Formation Bâtiment Durable

Gestion de l'énergie : Responsable énergie

Printemps 2024

Démarche PLAGE et le protocole IPMVP

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 MESURER ET VÉRIFIER 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

Informations générales

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

6 GRAND PARC IMMOBILIER ?

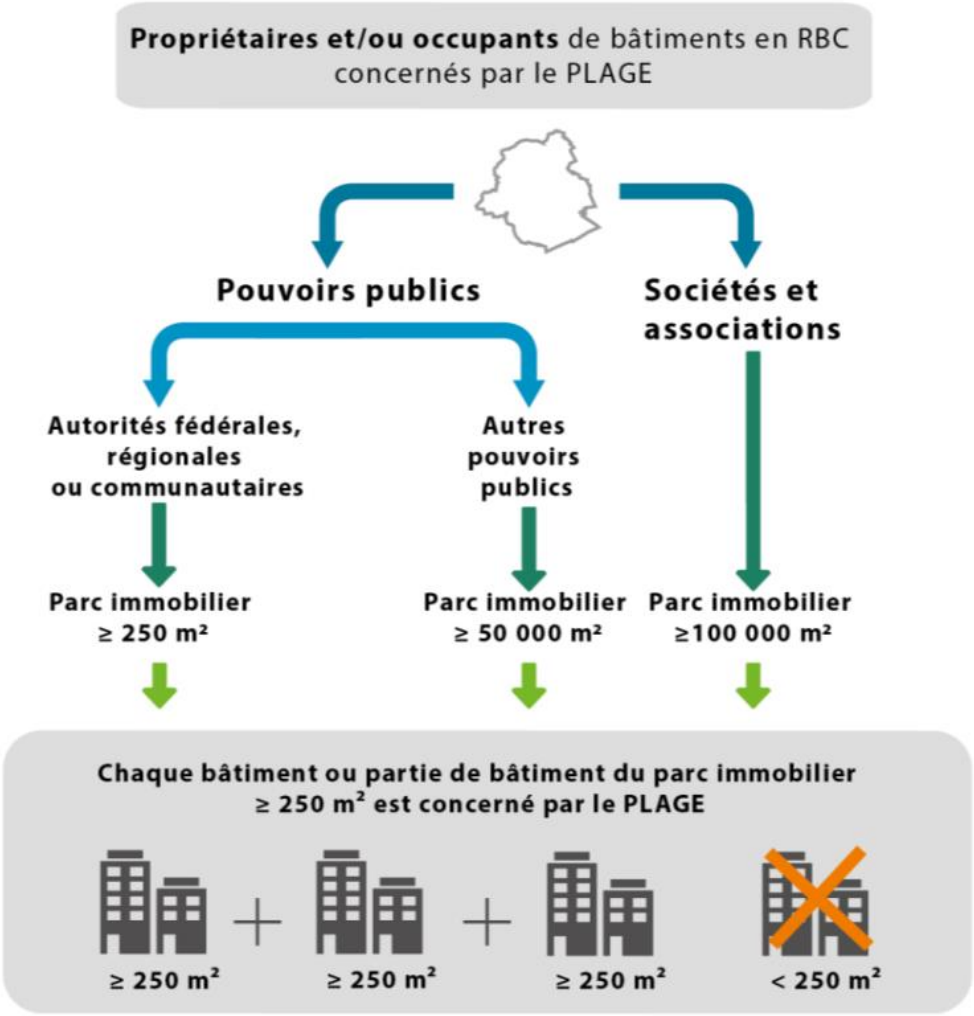


Figure 1 – Seuils d'obligation PLAGE pour chaque catégorie d'organismes

7

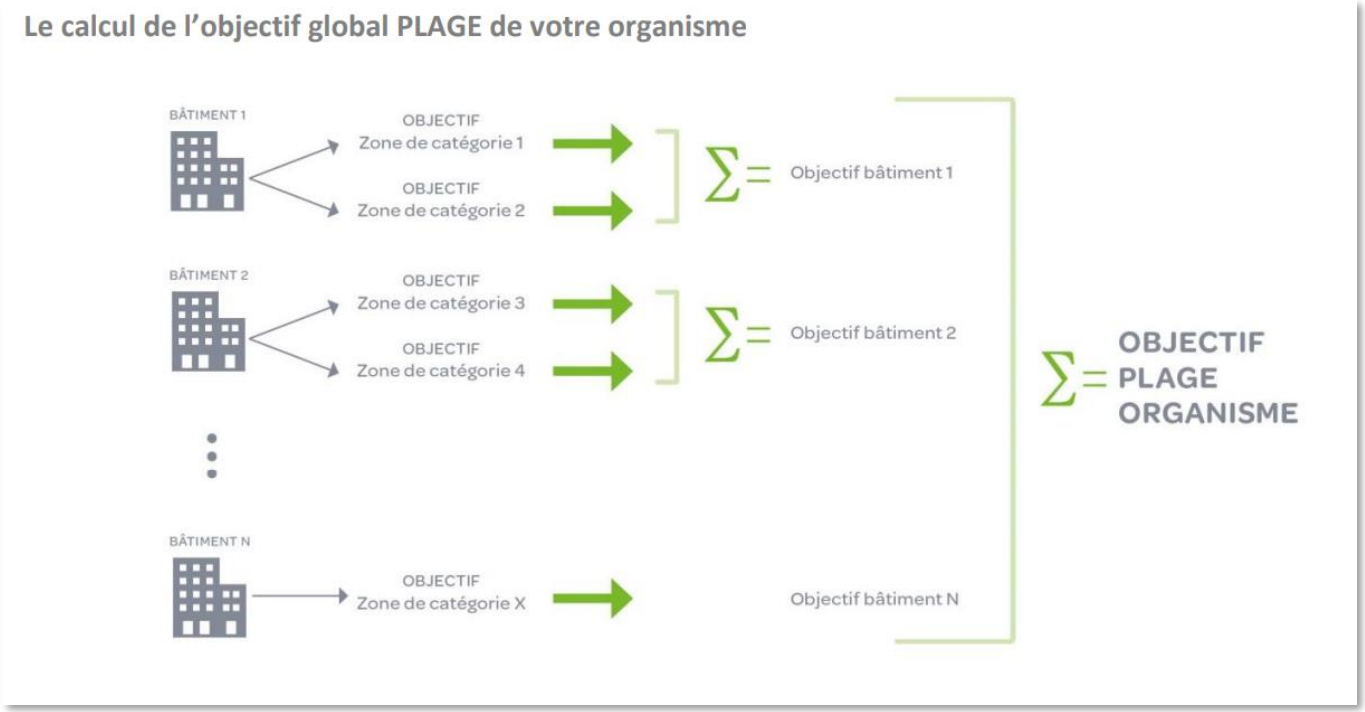
OBJECTIF

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



8 ENTREPRENDRE UNE ACTION

Les différentes phases d'un cycle PLAGE

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

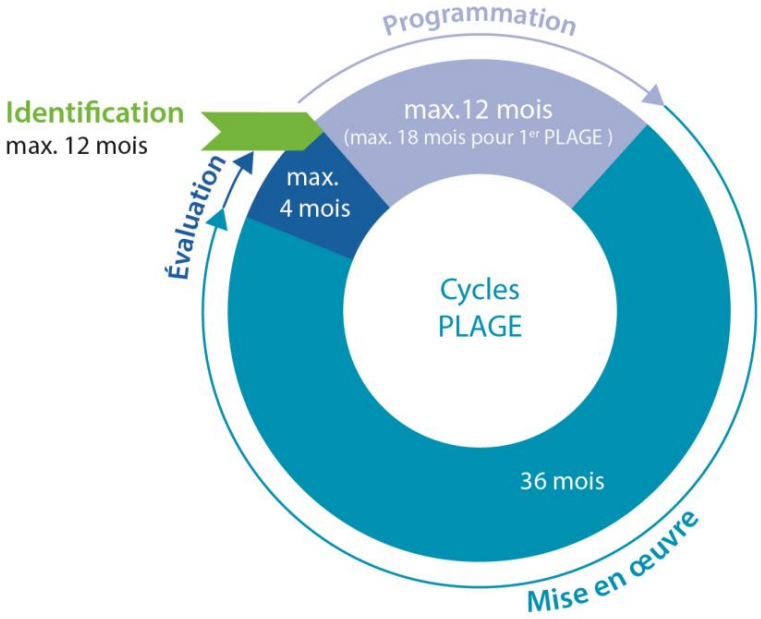


TABLE DES MATIÈRES

PLAGE

M&V – IPMVP – CMVP – PMVA – PMVE

MÉTHODES POUR MESURER ET VÉRIFIER UN PLAGE

VARIABLES ET FACTEURS

Q&R

10 MESURER ET VÉRIFIER

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

PLAGE

PLAGE-reglementering

Plan voor Lokale Actie voor het Gebruik van Energie

M&V-richtlijn PLAGE

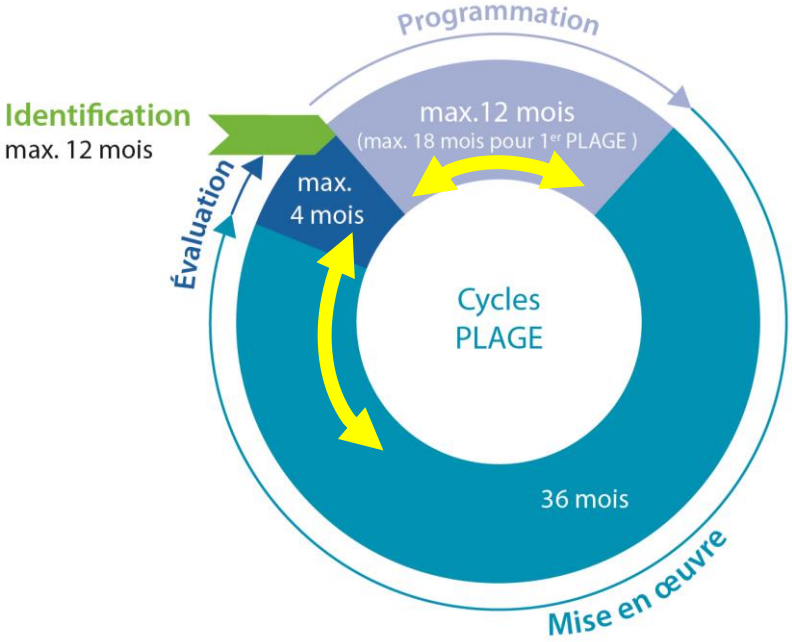
Regels en gebruiksmethode

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

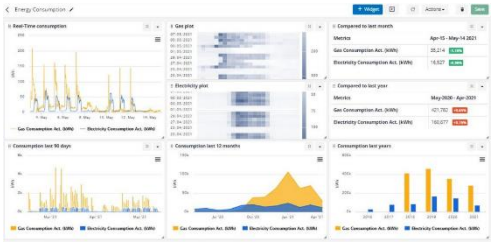
→ Performance M&V Analyst (new!)

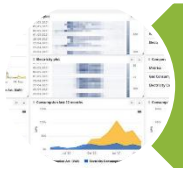
→ Performance M&V Expert (new!)

12

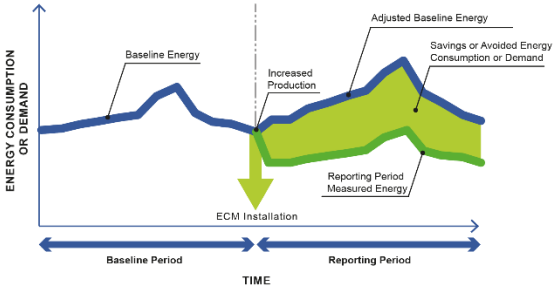
M OU V ?

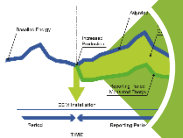
Mesurer





Surveiller





Vérifier

Gérer

IPMVP

International Performance Measurement and Verification Protocol

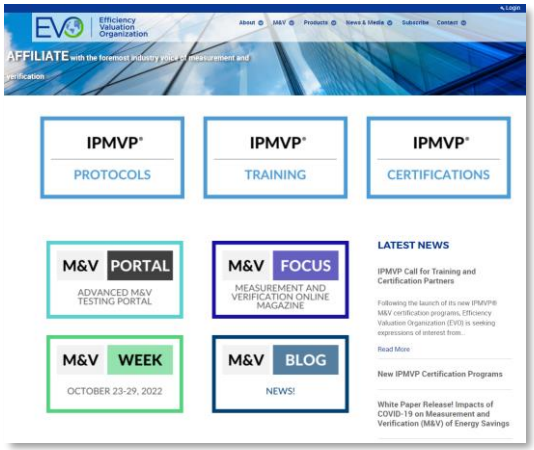
- Protocole indépendant pour M&V
- Principes et cadre pour un bon processus M&V
- Terminologie et concepts
- Plans de M&V conformes à IPMVP

Précis, complet, conservateur, cohérent, pertinent et transparent

CMVP : « Professionnel certifié M&V »

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

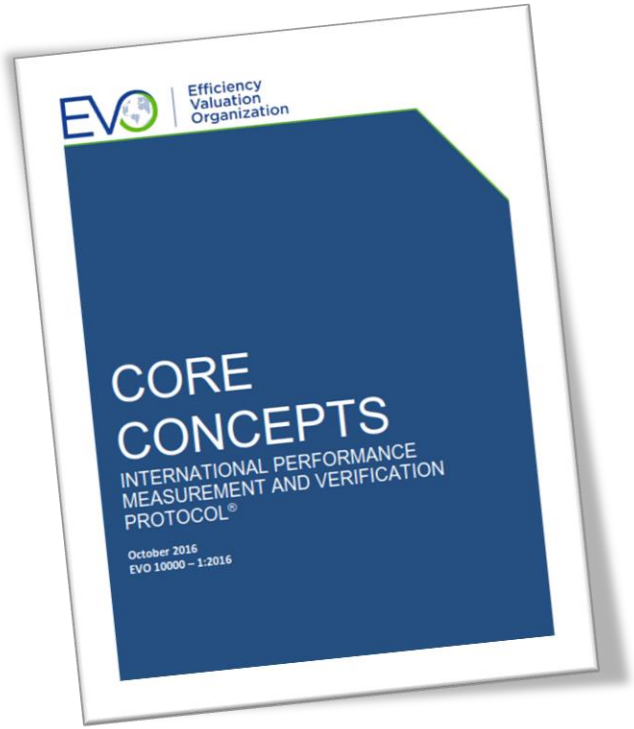
https://evo-world.org/



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

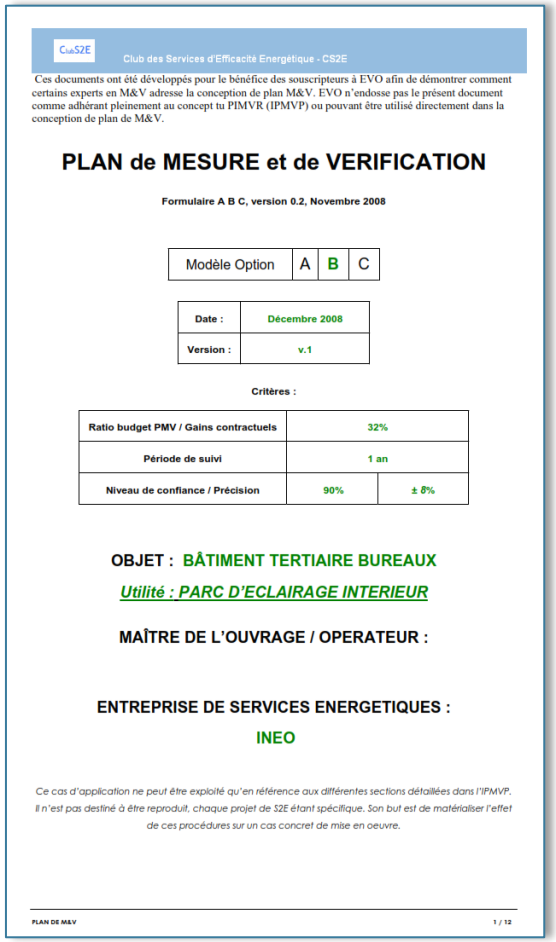


https://evo-world.org/en/ipmvp-current/ipmvp-core-concepts

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



ClubS2E 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

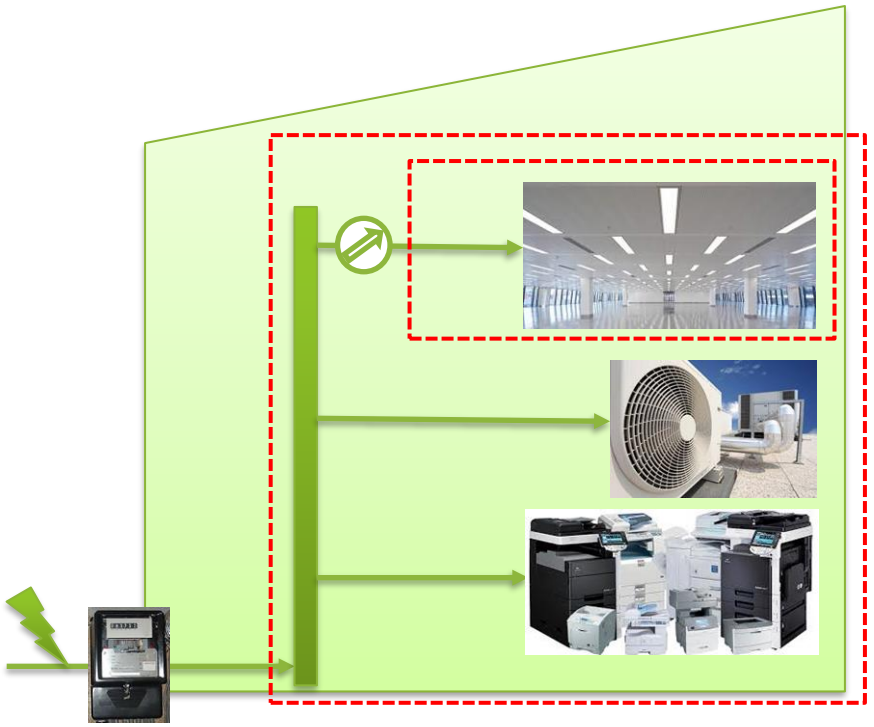
16

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%

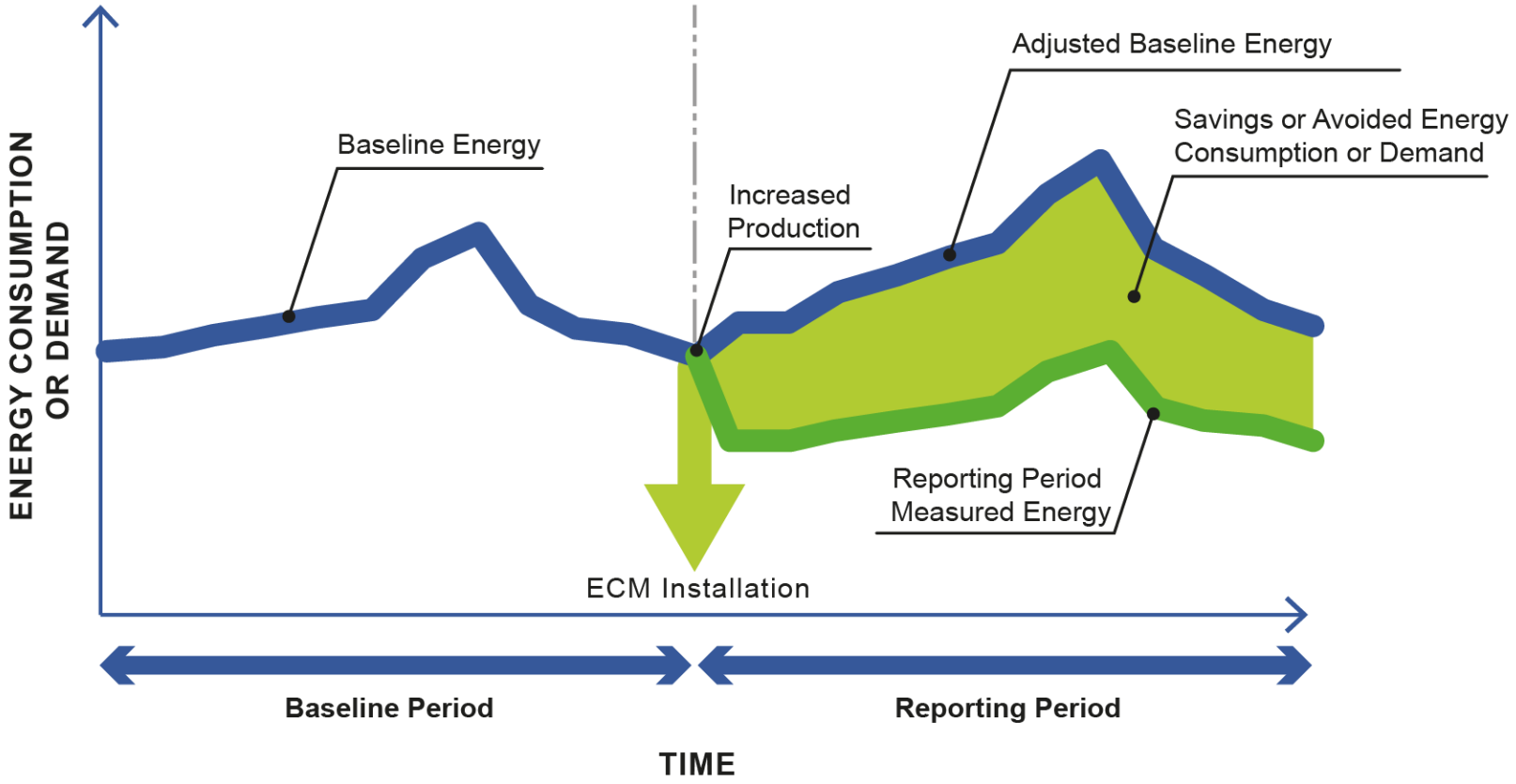
M&V Option usage as a % of total reported savings by ECM*

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

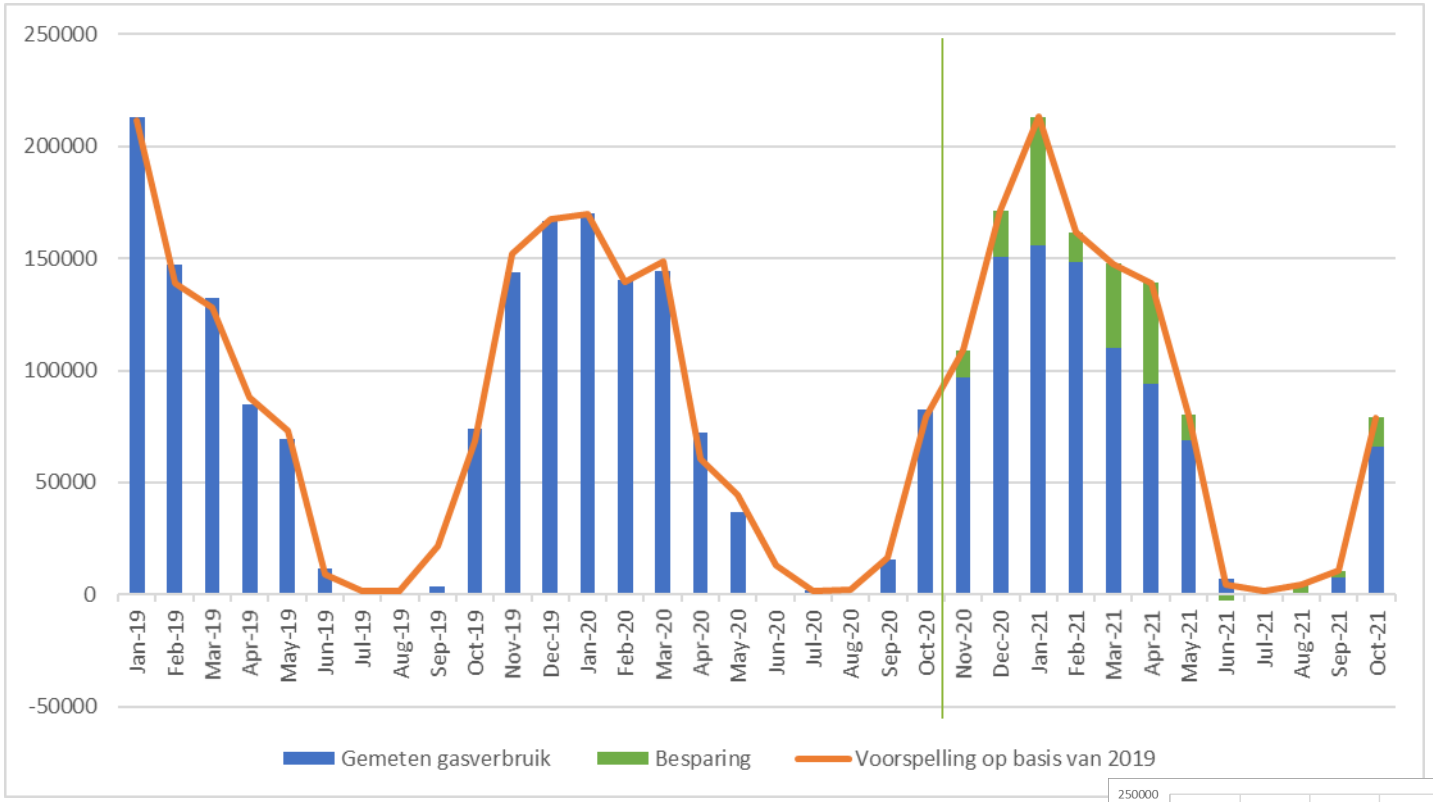
Adaptations courantes

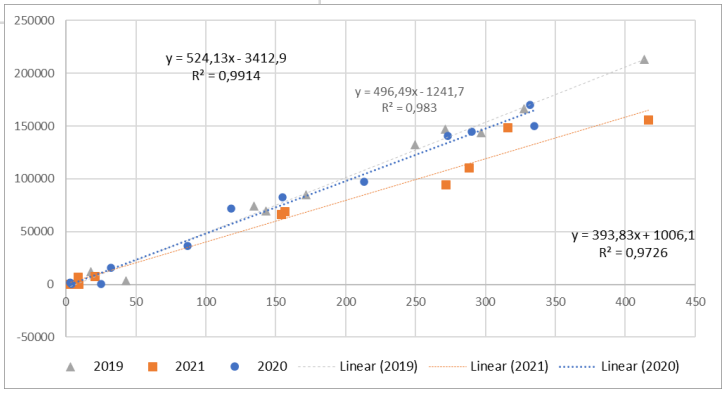
- Variables indépendantes
  - Météo (degrés-jours, luminosité naturelle, vent, humidité relative...)
  - Volumes de production
  - Nombre de visiteurs
  - …

Adaptations non courantes

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

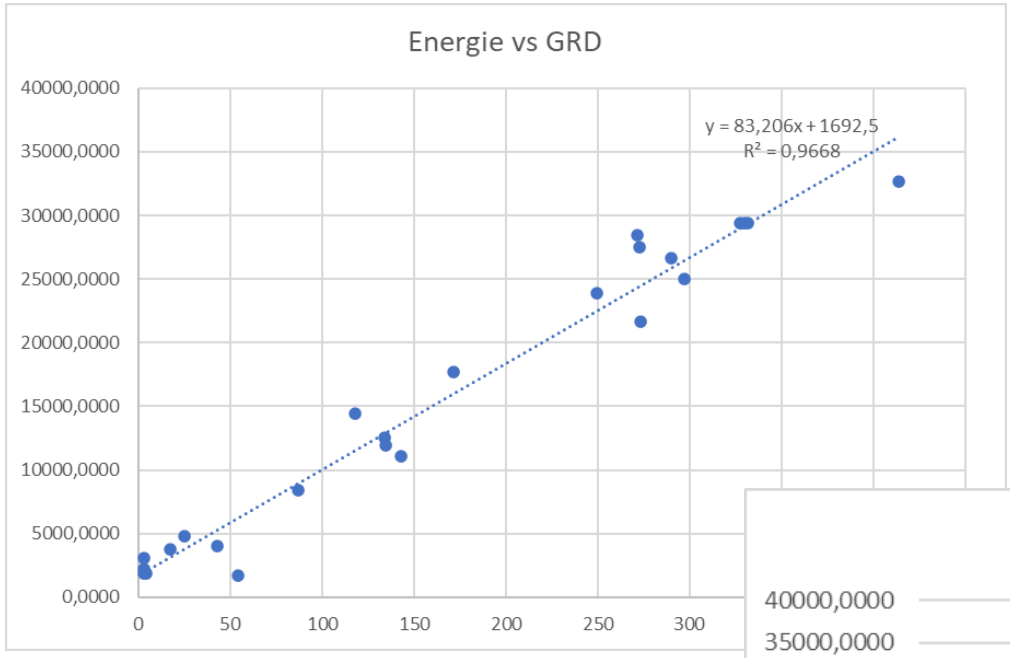
21 EXEMPLE PRATIQUE

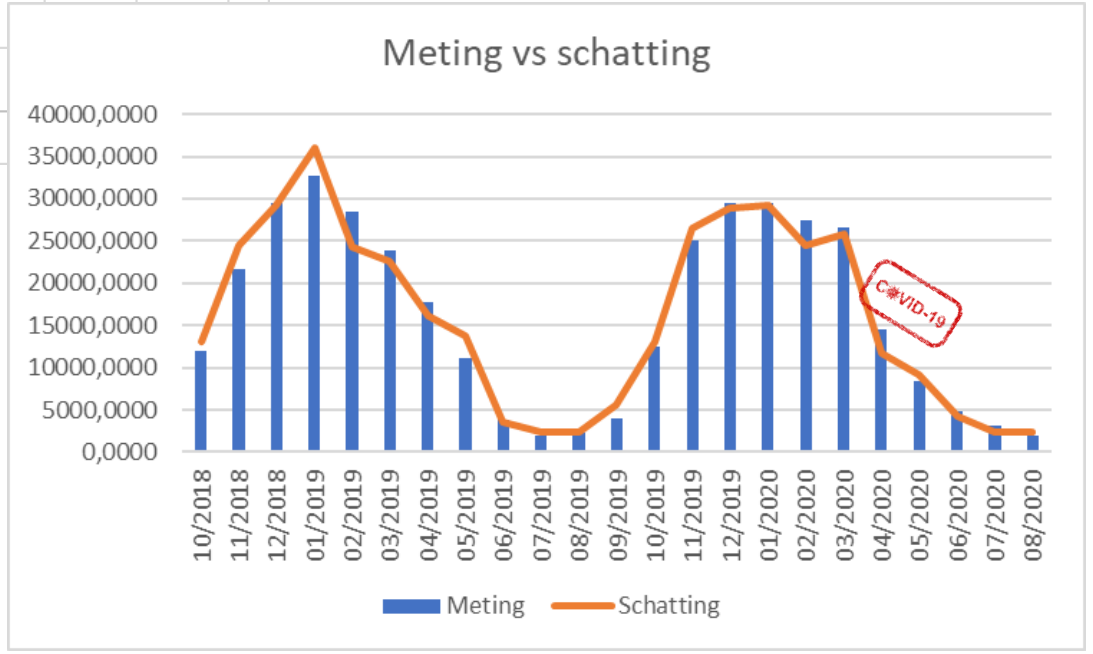




22

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. »

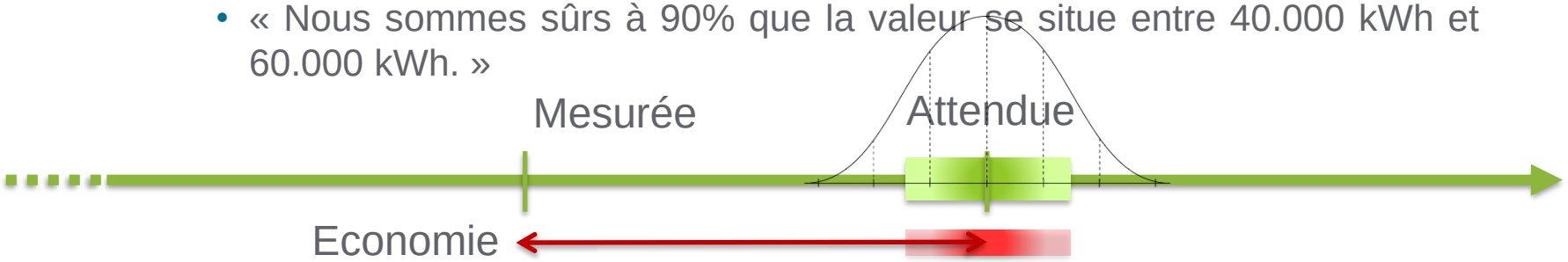


TABLE DES MATIÈRES

PLAGE

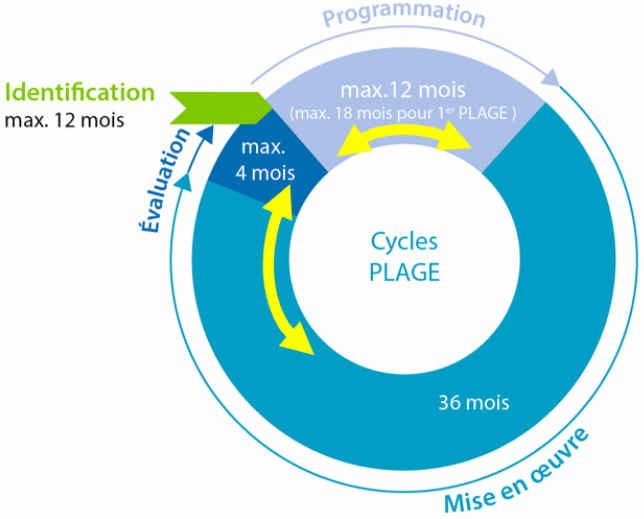
M&V – IPMVP – CMVP – PMVA – PMVE

MÉTHODES POUR MESURER ET VÉRIFIER UN PLAGE

VARIABLES ET FACTEURS

Q&R

LES DIFFÉRENTES MÉTHODES POUR LE PLAGE



Méthode standard

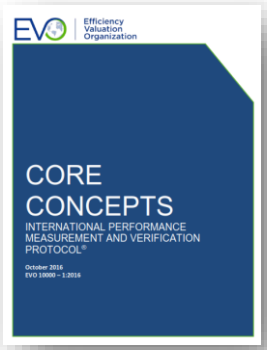
- Basée sur le protocole IPMVP
- Méthodes simplifiée
- Outil de calcul sur la plateforme PLAGE

PLAGE
Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique
MESURAGE

Choix pour chaque bâtiment

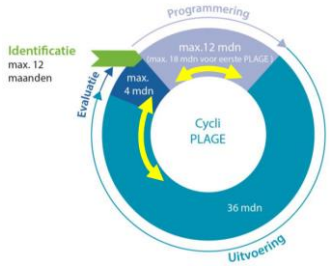
Méthode IPMVP

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

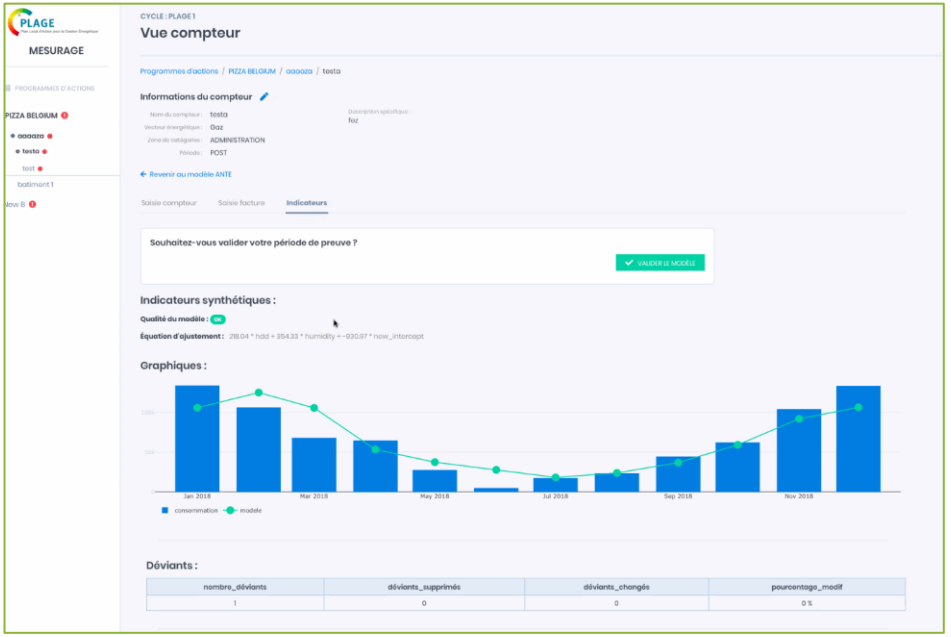


MÉTHODE STANDARD

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



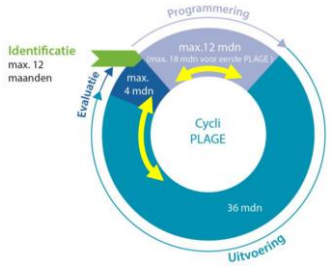
- Si NOK ?
  - Contacter le réviseur
  - Ev. quand même autorisé
  - Sinon méthode IPMVP

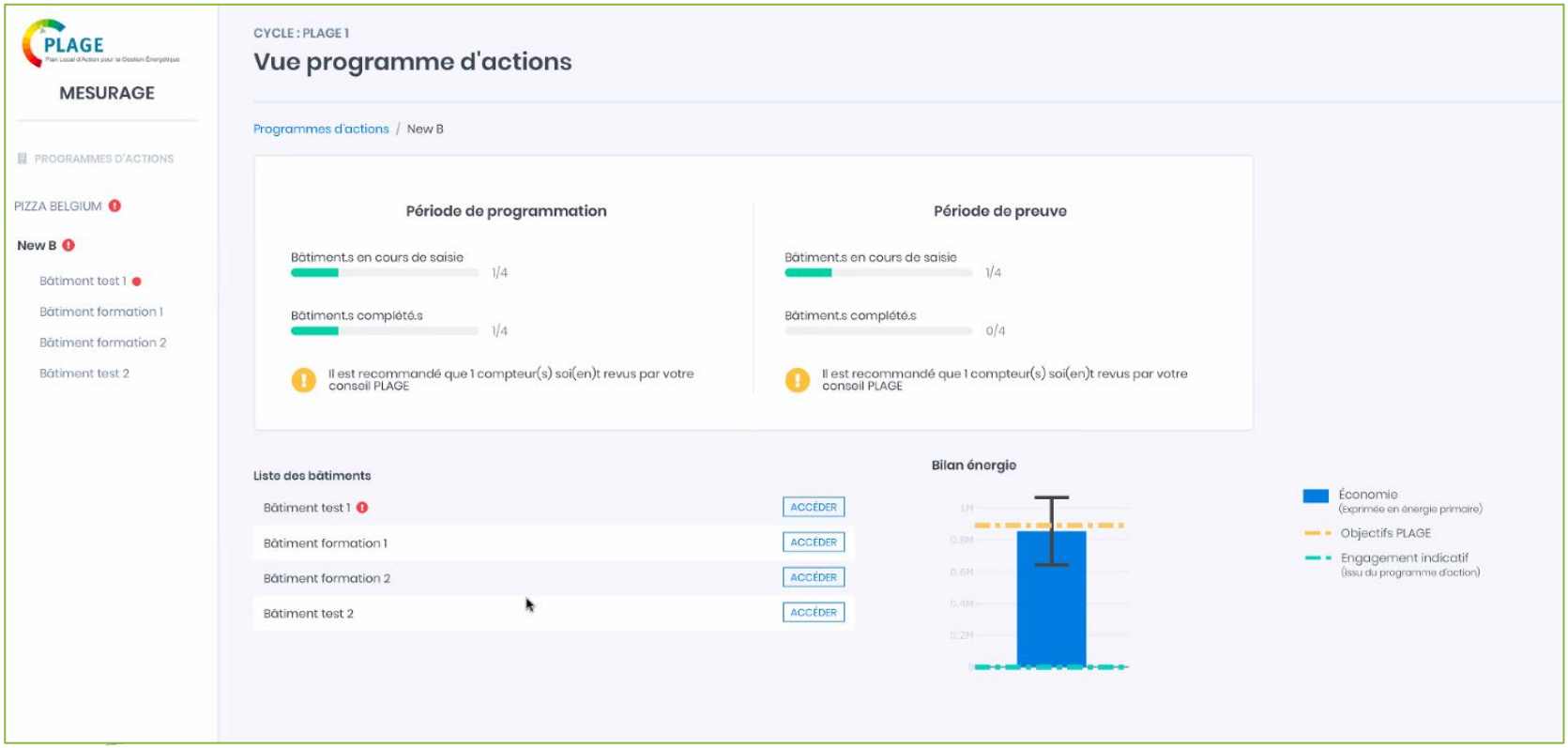
27

MÉTHODE STANDARD

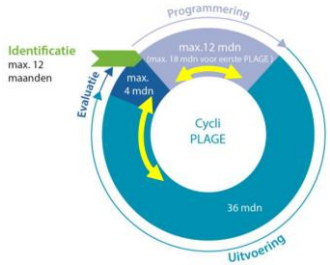
Phase « Evaluation »

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





MÉTHODE IPMVP

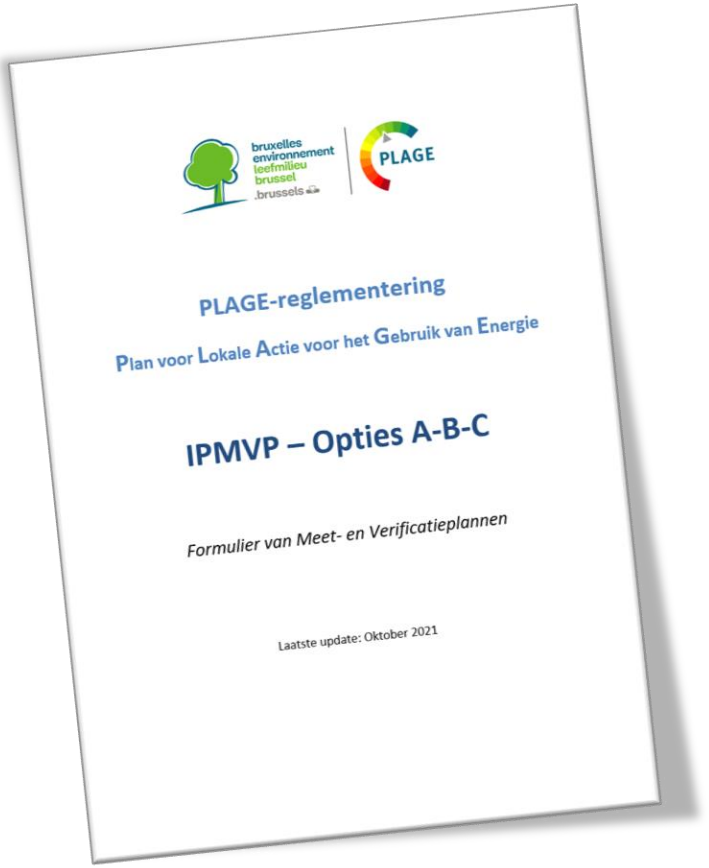


Phase « programmation »

- 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

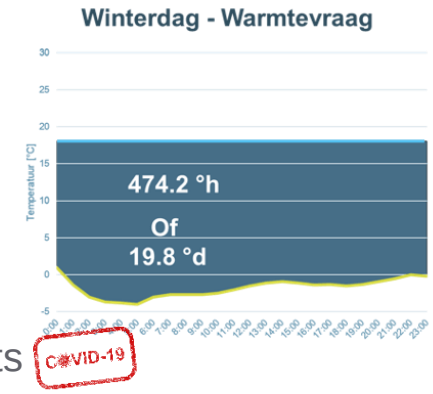
VARIABLES INDÉPENDANTES

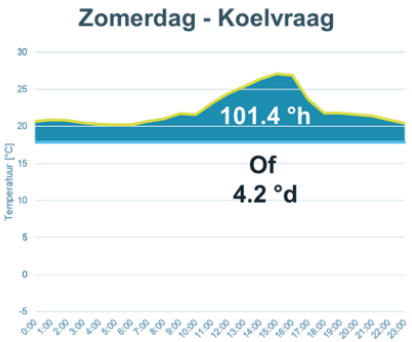
Independent Variable

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

Climat

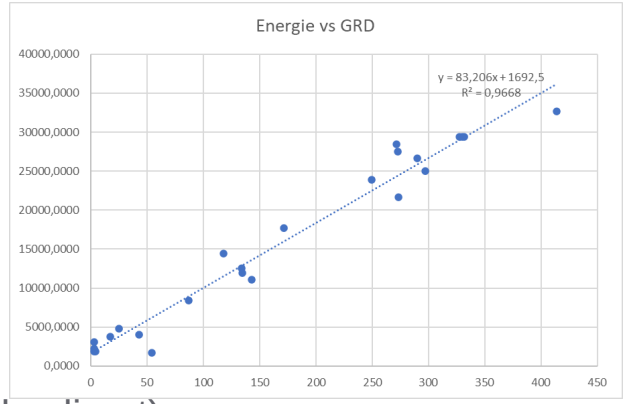
- Degrés-jours (refroidir et chauffer)
- Humidité relative
- Rayonnement solaire, vent
- …





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

31

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

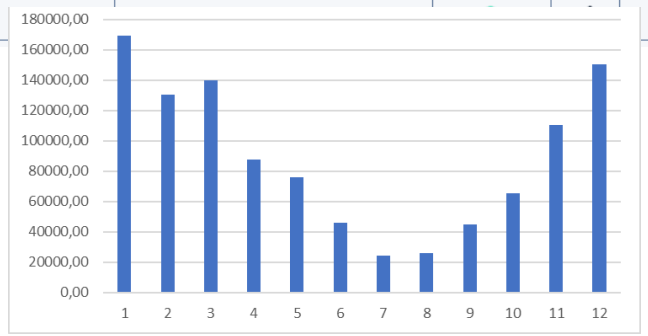
Résidus et assimilés :

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

32 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					●



33

EXEMPLE

Consommation attendue = 391 x HDD + 37396 kWh

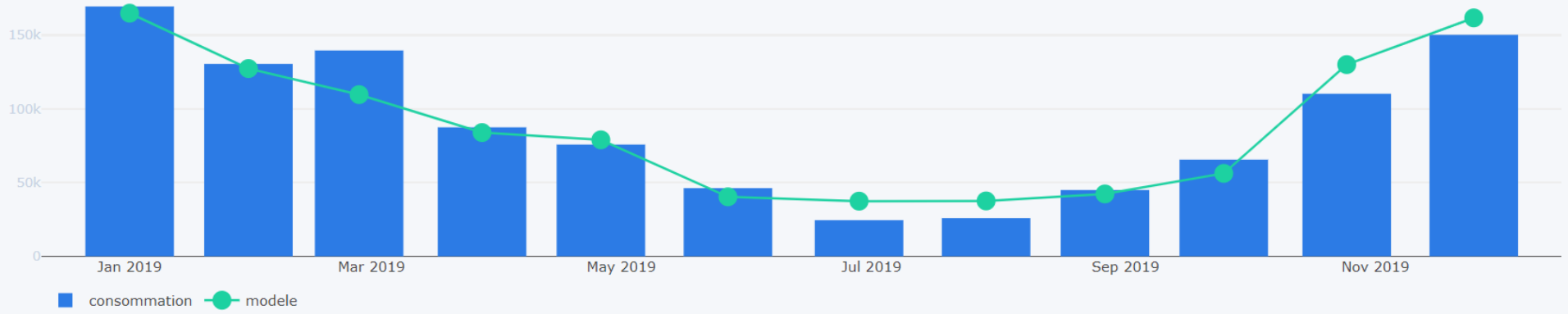
Statistiques de base :

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 …

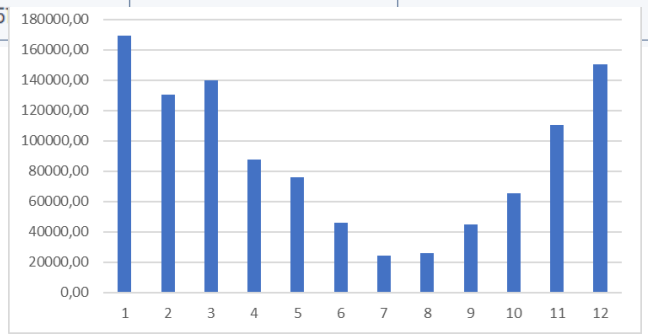
Variables indépendantes (stat-t) :

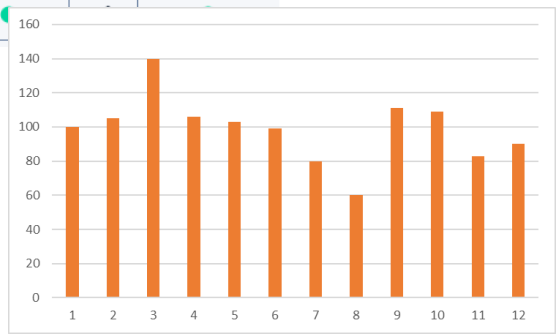
(Intercept)	hdd	cdd	humidity	sunshine	nb_days
2.8985	6.8545	-1.303	-2.0876	-2.266	-0.8138

34 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			●		





35

EXEMPLE

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

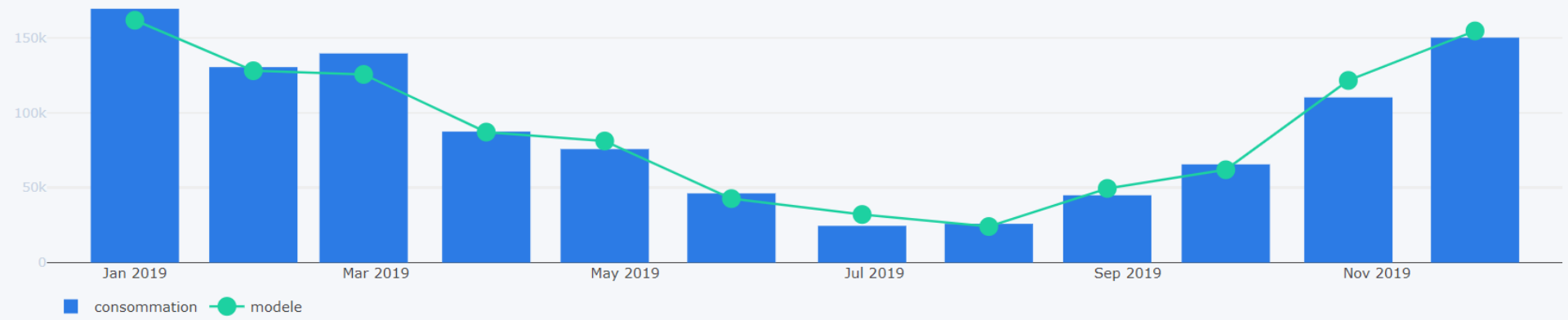
Statistiques de base :

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 :



36

EXEMPLE

Consommation attendue = 391 x HDD + 37396 kWh

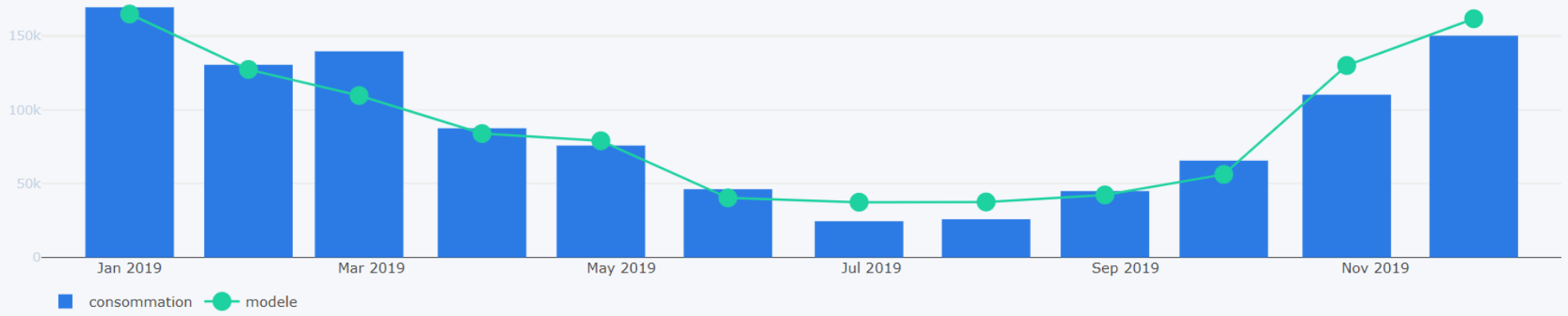
Statistiques de base :

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 :



37 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.

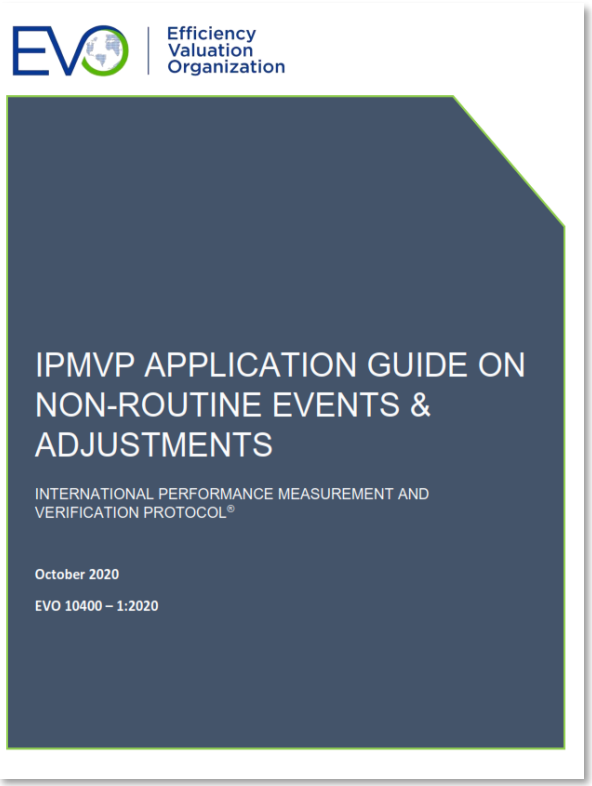
Propriétés du bâtiment

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

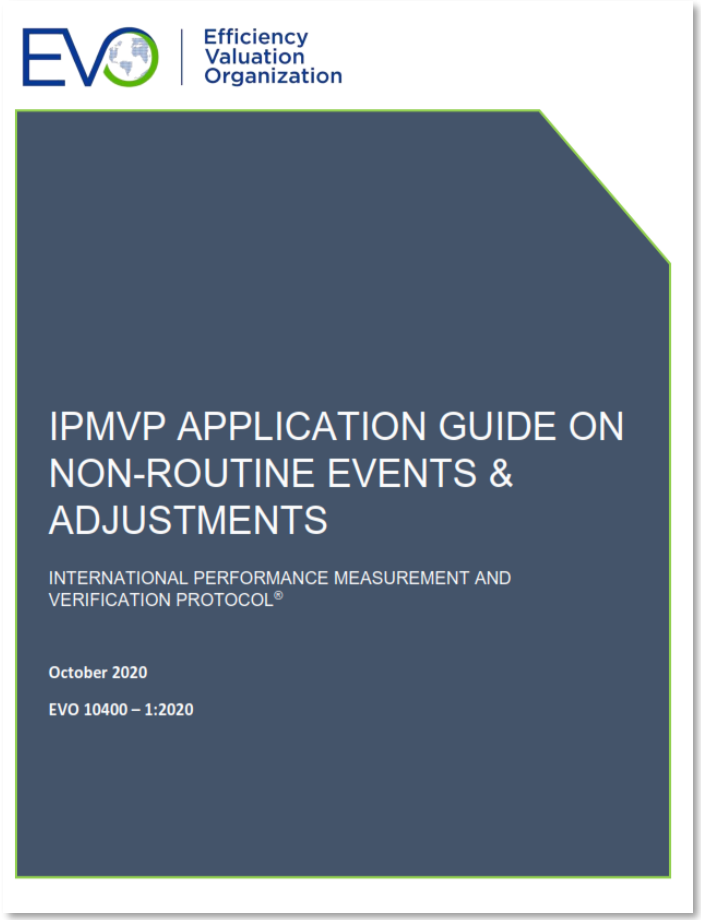
Facteurs externes

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

→ Généralement dans le cadre d'un « événement non h



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 COVID-19
- Utiliser des compteurs intermédiaires
- Redéfinir le modèle de référence COVID-19
- 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 DÈS 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