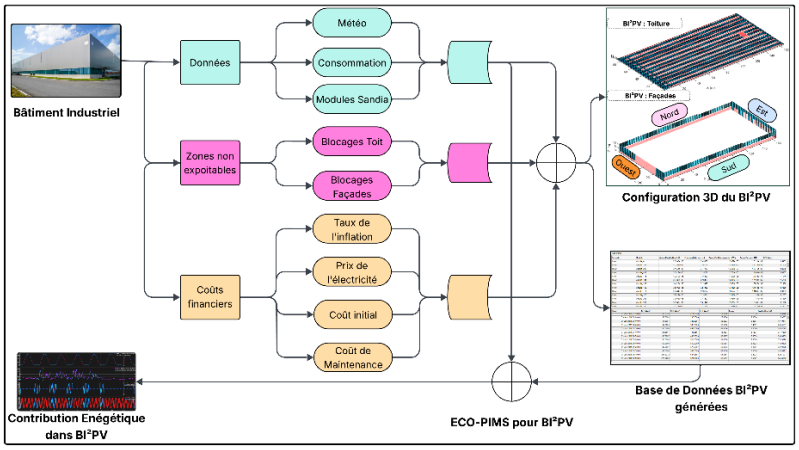


***Fig. 2*** : De la simulation à la gestion prédictive

Appliqué à une étude de cas sur un bâtiment industriel situé dans la région Grand Est, le simulateur BI²PV fournit les capacités optimales suivantes : Clear : 400–2 500 kWp ; Real : 500–2 900 kWp (ROI = 6,45 ans) ; Rainy : 2 100–5 500 kWp (ROI ≈ 24 ans). Le module *Module_451* (413 W, 1,50 m², GaAs) s'avère optimal, nécessitant 5 812 panneaux, et l'analyse coûts–bénéfices valide sa pertinence économique. Le simulateur produit enfin une base de données unifiée à pas de dix minutes (météo–production), prête à l'emploi pour l'entraînement de modèles prédictifs et le contrôle avancé d'ECO-PIMS.

ECO-PIMS ingère en continu des modèles entrainés à partir de la base de données calibrée issue du simulateur BI²PV et les mesures énergétiques en temps réel du bâtiment. Un pré-traitement aligne les séries temporelles sur des intervalles de 10 minutes, extrayant caractéristiques climatiques (irradiation, température) et production PV. Pour la prévision de la production PV, nous utilisons un modèle de base CNN-LSTM, alors qu'un modèle LSTM permet de prédire avec précision la demande énergétique. Les résultats nous montrent que, durant la période de simulation, l'utilisation de la source PV atteint 77,79 % sans stockage (vs. 22,21 % pour le réseau) et 88,56 % avec batterie (vs. 11,44 %). Ces résultats valident la robustesse d'ECO-PIMS pour réduire significativement la dépendance au réseau électrique et maximiser la part d'énergie renouvelable (PV).