



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

Liberté
Égalité
Fraternité



RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LA MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

Journée Recherche et Action Publique 2024

Université Gustave Eiffel, 10 -11 octobre 2024

Myriam Humbert

MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

DÉFINITION(S)



Qu'est-ce que la performance énergétique ?

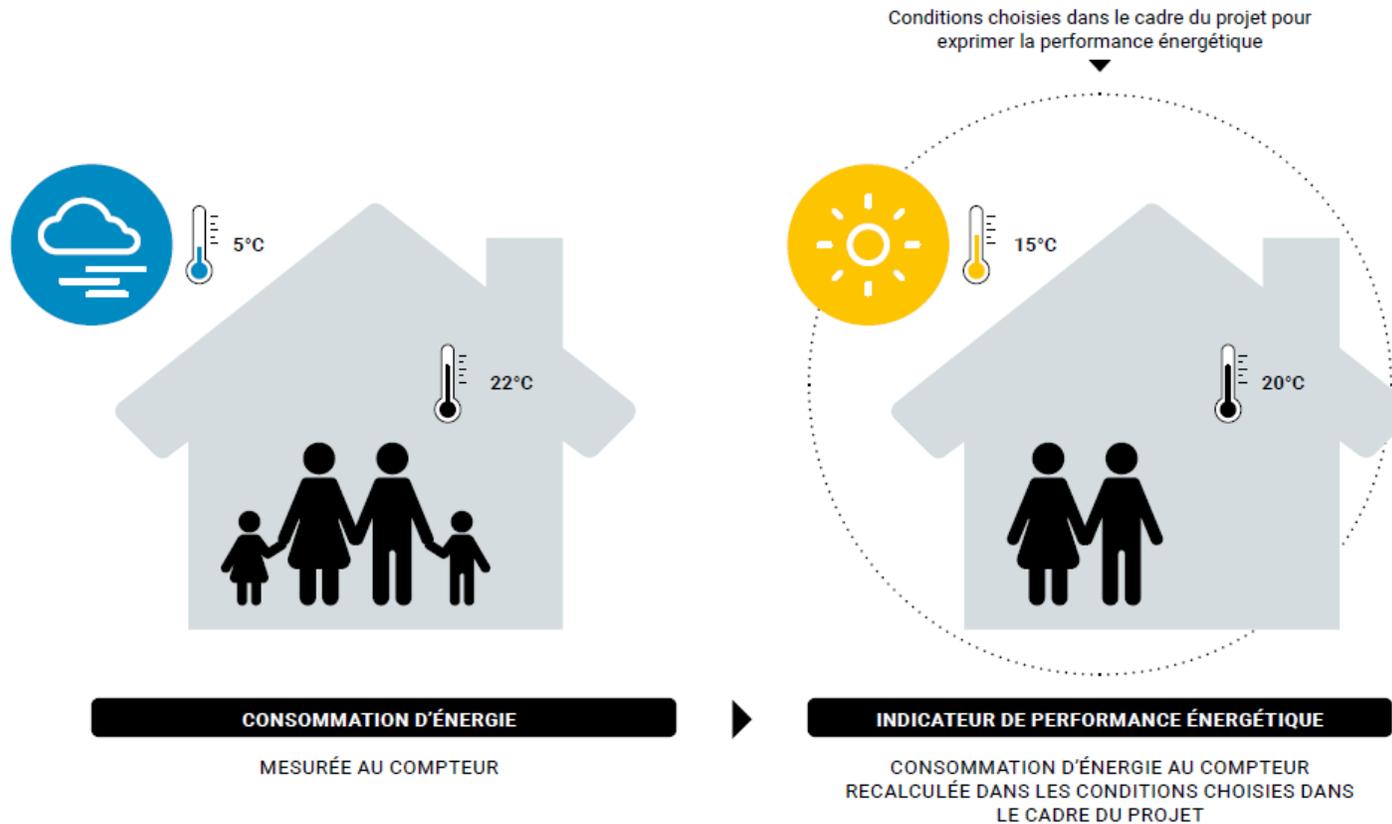
La performance énergétique est une
consommation d'énergie
exprimée dans des conditions normalisées en vu de comparaison

PERFORMANCE associée à la notion de **COMPARAISON**
évaluer, contrôler

PERFORMANCE définie dans des **CONDITIONS DONNEES**

MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

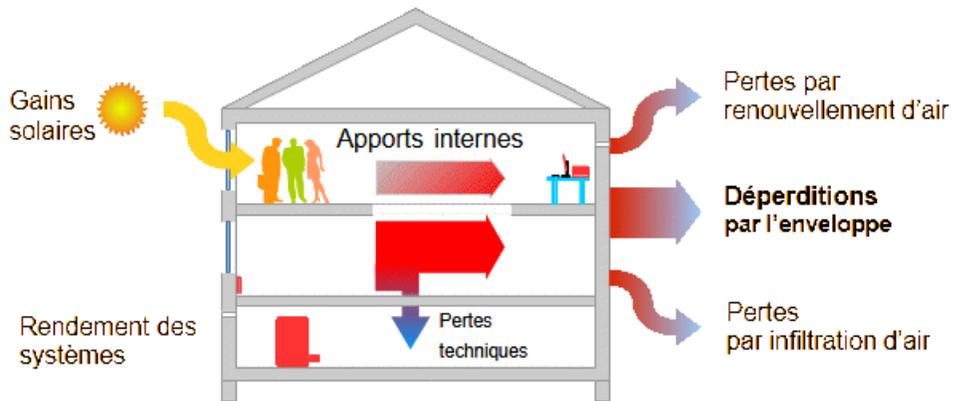
La performance énergétique est une consommation d'énergie exprimée dans des conditions normalisées en vu de comparaison



MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

MÉTHODOLOGIE(S)

➤ Comment mesurer une performance énergétique ?



via des indicateurs de performance (globale)

- ✓ Comparaison de la consommation mesurée avant/ après rénovation, après ajustement

via des indicateurs de performance partiels

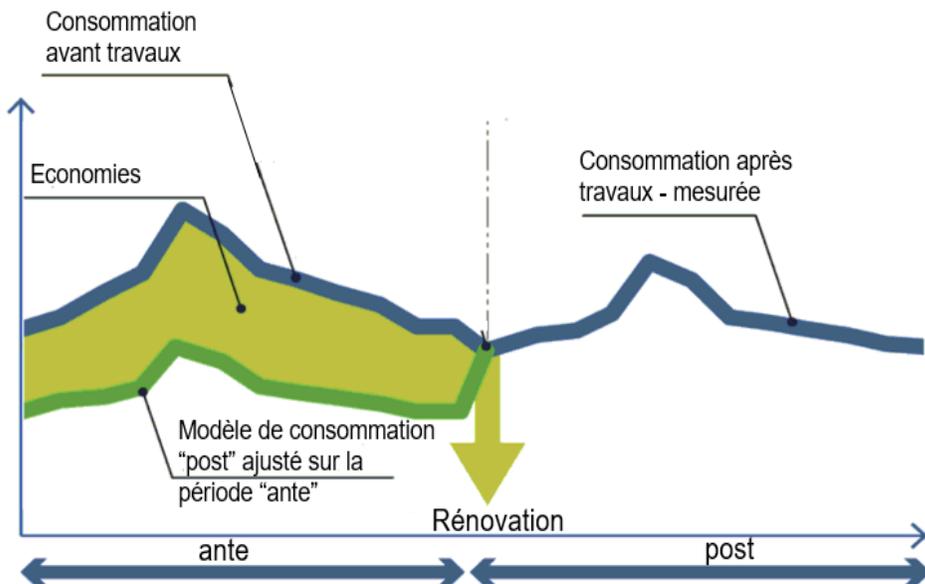
- ✓ Perméabilité à l'air d'un bâtiment
- ✓ Rendement saisonnier d'une chaudière
- ✓ Isolation globale de l'enveloppe

MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

MÉTHODOLOGIE(S)

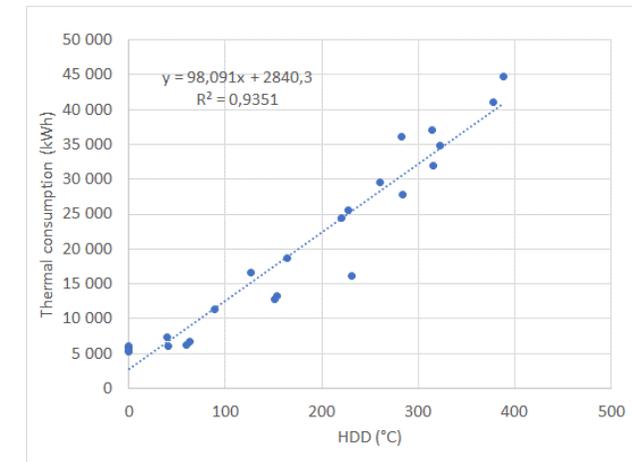
➤ Comment mesurer une performance énergétique ?

via des indicateurs de performance (globale)



✓ Comparaison de la consommation mesurée avant/ après rénovation, après ajustement

- Après travaux : consommation d'énergie finale via compteur intelligent (Gazpar, Linky) ou distributeur
- Avant travaux : consommation basée sur les factures gaz et électricité
- données météo : DJU COSTIC de la période suivie
- Méthode d'ajustement : IPMVP option C

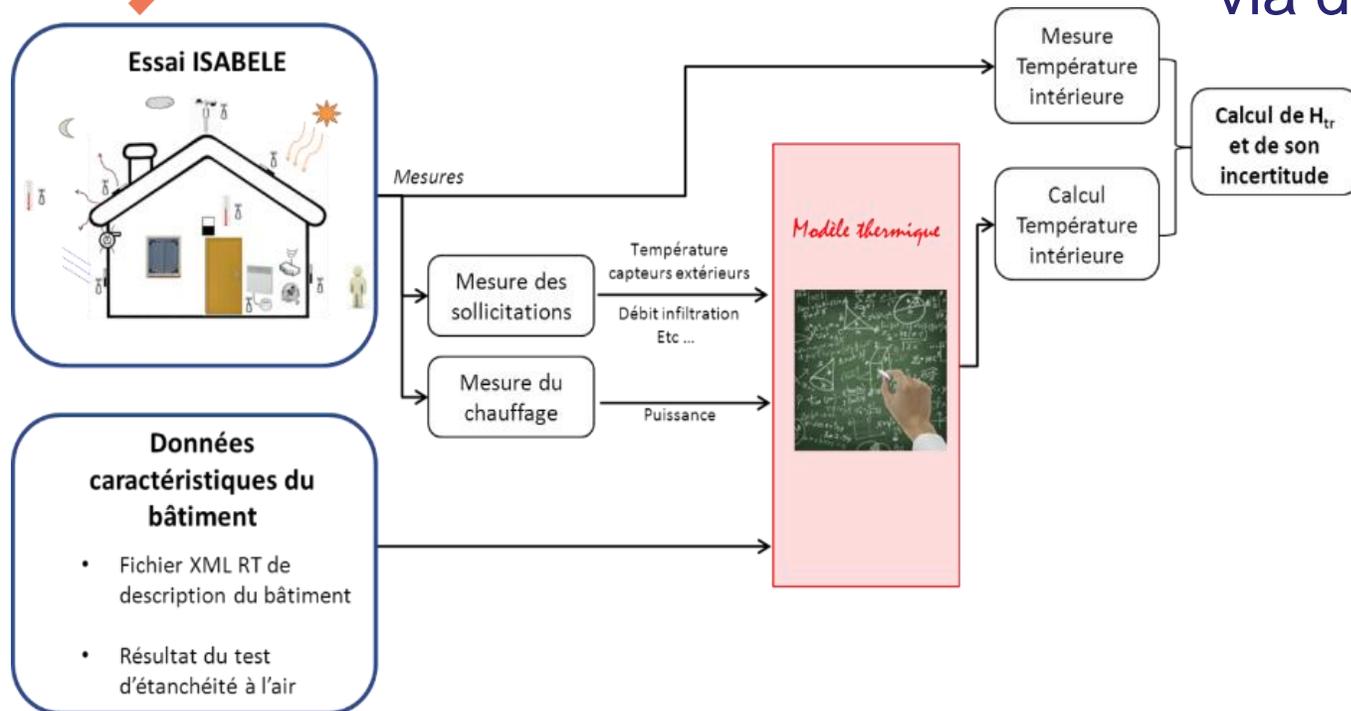


MESURE DE LA PERFORMANCE RÉELLE DE LOGEMENTS

MÉTHODOLOGIE(S)

Comment mesurer une performance énergétique ?

via des indicateurs de performance partiels



- ✓ La mesure indirecte en inoccupation de la transmission thermique d'un bâtiment H_{tr}
- ✓ Préparation du bâtiment : volets fermés, ventilation stoppée et obturation des entrées d'air et extracteurs
- ✓ Sollicitation thermique :
 - DIANE : créneau de température $+10^{\circ}\text{C}$ par rapport à l'extérieur sur 4 jours
 - SEREINE : signal en puissance PSA sur 2 à 4 jours
- ✓ Analyse par méthode inverse
en choisissant le modèle le plus approprié dans une banque de modèles physiques simplifiés en Résistance et Capacité

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION

Projet européen H2020 mySMARTLife (2016-2022)

Objectif : favoriser le développement d'une ville plus durable via des solutions innovantes dans les domaines de la mobilité, de l'énergie, et du numérique



 This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 731297.

Nantes Métropole fait partie des 3 villes démonstratrices avec 9 actions :

- ✓ **Rénovation énergétique et Énergies Renouvelables dans les copropriétés privées, les maisons individuelles et les logements sociaux**
- ✓ Optimisation du réseau de chaleur Centre Loire par des outils de modélisation et d'aide à la décision
- ✓ Production et stockage d'énergies renouvelables
- ✓ Gestion intelligente de l'éclairage public
- ✓ Développement de l'électromobilité en transport collectif et individuel
- ✓ Création d'un observatoire multimodal de la mobilité
- ✓ Renforcement de la logistique dernier kilomètre
- ✓ Développement d'une plate forme de données urbaines
- ✓ Création d'un data lab sur les données électriques

Partenaires : Engie, Enedis, le Cerema, l'IMT Atlantique, Nantes Métropole Habitat, Atlanpole, la Semitan, Nobatek, la Ville de Nantes et Nantes Métropole

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION

Les copropriétés suivies à Nantes



NANTES – PARIS

110 logements
7491m² chauffé
Construction 1962



LE STROGOFF

36 logements
1781 m² chauffé
Construction 1971



BENONI - GOULIN

76 logements
4950 m² chauffé
Construction 1958

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION



Les copropriétés suivies à Nantes



VAL DE LOIRE

20 logements
1184 m² chauffé
Construction 1976



MASSILLON

34 logements
2492 m² chauffé
Construction 1972

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION



Caractéristiques des rénovations des copropriétés suivies :

- ✓ Rénovations thermiques niveaux BBC : remplacements de fenêtres, isolation par l'extérieur des murs, isolation toiture (sauf Massillon déjà réalisé) et plancher bas

- ✓ **Énergies renouvelables :**
 - 22m² panneaux solaires thermique pour l'ECS (Le Strogoff),
 - Connection au réseau de chaleur pour le chauffage Ile de Nantes : mix 91,6% d'énergie renouvelable (2022) (Nantes Paris Bat A and Bat B)
 - Sinon chaudière gaz condensation pour l'ECS et le chauffage

- ✓ **Ventilation** hybride (Nantes Paris bat A and Bat B, Benoni Goulin, Val de Loire) sinon ventilation hygro B

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION



Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation après ajustement

| Benoni Goulin | Avant travaux | | | Après travaux |
|--|---------------|---------|---------|--------------------------|
| Période | 2011 | 2012 | 2013 | avril 2021- mars 2022 |
| Consommation réelle (kWh) | 886 820 | 838 928 | 993 772 | 344 009 |
| Consommation ajustée de la rénovation (kWh) | 391 266 | 351 138 | 420 149 | - |
| Économie d'énergie (kWh) | 495 554 | 487 790 | 573 623 | - |
| Economie d'énergie (%) | 55.9 | 58.1 | 57.7 | - |

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION



Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation : consommation chauffage et ECS

| Périmètre | | Chauffage | | Chauffage + ECS | | |
|------------------------|-------------------------|--------------|---------------|-----------------|--------------|-----------|
| | | Nantes Paris | Benoni-Goulin | Le Strogoff | Val de Loire | Massillon |
| Consommation d'énergie | Avant travaux (moyenne) | 990 000 | 906 507 | 469 000 | 163 310 | 475 877 |
| | Après travaux (ajustée) | 462 810 | 387 517 | 243 148 | 71890 | 346 099 |
| | Economie (moyenne) % | 53% | 57% | 48% | 56% | 24,50% |

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION

Objectif du suivi-évaluation : comparaison des consommations avant/après rénovation : par m²



| | Nantes Paris | Benoni-Goulin | Le Strogoff | Val de Loire | Massillon |
|---|--------------|---------------|-------------|--------------|-----------|
| Energie utile chauffage (kWh/m ²) | 51 | 69.5 | 88.4 | 42.7 | 50.0 |
| Energie utile ECS (kWh/m ²) | 14 | 15.4 | 41.6 | 18.5 | 40.0 |

Consommation ECS supérieure quand produite collectivement

Consommation de chauffage directement liée au niveau d'isolation (Ubât)

APPLICATION À 5 RÉNOVATIONS BASSE CONSOMMATION

Consommation de chauffage directement lié au Ubât

| | Nantes Paris A | Nantes Paris B | Benoni Goulin | Le Strogoff | Val de Loire | Massillon |
|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------|
| Ubât (W/m².K) | 0,73 | 0,63 | 0,86 | 1,34 | 0,53 | 0,75 |
| Chauffage (kWh/m²) | 51 | | 70 | 88 | 43 | 50 |



Val de Loire : traitement des ponts thermiques : remplacement des balcons par des terrasses autoportées

APPLICATION À 25 MAISONS NEUVES RT2012



Dispositif du mesure Diane / Sereine

Présentation de l'échantillon du projet ADEME DIANE

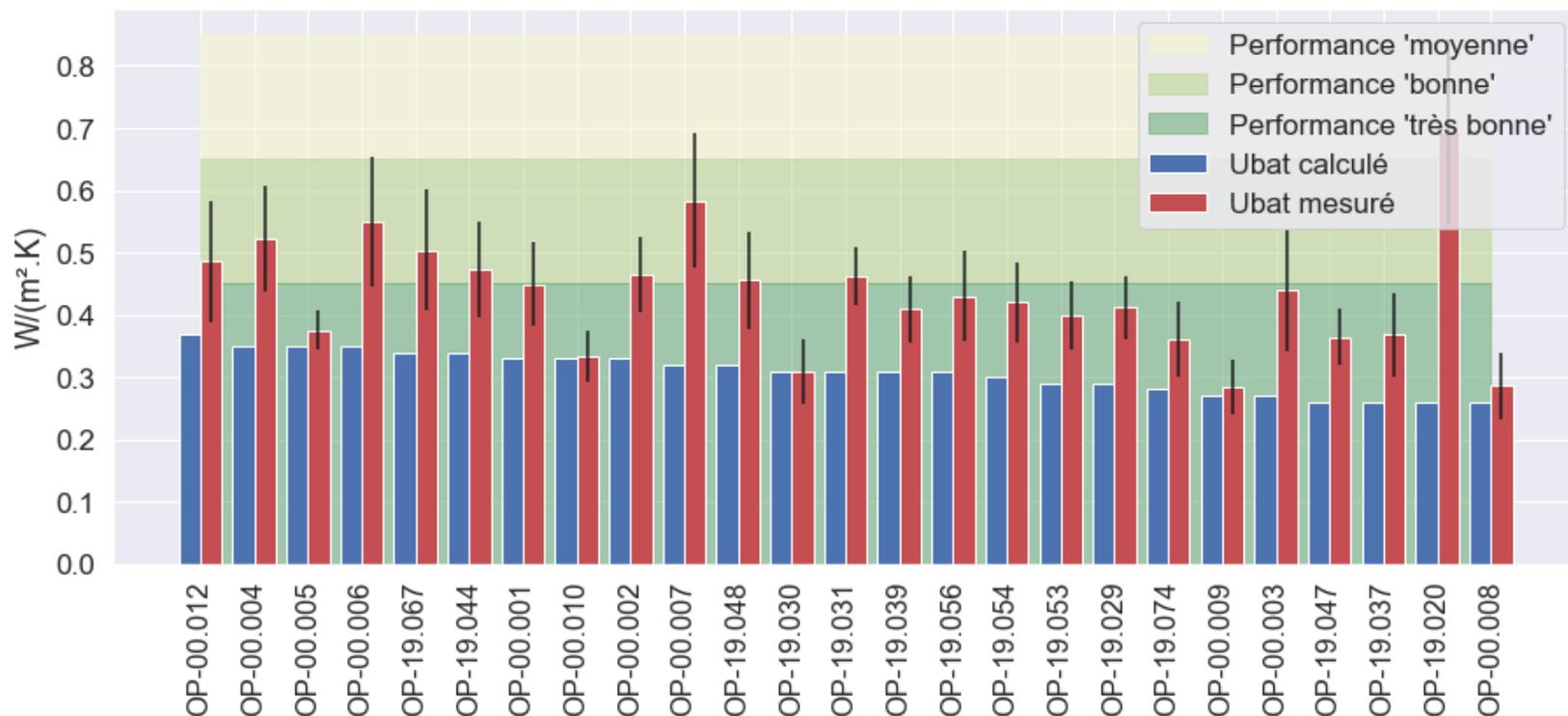
- ✓ Mode constructif en majorité représentatif de la maison individuelle neuve en France :
Parpaing + isolation par l'intérieur
- ✓ Niveau Ubât calculé globalement représentatif du parc neuf MI



Répartition territoriale des opérations DIANE

APPLICATION À 25 MAISONS NEUVES RT2012

Comparaison des transmissions thermiques de l'enveloppe mesurée/ calculée



- ✓ Ubât mesuré systématiquement supérieur au Ubât calculé
- 25% des bâtiments sont proches de la cible calculée
- 75% des bâtiments présentent des écarts de 35 à 75% par rapport à la cible
- ✓ Pas de corrélation entre le niveau du Ubât visé et l'écart calcul/mesure observé
- ✓ Les démarches de certification semblent favorables

Comparaison du Ubât mesuré et calculé selon les règles de calcul Th-bat pour 25 maisons neuves du programme ADEME DIANE

CONCLUSIONS

Plusieurs méthodes de mesures à dispositions en logement

- ✓ Soit mesure de la consommation, à ajuster dans des conditions normalisées
- ✓ Soit la mesure d'indicateurs partiels comme la transmission thermique de l'enveloppe présentée ici

Les mesures permettent de vérifier l'atteinte d'objectifs calculés :

- ✓ Économies d'énergie en rénovation, atteinte de l'isolation globale visée en neuf et rénovation

Les mesures permettent des enseignements pour améliorer les travaux futurs :

- ✓ mySMARTLife : Importance de l'isolation en rénovation globale, principal facteur de réussite
- ✓ Programme DIANE : Écart significatifs sur l'atteinte de l'isolation globale visée en maison neuves : améliorer les pratiques en diffusant la mesure

POUR EN SAVOIR PLUS...

Le rapport MySmartLife est disponible à l'adresse suivante :

<https://mysmartlife.eu/publications-media/public-deliverables/>

Le retour d'expérience du programme ADEME DIANE :

<https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5620-mesure-de-la-performance-energetique-des-batiments.html>

Les méthodes de mesure du HTr se trouvent ici:

✓ Méthode ISABELE utilisée dans DIANE : Thébault, Simon, and Rémi Bouchié. 2018. "Refinement of the ISABELE Method Regarding Uncertainty Quantification and Thermal Dynamics Modelling." *Energy and Buildings* 178 (November): 182–205 <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.047>

✓ PROFEEL SEREINE 2021 Livrable Public n°2 " méthodologie scientifique de la mesure de la performance de l'isolation de l'enveloppe des maisons neuves et rénovées"

<https://www.proreno.fr/documents/methodologie-scientifique-de-la-mesure-de-la-performance-energetique-intrinseque-de-lenveloppe-des-maisons-individuelles-neuves-ou-renovees>



Merci de votre attention !
Myriam.Humbert@cerema.fr