# Formation Bâtiment Durable

## Gestion de l'énergie : Responsable énergie

Automne 2023

**Démarche PLAGE** : les variables prises en compte dans le protocole IPMVP du « PLAGE » réglementaire

Sven WUYTS

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

FACTOR 4 BUILDING PERFORMANCE

FACTOR 4
BUILDING PERFORMANCE

Sven Wuyts

+32 475 37 03 08
sven.wuyts@factor4.eu
www.factor4.eu

Lange Winkelhaakstraat 26
2060 Antwerp (Belgium)

# ÉQUIPE DE RÉVISION

- Kristof Descheemaeker
- Sven Wuyts
- Luc Welfringer
- Ophélie Gemond
- Hervé Delporte
- Jean-Benoit Verbeke

PLAGE

Plan Local d'Action
pour la Gestion Énergétique

Plan voor Lokale Actie
voor het Gebruik van Energie

bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels

# OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Vous connaissez les grandes lignes d'un projet PLAGE
- Vous connaissez la terminologie relative à la mesure et à la vérification des économies d'énergie
- Vous avez une vue d'ensemble des exigences en matière de mesure et de vérification d'un projet PLAGE.
- Vous pouvez évaluer les données, les variables et les facteurs qui sont pertinents et doivent être enregistrés.

# TABLE DES MATIÈRES

**PLAGE**

**M&V - IPMVP - CMVP – PMVA - PMVE**

**MÉTHODES POUR LES MESURES ET LES VÉRIFICATIONS D'UN PLAGE**

**VARIABLES ET FACTEURS**

**Q&R**

# 5 PLAGE

## Plan Local d'Actions pour la Gestion Énergétique

- Gestionnaires de grands bâtiments
- Objectif pour les économies d'énergie
- Entreprendre une action
- Prouver le respect des objectifs

PLAGE

Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique

Plan voor Lokale Actie voor het Gebruik van Energie

PROCEDURES

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

PLAGE

PLAGE-reglementering

Plan voor Lokale Actie voor het Gebruik van Energie

METHODOLOGISCH PROTOCOL

*Regels en gebruiken die verband houden met de invoering van het PLAGE*

Jongste actualisering: December 2021

## Informations générales

- https://leefmilieu.brussels/content/plage-reglementering-tools
- https://environnement.brussels/content/reglementation-plage-outils

# 6 GRAND PARC IMMOBILIER?

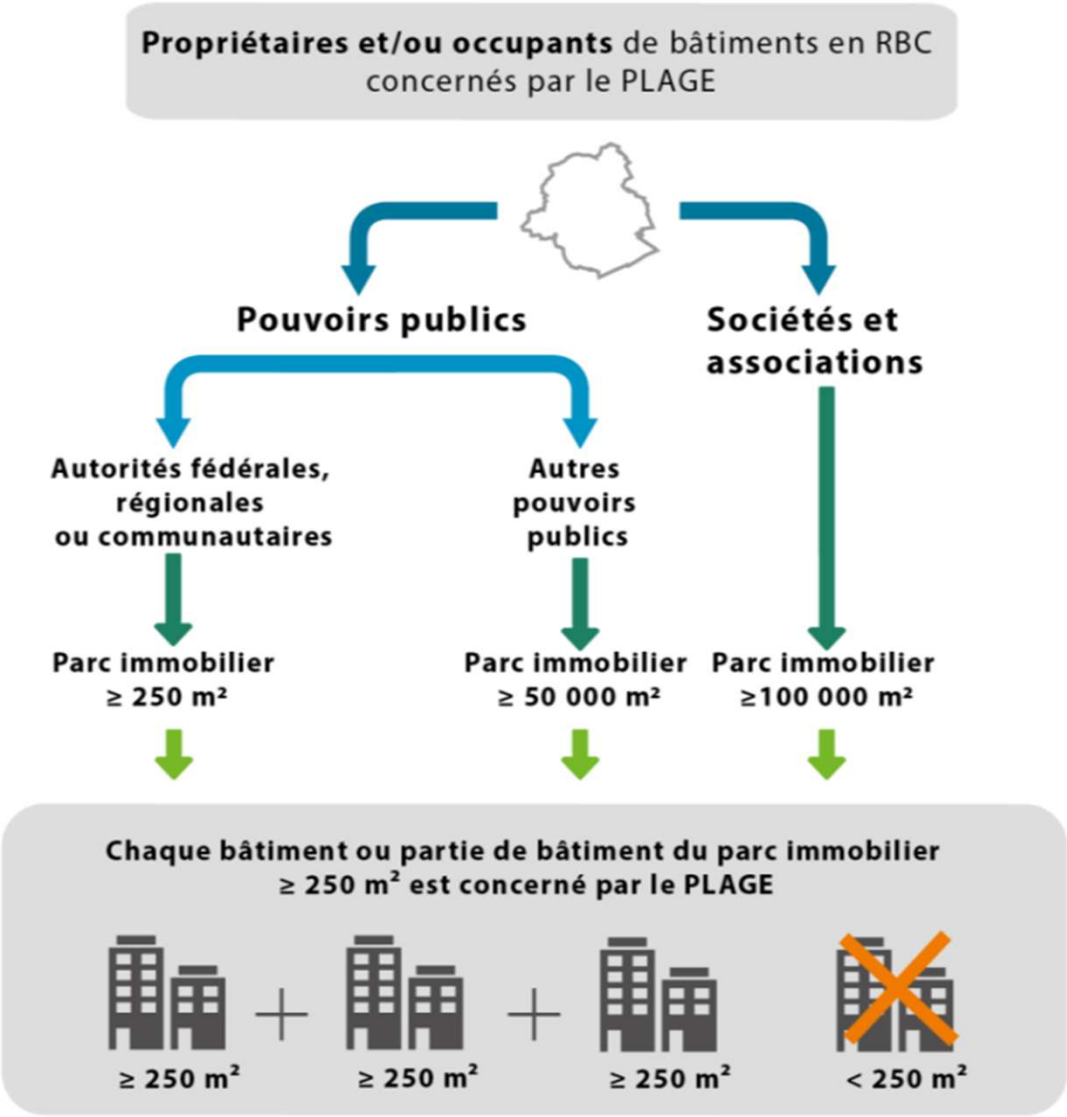



*Figure 1 – Seuils d'obligation PLAGE pour chaque catégorie d'organismes*

# 7 OBJECTIF

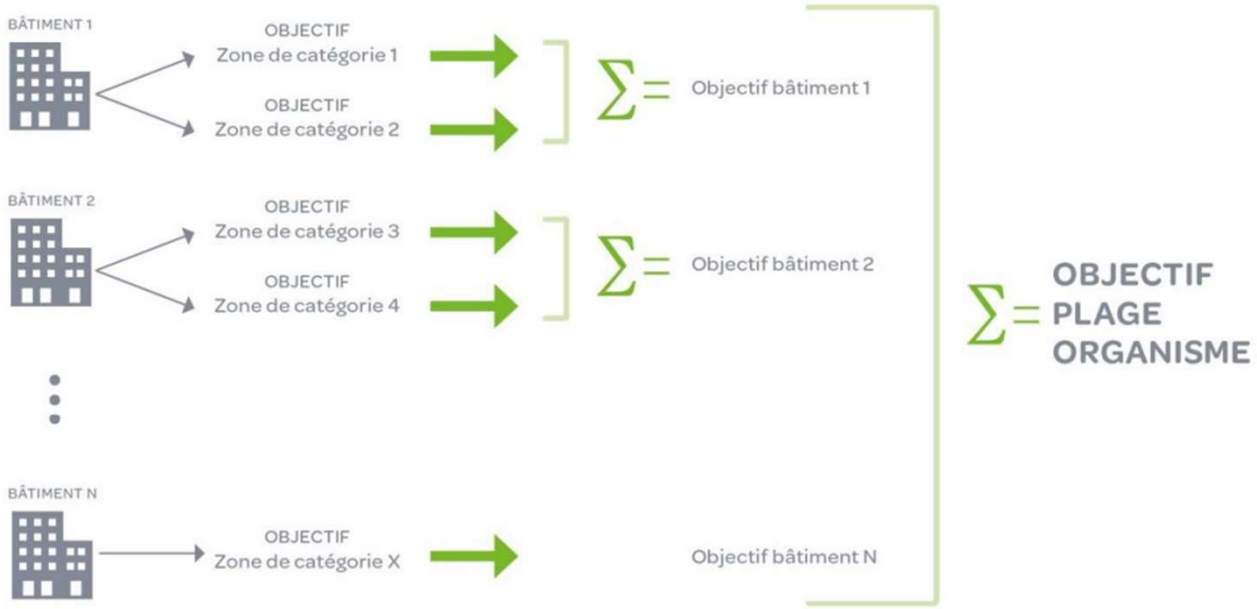
## L'objectif dépend des critères suivants

- Type de bâtiment/de zone
- Consommation énergétique actuelle

## Objectif global pour votre parc complet

- Généralement une économie entre 5 et 15% sur votre consommation d'énergie primaire

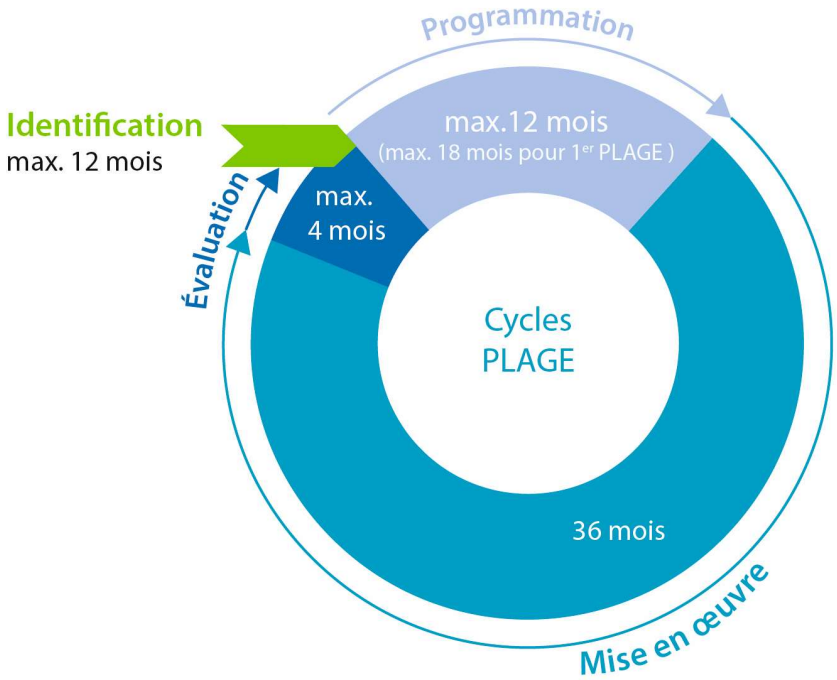
Le calcul de l'objectif global PLAGE de votre organisme

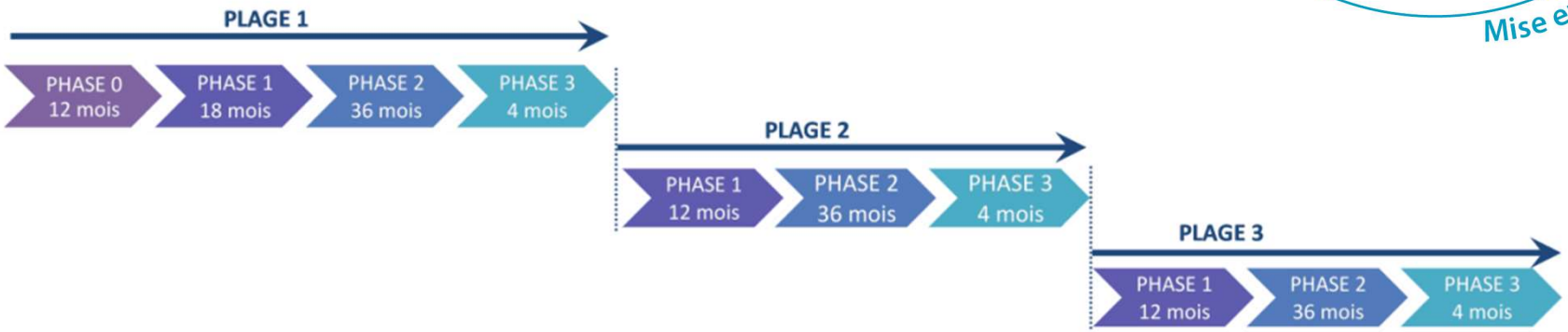


# 8 ENTREPRENDRE UNE ACTION

## Les différentes phases d'un cycle PLAGE

- Environ 4 ans par cycle
- Evaluation→ Mesures et Vérifications



# 9 MESURER ET VÉRIFIER

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels | PLAGE

PLAGE-reglementering

Plan voor Lokale Actie voor het Gebruik van Energie

M&V-richtlijn PLAGE

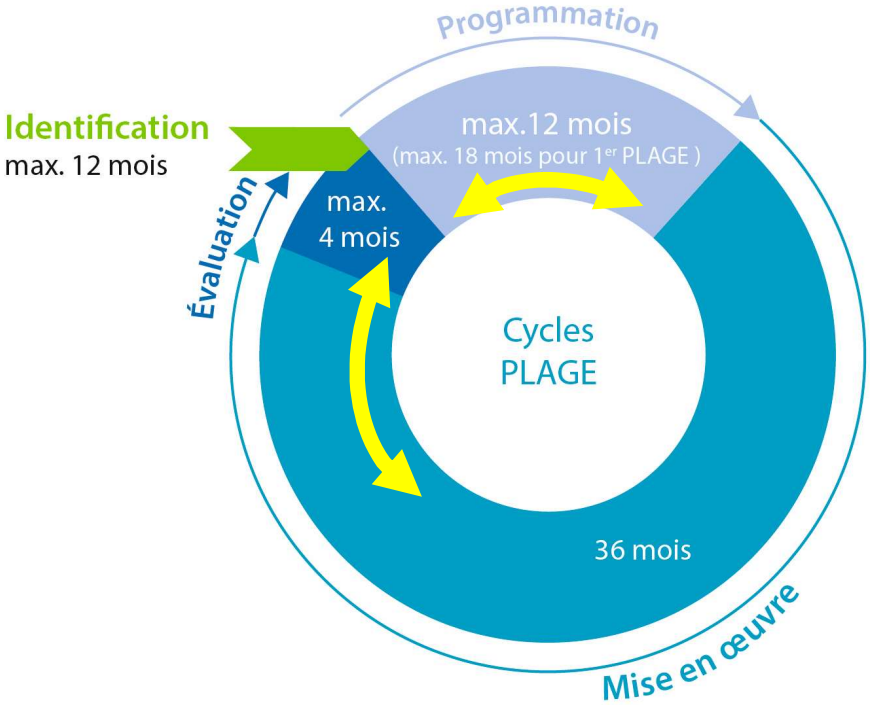
*Regels en gebruiksmethode*

*van het IPMVP-protocol in het kader van de PLAGE-reglementering*

Laatste versie: Juli 2021

PLAGE-reglementering - M&V-richtlijn PLAGE

Pagina 1 van 71



# M&V - TERMINOLOGIE

## Abréviations couramment utilisées

- M&V
- IPMVP
- CMVP
  - PMVA et PMVE

M&V : Processus de mesure et de vérification des performances énergétiques

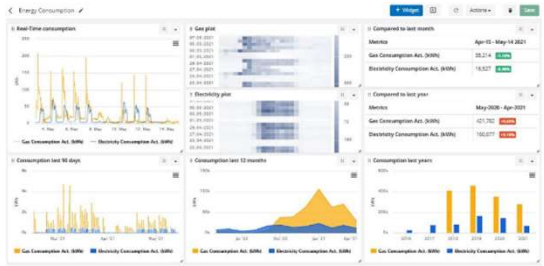
IPMVP : International Performance and Verification Protocol (protocole international de mesure et de vérification de la performance énergétique)

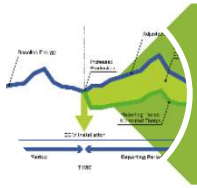
CMVP : Professionnel certifié M&V
→ Performance M&V Analyst (new!)
→ Performance M&V Expert (new!)

# 11 M OU V ?

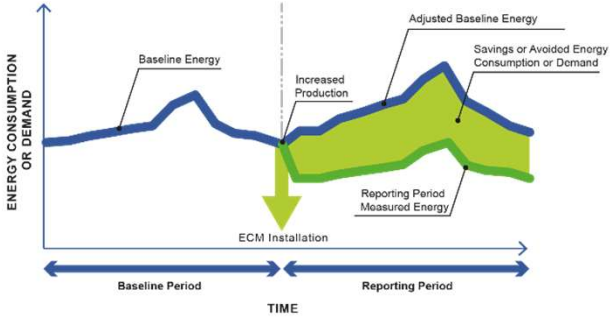
**Mesurer**

**Surveiller**





**Vérifier**



**Gérer**

# IPMVP

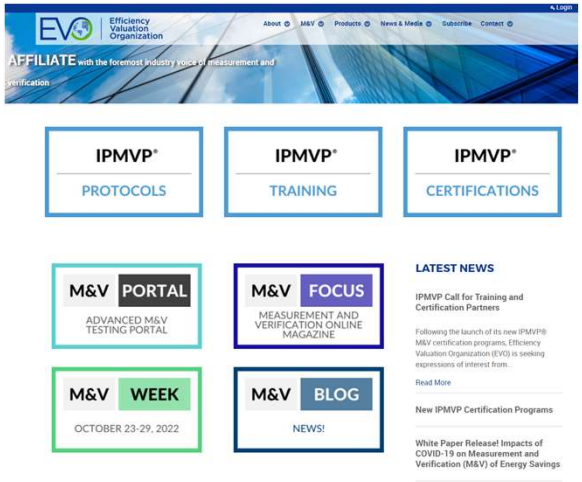
## International Performance Measurement and Verification Protocol

- Protocole indépendant pour M&V
- Principes et  cadre pour un bon processus M&V
- Terminologie et concepts
- Plans de M&V conformes à IPMVP

## Précis, complet, conservateur, cohérent, pertinent et transparent

## CMVP : « Professionnel certifié M&V »

- Formation par EVO
- Connait et utilise les méthodes et la terminologie IPMVP




https://evo-world.org/

# IPMVP

## Quelques concepts de base importants du protocole IPMVP

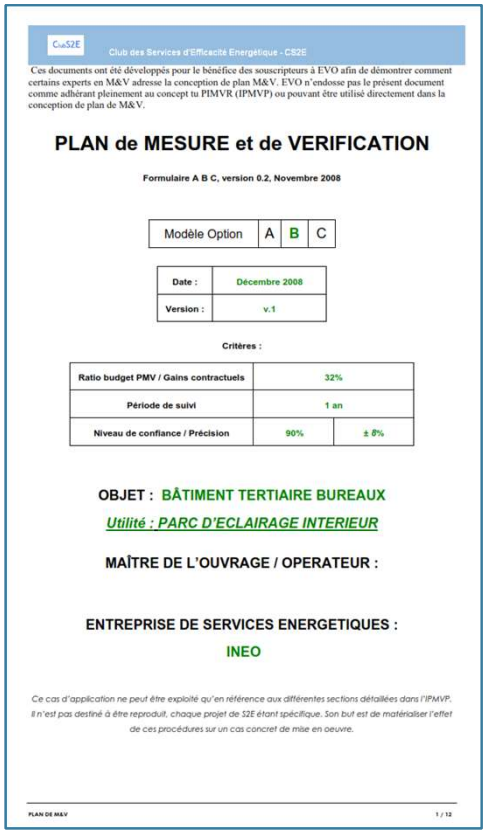
- Plan de M&V
- Limite de mesure
- Option A, B, C ou D
- Adaptations de la base de référence
  - Variables indépendantes
  - Facteurs statiques
- Modèles d'énergie et précision

https://evo-world.org/en/ipmvp-current/ipmvp-core-concepts

# LES ÉLÉMENTS D'UN PLAN DE M&V

## Les 13 éléments d’un plan M&V validé par le protocole IPMVP :

- Quelle est l'intervention et son but ?
- Quelle « option » IPMVP et où mesurer ?
- Mesures de référence
- Quelle période de contrôle ?
- Base pour les adaptations
- Méthode d’analyse
- Prix de l’énergie à utiliser
- Points de mesure
- Responsabilités
- La précision attendue
- Budget M&V
- Manière de rapporter
- Surveillance qualité pour M&V



CS2E Club des Services d'Efficacité Energétique - CS2E

Ces documents ont été développés pour le bénéfice des souscripteurs à EVO afin de démontrer comment certains experts en M&V adresse la conception de plan M&V. EVO n'endosse pas le présent document comme adhérant pleinement au concept tu PIMVR (IPMVP) ou pouvant être utilisé directement dans la conception de plan de M&V.

**PLAN de MESURE et de VERIFICATION**

Formulaire A B C, version 0.2, Novembre 2008

| Modèle Option | A | B | C |
|---|---|---|---|

| | |
|---|---|
| Date : | Décembre 2008 |
| Version : | v.1 |

Critères :

| | | |
|---|---|---|
| Ratio budget PMV / Gains contractuels | 32% | |
| Période de suivi | 1 an | |
| Niveau de confiance / Précision | 90% | ± 8% |

OBJET : BÂTIMENT TERTIAIRE BUREAUX

*Utilité : PARC D'ECLAIRAGE INTERIEUR*

MAÎTRE DE L'OUVRAGE / OPERATEUR :

ENTREPRISE DE SERVICES ENERGETIQUES :

INEO

*Ce cas d'application ne peut être exploité qu'en référence aux différentes sections détaillées dans l'IPMVP. Il n'est pas destiné à être reproduit, chaque projet de S2E étant spécifique. Son but est de matérialiser l'effet de ces procédures sur un cas concret de mise en oeuvre.*

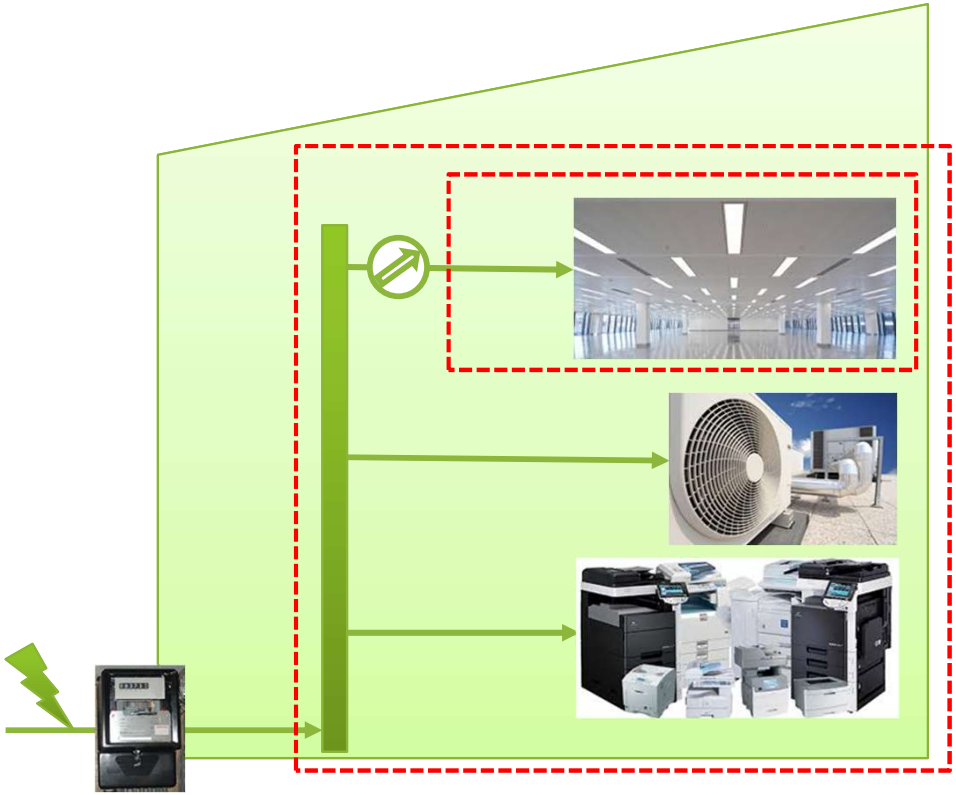
PLAN DE M&V 1 / 12

# LIMITE DE MESURE

## Bâtiment entier (site, facility...)

## Mesure isolée

! Effets interactifs



# OPTIONS

**IPMVP propose 4 options pour M&V :**

- En fonction de la limite de mesure et des hypothèses
- Option A, B, C ou D

**Exemple : relighting : les ampoules sont remplacées par un éclairage LED**

- Option A: 100 lampes 60W→20W (mesuré), sont allumées env. 7h par jour
  économie = (100x40x7) = 28 kWh par jour

- Option B: mesure de la consommation de l'éclairage avant et après
  Économies = mesurées

- Option C: enregistrement des compteurs et comparaison avant/après, pendant 1 an
  Économies = mesurées

- Option D: pour une nouvelle construction par exemple, sans données de référence.
  Économies = « si des lampes normales étaient utilisées, quelle serait la différence ? »

# UTILISATION DES OPTIONS AUX ETATS-UNIS

## M&V Option Use – DOE IDIQ

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY | Energy Efficiency & Renewable Energy

### M&V Option usage as a % of total reported savings*

| A | B | C | D |
|---|---|---|---|
| 61.5% | 16.6% | 8.1% | 13.8% |

| ECM | % of total reported cost savings |
|---|---|
| Building Controls | 17.7% |
| HVAC | 17.3% |
| Lighting | 16.2% |
| Boiler | 10.9% |
| CW/HW/Steam Dist. | 7.8% |
| Water | 7.4% |
| Chiller | 6.8% |

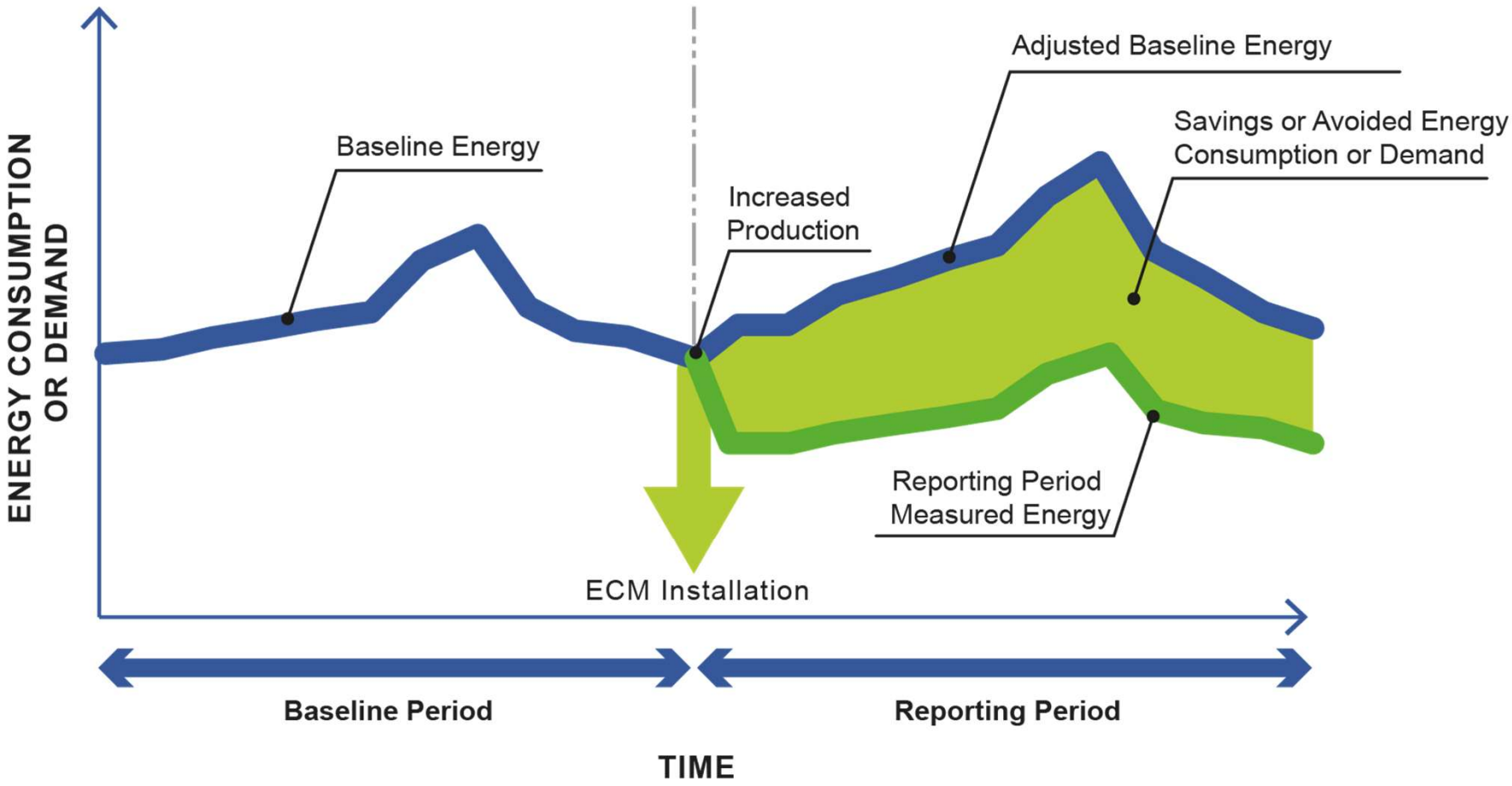
### M&V Option usage as a % of total reported savings by ECM*

| ECM | %A | %B | %C | %D |
|---|---|---|---|---|
| Building Controls | **69%** | 15% | 0% | 16% |
| HVAC | **46%** | 6% | 6% | **43%** |
| Lighting | **89%** | 7% | 0% | 4% |
| Boiler | **46%** | 18% | **33%** | 3% |
| CW/HW/Steam Dist. | **41%** | 16% | **36%** | 7% |
| Water | **93%** | 4% | 2% | 1% |
| Chiller | **73%** | 21% | 1% | 5% |

*Based reported savings from 155 active projects under the DOE IDIQ

# ADAPTATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

Savings = (Baseline Period Energy – Reporting Period Energy) ± Adjustments



# ADAPTATIONS (NON) COURANTES

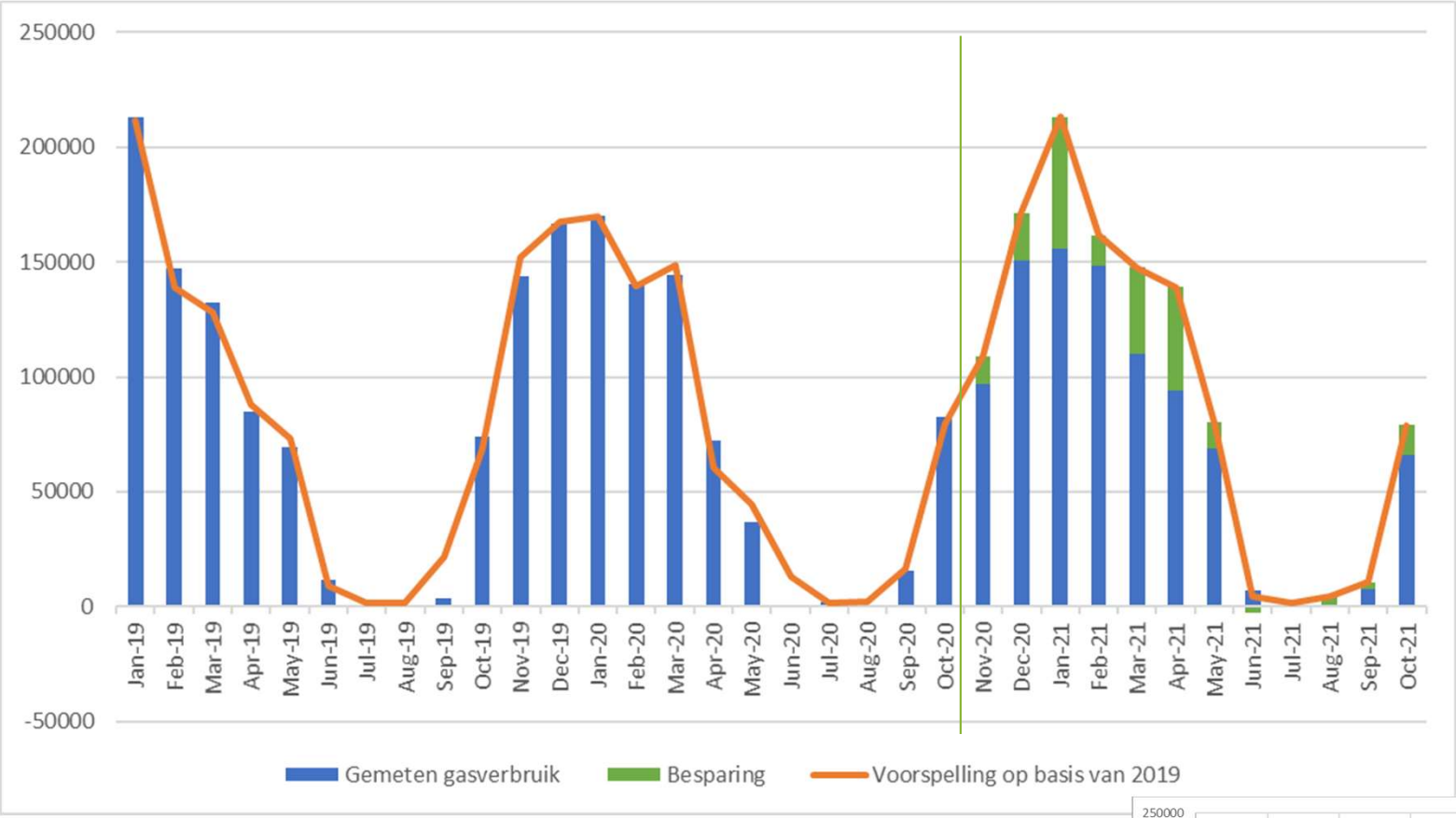
## Adaptations courantes

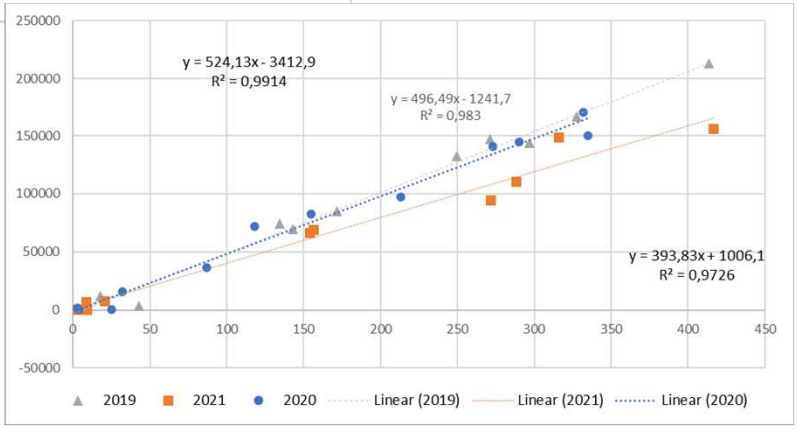
- Variables indépendantes
  - Météo (degrés-jours, luminosité naturelle, vent, humidité relative...)
  - Volumes de production
  - Nombre de visiteurs
  - …

## Adaptations non courantes

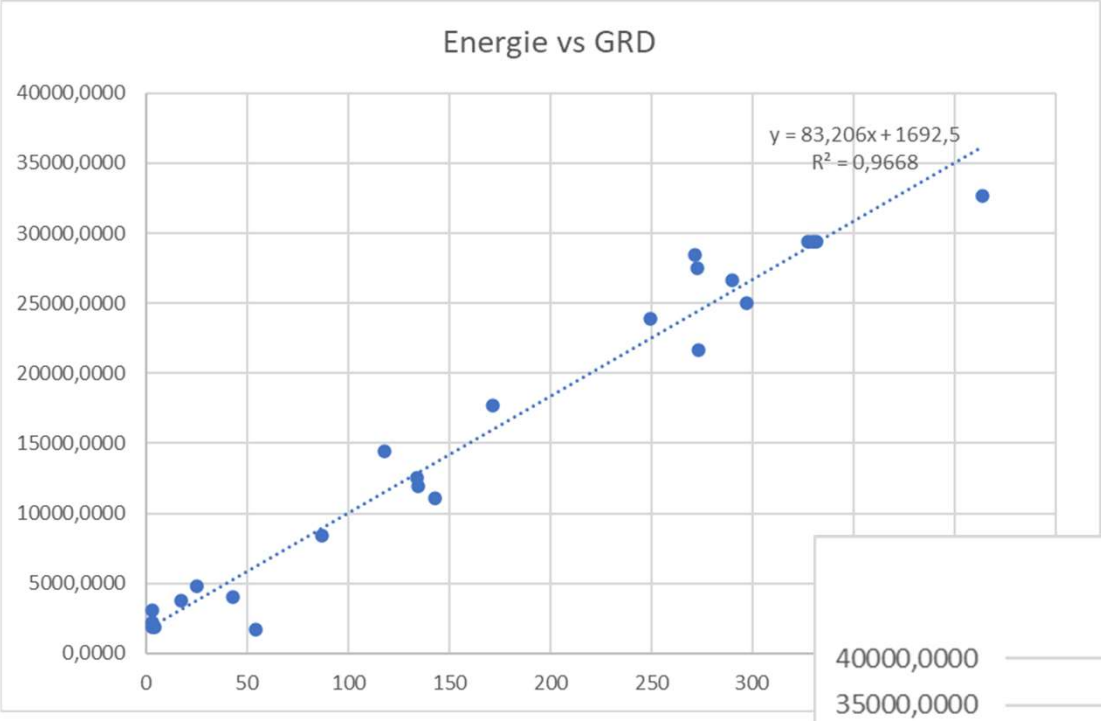
- Facteurs statiques
  - Taille du bâtiment (m²)
  - Autres adaptations dans le bâtiment
  - Utilisation du bâtiment C#VID-19
  - Climat intérieur C#VID-19
  - …

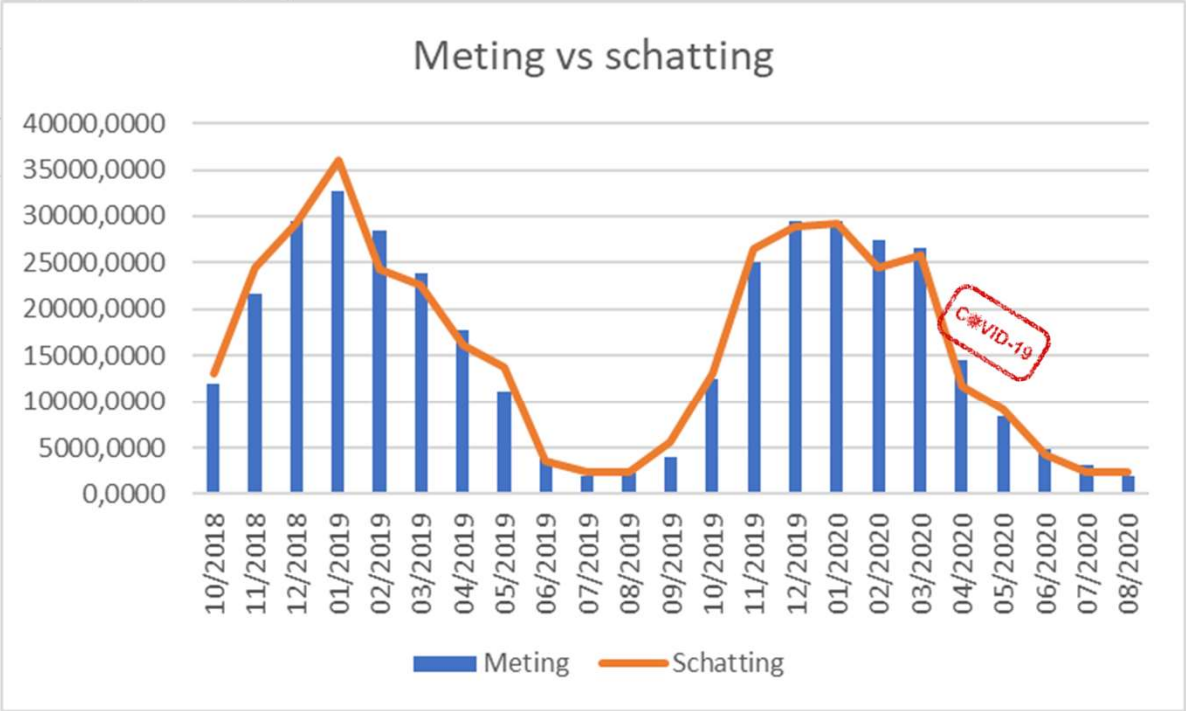
# 20 EXEMPLE PRATIQUE



# 21 FAIRE UN MODÈLE : EXEMPLE





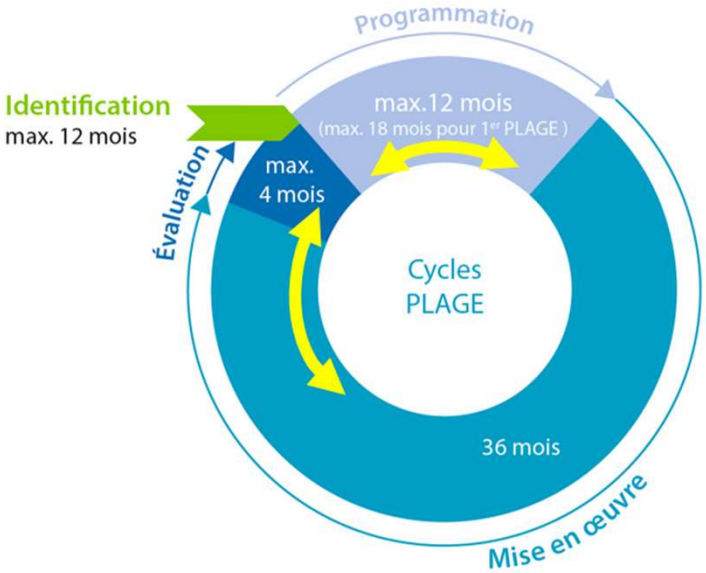
# PRÉCISION

## Précision d'un modèle énergétique

- Erreur standard (RMSE) dans la prévision de la consommation de référence
- Niveau de fiabilité (choisir par ex. 90%)
- Intervalle de fiabilité (ex. 5%)

- Exemple :
  - La consommation énergétique prévue est estimée à 200.000 kWh
  - « Nous sommes sûrs à 90% que la valeur se situe entre 190.000 kWh et 210.000 kWh. »
  - La consommation énergétique mesurée est de 150.000 kWh
  - Economie = consommation énergétique prévue - consommation énergétique réellement mesurée
  - « Nous sommes sûrs à 90% que la valeur se situe entre 40.000 kWh et 60.000 kWh. »

# LES DIFFÉRENTES MÉTHODES POUR LE PLAGE




## Méthode standard

- Basée sur le protocole IPMVP
- Méthodes simplifiée
- Outil de calcul sur la plateforme PLAGE

PLAGE
Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique

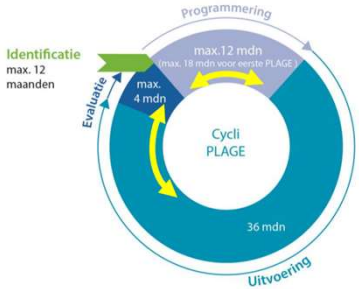
MESURAGE

⚠ Choix pour chaque bâtiment

## Méthode IPMVP

- Entièrement conforme au protocole IPMVP
- Méthode globale
- Plan et modèle de M&V propres

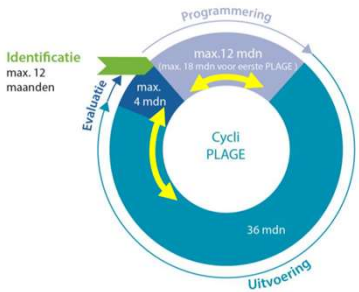
# MÉTHODE STANDARD




## Phase « programmation »

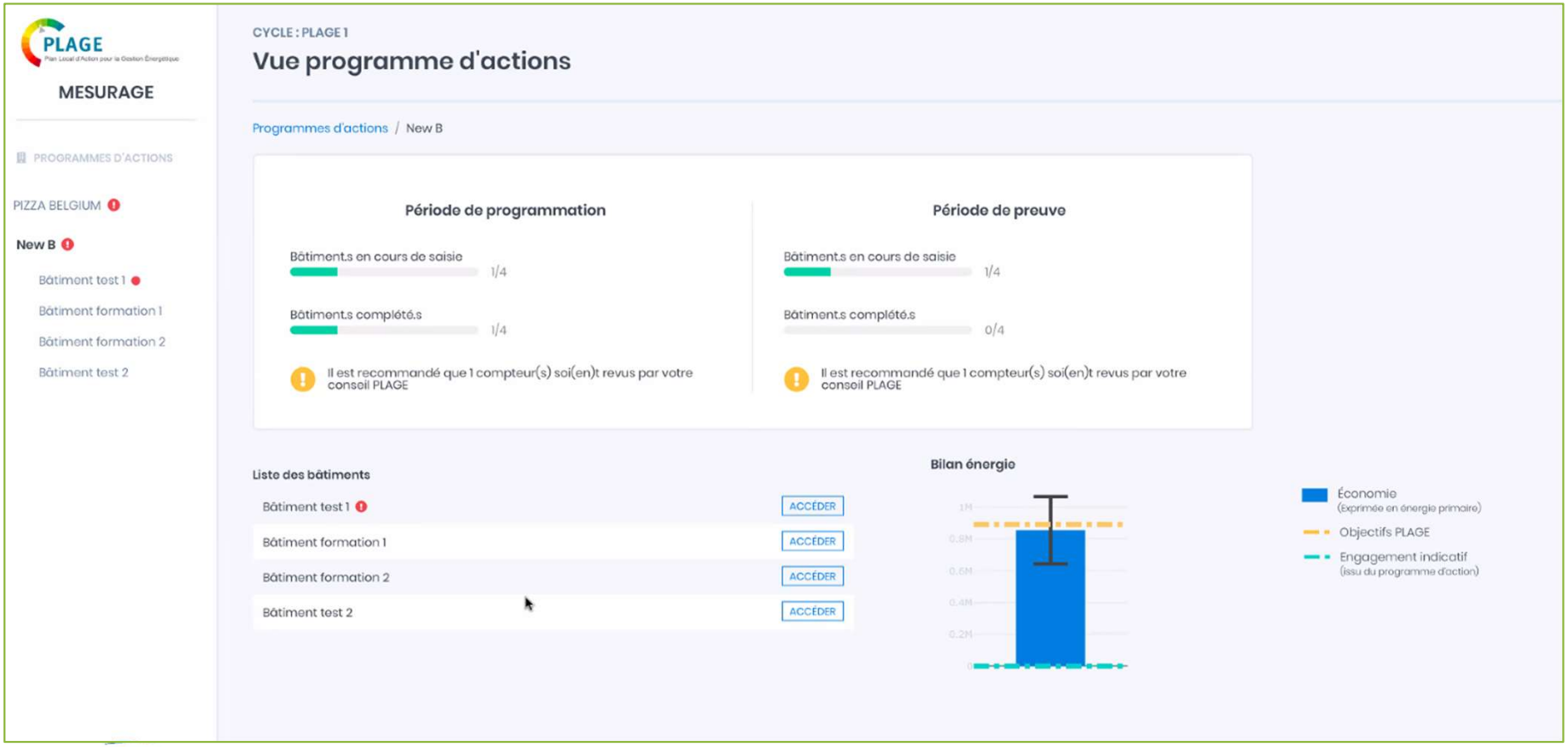
- Introduire les données de consommation sur la plateforme PLAGE
- Ajouter éventuellement des variables personnelles
  - Occupation, utilisation
  - Autre ?
- Le modèle de calcul donne
  - Précision de votre modèle
  - OK/NOK d'utiliser la méthode standard
- Si NOK ?
  - Contacter le réviseur
  - Ev. quand même autorisé
  - Sinon méthode IPMVP

# MÉTHODE STANDARD

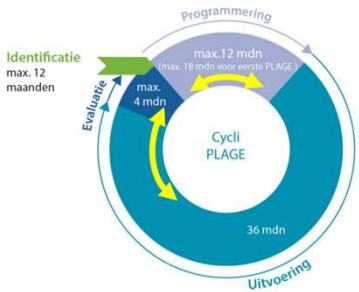



## Phase « Evaluation »

- Introduire la « nouvelle » consommation sur la plateforme PLAGE
- Le modèle de calcul donne
  - Calcul de l'économie
  - Comparaison avec vos objectifs



# MÉTHODE IPMVP




## Phase « programmation »

- Plan M&V conforme au protocole IPMVP
- Modèle disponible (*)
- Faire des choix et répondre
  - Option A, B, C(, D)
  - Limite de mesure
  - Variables indépendantes
  - Facteurs statiques
  - Modèles énergétiques COVID-19
- Introduire les informations de base dans la plateforme PLAGE

## Phase « Evaluation »

- Rédiger un rapport de M&V conformément au plan de M&V
- Introduire les résultats dans la plateforme PLAGE

(*) https://leefmilieu.brussels/content/plage-reglementering-tools
(*) https://environnement.brussels/content/reglementation-plage-outils

# ET MAINTENANT ?

**Choisir une période de référence (12 mois)**

- 2018-2019 : ok
- 2020-… : seulement si aucun impact des mesures anti-Covid
- Une année « représentative »

**Rechercher ou enregistrer les consommations d'énergie**

- Gaz/mazout : au moins des données mensuelles
- Electricité : des données par quart d'heure

**Définir les variables indépendantes**

- La base pour les modèles d'énergie
- Parfois faciles à trouver, ne doivent généralement pas être mesurées
- Parfois à enregistrer soi-même

**Identifier les facteurs statiques**

- « Non routine events »
- Adaptations ponctuelles si nécessaire

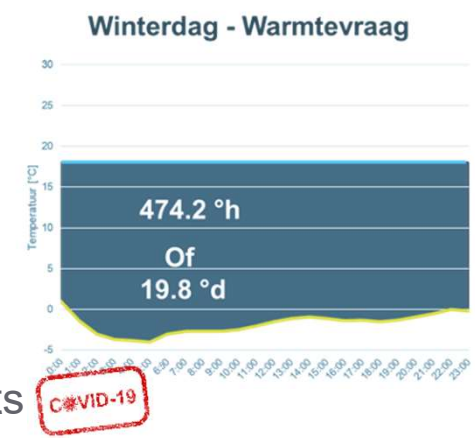
# VARIABLES INDÉPENDANTES

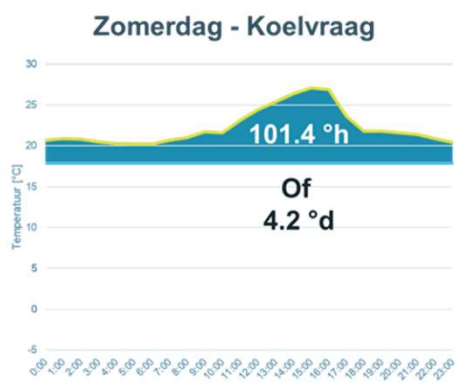
Independent Variable

Parameter that is expected to change routinely and have a measurable impact on *Energy Consumption* and/or *Demand* of a system or facility.

## Climat

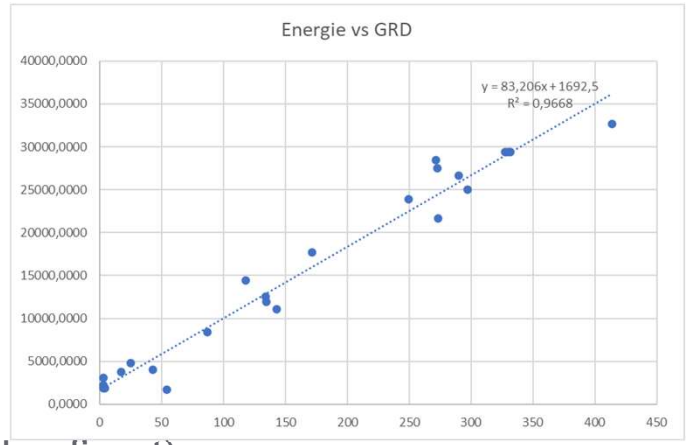
- Degrés-jours (refroidir et chauffer)
- Humidité relative
- Rayonnement solaire, vent
- …




## Utilisation du bâtiment

- Nombre de visiteurs par mois
- Nombre moyen de collaborateurs présents
- Nombre de repas dans la cuisine
- …




## Pour pouvoir faire un modèle

- Des données suffisantes
- Une « variation » suffisante

## Faire un modèle

- Le module de calcul PLAGE → choisit les variables (de climat)
- Méthode IPMVP → déterminer soi-même et valider un modèle + ok du réviseur

# EXEMPLE

### Déviants :

| nombre_déviants | déviants_supprimés | déviants_changés | pourcentage_modif |
|---|---|---|---|
| 1 | 0 | 0 | 0 % |

Voir les stats expertes

Sélection de l'étape du modèle backward :

step-1

### Biais du modèle :

| conso.brute_facture | conso.corrigée_prediction | conso.brute_prediction |
|---|---|---|
| 789555.5945 | 7.276E-12 | 0 |

### Statistiques générales du modèle :

| r2 | RMSE | CVRMSE | excess_kurtosis | asymetrie | jb | autocorrelation | press | p_white | current_model | phi | aic | qualite | press_rmse | cv_press_rmse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.7847 | 20744.9672 | 0.3153 | 0.0356 | -0.8574 | 1.471 | -0.263 | 13549714320.922 | 0.9161 | | 1.6198 | 278.2982 | Rejeté | 33602.721 | 0.5107 |

### Variables indépendantes (stat-t) :

| (Intercept) | hdd | cdd | humidity | sunshine | nb_days |
|---|---|---|---|---|---|
| 0.1301 | 1.0872 | 1.1483 | 1.2881 | -0.2827 | -0.5591 |

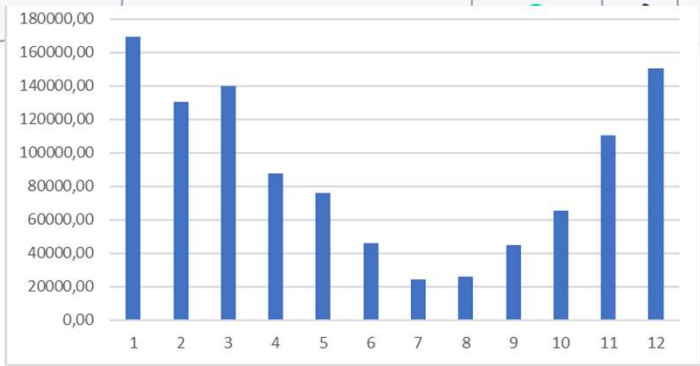
### Résidus et assimilés :

| date | conso | residus | residus.standardises |
|---|---|---|---|
| 2018-01-01 | 133592.7093 | 9176.3181 | 0.5714 |
| 2018-02-01 | 106182.1423 | -1851.8689 | -0.289 |
| 2018-03-01 | 67937.7416 | -25959.687 | -2.2332 |
| 2018-04-01 | 64650.6671 | 15623.2646 | 0.8333 |
| 2018-05-01 | 27479.2907 | 2676.4116 | 0.2267 |
| 2018-06-01 | 4955.3329 | -29576.244 | -1.9408 |
| 2018-07-01 | 17485.4845 | 2237.3902 | 0.2864 |
| 2018-08-01 | 23504.2584 | -4881.5787 | -0.2864 |
| 2018-09-01 | 44451.3329 | 22081.9858 | 1.5121 |
| 2018-10-01 | 62164.7093 | -48.5478 | -0.0029 |
| 2018-11-01 | 103973.6671 | -2573.3998 | -0.1515 |
| 2018-12-01 | 133178.2584 | 13095.9557 | 0.7618 |

# EXEMPLE

Période : **ANTE**

| | Date_debut | Date_fin | Consommation_compteu | Deduction_autorisee | Justification_deduction | deviant | TPD | deviant_f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01/01/2019 | 29/01/2019 | 169362,94 | | | | | |
| 2 | 30/01/2019 | 25/02/2019 | 130434 | | | | | |
| 3 | 26/02/2019 | 27/03/2019 | 139555 | | | | | |
| 4 | 28/03/2019 | 25/04/2019 | 87445 | | | | | |
| 5 | 26/04/2019 | 26/05/2019 | 75755 | | | | | |
| 6 | 27/05/2019 | 27/06/2019 | 46218 | | | | | |
| 7 | 28/06/2019 | 28/07/2019 | 24525 | | | | | |
| 8 | 29/07/2019 | 26/08/2019 | 25882 | | | | | |
| 9 | 27/08/2019 | 24/09/2019 | 44919 | | | | | |
| 10 | 25/09/2019 | 24/10/2019 | 65553 | | | | | |
| 11 | 25/10/2019 | 24/11/2019 | 110200 | | | | | |
| 12 | 25/11/2019 | 01/01/2020 | 150151 | | | | | |



# EXEMPLE

## Consommation attendue = 391 x HDD + 37396 kWh

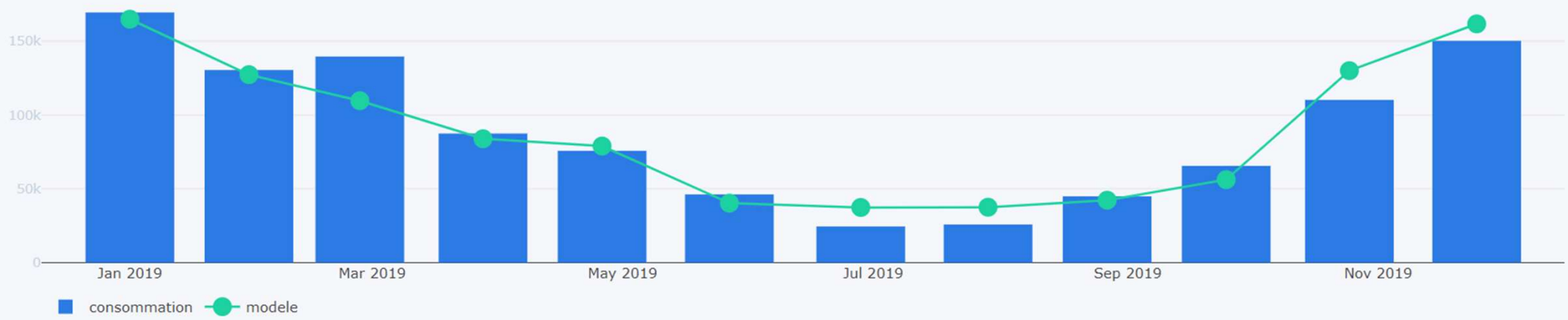
### Statistiques de base :

**Qualité du modèle :** OK

**Équation d'ajustement :** 37396.23 * (Intercept) + 391.34 * hdd

Lapériode de référencesaisie fait un an.
La date de début de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
La date de fin de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
Les données de lapériode de référencesont contigues.

### Graphiques :




**Degrés-jours "froid", Nbre jours, Ensoleillement, Humidité n'ont pas d'influence significative ou faiblement …**

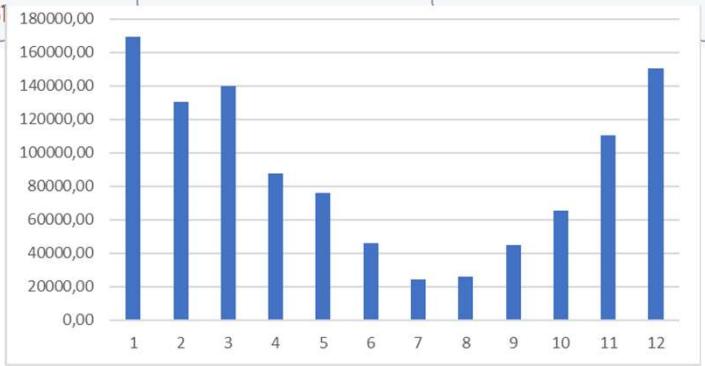
Variables indépendantes (stat-t) :

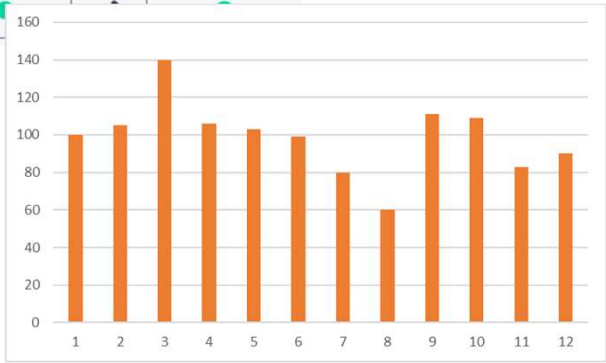
| (Intercept) | hdd | cdd | humidity | sunshine | nb_days |
|---|---|---|---|---|---|
| 2.8985 | 6.8545 | -1.303 | -2.0876 | -2.266 | -0.8138 |

# EXEMPLE

Période : **ANTE**

| | Date_debut | Date_fin | Consommation_compteu | Deduction_autorisee | Justification_deduction | deviant | TPD | deviant_f |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 01/01/2019 | 29/01/2019 | 169362,94 | | | | | |
| 2 | 30/01/2019 | 25/02/2019 | 130434 | | | | | |
| 3 | 26/02/2019 | 27/03/2019 | 139555 | | | | | |
| 4 | 28/03/2019 | 25/04/2019 | 87445 | | | | | |
| 5 | 26/04/2019 | 26/05/2019 | 75755 | | | | | |
| 6 | 27/05/2019 | 27/06/2019 | 46218 | | | | | |
| 7 | 28/06/2019 | 28/07/2019 | 24525 | | | | | |
| 8 | 29/07/2019 | 26/08/2019 | 25882 | | | | | |
| 9 | 27/08/2019 | 24/09/2019 | 44919 | | | | | |
| 10 | 25/09/2019 | 24/10/2019 | 65553 | | | | | |
| 11 | 25/10/2019 | 24/11/2019 | 110200 | | | | | |
| 12 | 25/11/2019 | 01/01/2020 | 150151 | | | | | |



# EXEMPLE

## Consommation attendue = 372 x HDD + 410 x occupation - 718 kWh

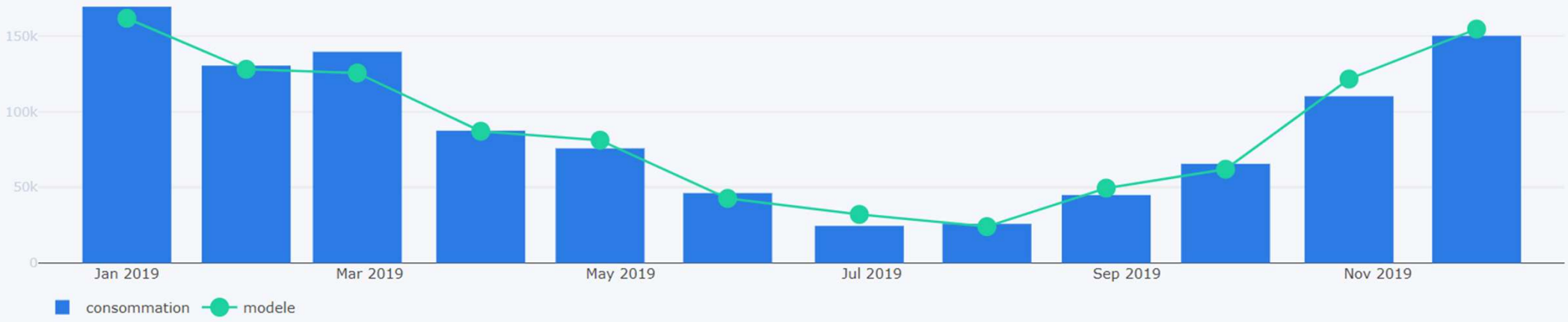
### Statistiques de base :

**Qualité du modèle :** OK

**Équation d'ajustement :** 372.85 * hdd + 410.39 * Bezetting_Occupation + -718.84 * new_intercept

Lapériode de référencesaisie fait un an.
La date de début de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
La date de fin de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
Les données de lapériode de référencesont contigues.

### Graphiques :



# EXEMPLE

## Consommation attendue = 391 x HDD + 37396 kWh

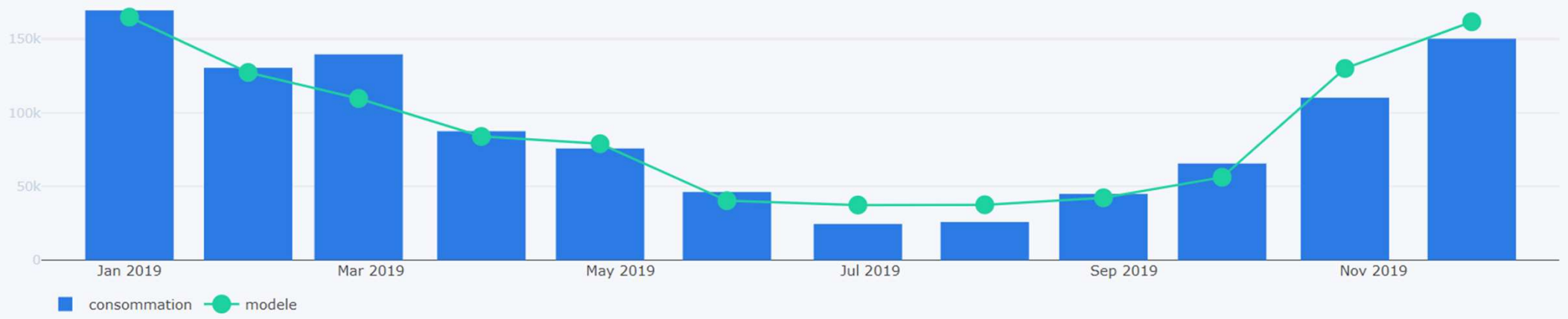
### Statistiques de base :

**Qualité du modèle :** OK

**Équation d'ajustement :** 37396.23 * (Intercept) + 391.34 * hdd

Lapériode de référencesaisie fait un an.
La date de début de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
La date de fin de lapériode de référencesaisie est conforme avec la date depériode de référencesaisie dans PLAGE.
Les données de lapériode de référencesont contigues.

### Graphiques :



# EXEMPLE

## Modèle 1

Statistiques générales du modèle :

| r2 | RMSE | CVRMSE | excess_kurtosis | asymetrie | jb | autocorrelation | press | p_white | current_model | phi | aic | qualite |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.9241 | 13794.1269 | 0.1547 | 0.2146 | 0.5473 | 0.6221 | 0.1653 | 2620690699.9891 | 0.3952 | 1 | 1.0713 | 266.6346 | OK |

Variables indépendantes (stat-t) :

| (Intercept) | hdd |
|---|---|
| 6.256 | 11.6124 |

## Modèle 2

Statistiques générales du modèle :

| r2 | RMSE | CVRMSE | excess_kurtosis | asymetrie | jb | autocorrelation | press | p_white | current_model | phi | aic | qualite |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0.9951 | 7383.8581 | 0.0828 | -0.4983 | 0.3053 | 0.3105 | -0.0323 | 815361847.1836 | 0.2047 | 1 | 1.1164 | 251.7716 | OK |

Variables indépendantes (stat-t) :

| hdd | Bezetting_Occupation | new_intercept |
|---|---|---|
| 20.3483 | 12.7034 | |

# FACTEURS STATIQUES

### Static Factor

Those characteristics of a facility which affect *Energy Consumption* and *Demand*, within the defined *Measurement Boundary*, that are not expected to change, and were therefore not included as independent variables. If they change, *Non-routine Adjustments* need to be calculated to account for these changes.

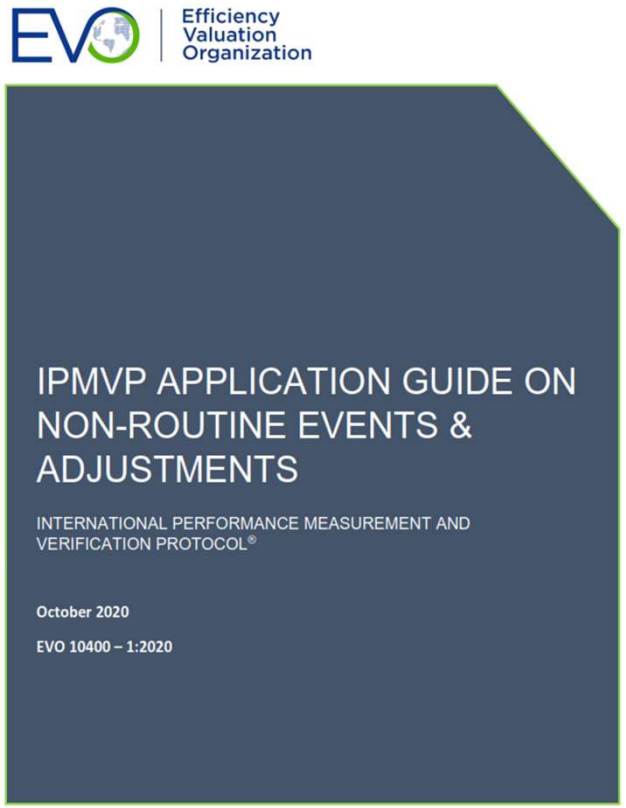
## Propriétés du bâtiment

- Surface au sol chauffée
- Climat ou confort intérieur
  - Température
  - Débits ou stratégie de ventilation COVID-19
- Changement de fonction (ex. salle de réunion→burea
- …

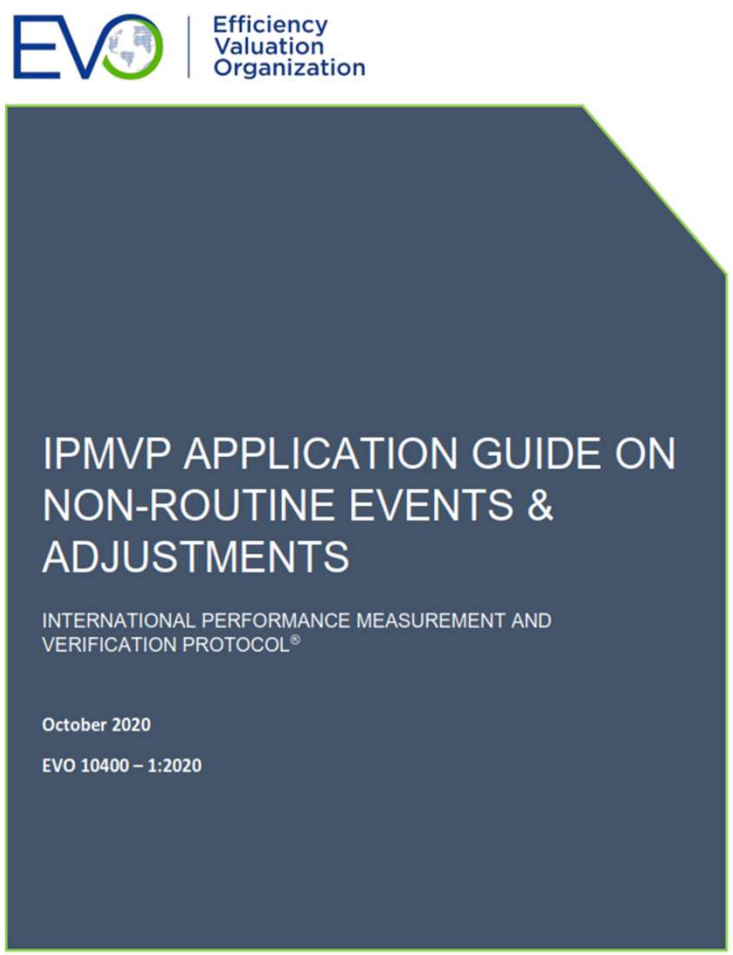
## Facteurs externes

- Evénements spéciaux
- (Grands) changements ponctuels dans l'utilisation

**→ Généralement dans le cadre d'un « événement non r**



# FACTEURS STATIQUES




## Détecter les « événements » non habituels

- Distinction entre les changements temporaires et permanents

## Les manières les plus courantes de faire des adaptations

- Ignorer les données
- Utiliser des compteurs intermédiaires
- Redéfinir le modèle de référence
- Méthode de régression
- Simulation calibrée
- Calculs (exception !!)

## Autres solutions

- « Backcasting »
- « Chaining »
- Changement d'option (C→ A)

# CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- PLAGE...
  - ... est en fait un « code de bonne pratique »
  - ... Suit la méthode « plan-do-check-act »

- Commencez DES MAINTENANT (l'année dernière en fait…) et enregistrez au moins une fois par mois
  - Consommations d'énergie
  - Tous les paramètres qui ont/peuvent avoir une influence sur la consommation énergétique

- Méthode standard ou IPMVP ?
  - La plupart des bâtiments : standard
    - L'outil de calcul recherche le meilleur modèle par rapport aux variables standard
    - Possibilité limitée d'ajouter des variables supplémentaires
  - Cas spéciaux : IPMVP
    - Déménagement, gros changements...
    - Une approbation du réviseur est toujours nécessaire
    - Cherchez du soutien auprès d'un CMVP (PMVA ou PMVE)

# CONTACT

**Sven WUYTS**

Factor4

+ 32 475 37 03 08

sven.wuyts@factor4.eu

?

MERCI POUR VOTRE ATTENTION