

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

GESTION DE L'ÉNERGIE :
RESPONSABLE ÉNERGIE

PRINTEMPS 2025

Démarche PLAGE et le protocole IPMVP

Sven WUYTS



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels



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 Gemon
- Hervé Delporte
- Jean-Benoit Verbeke





- ▶ 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.



PLAGE

M&V – IPMVP – CMVP – PMVA – PMVE

MÉTHODES POUR MESURER ET VÉRIFIER UN PLAGE

VARIABLES ET FACTEURS

Q&R



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



Informations générales



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



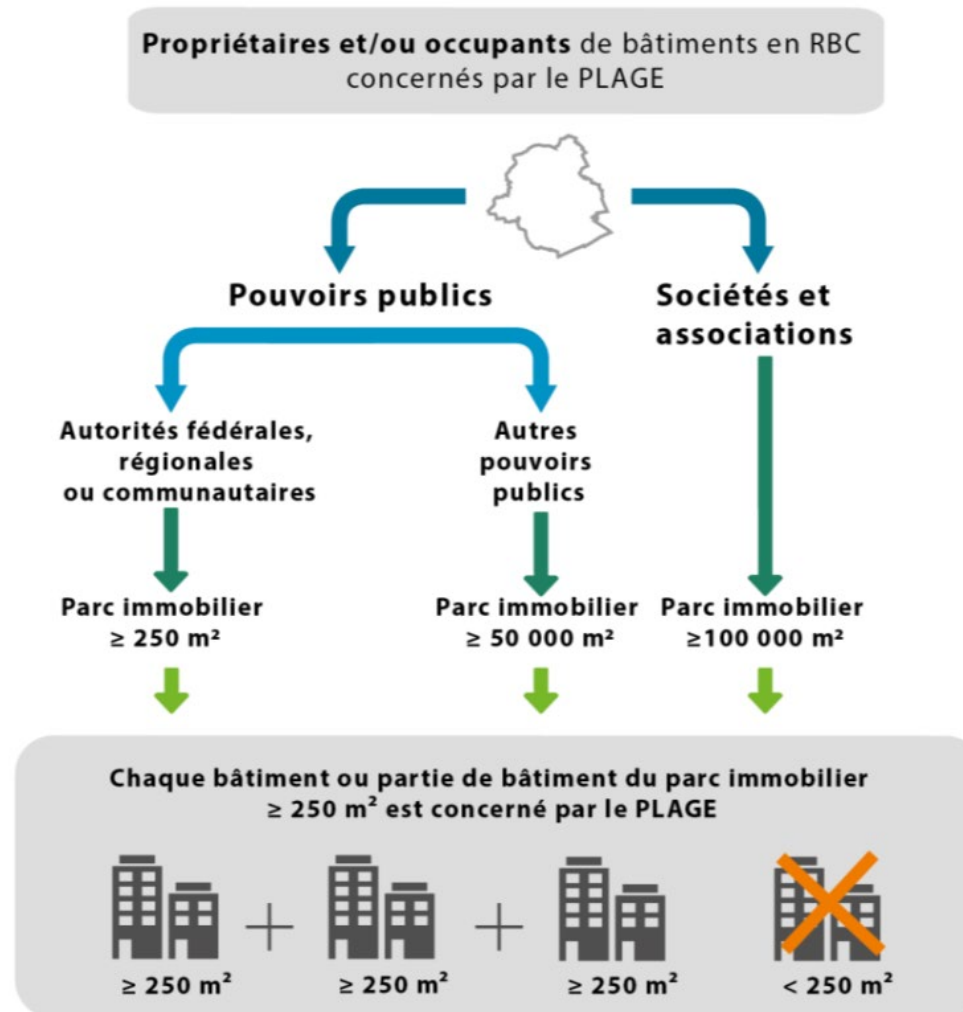


Figure 1 – Seuils d'obligation PLAGE pour chaque catégorie d'organismes



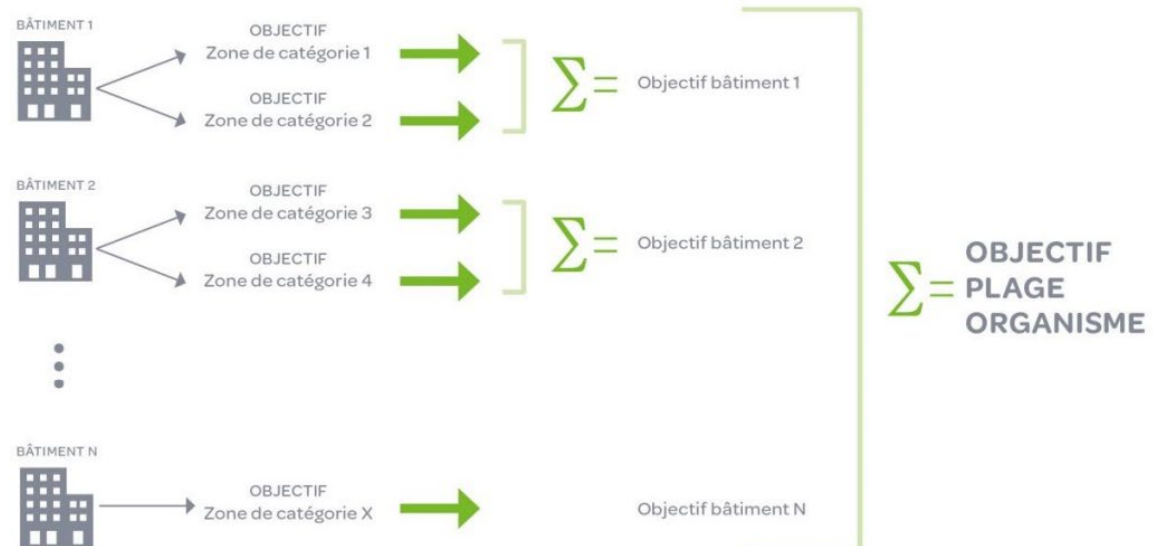
L'objectif dépend des critères suivants

- ▶ Type de bâtiment/de zone
- ▶ Consommation énergétique actuelle

Objectif global pour votre parc complet

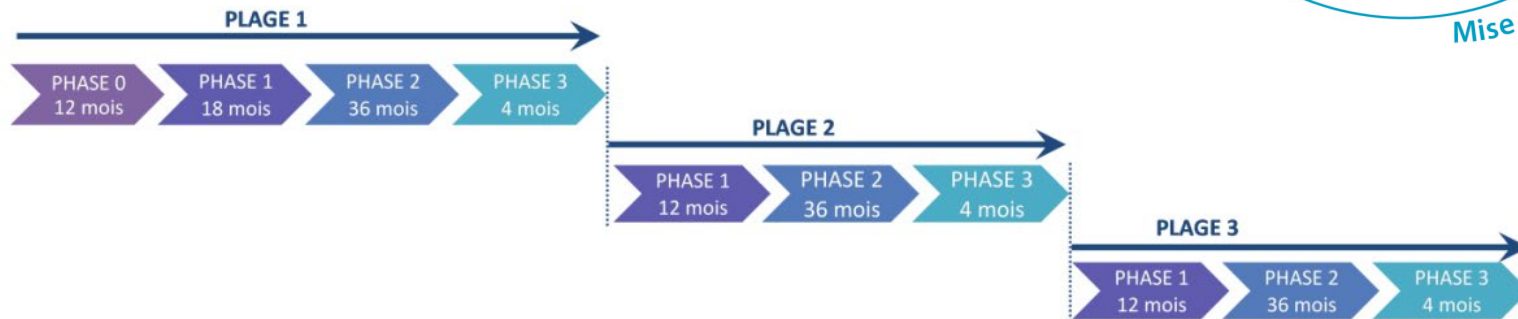
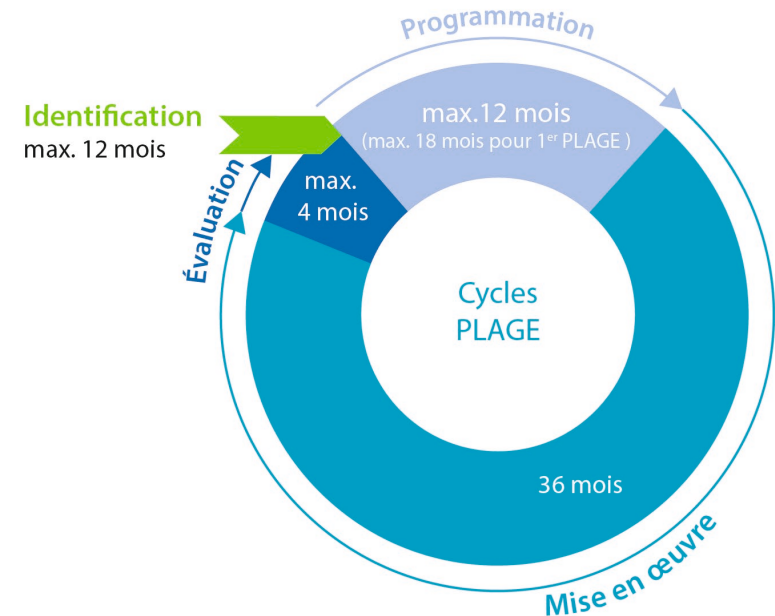
- ▶ Généralement une économie entre 5 et 15% sur votre consommation d'énergie primaire

Le calcul de l'objectif global PLAGE de votre organisme



Les différentes phases d'un cycle PLAGE

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



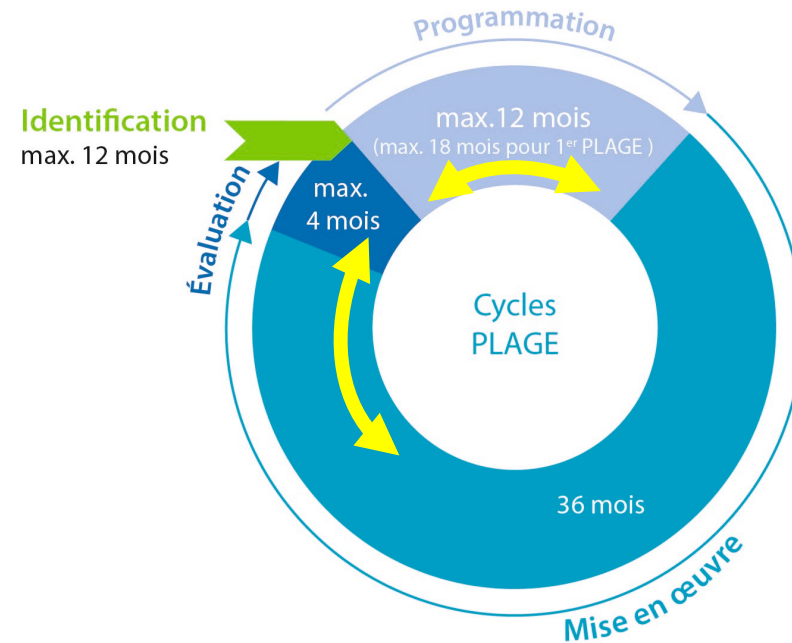
PLAGE

M&V – IPMVP – CMVP – PMVA – PMVE

MÉTHODES POUR MESURER ET VÉRIFIER UN PLAGE
VARIABLES ET FACTEURS

Q&R





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)

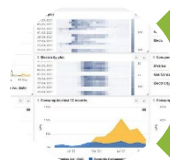
CMVP : Professionnel certifié M&V

- Performance M&V Analyst (new!)
- Performance M&V Expert (new!)

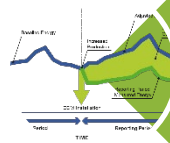
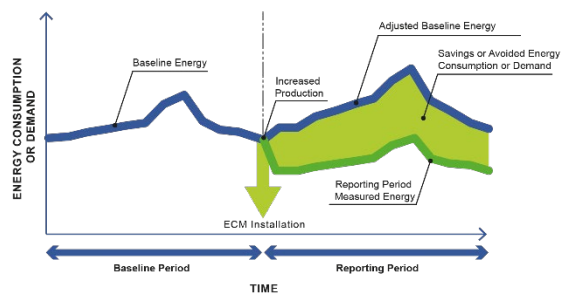
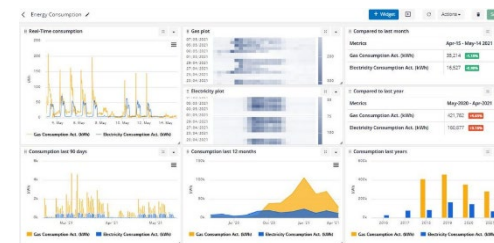




Mesurer



Surveiller



Vérifier



Gérer



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

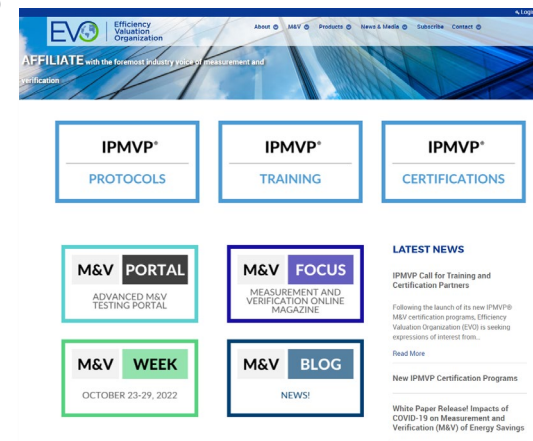


Précis, complet, conservateur, cohérent, pertinent et transparent

CMVP : « Professionnel certifié M&V »

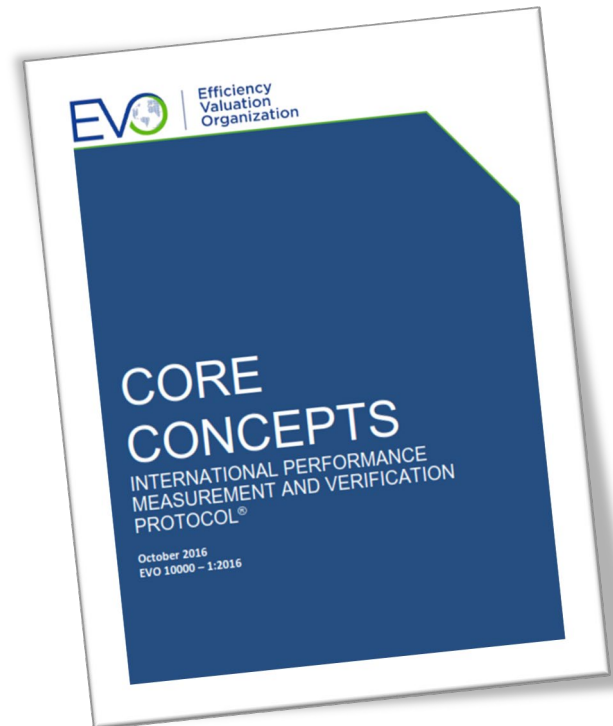
- ▶ Formation par EVO
- ▶ Connait et utilise les méthodes et la terminologie IPMVP

<https://evo-world.org/>



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 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

CuS2E
Club des Services d'Efficacité Énergétique - 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 adhérent pleinement au concept du 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% ± 0%

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



Bâtiment entier (site, facility...)

Mesure isolée

! Effets interactifs



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 = $(100 \times 40 \times 7) = 28 \text{ kWh par jour}$
- ▶ **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 ? »



18 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*

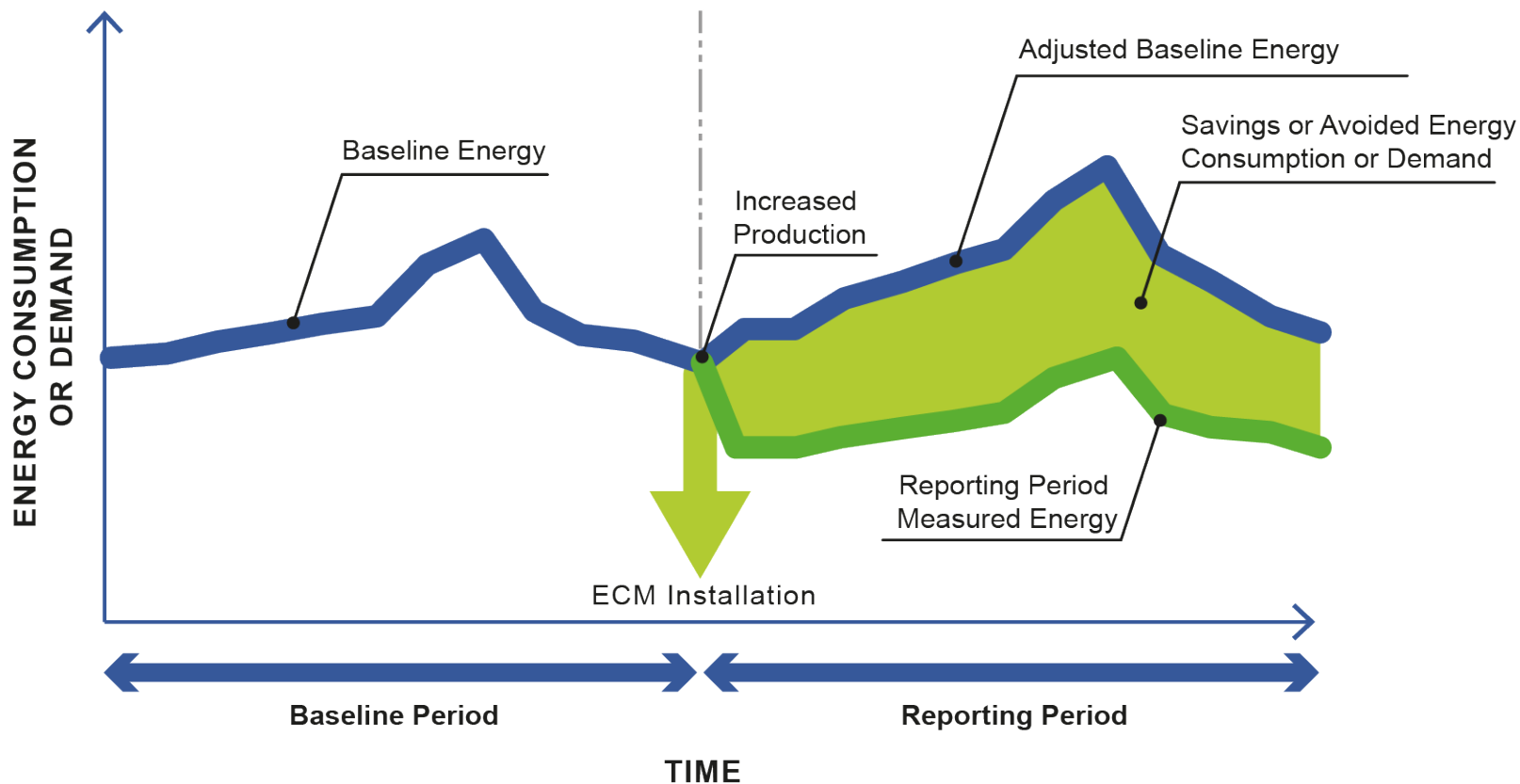
ECM	%A	%B	%C	%D
Building Controls	69%	15%	0%	16%
HVAC	46%	6%	6%	43%
Lighting	89%	7%	0%	4%
Boiler	46%	18%	33%	3%
CW/HW/Steam Dist.	41%	16%	36%	7%
Water	93%	4%	2%	1%
Chiller	73%	21%	1%	5%

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



19 ADAPTATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

$$\text{Savings} = (\text{Baseline Period Energy} - \text{Reporting Period Energy}) \pm \text{Adjustments}$$



Adaptations courantes

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



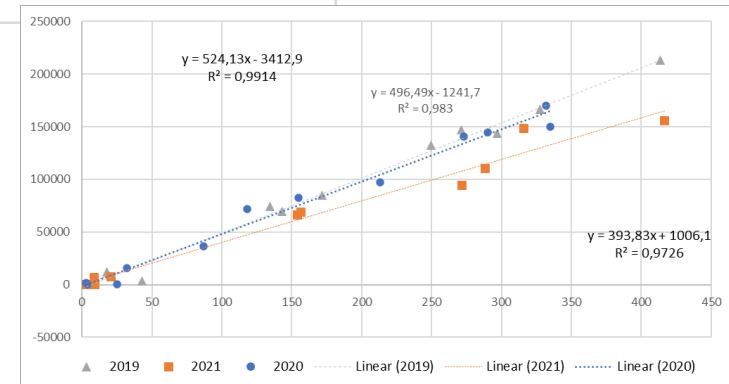
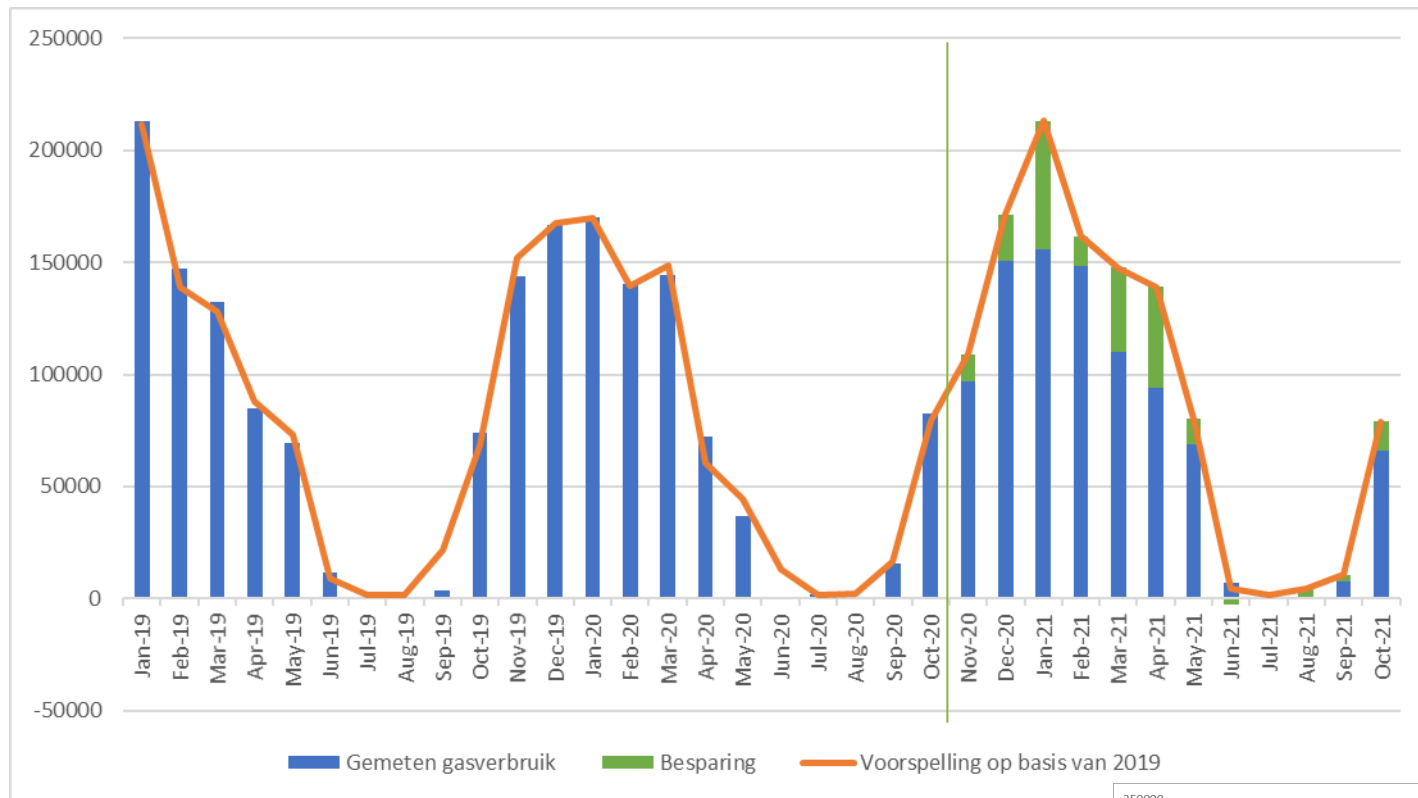
Adaptations non courantes

- ▶ Facteurs statiques
 - Taille du bâtiment (m²)
 - Autres adaptations dans le bâtiment
 - Utilisation du bâtiment
 - Climat intérieur
 - ...

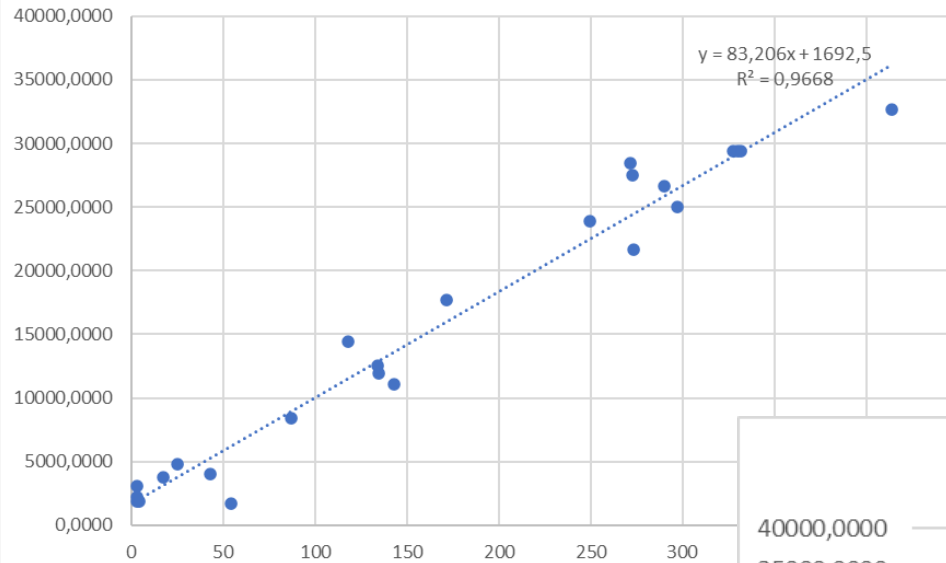
C#VID-19

C#VID-19

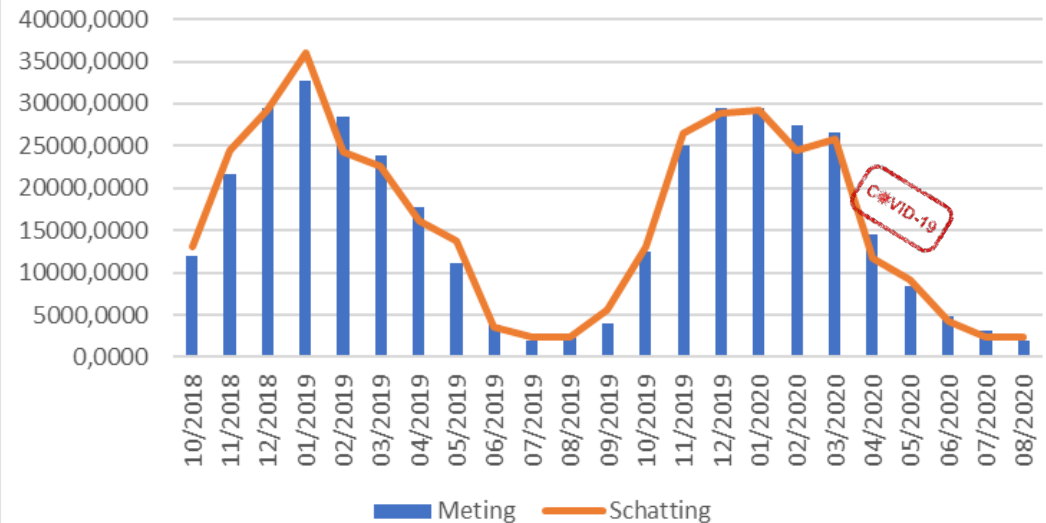




Energie vs GRD

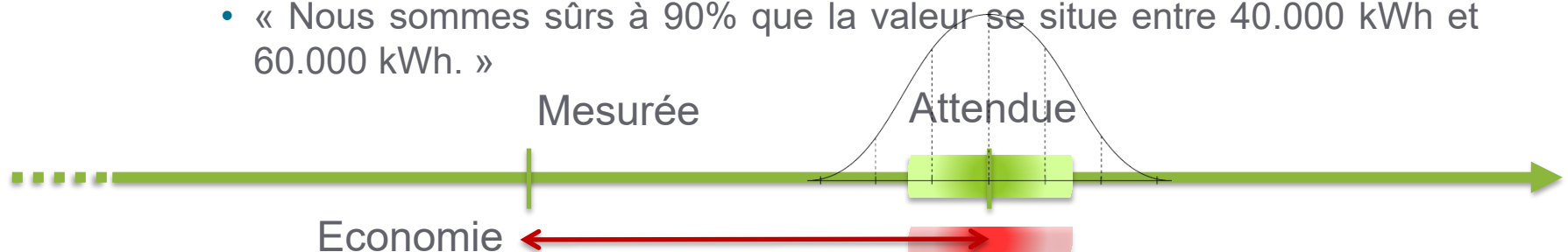


Meting vs schatting



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. »



PLAGE

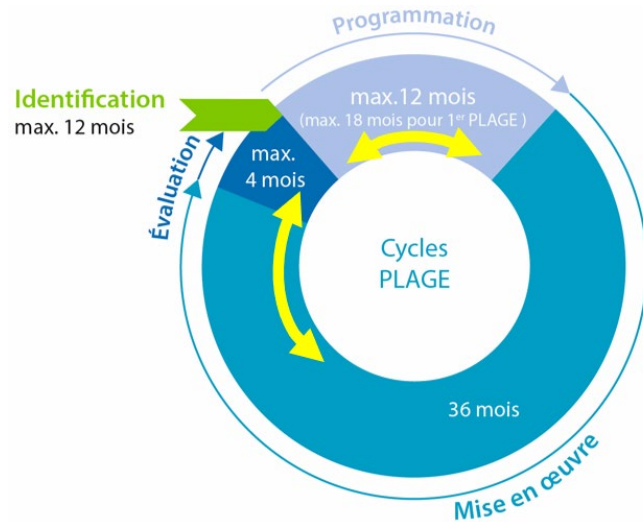
M&V – IPMVP – CMVP – PMVA – PMVE

MÉTHODES POUR MESURER ET VÉRIFIER UN PLAGE

VARIABLES ET FACTEURS

Q&R





Méthode standard

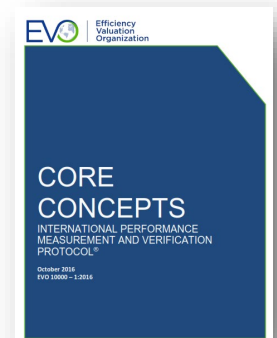
- ▶ Basée sur le protocole IPMVP
- ▶ Méthodes simplifiée
- ▶ Outil de calcul sur la plateforme PLAGE



Choix pour chaque bâtiment

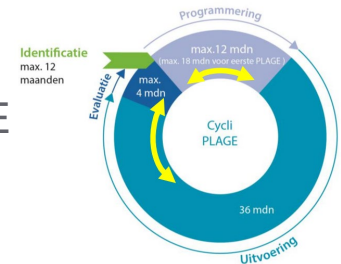
Méthode IPMVP

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

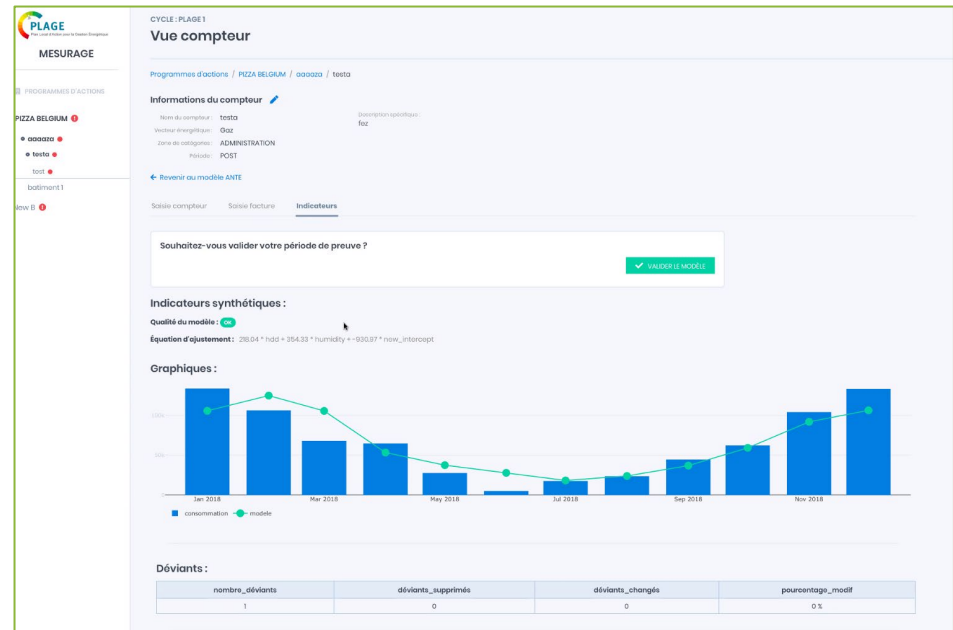


Phase « programmation »

- ▶ 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

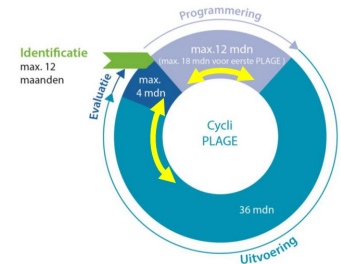


- ▶ Si NOK ?
 - Contacter le réviseur
 - Ev. quand même autorisé
 - Sinon méthode IPMVP



Phase « Evaluation »

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



MESURAGE

PROGRAMMES D'ACTIONS

PIZZA BELGIUM

New B

- Bâtiment test 1
- Bâtiment formation 1
- Bâtiment formation 2
- Bâtiment test 2

CYCLE : PLAGE 1

Vue programme d'actions

Programmes d'actions / New B

Période de programmation

Bâtiments en cours de saisie : 1/4

Bâtiments complétés : 1/4

Il est recommandé que 1 compteur(s) soi(en)t revus par votre conseil PLAGE

Période de preuve

Bâtiments en cours de saisie : 1/4

Bâtiments complétés : 0/4

Il est recommandé que 1 compteur(s) soi(en)t revus par votre conseil PLAGE

Liste des bâtiments

Bâtiment test 1	ACCÉDER
Bâtiment formation 1	ACCÉDER
Bâtiment formation 2	ACCÉDER
Bâtiment test 2	ACCÉDER

Bilan énergie

Le graphique du bilan énergie compare l'économie (bleu) avec les objectifs PLAGE (orange) et l'engagement indicatif (vert). L'économie est inférieure aux objectifs.

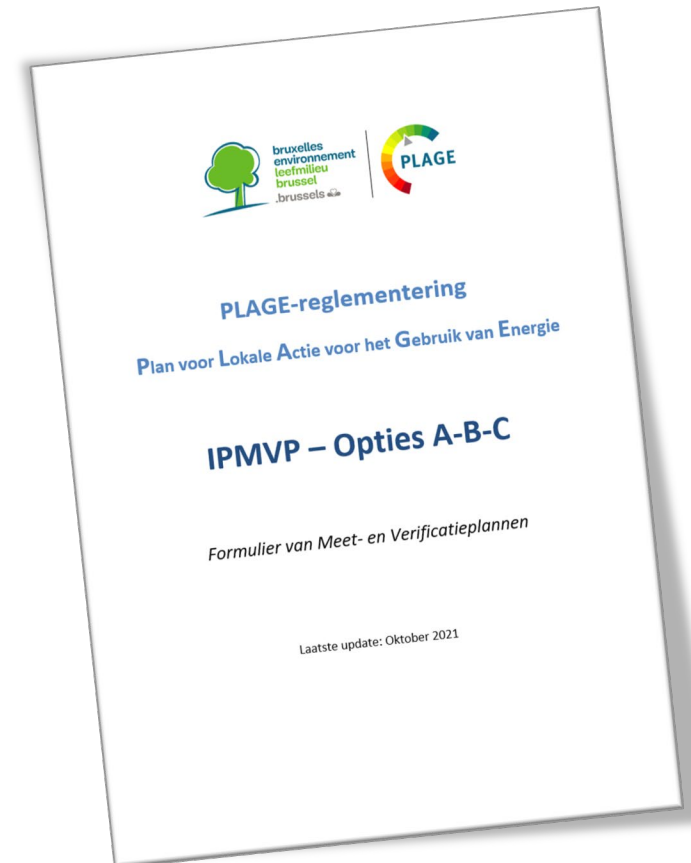
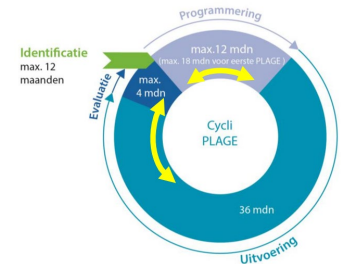
■ Économie (exprimée en énergie primaire)
 ■ Objectifs PLAGE
 ■ Engagement indicatif (issu du programme d'action)

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>



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



Independent Variable

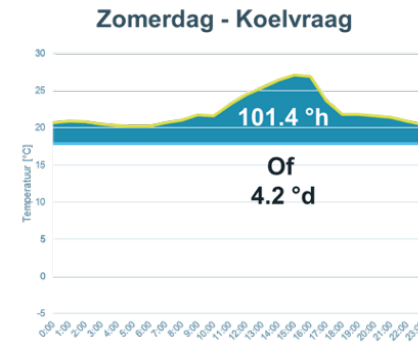
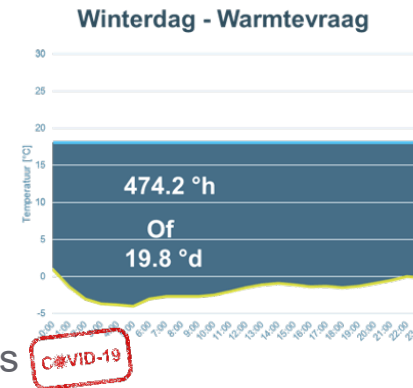
Parameter that is expected to change routinely and have a measurable impact on *Energy Consumption* and/or *Demand* of a system or facility.

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
- ▶ ...



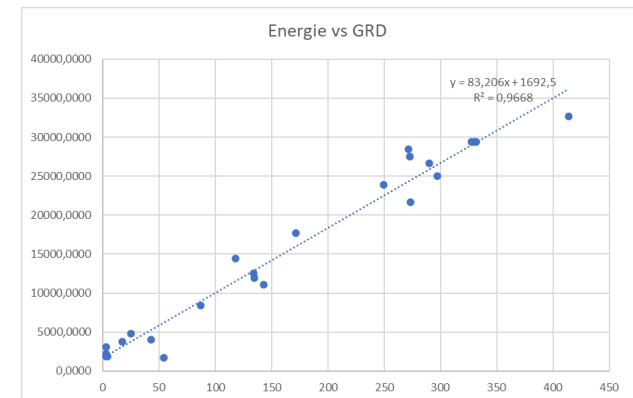
Pour pouvoir faire un modèle



- ▶ 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



Déviants :

nombre_déviants	déviants_supprimés	déviants_changés	pourcentage_modif
1	0	0	0 %

[Voir les stats exportes](#)

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 :

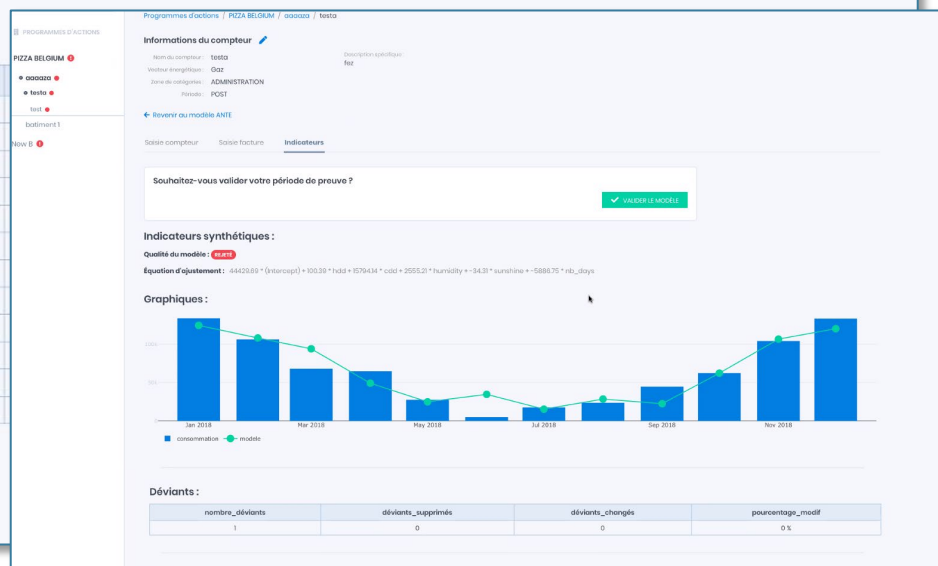
r2	RMSE	CVRMSE	excess_kurtosis	asymetrie	jb	autocorrelation	press	p_white	current_model	phi	aic	qualite	press_rmse	cv_press_rmse
0.7847	20744.9672	0.3153	0.0356	-0.8574	1.471	-0.263	13549714320.922	0.9161		1.6198	278.2982	Rejeté	33602.71	0.5107

Variables indépendantes (stat-t) :

(Intercept)	hdd	cdd	humidity	sunshine	nb_days
0.1301	1.0872	1.1483	1.2981	-0.2827	-0.5591

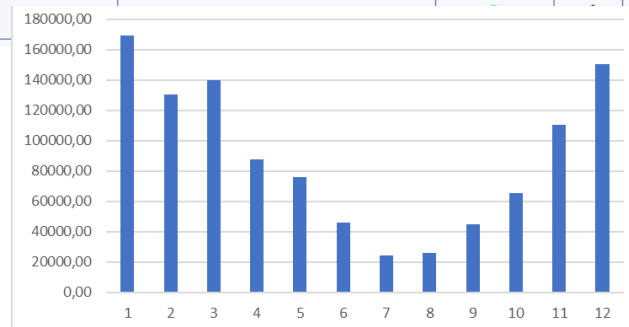
Résidus et assimilés :

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



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		▼	●	✎	●



Consommation attendue = 391 x HDD + 37396 kWh

Statistiques de base :

Qualité du modèle : **OK**

Équation d'ajustement : $37396.23 * (\text{Intercept}) + 391.34 * \text{hdd}$

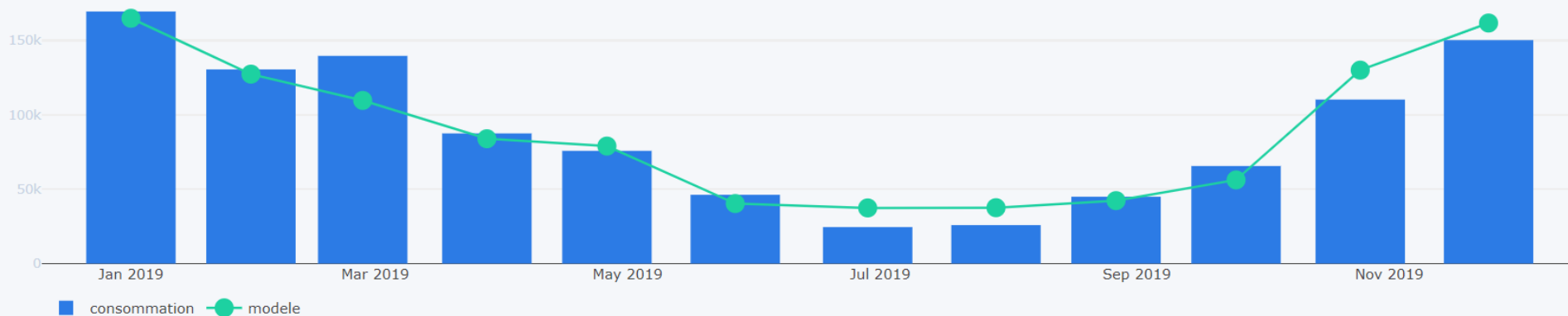
La période de référencesaisie fait un an.

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 ...

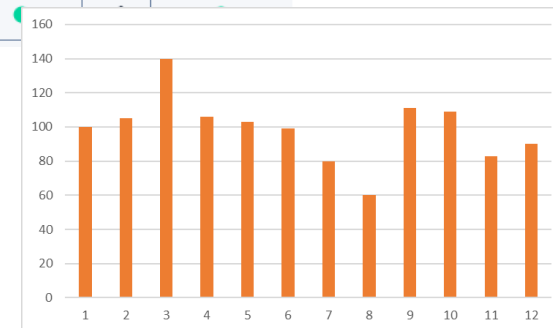
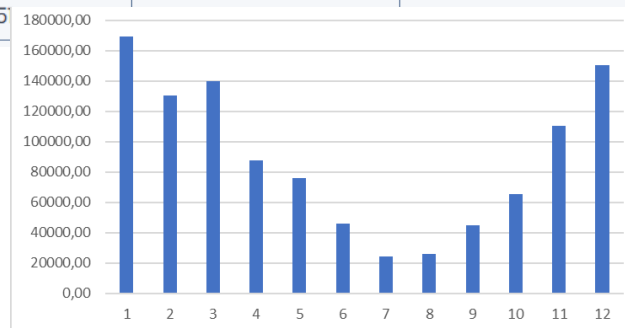
Variables indépendantes (stat-t) :

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



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	15015			●	✎	●



Consommation attendue = $372 \times \text{HDD} + 410 \times \text{occupation} - 718 \text{ kWh}$

Statistiques de base :

Qualité du modèle : OK

Équation d'ajustement : $372.85 * \text{hdd} + 410.39 * \text{Bezetting_Occupation} + -718.84 * \text{new_intercept}$

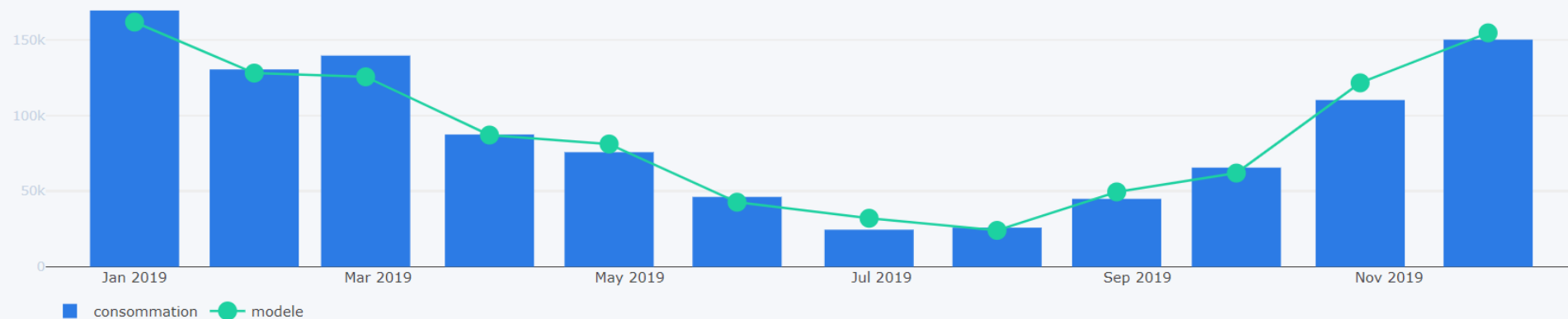
La période de référencesaisie fait un an.

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 :



Consommation attendue = $391 \times \text{HDD} + 37396 \text{ kWh}$

Statistiques de base :

Qualité du modèle : **OK**

Équation d'ajustement : $37396.23 * (\text{Intercept}) + 391.34 * \text{hdd}$

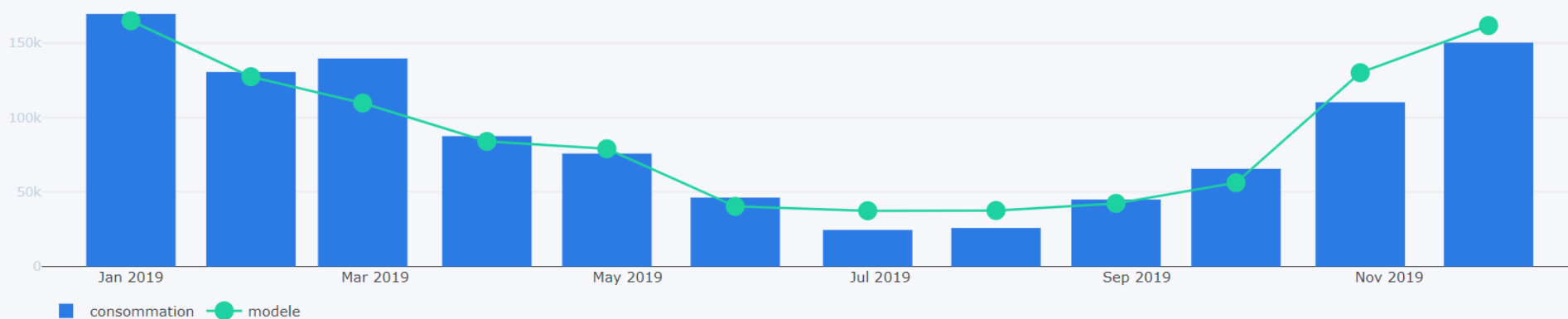
La période de référence saisie fait un an.

La date de début de la période de référence saisie est conforme avec la date de période de référence saisie dans PLAGE.

La date de fin de la période de référence saisie est conforme avec la date de période de référence saisie dans PLAGE.

Les données de la période de référence sont contiguës.

Graphiques :



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	



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

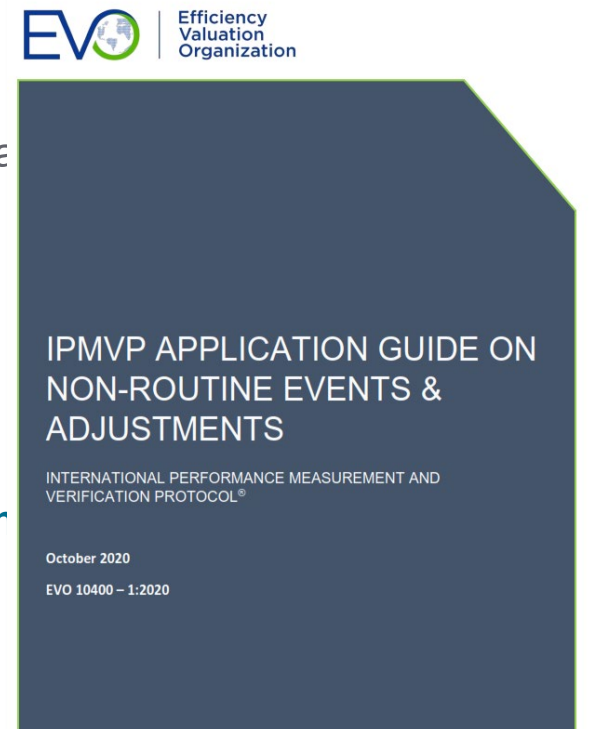
- ▶ Surface au sol chauffée
- ▶ Climat ou confort intérieur
 - Température
 - Débits ou stratégie de ventilation
- ▶ Changement de fonction (ex. salle de réunion → bureau)
- ▶ ...

COVID-19

Facteurs externes

- ▶ Événements spéciaux
- ▶ (Grands) changements ponctuels dans l'utilisation

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



IPMVP APPLICATION GUIDE ON NON-ROUTINE EVENTS & ADJUSTMENTS

INTERNATIONAL PERFORMANCE MEASUREMENT AND
VERIFICATION PROTOCOL®

October 2020

EVO 10400 – 1:2020

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)





- ▶ **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)

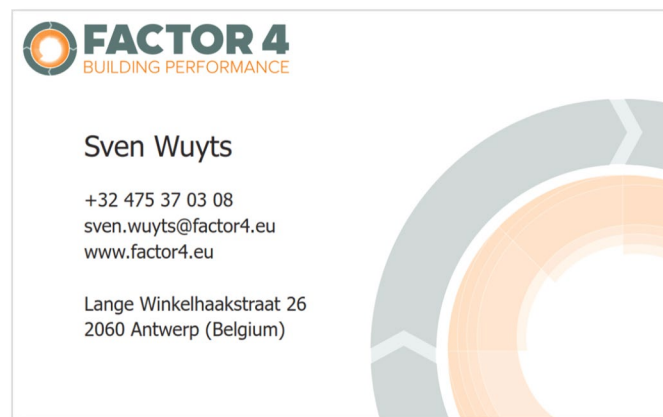


Sven WUYTS

Factor4

☎ + 32 475 37 03 08

✉ sven.wuyts@factor4.eu



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

