

Séminaire Bâtiments Durables

**Économies d'énergie :
Comptage et Mesurage**

1^{er} octobre 2021

Le suivi des économies d'énergie réalisées via le
Measurement & Verification (M&V)



Maarten VAN DE VIJVER
Eneos B.V.



PRESENTATION DE L'ORATEUR

Le suivi des économies d'énergie réalisées via le Measurement & Verification (M&V)

Maarten Van de Vijver (Eneos)

Maarten Van de Vijver est bio-ingénieur de formation. Il est impliqué dans le secteur de l'efficacité énergétique et de la production d'énergie renouvelable depuis plus de 5 ans. Dans ce cadre, il a réalisé des travaux d'étude en tant que consultant, mais a également suivi des travaux d'étude en tant que chef de projet. L'année dernière, il a fondé Eneos, une société de logiciels spécialisée dans l'automatisation du processus de (Advanced) Measurement & Verification.

Dans sa présentation, Maarten se concentre sur le suivi des performances énergétiques des mesures d'économie d'énergie mises en œuvre. Ce qui n'est pas évident, car la consommation énergétique d'un bâtiment est (souvent) influencée par les conditions climatiques, et il convient d'en tenir compte lors du calcul des économies d'énergie réalisées. L'approche générale est analysée et illustrée au moyen d'un exemple. La présentation explique les limites du traditionnel processus de M&V, mais aborde également le processus d'Advanced Measurement & Verification qui permet de contrôler plus en détail les performances énergétiques d'une mesure d'économie d'énergie.

Pour plus d'informations :

<https://www.eneos.cloud/service/m-v>



OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Comprendre l'approche M&V
- Aperçu des possibilités
- Comment s'y prendre ?
- Exemples concrets



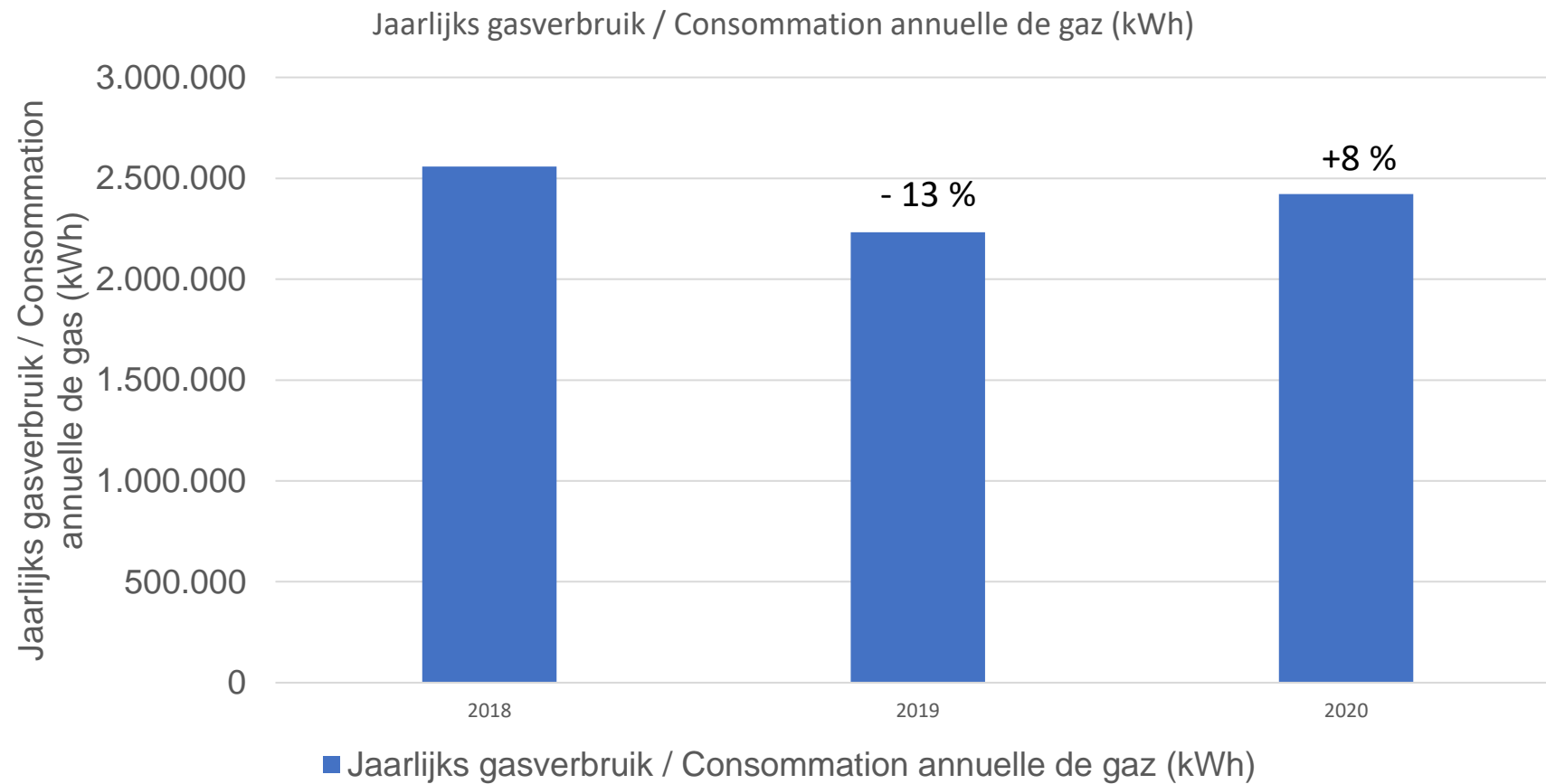
PLAN DE LA PRÉSENTATION

- I. Concept M&V
- II. Préparation de la base de référence
- III. Application de la base de référence
- IV. Advanced M&V
- V. Approche



I. CONCEPT M&V

• Problématique

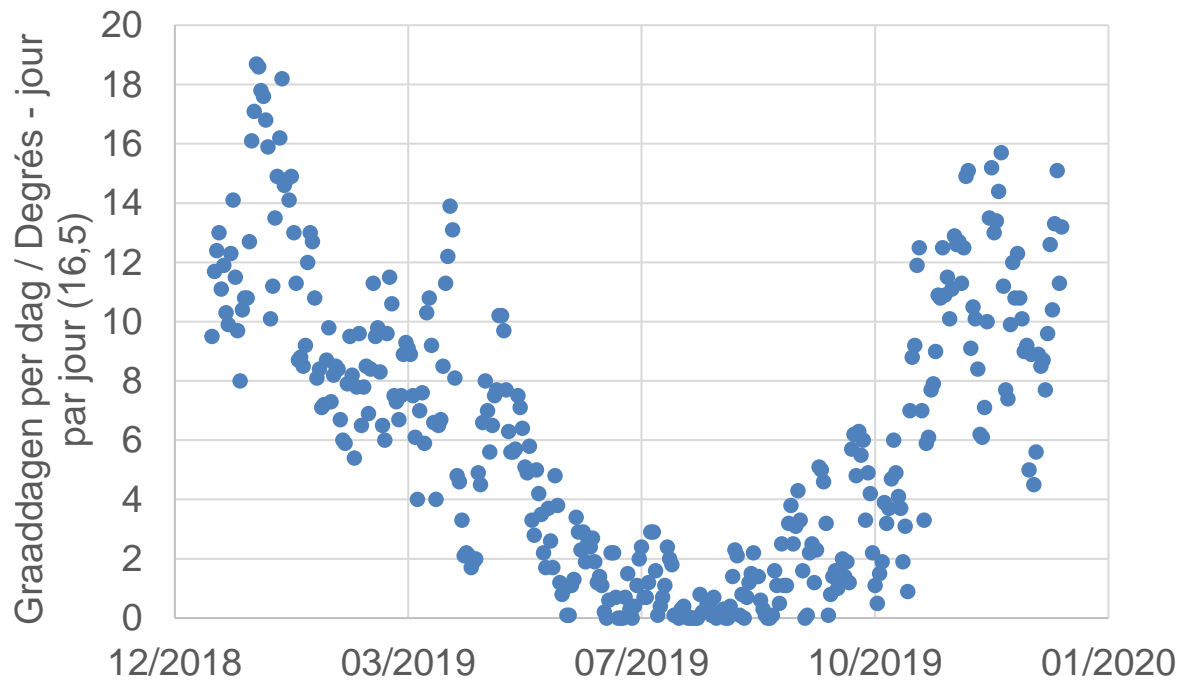




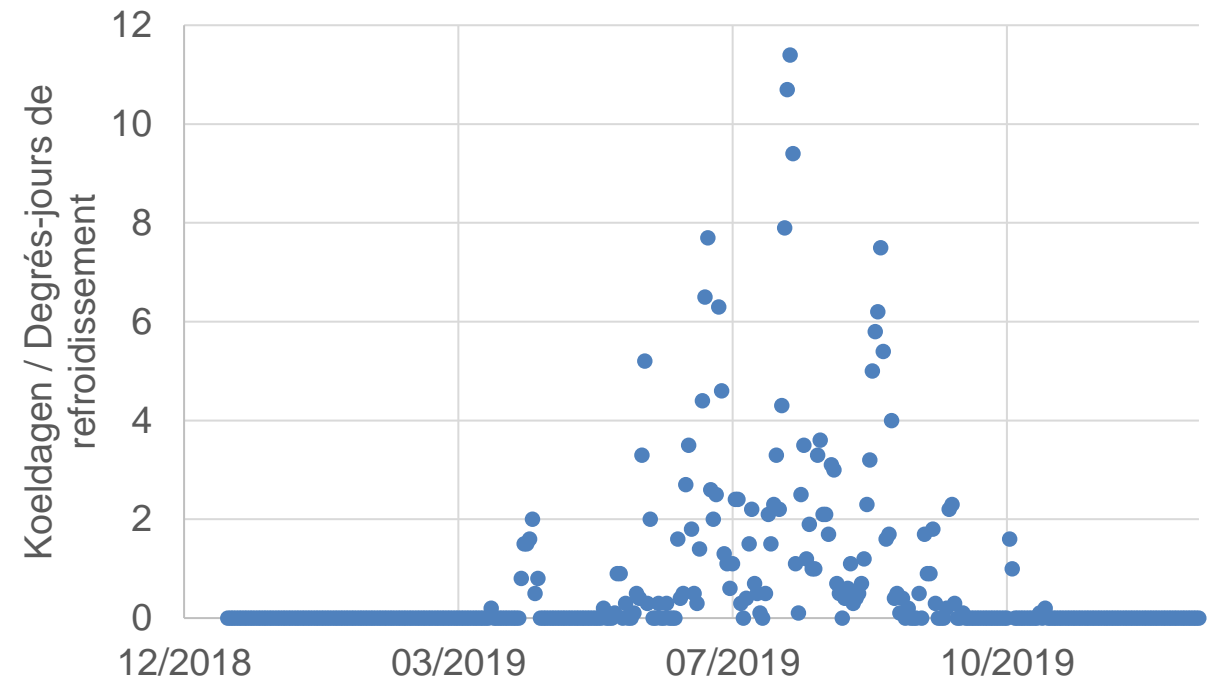
I. CONCEPT M&V

- Concept degrés-jours (DJ) et degrés-jours de refroidissement (DJR)

Graaddagen / Degrés-jours 2019



Koeldagen / Degrés-jours de refroidissement 2019

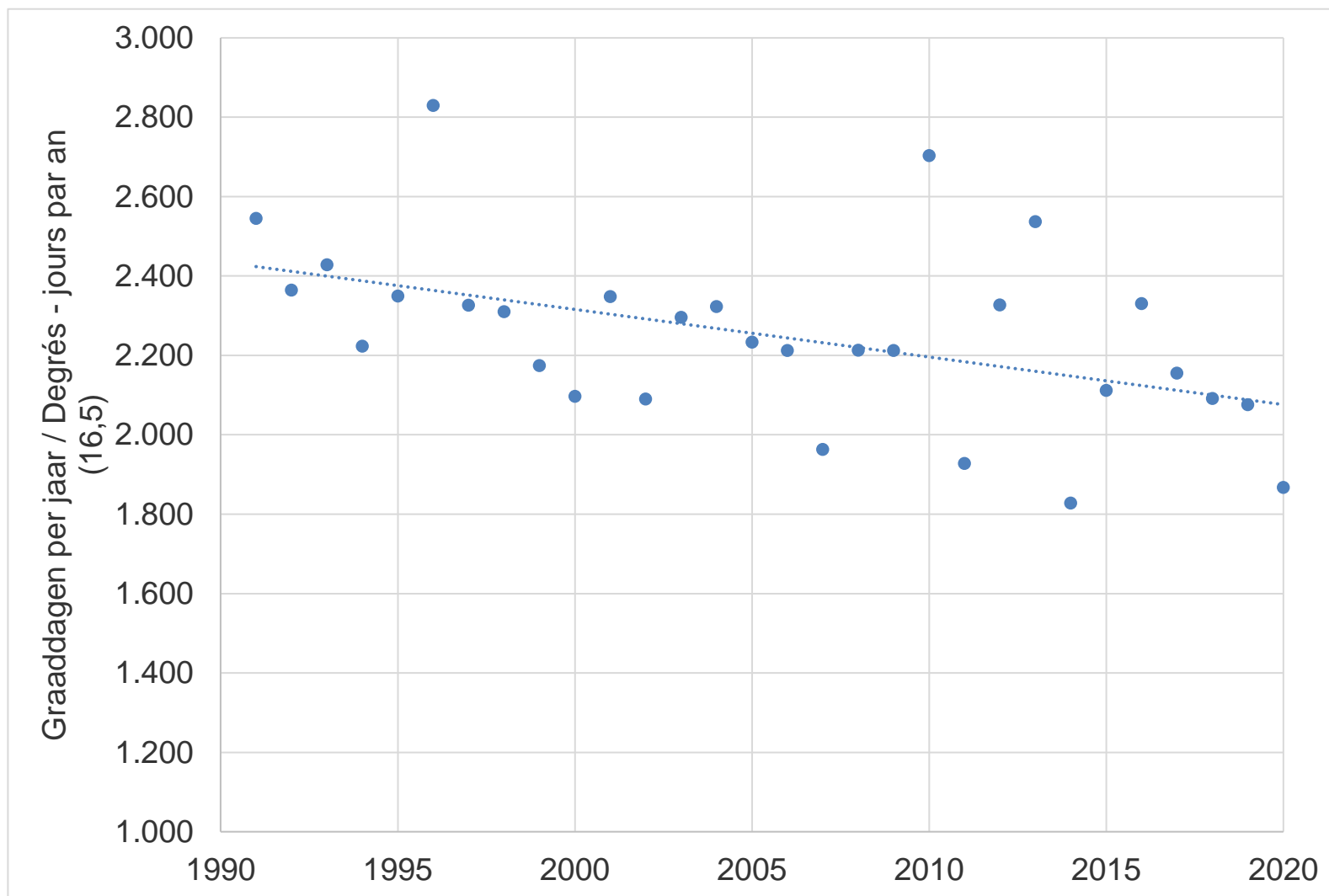


Source : www.degreedays.net



I. CONCEPT M&V

• Variation des conditions météorologiques



Jaar/Année	Graaddagen/De grés-jours	Jaarlijks verschil/Différence annuelle
2000	2.097	-3,7%
2001	2.348	10,7%
2002	2.090	-12,3%
2003	2.296	9,0%
2004	2.323	1,2%
2005	2.233	-4,0%
2006	2.212	-0,9%
2007	1.963	-12,7%
2008	2.213	11,3%
2009	2.212	0,0%
2010	2.703	18,2%
2011	1.928	-40,2%
2012	2.327	17,1%
2013	2.537	8,3%
2014	1.828	-38,8%
2015	2.112	13,4%
2016	2.330	9,4%
2017	2.155	-8,1%
2018	2.091	-3,1%
2019	2.076	-0,7%
2020	1.867	-11,2%

Source : www.gas.be/nl/graaddagen



I. CONCEPT M&V

- **Localisation IPMVP et M&V**
- **Rôle IPMVP**
- **Quatre options IPMVP :**
 - ▶ **Option A : Méthode d'isolement – Mesure des paramètres principaux**
 - ▶ **Option B : Méthode d'isolement – Mesure de tous les paramètres**
 - ▶ **Option C : Ensemble du bâtiment**
 - ▶ **Option D : Simulation calibrée**



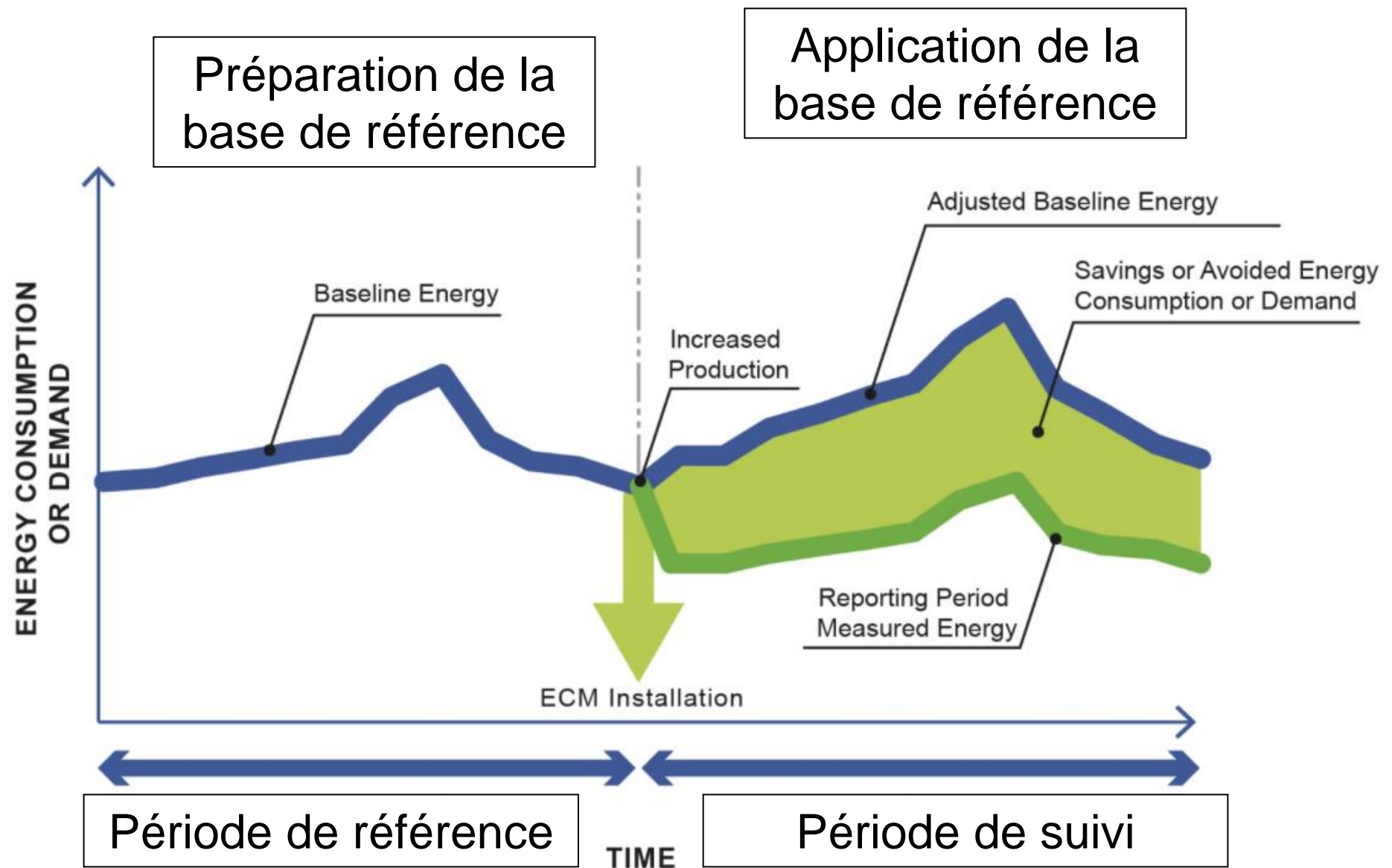
I. CONCEPT M&V

- **Focus sur IPMVP Option C : « Ensemble du bâtiment » :**
 - ▶ **Polyvalence**
 - ▶ **Flexibilité**
 - ▶ **Interactivité des mesures mutuelles**
 - ▶ **Économie totale**



I. CONCEPT M&V

► Méthodologie du processus M&V





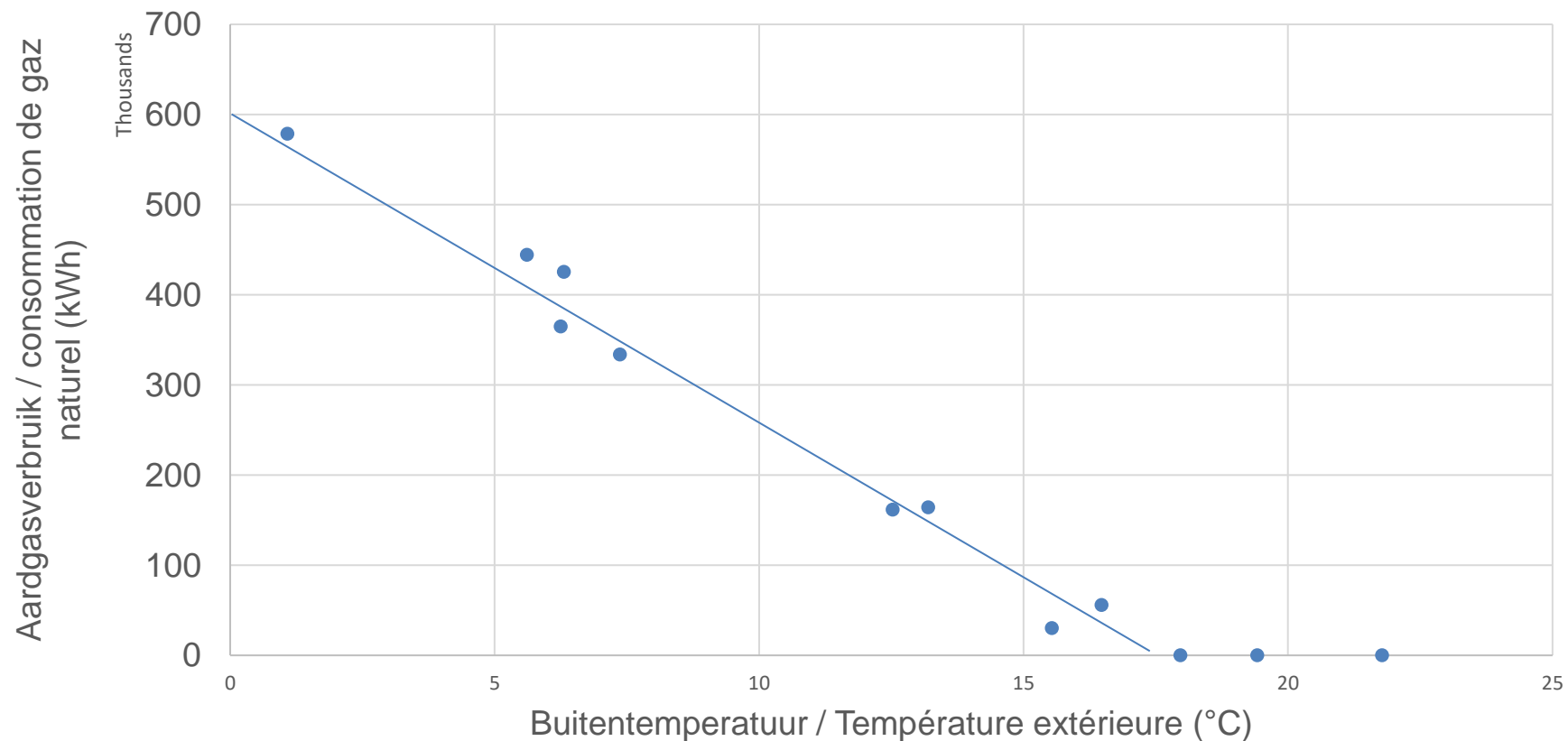
II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **Déterminer la période de référence**
 - ▶ Base de comparaison
 - ▶ Période de mise en œuvre AAPE (Action pour l'amélioration de la performance énergétique)
 - ▶ Suffisamment longue (12 mois)
 - ▶ Pas de changements majeurs dans le bâtiment durant cette période
- **Préparation de la base de référence**
 - ▶ Données de consommation et variables pendant la période de référence



II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

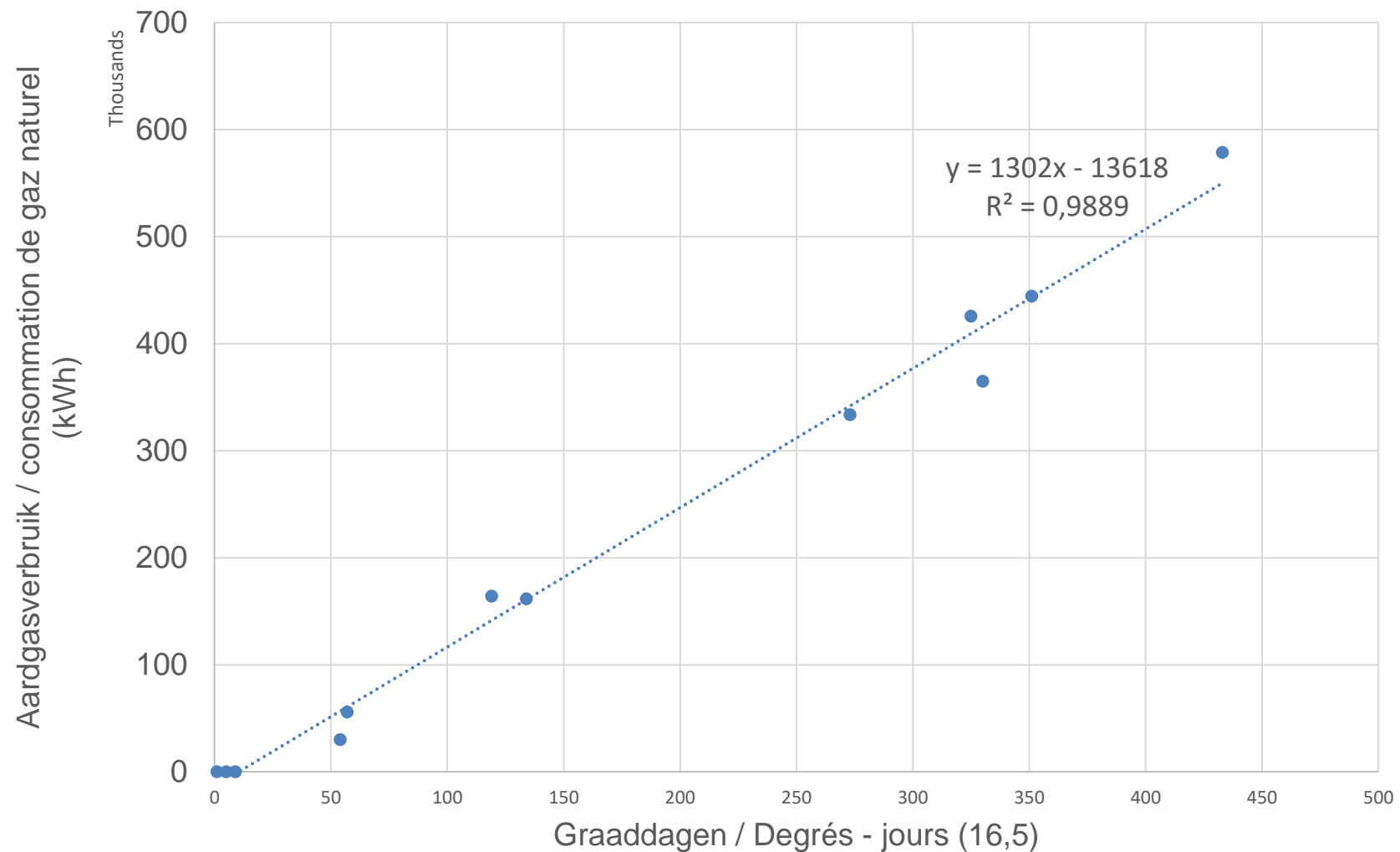
- Impact des conditions météorologiques sur la consommation de gaz naturel (énergie vs température)





II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

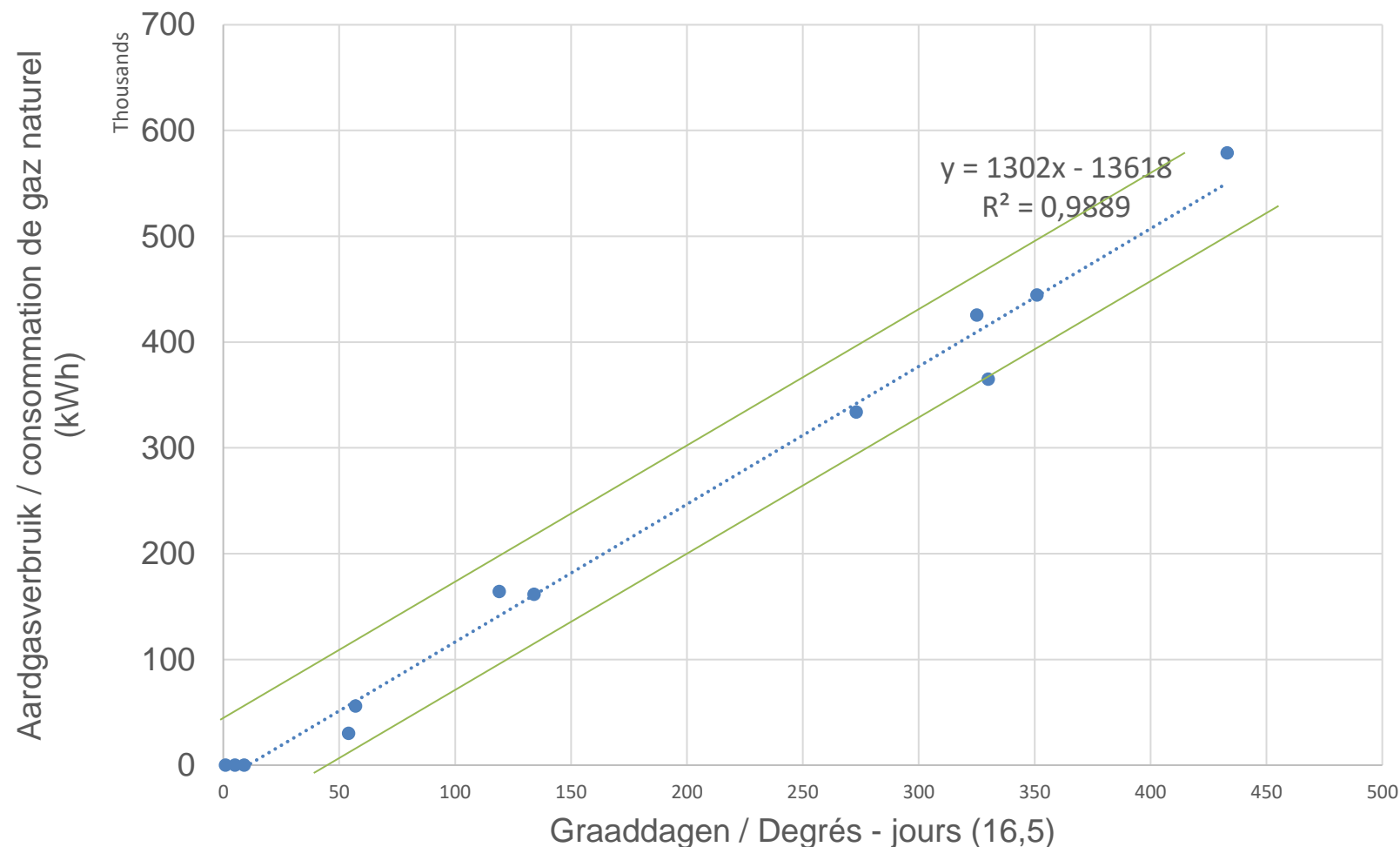
- Consommation de gaz naturel en fonction des degrés-jours (16,5)





II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- Consommation de gaz naturel en fonction des degrés-jours (16,5)
- CVRMSE : 10,2 %





II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **La base de référence indique la relation entre les variables externes pertinentes et la consommation énergétique**
- **Traduit « l'empreinte digitale » du bâtiment**
 - ▶ **Charge de base**
 - ▶ **Sensibilité et importance des variables météorologiques**
- **La température est souvent le paramètre le plus important**
- **Importance de la qualité statistique de la base de référence**



II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **Sensibilité des variables météorologiques sur la consommation énergétique sur la base du processus M&V**
- **Plus le bâtiment est sensible, plus il faut apporter des corrections**
- **Certains bâtiments et vecteurs énergétiques ne sont pas ou peu influencés par des facteurs externes !**



II. PRÉPARATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **Paramètres statistiques :**
 - ▶ **CVRMSE** (Coefficient of the Variation of the Root Mean Square Error - Coefficient de la racine de l'erreur quadratique moyenne)
 - ▶ **R²** (Coefficient de détermination)
 - ▶ **NMBE** (Normalized Mean Bias Error)
- **Deux explications à une qualité insuffisante :**
 - ▶ **Le bâtiment a une consommation (partiellement) inexpliquée – consommation irrégulière**
 - ▶ **Paramètres manquants**

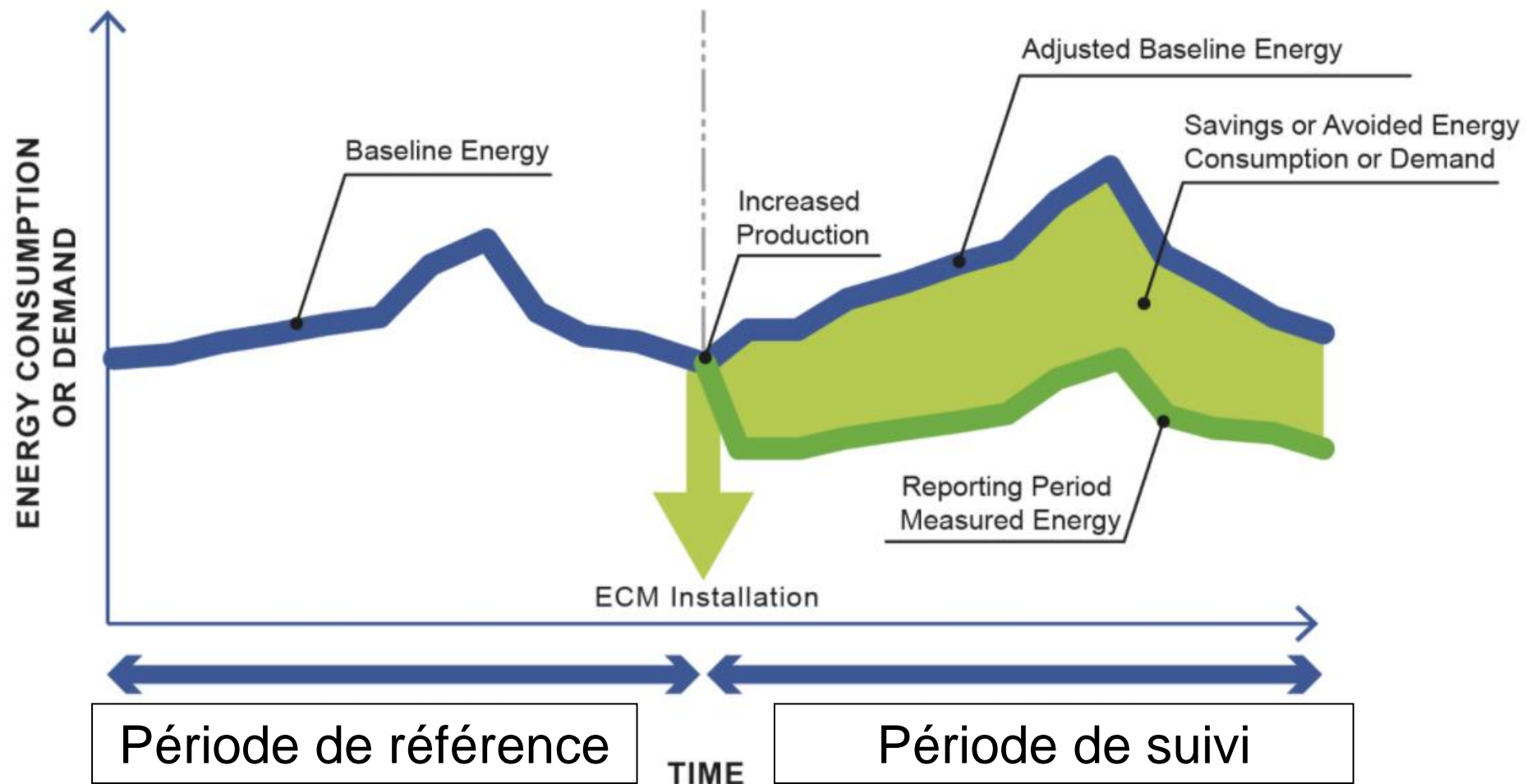


III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

► Méthodologie du processus M&V

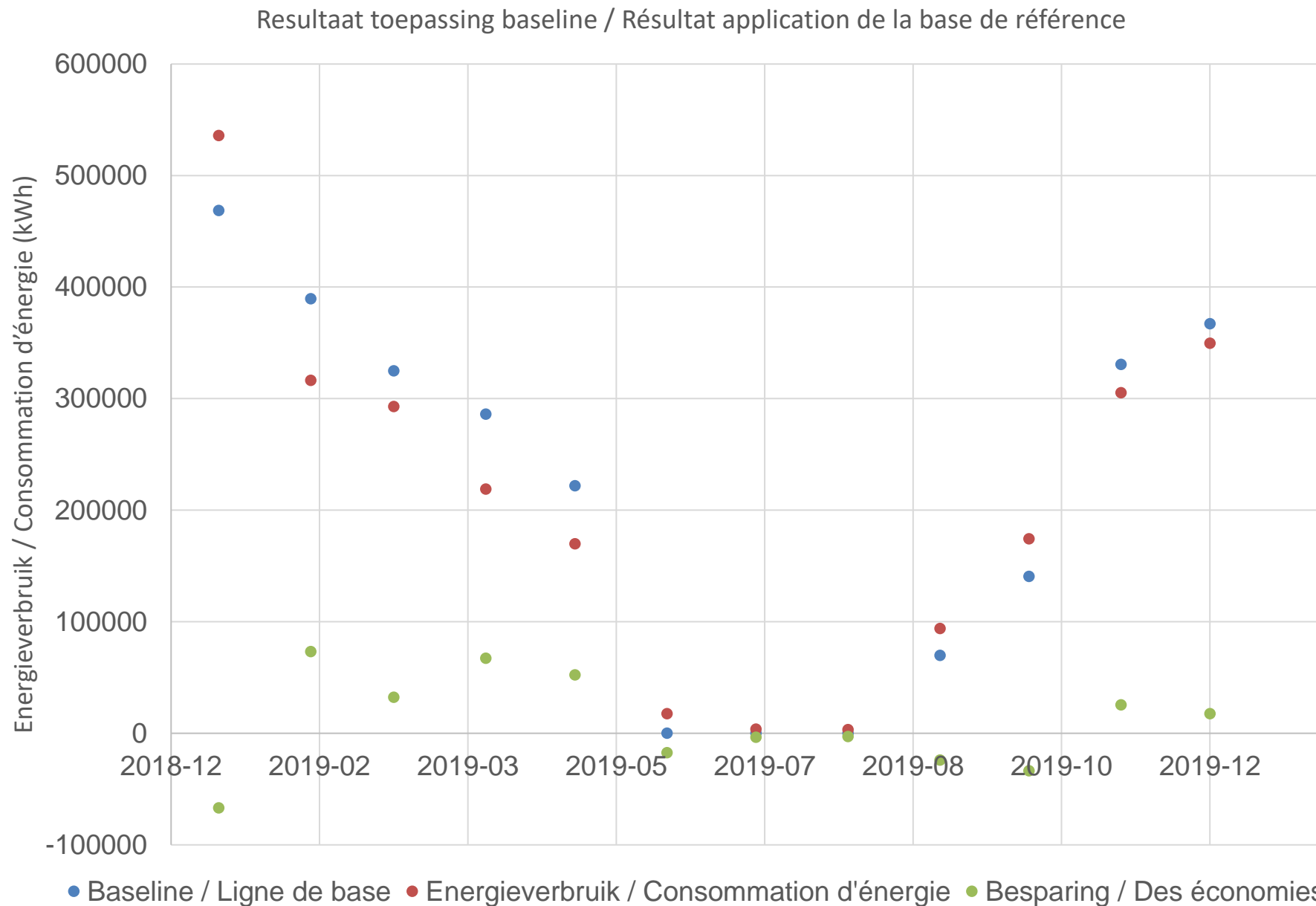
Préparation de la base de référence

Application de la base de référence





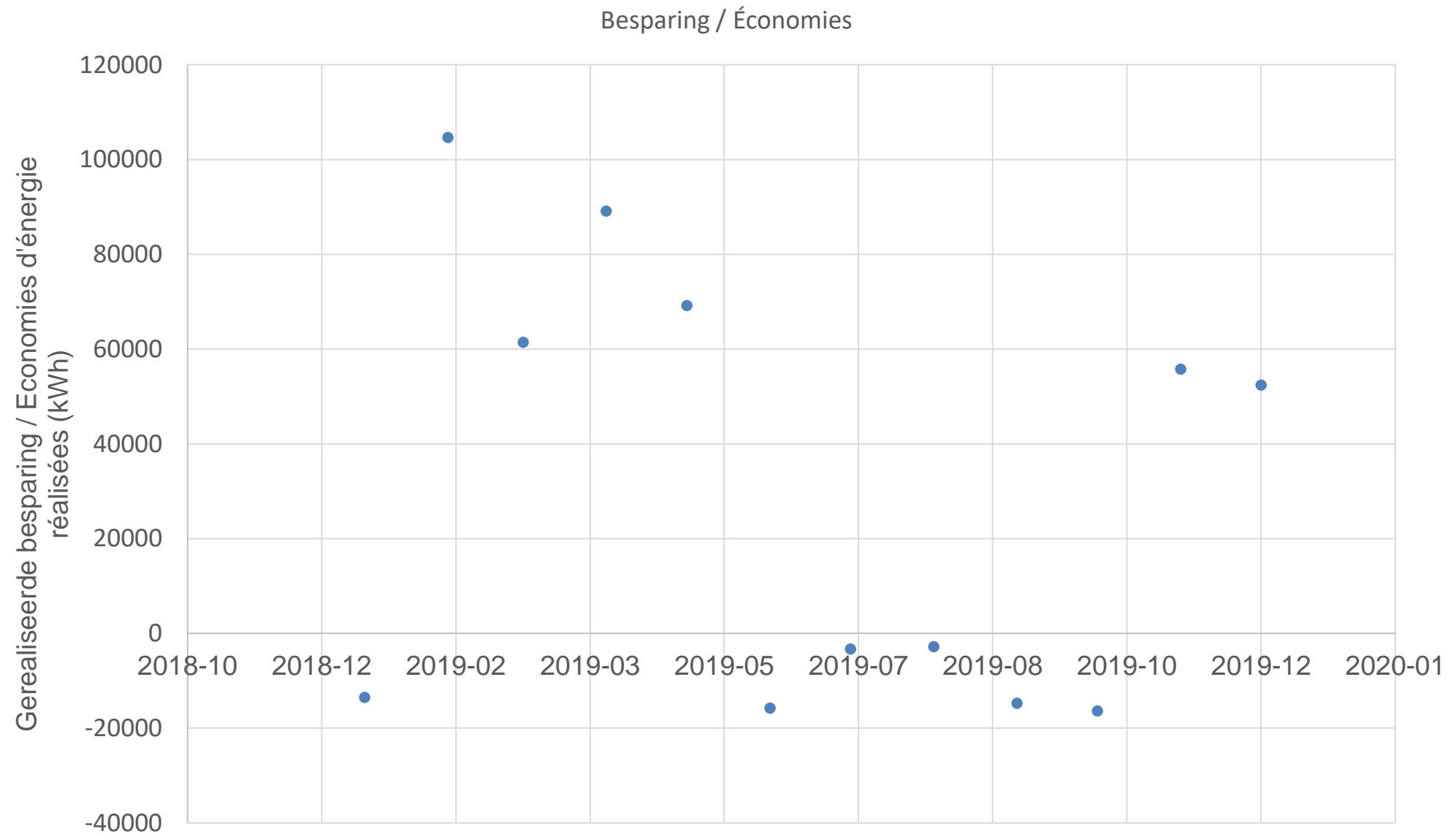
III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE



Source : Eneos



III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE



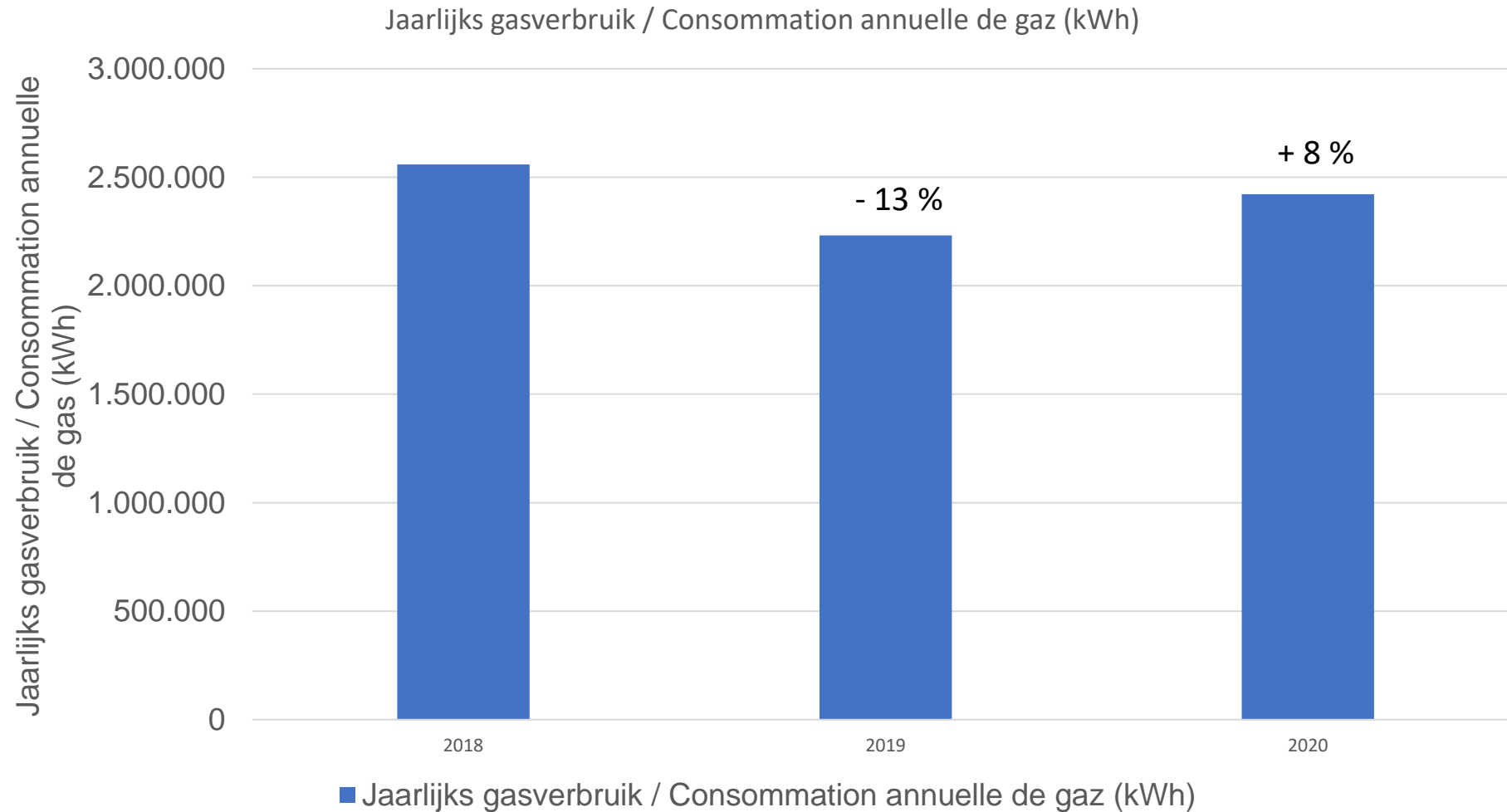


III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **Calcul des économies réalisées :**
 - ▶ **14 % - 336,136 kWh économisés avec une incertitude relative de 27 %**
 - ▶ **Économie annuelle de 8 403 euros (au prix du gaz naturel de 0,025 euro/kWh)**
 - ▶ **Économie entre 264,046 et 468,227 kWh**
- **Plus les économies relatives sont élevées, plus un suivi plus précis est possible**
- **Règle de base : économie de 10 %**



III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

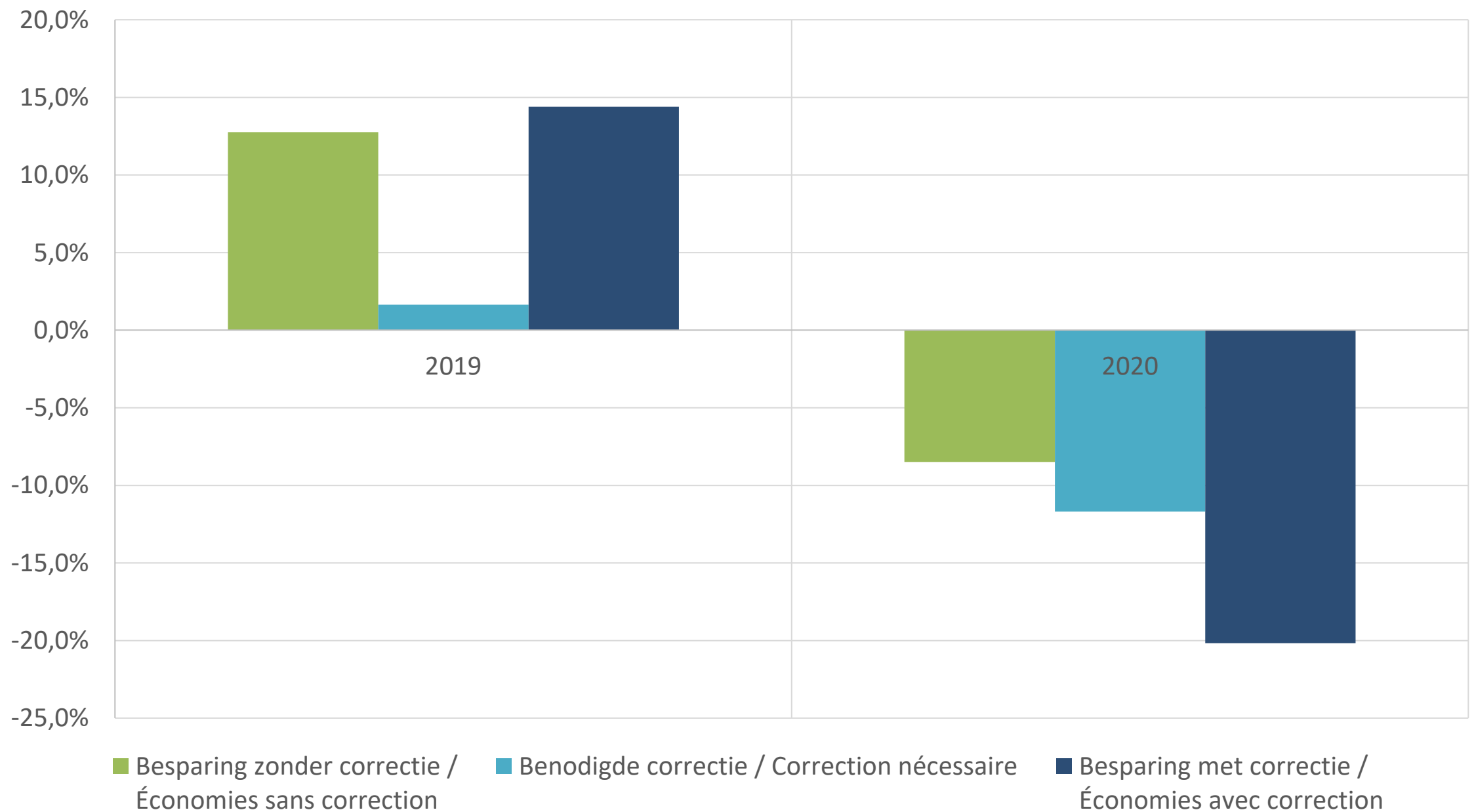


Source : Eneos



III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

Economies annuelles de gaz (%)



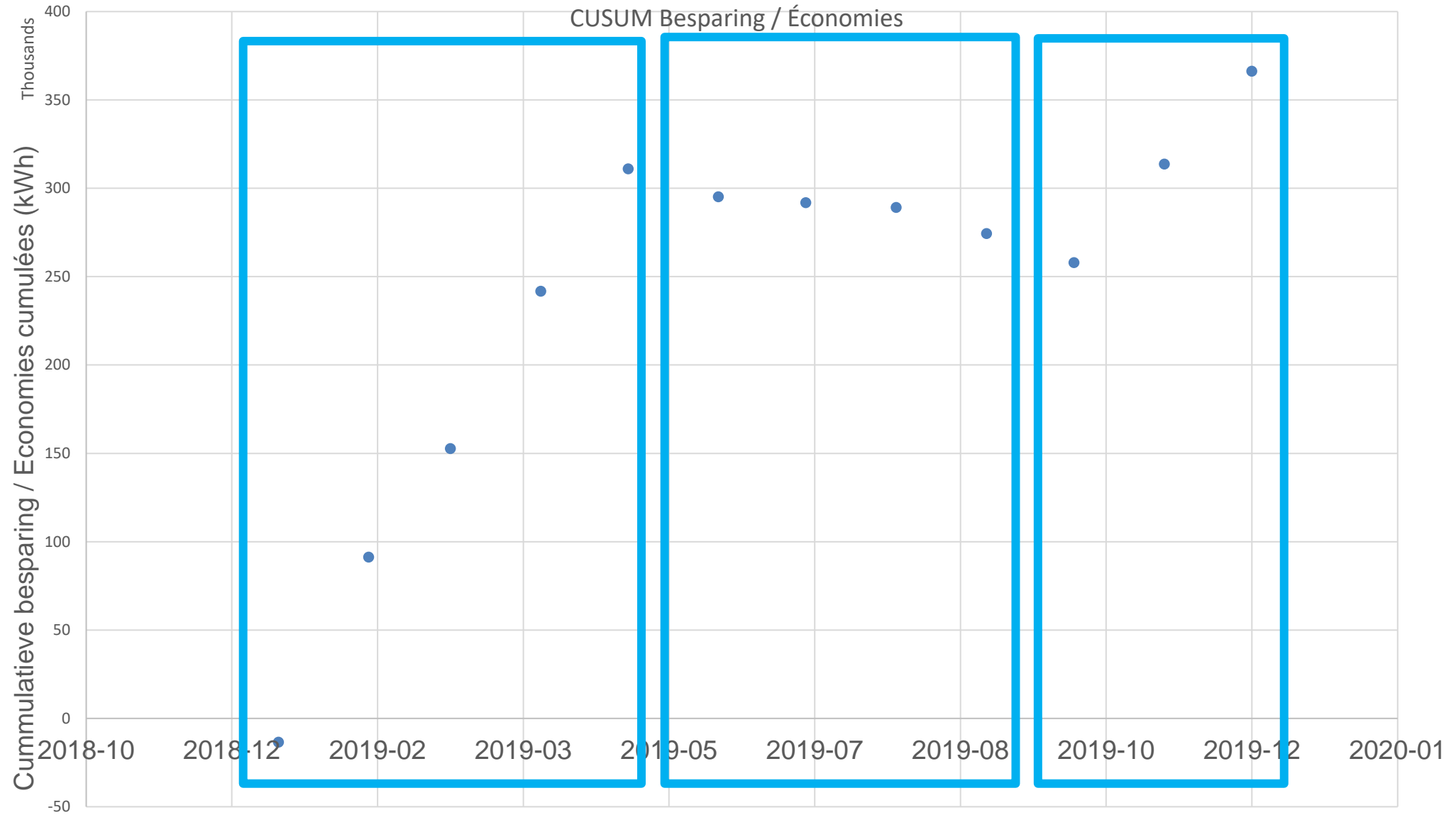


III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

- **CUSUM : Somme cumulée des économies énergétiques réalisées**
- **Peut être utilisé pour détecter des tendances**

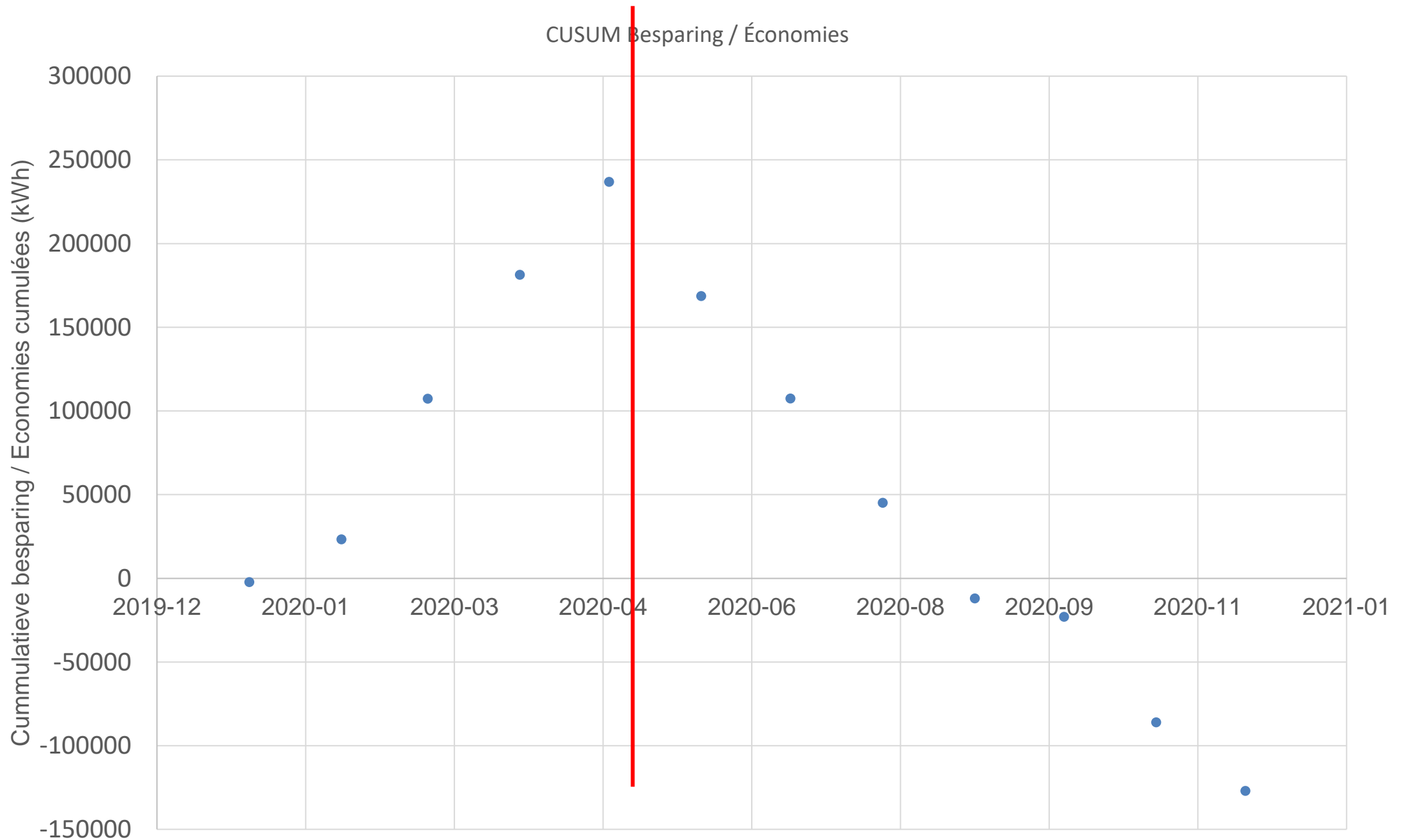


III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE





III. APPLICATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE





IV. ADVANCED M&V

- **Définition AM&V : données horaires et données quart-horaires**
- **Champ d'application**
- **Possibilité de suivi opérationnel et de vérification de la performance énergétique**



IV. ADVANCED M&V

M&V	AM&V
Création d'un modèle	
<p>Régression linéaire</p> <p>Données de consommation mensuelles</p> <p>Multicolinéarité extrêmement importante (VIF)</p> <p>Une ou deux variables</p>	<p>Technologie ML et AI</p> <p>Données de consommation horaire</p> <p>Multicolinéarité non applicable</p> <p>2 à 6 variables</p>
Application du modèle	
<p>NRE difficile à détecter</p> <p>Suivi correct F > 10 %</p>	<p>Détecter les NRE et appliquer les NRA</p> <p>Suivi correct F > 3 %</p>

M&V = Measurement & Verification

NRE = Non Routine Events

VIF = Variance inflation factor

F = Fractional energy savings

AM&V = Advanced Measurement & Verification

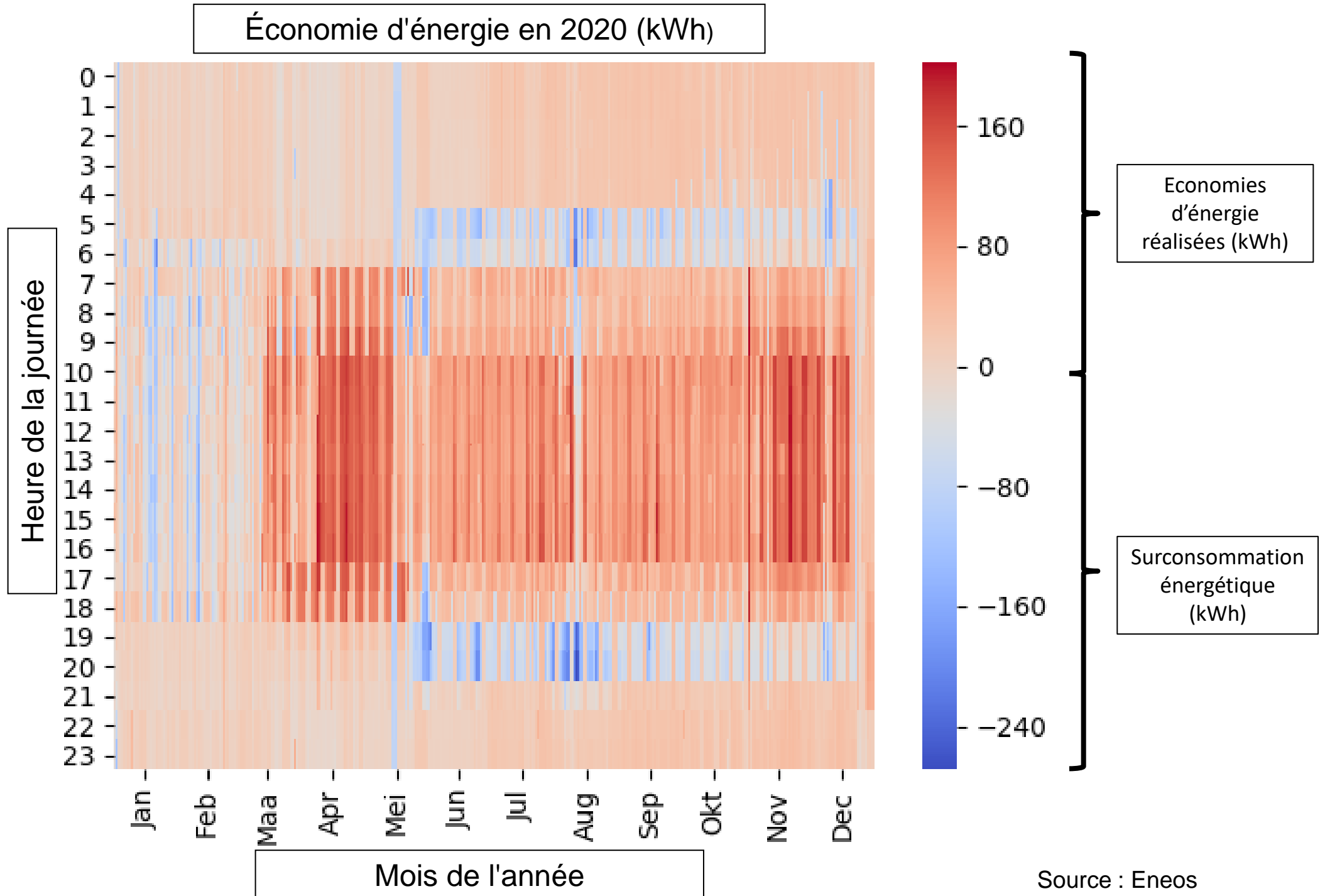
NRA = Non Routine Adjustments

ML = Machine learning

AI = Artificial Intelligence

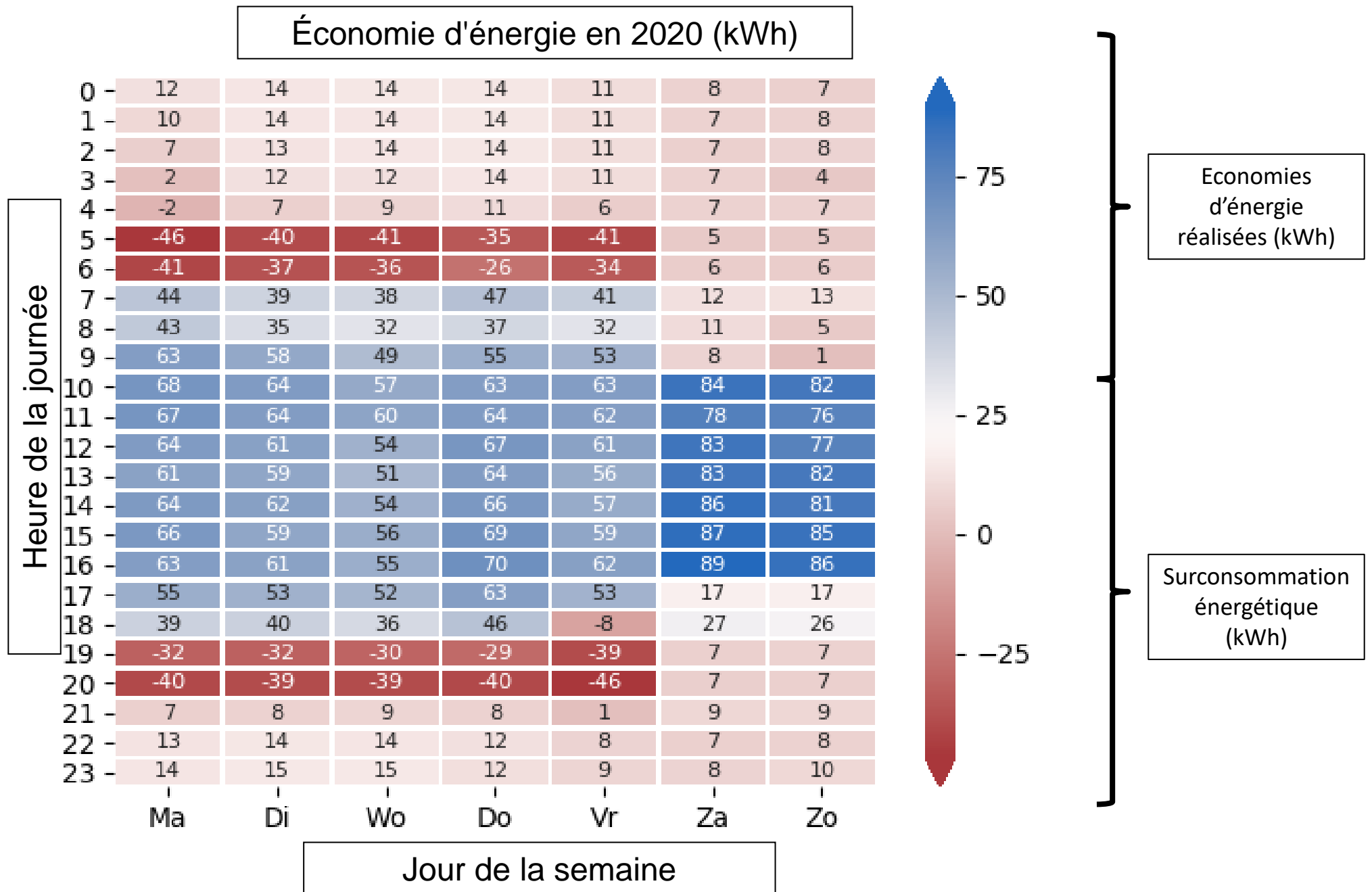


IV. ADVANCED M&V





IV. ADVANCED M&V





V. APPROCHE M&V

1. Collecter des données
 - ▶ Données de consommation
 - ▶ Variables indépendantes
2. Valider la qualité des données
 - ▶ Exhaustivité des données
 - ▶ Irrégularités
3. Déterminer la période de référence
4. Préparation de la base de référence
5. Application de la base de référence
6. Interpréter les résultats



V. APPROCHE M&V

- Coûts M&V :
 - ▶ 2 à 5 % des économies énergétiques annuelles
 - ▶ Par ex. : 100 000 euros/ans d'économie énergétique
 - Budget M&V annuel de 2 000 – 5 000 euros
 - Coûts de départ et coûts de suivi
- Considération des coûts vs incertitude de l'économie



À RETENIR DE LA PRÉSENTATION

- **Avantages :**
 - ▶ Suivi de l'économie énergétique selon une méthode statistique validée
 - ▶ Communication des résultats
 - ▶ Essentiel en gestion énergétique
- **Obstacles principaux :**
 - ▶ Disponibilité de données de qualité
 - ▶ Connaissance approfondie des statistiques, M&V et IPMVP
 - ▶ Suivi continu :
 - Détection NRE
 - Application NRA
- **Aspects essentiels :**
 - ▶ Compréhension du processus M&V



À RETENIR DE LA PRÉSENTATION

- Limites du processus M&V :
 - ▶ Dépend des données disponibles (!)
 - Via les compteurs officiels
 - Via sous-compteurs
 - Données de variables indépendantes
 - ▶ La base de référence du bâtiment ne peut pas toujours être validée sur le plan statistique
 - ▶ Traditionnellement, M&V uniquement pour de grosses économies (F > 10 %)
- Avantages AM&V
 - ▶ Plus grande précision
 - ▶ Meilleure compréhension
 - ▶ Suivi plus rapide possible



OUTILS, SITES WEB, SOURCES

- Degrés jours et degrés-jours de refroidissement :
 - <https://www.gas.be/nl/graaddagen/>
 - <https://www.degreedays.net/>
- IPMVP :
 - <https://evo-world.org/en/products-services-mainmenu-en/protocols/ipmvp>



CONTACT



Van de Vijver Maarten

Fondateur Eneos

Coordonnées du contact :

 : +32497321738

E-mail : maarten.vandevijver@eneos.cloud