



**HAL**  
open science

# Potentiel solaire exploité par un bâtiment : Évaluation des composantes actives et passives de son enveloppe

Ali Derai, Monika Woloszyn, Amandine Piot, Lamia Berrah

## ► To cite this version:

Ali Derai, Monika Woloszyn, Amandine Piot, Lamia Berrah. Potentiel solaire exploité par un bâtiment : Évaluation des composantes actives et passives de son enveloppe. Conférence IBPSA France 2024, May 2024, La Rochelle / Oléron, France. hal-04960179

**HAL Id: hal-04960179**

**<https://hal.science/hal-04960179v1>**

Submitted on 21 Feb 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

# Potentiel solaire exploité par un bâtiment : Évaluation des composantes actives et passives de son enveloppe

Ali Derai<sup>1,4</sup>, Monika WOLOSZYN<sup>1,4</sup>, Amandine PIOT<sup>2,4</sup>, Lamia BERRAH<sup>3,4</sup>

<sup>1</sup> Univ. Savoie Mont Blanc, LOCIE, Le Bourget du Lac, France

<sup>2</sup> Univ. Grenoble Alpes, CEA, LITEN, INES, Le Bourget du Lac, France

<sup>3</sup> Univ. Savoie Mont Blanc, LISTIC, Annecy-le-Vieux, France

<sup>4</sup> Univ. Savoie Mont Blanc, Solar Academy Graduate School, Le Bourget du Lac, France

\*[Ali.derai@univ-smb.fr](mailto:Ali.derai@univ-smb.fr)

---

*RESUME. Cet article présente le concept de « potentiel solaire exploité » pour quantifier la partie effectivement utilisée du potentiel solaire disponible sur un bâtiment. La méthodologie développée permet d'évaluer le potentiel exploité à la fois par les stratégies passives de l'enveloppe et par les systèmes solaires actifs. Une étude de cas sur une maison individuelle modélisée avec EnergyPlus analyse l'application de cette approche. Les résultats obtenus soulignent l'utilité du potentiel exploité pour évaluer de façon exhaustive la contribution du solaire aux performances énergétiques du bâtiment.*

*MOTS-CLÉS : Bâtiments, Energie, Potentiel solaire.*

---

*ABSTRACT. This article introduces the concept of 'exploited solar potential' as a method for quantifying the portion of available solar potential actually utilized by a building. The methodology is developed to assess the exploited potential both through passive strategies of the envelope and active solar systems. A case study on an individual house modelled with EnergyPlus demonstrates the application of this approach. The results underscore the usefulness of the exploited potential for comprehensively evaluating the solar contribution to the building's energy performance.*

*KEYWORDS: Buildings, Energy, Solar Potential.*

---

## 1. INTRODUCTION

Les environnements entourant les bâtiments constituent une source d'énergie gratuite, exploitable de manière active ou passive, pour répondre à leurs besoins en chauffage ou en rafraîchissement. Ces environnements incluent l'air, le ciel et le soleil (Smith and Gentle 2017; Yang, Yan, and Lam 2014). Leur exploitation par un bâtiment est limitée, notamment en raison de la surface de son enveloppe. Le potentiel solaire est défini comme la proportion de l'énergie solaire incidente sur l'enveloppe du bâtiment pouvant être utilisée pour répondre aux besoins du bâtiment (Wittmann et al. 1997). La mesure de ce potentiel se concentre généralement sur l'irradiance solaire, exprimée en W/m<sup>2</sup> (Kämpf et al. 2010). Cependant, cette définition ne tient pas compte de la quantité réelle d'énergie effectivement utilisée par le bâtiment. Pour combler cette lacune, nous étudions le concept de « potentiel exploité », un terme peu courant dans la recherche, qui quantifie la partie réellement utilisée du potentiel solaire ou environnemental (air et ciel) (Chesné et al. 2012). La méthode de calcul du potentiel exploité tire son inspiration de l'approche initiée dans les travaux de recherche de (Tittlein 2008). Dans ses travaux, une définition de l'efficacité solaire d'un bâtiment a été proposée, comme la fraction du rayonnement solaire atteignant la structure de bâtiment, qui est valorisée soit de manière passive (pour le chauffage,

l'éclairage), soit de manière active (pour la production d'eau chaude ou d'électricité) pendant une période donnée. Chesné 2012 a intégré cette définition dans une méthodologie plus structurée, pour quantifier l'indicateur qu'elle a nommé le "Potentiel exploité".

Dans cet article, nous présentons une évaluation de ce potentiel solaire exploité appliquée à une maison résidentielle. La méthode s'appuie sur des simulations numériques dynamiques réalisées avec le logiciel EnergyPlus. Une première étape consiste en une analyse à l'échelle du bâtiment afin d'évaluer les performances globales en termes de besoins de chauffage et de potentiel solaire exploité au niveau de l'enveloppe. Une deuxième étape se focalise sur l'examen des composants individuels constituant l'enveloppe du bâtiment, à savoir les murs et les fenêtres. Une troisième étape vise à adapter le calcul du potentiel exploité pour prendre en compte des systèmes actifs tels que le photovoltaïque et la pompe à chaleur. Cet article vise à affiner de nouveaux indicateurs de performance énergétique, en complément des méthodes classiques. Il s'agit d'analyser précisément la définition et l'utilisation de ces indicateurs, tout en identifiant leurs limites. L'objectif est également d'analyser les résultats quant à leur intégration dans l'évaluation des systèmes énergétiques passifs et actifs du bâtiment, afin d'obtenir une vision plus complète de leur performance.

## 2. DEFINITION DES INDICATEURS ET PRESENTATION DE LA MAISON.

Dans cette section de l'article, nous allons examiner la définition des indicateurs et présenter une description concise de notre cas d'étude.

### 2.1. DEFINITION DES INDICATEURS

La méthode d'évaluation du potentiel exploité se divise en deux étapes distinctes. La première consiste à calculer les besoins obtenus à partir de la simulation conventionnelle d'un bâtiment dans son environnement, prenant en compte toutes les ressources énergétiques. Ces besoins sont désignés comme les "besoins résiduels". Ensuite, il convient de calculer les besoins énergétiques en l'absence d'une des ressources, le soleil dans notre cas. C'est ce que l'on appelle les "besoins réels" par rapport à une ressource spécifique comme présenté sur la Figure 1.

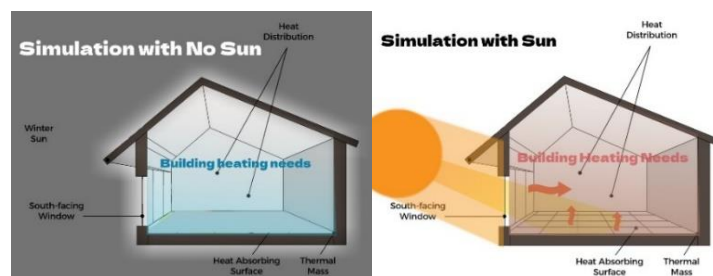


Figure 1: Les deux cas de simulation (a-Absence de soleil, b-Présence de soleil)

La différence entre les besoins du bâtiment dans les deux cas, permet de définir la partie de la ressource effectivement utilisée par le bâtiment, ce que l'on nomme le "Potentiel exploité" :

$$P_{exp}(t) = b_r(t) - b(t) \quad (1)$$

La formule (1) présente le potentiel exploité  $P_{exp}(t)$  défini comme la différence entre les besoins réels  $b_r(t)$ , et les besoins résiduels  $b(t)$ . Le besoin réel  $b_r(t)$ , est calculé comme le besoin instantané relatif à l'usage pour le chauffage dans la simulation sans la ressource de soleil. À partir de la définition du potentiel exploité, il est possible de déduire deux indicateurs de performance, appelés taux de couverture et taux d'exploitation. Le taux de couverture représente la proportion des besoins

énergétiques réels du bâtiment qui sont couverts par la ressource. Tandis que le taux d'exploitation représente la part de l'énergie de la ressource qui est effectivement utilisée par le bâtiment.

$$\text{Le taux d'exploitation} = P_{exp}(t)/\text{Rayonnement solaire incident} \quad (2)$$

$$\text{Le taux de couverture} = P_{exp}(t)/b_r(t) \quad (3)$$

Cependant, à l'échelle d'une paroi, le concept de "besoins" ne devient pas pertinent. À la place, la notion de "flux utile" a été introduite initialement dans les recherches de Chesné 2012 pour évaluer précisément le potentiel exploité d'une ressource par un mur. Le "flux utile" représente l'échange de chaleur entre la surface du mur et le volume d'air à l'intérieur du bâtiment. Lorsqu'un mur est exposé au rayonnement solaire sur sa face extérieure, il absorbe une partie de l'énergie solaire incidente, entraînant une augmentation de sa température. Par la suite, le mur chauffé libère une partie de la chaleur accumulée dans l'environnement intérieur par des processus convectifs et radiatifs contribuant ainsi à la charge de chauffage intérieure. Ce paramètre, exprimé en (W) ou (W/m<sup>2</sup>), représente le flux thermique transférée de la face intérieure du mur vers l'environnement intérieur. L'évaluation de ce paramètre offre des informations sur la manière dont le mur exploite l'énergie solaire pour contribuer au chauffage.

Dans la simulation ce flux convectif est noté  $\phi_c(t)$ , il est égal à :

$$\phi_c(t) = h_{int}(T_s(t) - T_{int}(t)) \quad (4)$$

Pour calculer l'échange par rayonnement interne Energyplus utilise la méthode ScriptF et la méthode CarrollMRT, qui calcule le transfert de chaleur par rayonnement net pour chaque surface en utilisant l'équation (5)  $F'_r$  est la résistance au rayonnement du corps gris,  $T_r$  est la température radiante moyenne, et  $T_s$  est la température de la surface. Pour plus de détails regardés (US Department of Energy 2020)

$$\phi_{r_s} = (T_s^4(t) - T_r^4(t)) \quad (5)$$

Le flux total  $\phi_{t_s}(t)$  égale de la somme de flux convectif et radiatif de la surface de parois, éq (6)

$$\phi_{t_s}(t) = \phi_{c_s}(t) + \phi_{r_s}(t) \quad (6)$$

Le potentiel solaire exploité  $P_{exp}(t)$  et alors défini comme la différence des deux flux (simulation en absence de soleil  $\phi_{t_0}(t)$  et présence de soleil  $\phi_{t_s}(t)$ )

$$P_{exp}(t) = \phi_{t_0}(t) - \phi_{t_s}(t) \quad (7)$$

## 2.2. PRESENTATION DU BATIMENT

Dans cette étude, nous avons examiné la Maison INCAS I-DM, une maison expérimentale de 80 m<sup>2</sup> sur deux niveaux, située à INES Chambéry, en France. Nous avons choisi ce bâtiment en raison de la disponibilité d'informations bien documentées sur ses caractéristiques. Les résultats des études antérieures sur la Maison INCAS ont été rigoureusement comparés et validés par rapport à des mesures, ce qui garantit la fiabilité de la modélisation énergétique utilisée. Nous avons étudié deux versions de la maison : une non isolée avec un coefficient de transmission thermique des parois opaques de U=2,92 W/m<sup>2</sup>K, et une isolée avec U=0,304 W/m<sup>2</sup>K. Les proportions de surface vitrée par rapport à la surface opaque sont de 36 % pour le sud, 15 % pour l'ouest, 6 % pour l'est et 4 % pour le nord. La maison non isolée est équipée d'un simple vitrage et la maison isolée d'un double vitrage, sans protections solaires dans les deux cas. Des débordements prolongés orientés vers le sud sont présents au-dessus des fenêtres du rez-de-chaussée et de l'étage pour limiter le rayonnement solaire direct en été. Nous avons utilisé DesignBuilder comme logiciel de modélisation et EnergyPlus pour les simulations. Le modèle adopté

se compose de deux zones correspondantes à chaque niveau de la maison, sans tenir compte des ponts thermiques. Dans le premier cas d'étude, nous avons considéré un système de CVC idéal non modélisé où la température de consigne pour le chauffage a été fixée à 19 °C. Dans le deuxième cas, nous avons considéré un système de CVC comprenant une pompe à chaleur air-air et un système de production PV.

### 3. EVALUATION DES PERFORMANCES PASSIVES

Dans la prochaine section, notre attention se concentre sur l'évaluation de la performance globale du bâtiment, en mettant en lumière le potentiel exploité au niveau de son enveloppe dans son ensemble. Par la suite, nous analyserons les composants individuels de cette enveloppe, évaluant le potentiel solaire exploité par chaque élément de paroi séparément.

#### 3.1. POTENTIEL EXPLOITE A L'ECHELLE DU BATIMENT

L'étude initiale se concentre sur l'évaluation de la performance globale du bâtiment en utilisant les indicateurs de besoin, et en mettant particulièrement en évidence le potentiel exploité au niveau de son enveloppe. Les résultats des besoins en chaleur et du potentiel exploité sont présentés dans la figure 2 pour les deux cas : le bâtiment non isolé et le bâtiment isolé. La période sélectionnée pour l'analyse, du 19 au 29 janvier 2021, est représentative de la saison hivernale où les besoins de chauffage sont les plus élevés.

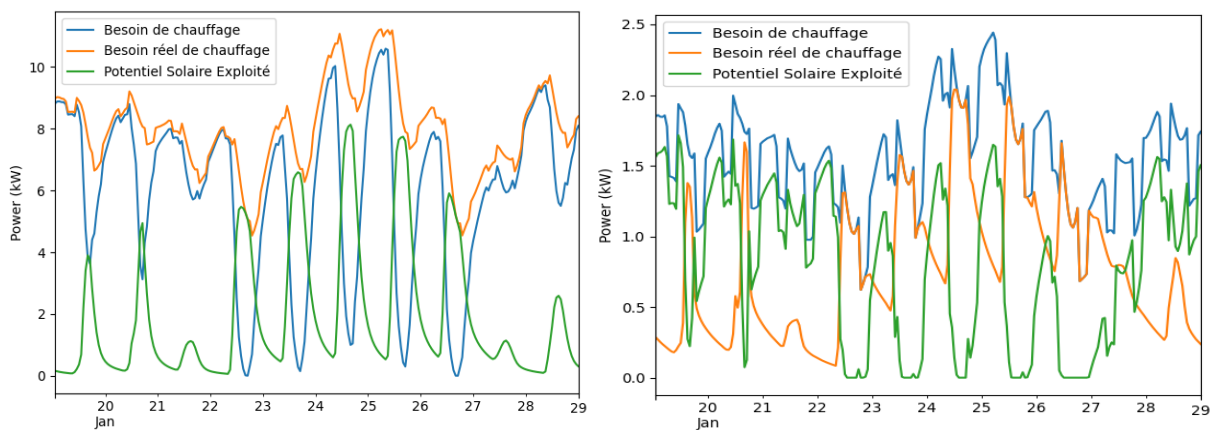


Figure 2 : Besoin de chauffage et potentiel exploité de bâtiment (a-maison non isolée, b-maison isolée)

La figure 2-a montre une maison sans isolation, où l'on observe des fluctuations périodiques de la demande de chaleur en fonction du temps extérieur. Le soleil peut partiellement chauffer la maison pendant la journée. En revanche, pour une maison isolée (figure 2-b), les variations de la demande de chaleur sont moins directement liées au temps extérieur et dépendent davantage des charges internes et de l'usage de la maison. L'isolation réduit le besoin de chauffage en conservant la chaleur à l'intérieur et en diminuant la dépendance aux conditions extérieurs. Cela se traduit par des courbes de potentiel exploité majoritairement positives, indiquant que le potentiel solaire peut couvrir une partie des besoins énergétiques de la maison. Cependant, le potentiel exploité diminue dans le cas d'une maison isolée en raison de l'effet isolant qui limite le potentiel solaire exploité par l'enveloppe.

Le taux de couverture et le taux d'exploitation sont calculés à partir des données d'analyse du potentiel solaire exploité pour une période de dix jours représentatifs de l'hiver (du 19 au 29 janvier), comme le montre la figure 3. Ce sont deux indicateurs dérivés de l'exploitation du potentiel solaire. Dans le cas d'une maison non isolée, le taux d'exploitation est d'environ 25 % et le taux de couverture est de

24 %. Cela signifie qu'environ un quart du potentiel solaire disponible est effectivement utilisé pour répondre aux besoins énergétiques du bâtiment. Lorsque l'isolation est améliorée, le taux d'exploitation diminue significativement à 10 %, confirmant que l'isolation réduit la capacité d'exploitation du potentiel solaire en isolant le bâtiment de son environnement.

Parallèlement, le taux de couverture pour un bâtiment isolé augmente, atteignant 48%. Cette augmentation est attribuable à la réduction significative des besoins énergétiques du bâtiment grâce à l'isolation. Malgré une utilisation moindre du potentiel solaire comparée à la maison non isolée, la part du potentiel solaire utilisée devient plus significative par rapport aux besoins réduits du bâtiment.

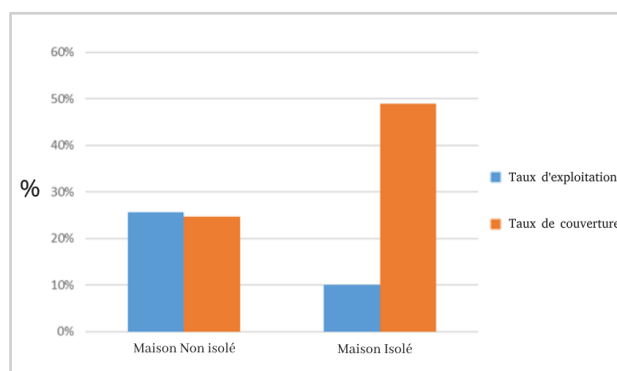


Figure 3 : Taux de couverture et taux d'exploitation

Ainsi, presque la moitié des besoins énergétiques d'une maison isolée peut être couverte par l'énergie solaire. Ceci souligne l'intérêt de considérer l'amélioration de l'isolation et l'exploitation du potentiel solaire comme des stratégies complémentaires pour augmenter l'efficacité énergétique des bâtiments.

### 3.2. POTENTIEL EXPLOITE A L'ECHELLE DES COMPOSANTS

Après avoir analysé l'ensemble du bâtiment, nous nous concentrons désormais sur les composants individuels de l'enveloppe. En considérant la surface d'un mur, nous déterminons l'irradiance solaire totale (rayonnement direct et diffus) reçue. Cela permet d'évaluer le potentiel solaire disponible pour chaque façade et constitue une étape préliminaire avant d'évaluer la capacité du bâtiment à exploiter ce gisement. L'évaluation de potentiel exploité repose sur les échanges thermiques entre la surface intérieure des parois et l'air intérieur de la maison, en absence et en présence de rayonnement solaire. La figure 4 présente le potentiel solaire exploité par la paroi sud de la maison étudiée durant la période s'étalant du 19 au 29 janvier.

Le potentiel exploité correspond à la quantité de chaleur supplémentaire apportée à l'air intérieur de la maison. Sur la courbe, en l'absence de soleil, on remarque que l'échange de chaleur est négatif, ce qui signifie que la surface reçoit de la chaleur du milieu intérieur de la zone (déperditions thermiques). En présence de rayonnement, on observe des échanges négatifs et positifs en relation avec les heures de la journée. Le potentiel exploité est la différence entre les deux courbes ; il est positif ou nul la nuit et représente la chaleur provenant de la source solaire traversant la paroi sud et fournissant à l'intérieur du bâtiment. Certains jours, on peut constater que le potentiel exploité est positif même la nuit, alors qu'il n'y a plus de rayonnement, ce qui démontre l'effet d'inertie. L'enveloppe du bâtiment absorbe le soleil le jour et le dégage lentement le soir. On remarque donc qu'en utilisant le potentiel exploité, on peut aussi avoir une information sur l'inertie des parois. Des études plus poussées sur ce sujet pourraient éclaircir davantage ses aspects.

La méthode employée permet ainsi de quantifier précisément le gain énergétique associé à chaque façade selon son orientation. Elle offre en outre la possibilité d'évaluer différentes configurations constructives au regard de leur capacité à tirer parti du rayonnement solaire.

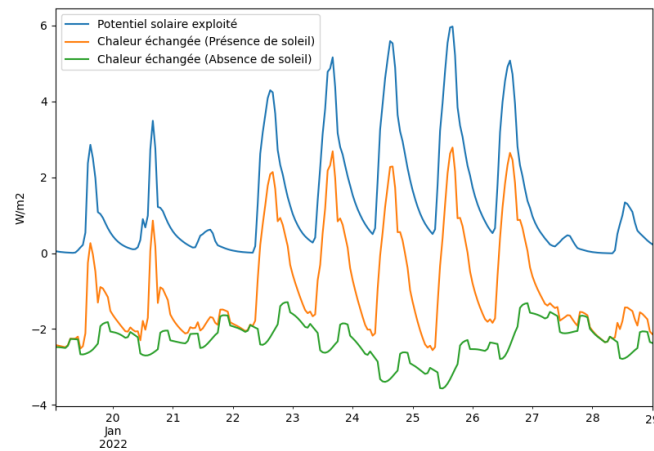


Figure 4 : Potentiel solaire exploité sur la paroi opaque sud

L'analyse du potentiel exploité par les parois peut être généralisée et utilisée pour comparer les performances d'autres parois de la maison en fonction de l'orientation. Cela permet de comprendre quelles parois sont les mieux placées pour utiliser passivement le rayonnement solaire pour le chauffage. Cela peut être utile pour guider les décisions concernant l'emplacement des fenêtres, les ombrages, la sélection des matériaux. La comparaison du potentiel exploité entre les parois révèle les domaines où l'exploitation de la chaleur solaire peut être améliorée.

#### 4. EVALUATION DES SYSTEMES ACTIFS

Dans l'étude précédente, un système idéal non modélisé a été utilisé, le potentiel exploité avait été défini en fonction des besoins de la maison. La prochaine étape de cette recherche vise à examiner et à ajuster l'indicateur de potentiel exploité pour les systèmes actifs, transformant l'énergie solaire. Plus concrètement, nous modélisons un système composé d'une installation photovoltaïque de 2500Wc installée en façade et d'une pompe à chaleur air-air avec un coefficient de performance de 2,5.

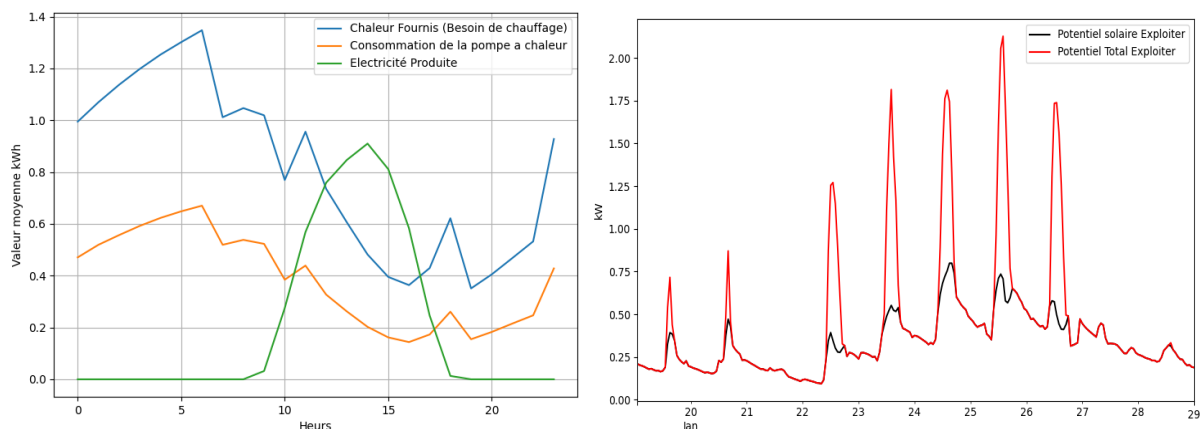


Figure 4 : a- Moyenne horaire de la consommation et production, b-Potentiel exploité et potentiel total exploité

La consommation correspond à l'énergie électrique requise par la pompe à chaleur pour fournir la quantité de chaleur nécessaire au maintien de la température de consigne dans le bâtiment à tout moment. Nous réappliquons la méthodologie utilisée dans la première partie de l'étude, en effectuant des

simulations avec et sans rayonnement solaire. Cela permet de calculer le potentiel exploité et d'évaluer l'impact total du rayonnement solaire. La figure 6a illustre les données moyennes de consommation et de production énergétique, recueillies heure par heure tout au long de la période hivernale. La production d'électricité par les panneaux photovoltaïques est également représentée. Sur la base de ces informations, nous calculons le potentiel exploité en fonction de la consommation électrique (figure 6b), autre que le besoin énergétique vu dans l'étude passive. Nous définissons également le potentiel exploité total, incluant à la fois le potentiel exploité et l'énergie générée par les panneaux photovoltaïques. Cela permet de quantifier de manière exhaustive la contribution du soleil, à la fois de manière active (via le PV) et passive (par la réduction de la consommation énergétique pour le chauffage), sur les performances énergétiques du bâtiment.

## 5. DISCUSSIONS

L'analyse sur l'enveloppe du bâtiment a permis de quantifier précisément le potentiel solaire exploité à l'échelle de la maison en entier et à l'échelle de la paroi sud. En comparant les besoins énergétiques du bâtiment avec et sans le rayonnement solaire, nous avons pu comprendre le rôle de l'énergie solaire dans la satisfaction des besoins énergétiques. Cela nous a permis d'analyser l'impact du potentiel solaire sur les performances énergétiques globales du bâtiment. L'analyse du potentiel exploité par un composant permet de comprendre l'influence des propriétés des murs sur le transfert des gains de chaleur solaire. L'analyse en série temporelle montre comment la chaleur solaire est distribuée dans le temps à l'intérieur du bâtiment. Cela aide à évaluer les charges et à élaborer des stratégies de confort intérieur. L'ajustement du potentiel exploité sur la deuxième partie de l'étude en incluant à la fois l'enveloppe (passive) et les systèmes (actifs) enrichit la méthodologie d'évaluation, donnant une mesure plus complète des performances énergétiques, qui tient compte de la réduction de la consommation et de la production d'énergie renouvelable. Cela met en évidence les avantages de l'intégration des technologies solaires actives et passives.

L'indicateur de potentiel exploité évalue la capacité d'un bâtiment à utiliser le potentiel énergétique de son environnement, ce qui le distingue des indicateurs énergétiques classiques tels que la consommation d'énergie. Il complète ces indicateurs en se concentrant sur l'utilisation effective du rayonnement solaire, qu'il soit actif ou passif, offrant ainsi une meilleure compréhension et amélioration de la performance énergétique. Cet indicateur dynamique permet d'analyser les variations de l'exploitation des ressources au fil du temps, mettant en évidence les déphasages entre ressources disponibles et leur exploitation. Les résultats peuvent être agrégés en moyennes horaires, journalières ou mensuelles pour faciliter l'analyse des tendances significatives.

Cependant, le potentiel exploité ne doit pas être considéré seul comme critère d'évaluation ou d'optimisation. Maximiser le potentiel exploité ne garantit pas nécessairement une minimisation des besoins et de la consommation. Il est essentiel de l'associer à d'autres indicateurs tels que les besoins ou la consommation énergétique globale pour avoir une vision complète de la performance énergétique du bâtiment. En analysant conjointement ces aspects, des solutions optimales, à la fois énergétiquement efficaces et favorisant l'exploitation du solaire, peuvent être identifiées. Le potentiel exploité peut également être utilisé pour dériver de nouveaux indicateurs liés à d'autres paramètres clés tels que les besoins ou la consommation énergétique. Par exemple, le taux d'exploitation et le taux de couverture sont deux indicateurs clés qui peuvent être calculés à partir du potentiel exploité. Ce dernier offre la



possibilité de définir d'autres grandeurs dérivées en fonction des besoins d'analyse. Sa richesse réside dans sa capacité à encapsuler la dynamique d'exploitation d'une ressource par un bâtiment, en faisant ainsi une base idéale pour le calcul d'indicateurs secondaires.

## 6. CONCLUSION

Cet article présente une méthodologie pour évaluer le potentiel solaire exploité d'un bâtiment, qui quantifie la partie du rayonnement solaire réellement utilisée pour répondre aux besoins énergétiques. Il présente le concept de potentiel solaire exploité et le met en application à travers une étude de cas détaillée, contribuant ainsi à l'évaluation des performances énergétiques des bâtiments combinant solutions passives et actives. Le potentiel exploité permet de quantifier précisément la part du rayonnement solaire utilisée pour répondre aux besoins du bâtiment, révélant le rôle complémentaire de l'isolation et de l'exploitation PV d'une façon passive à l'échelle de bâtiment ou bien au composant, ou d'une active par des systèmes solaires. Cependant, certaines limites doivent être notées. La méthode repose sur des simulations numériques avec des conditions non réalistes, telles que l'absence de soleil.

Le potentiel exploité ne constitue pas un indicateur complet en soi et doit être combiné avec d'autres indicateurs d'énergie. De plus, il ne peut pas être le seul critère d'optimisation et doit prendre en compte la réduction réelle de la consommation. Des indicateurs dérivés du potentiel exploité, tels que les taux d'exploitation et de couverture, sont très utiles pour affiner l'analyse. En intégrant des systèmes actifs, le potentiel exploité pourrait être étendu pour représenter à la fois la production thermique et photovoltaïque, offrant ainsi une vision globale de la contribution du solaire. Le couplage avec des mesures en temps réel ouvrirait des perspectives pour l'optimisation des pilotages énergétiques en fonction des fluctuations du potentiel solaire.

*Remerciements : Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'Avenir (réf. ANR-18-EURE-0016 – Solar Academy)*

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- Chesné, Lou. 2012. "Vers Une Nouvelle Méthodologie de Conception Des Bâtiments, Basée Sur Leurs Performances Bioclimatiques," 1–217.
- Chesné, Lou, Thierry Duforestel, Jean Jacques Roux, and Gilles Rusaouën. 2012. "Energy Saving and Environmental Resources Potentials: Toward New Methods of Building Design." *Building and Environment* 58: 199–207.
- Kämpf, Jérôme Henri, Marylène Montavon, Josep Bunyesc, Raffaele Bolliger, and Darren Robinson. 2010. "Optimisation of Buildings' Solar Irradiation Availability." *Solar Energy* 84 (4): 596–603.
- Smith, Geoff, and Angus Gentle. 2017. "Radiative Cooling: Energy Savings from the Sky." *Nature Energy* 2 (9).
- Tittlein, Pierre. 2008. "Environnements de Simulation Adaptés à l' Étude Du Comportement Énergétique Des Bâtiments Basse Consommation . HAL Id : Tel-00350664."
- US Department of Energy. 2020. "Documentation Engineering Reference." *EnergyPlus™*
- Wittmann, H., P. Bajons, M. Doneus, and H. Friesinger. 1997. "Identification of Roof Areas Suited for Solar Energy Conversion Systems." *Renewable Energy* 11 (1): 25–36.
- Yang, Liu, Haiyan Yan, and Joseph C. Lam. 2014. "Thermal Comfort and Building Energy Consumption Implications - A Review." *Applied Energy* 115: 164–73.