



# Réglementation PLAGE

Plan Local d'Action pour la Gestion Énergétique

## Guide M&V PLAGE

*Règles et Méthode d'utilisation du protocole IPMVP  
dans le cadre de la réglementation PLAGE*

Dernière mise à jour : Mars 2023

# 1 CONTENU

<b>2</b>	<b>Pourquoi ce guide, comment l'utiliser ?</b>	<b>4</b>
2.1	Lectorat	4
2.2	Introduction	4
2.3	Acronymes	5
<b>3</b>	<b>SECTION 1 - Situation de référence et modélisation</b>	<b>6</b>
3.1	Définitions	6
3.2	Données de la situation de référence	13
3.2.1	Périmètres d'engagement, périmètres de mesure PLAGE considérés	13
3.2.2	Niveaux de service	14
3.2.3	Processus de modélisation de la base de référence	14
3.2.4	Données de normalisation	18
3.2.5	Ajustement rétrospectif, un cas particulier de la forme d'ajustement M2b	19
3.2.6	Qualification du modèle de régression	20
3.2.7	Méthode M3 : chaînage des ajustements M2b et M1	22
3.2.8	Modèles de consommation énergétique	26
	Approche ASHRAE 14-2014	26
	APPROCHE SUN & BALTAZAR	28
	APPROCHE EXACTE	28
<b>4</b>	<b>SECTION 2 – Spécifications relatives au Plan de Mesure et de Vérification</b>	<b>31</b>
4.1	Références	31
4.1.1	Définitions	31
4.1.2	Périmètre d'engagement vs Périmètre de mesure	33
4.2	Soumission des plans et mode de validation	35
4.2.1	Qualification des personnes dans l'émission d'un PMV	36
4.3	Plan d'ensemble et plans individuels	36
4.3.1	Définitions	36
4.3.2	Mécanismes de compilation	37
4.3.3	Propagation des incertitudes	37
4.4	Spécifications relatives aux plans de M&V	38
4.4.1	Formulaire de plan de M&V	38
4.4.2	Critères d'évaluation des plans de M&V soumis	38
4.4.3	Niveau de renseignement des chapitres	38
<b>5</b>	<b>SECTION 3 – Évaluation de la performance PLAGE</b>	<b>48</b>
5.1	Préambule	48
5.1.1	Définitions	48
5.2	Opérations de vérification opérationnelle	48
5.3	Mécanismes de vérification	49
5.3.1	Indicateur d'amélioration de la performance PLAGE Mesurée	49
5.3.2	Phase(s) de mise en oeuvre	54

5.4	Rapports.....	55
5.4.1	Définition.....	55
5.4.2	Types de rapports et Public cible .....	55
5.5	Garantie de performance sur la période de suivi.....	58
5.5.1	Définitions de la garantie de performance.....	58
5.5.2	Obligation de stabilité des gains sur la période dite « stabilisée de preuve ».....	58
5.5.3	Seuils d'application des pénalités et bonifications en cas de sous et sur performances.....	59
<b>6</b>	<b>ANNEXES .....</b>	<b>61</b>
6.1	Annexe 1 : Normalisation de la référence en absence d'un modèle complet ou d'un modèle précis .....	61
6.2	Annexe 2 : Calculer le montant en kWh normalisés du gain en multipliant la valeur de consommation en énergie finale post normalisée par le gain relatif représenté par l'indice IPP .....	62
6.3	Annexe 3 : Renseignement de la variable fréquentation .....	63
6.3.1	Introduction .....	63
6.3.2	Méthodes applicables .....	64
6.3.3	Validation de la pertinence des données d'occupation .....	67
6.4	Annexe 4 : Conditions conventionnelles utilisées pour la détermination des économies normalisées.....	68
6.4.1	Cadre d'emploi .....	68
6.4.2	Calcul des degrés-jours .....	68
6.5	Annexe 5 : Méthode d'encodage des résultats des opérations de M&V effectuées selon la méthode IPMVP dans l'application de mesurage PLAGE .....	70
6.5.1	Généralités .....	70
6.5.2	Encodage des informations de M&V selon la Méthode IPMVP .....	70
6.6	Annexe 6 : Facteur de Normalisation (POUR INFORMATION) .....	73
6.7	ANNEXE 7 : AAPE comprenant une production photovoltaïque .....	75
6.7.1	Cadre .....	75
6.7.2	Ajustement de la valeur de production.....	75
6.8	ANNEXE 8 : AAPE comprenant la mise en œuvre ou l'optimisation d'une cogénération .....	78
6.8.1	Cadre .....	78
6.8.2	Points-clés à prendre en compte .....	78
6.8.3	Plan de M&V .....	80
6.8.4	Période de Mise en Œuvre .....	84
<b>7</b>	<b>INDEX .....</b>	<b>86</b>

### 2.1 LECTORAT

---

Ce guide, complémentaire à la documentation de la réglementation PLAGE qui est supposée connue, est destiné aux professionnels en M&V ou à tout lecteur ayant une bonne connaissance du protocole de Mesure et de Vérification IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR), et soit de l'annexe B d'une version antérieure de ce même protocole, soit du Guide « Uncertainty assessment » for IPMVP, EVO 10100-1 :2018.

### 2.2 INTRODUCTION

---

La présente Directive contient les règles applicables à la confection des Plans de Mesure & de Vérification (PMV) ainsi que des Rapports de Mesure & Vérification (RMV) dans le cadre de la mise en œuvre de la Méthode de mesurage IPMVP du PLAGE. Il contient trois parties principales :

- Section 1 : Traite de l'établissement de la situation de référence, des différentes formes d'ajustement et des formes de modélisation possibles.
- Section 2 : Spécifie le contenu des Plans de Mesure et de Vérification ainsi que la manière dont ils doivent être « assemblés » dans le cadre d'un Programme d'Actions PLAGE
- Section 3 : Décrit la manière dont se fera l'évaluation de la Performance du PLAGE

Ces règles sont conçues de manière à pouvoir être appliquées dans le cadre de la mise en œuvre du Programme d'Actions :

- Soit directement par L'Organisme ou son Conseil dans le cas de travaux réalisés en interne ou en marché de travaux conventionnels (le risque de conception reste du côté de l'Organisme).
- Soit reprises telles quelles par des entreprises tierces (ESCOs) qui seraient mandatées par l'Organisme pour proposer/réaliser/ voire financer des Actions du Programme sous forme de Contrat(s) de Performance Énergétique (CPE). Le risque de conception peut alors être transféré à l'ESCO de manière totale ou partielle, selon la forme contractuelle retenue par l'Organisme. Dans ce cas, il est admis que la période de suivi puisse couvrir plusieurs cycles PLAGE pour le ou les bâtiments visés par le CPE. Seul le gain acquis et donc mesuré lors de chaque cycle sera pris en compte dans le cumul des gains réalisés pour un cycle donné.

## 2.3 ACRONYMES

---

ABR : Ajustements de la Base de Référence

ANR : Ajustements non routiniers (généralisation incluant les ABR selon le Guide EVO 10400-1 :2020)

AAPE : Actions d'Amélioration de la Performance Energétique

App Mesurage : Application informatique pouvant être utilisée, dans le cadre de la Méthode IPMVP de deux manières (Voir Annexe 5):

1. Facultatif : Tests de modélisation, ou modélisations simples ( variables météorologiques et variables additionnelles paramétrables)
2. Obligatoire : Encodage en fin de période de programmation des éléments du PMV validé par le réviseur
3. Obligatoire : Encodage en fin de période de Preuve des éléments du RMV validé par le réviseur, ainsi que des ajouts aux PMV suite à la modélisation de la période de Preuve

ENR : Evénements non routiniers liés à des changements de Facteurs Statiques selon le Guide EVO 10400-1 :2020

ESCO : Energy Service Company

IPÉ : Indicateur de Performance Énergétique

IPP : Indicateur de la Performance PLAGE

PA(D) : Programme d'Actions (Définitif)

Plan M&V ou PMV : Plans de Mesure & de Vérification

RMSE : Root Mean Square Error

### 3.1 DÉFINITIONS

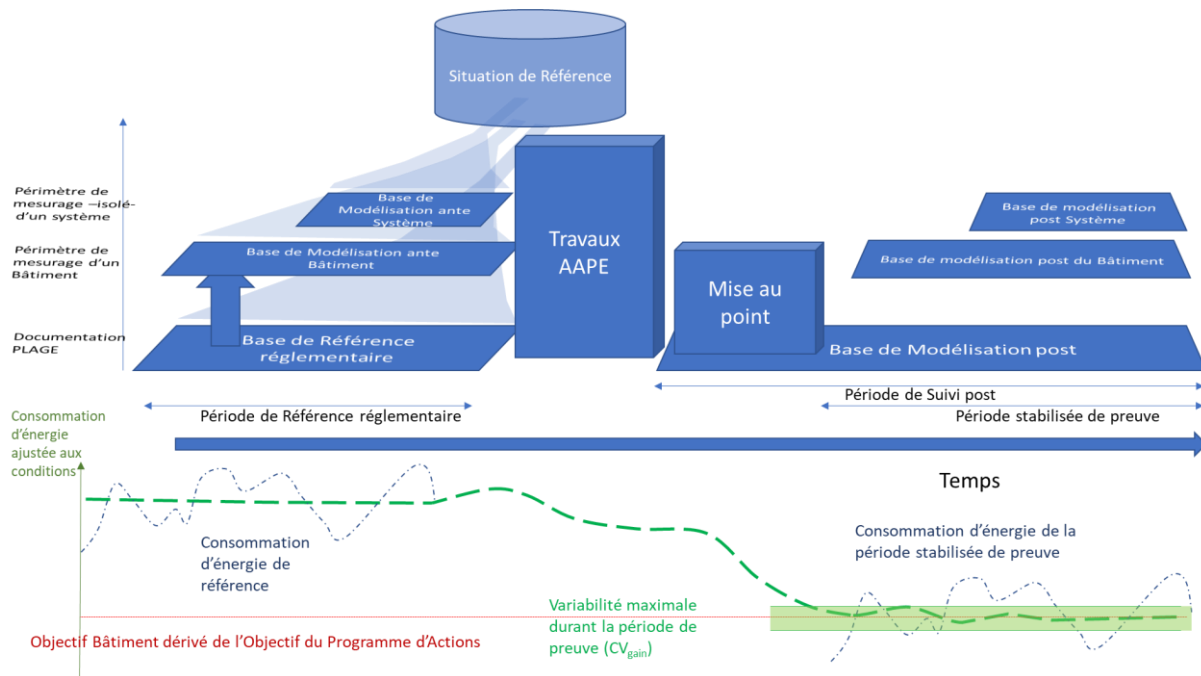


Figure 1 Les différents concepts liés à la Situation de référence et à la Modélisation

#### Situation de référence

##### 1. D'un bâtiment ou d'un Système du Programme d'Actions

Ensemble des éléments documentaires de référence caractérisant le Bâtiment ou le Système sur lequel vont porter les Actions d'Amélioration de la Performance Energétique (AAPE). La *situation de référence* établit la référence technique et juridique servant à la comparaison entre performance énergétique avant et après la mise en œuvre des AAPE. La *situation de référence* englobe notamment l'intégralité des données de la *base de référence* et les données d'un audit énergétique.

La période de validité de ces données est celle de la période choisie pour représenter le fonctionnement du bâtiment ou du système avant la mise en œuvre des AAPE, c'est à dire la *période de référence*. Voir également *Base de référence* et *Période de référence*.

##### 2. De l'ensemble des bâtiments du Programme d'Actions

Ensemble des éléments documentaires de référence des bâtiments inclus dans le Programme d'Actions.

## Base de référence réglementaire

*Base de Modélisation* destinée à qualifier et à quantifier l'impact d'un Bâtiment ou d'un Système, objet d'AAPE, sur la consommation énergétique durant la *période de référence*.

Dans le cas d'ajustement ante-post, ces données sont utilisées pour créer le *modèle d'ajustement* de la consommation du bâtiment ou du système dans l'état de la période de référence. Dans le cas d'un bâtiment et d'une Option de périmètre de mesure Global (Option C ou Option D) il s'agit de la consommation annuelle du bâtiment, partie intégrante du parc immobilier et du Programme d'Actions.

La consommation de référence par bâtiment utilisée dans le *premier* cycle PLAGE d'un organisme est la *consommation de référence normalisée*<sup>1</sup> spécifique occupée de chaque bâtiment ou système du parc immobilier durant la période de référence suivante, choisie par l'organisme :  
Période de référence réglementaire : période de 12 mois consécutifs qui prend fin au plus tard en fin de la première phase de *Programmation* du PLAGE.

## Base de modélisation

Jeu de données retenues pour définir le *modèle énergétique* de la consommation d'un Bâtiment ou d'un Système, durant la *période de modélisation*.

Il comprend généralement :

- Les données de consommation énergétique,
- Les données qualifiant et quantifiant les Facteurs Pertinents.
- Les données qualifiant et quantifiant les Facteurs Statiques.

Dans la forme d'ajustement *ante-post* la Base de modélisation se confond avec la Base de référence réglementaire. Au contraire, dans l'ajustement *post-ante*, la Base de modélisation comprend les données de la *Période de modélisation* correspondant au premier cycle de fonctionnement complet et stabilisé après la mise en place des AAPE. Dans la forme d'ajustement prescrite par ce document, les deux modèles d'ajustement seront mis en œuvre afin de permettre la normalisation, cette dernière étant réalisée automatiquement par l'App de Mesurage à partir des données encodées par l'opérateur de l'Organisme.

## Consommation d'énergie de référence

Consommation d'énergie, exprimée par type d'énergie (électricité, combustible), enregistrée pendant la période de référence, et représentative de la consommation du périmètre considéré durant cette même période.

## Consommation annuelle de référence normalisée

---

<sup>1</sup> Voir pour les méthodes de Normalisation sous § 3.2.3 Normalisation des gains

Consommation annuelle d'énergie établie en appliquant au *modèle énergétique* de la *base de référence* les valeurs des Facteurs Pertinents dites « normales ». Ces valeurs sont les degrés jours de chauffage « normaux » utilisés dans la détermination de l'objectif PLAGE. La normalisation se fera automatiquement dès l'encodage des données de la période de programmation, dans la plateforme de mesurage.

### **Intervalles de mesure**

Intervalles de temps au cours desquels une valeur agrégée de mesures ponctuelles est obtenue pour chacune des variables définissant un *modèle énergétique*. Ces intervalles sont définis lors de la constitution du modèle, et sont d'application pour les mesures réalisées durant la période de preuve. Ils peuvent être très variables selon le degré de précision souhaité : pas de temps de 15 minutes, pas de temps horaire, pas de temps journalier, pas de temps hebdomadaire ou - au maximum – pas de temps mensuel.

### **Indicateur de Performance Énergétique : IPÉ (selon ISO 50001 : 2018 et ISO 50006 :2014<sup>2</sup>)**

Mesure ou unité de performance énergétique (ISO 50001 : 2018 : 3.4.3), définie par l'organisme.

Notes:

1. Les indicateurs de performance énergétique peuvent être exprimés à l'aide d'une mesure simple, d'un ratio ou d'un modèle, selon la nature des activités mesurées.
2. Voir l'ISO 50006 pour des informations complémentaires sur les indicateurs de performance énergétique.

### **Indicateur de Performance énergétique PLAGE mesurée : IPP (IPP<sub>f</sub> ou IPP<sub>p</sub>)**

L'IPP exprimé en énergie finale (IPP<sub>f</sub>) ou en énergie primaire (IPP<sub>p</sub>) spécifique au programme PLAGE, est défini au § 5.3.1

### **Facteur Pertinent**

Facteur quantifiable ayant une incidence significative sur la performance énergétique et soumis à des variations courantes<sup>3</sup>. Est représenté par des observations d'une Variable Indépendante dans les Modèles Energétiques.

Exemple : Conditions météorologiques, occupation, conditions opérationnelles (température interne, niveau d'éclairage).

### **Facteur Statique**

---

<sup>2</sup> ISO 50006 Mesurage de la performance énergétique à l'aide des situations énergétiques de référence (SER) et des indicateurs de performance énergétique (IPÉ)

<sup>3</sup> D'après ISO 50001 : 2018



Facteur identifié ayant une incidence significative sur la performance énergétique et qui ne varie pas habituellement.

Exemple : Taille d'une installation, conception des équipements en place, nombre d'équipes hebdomadaires, horaires de travail, capacité de production, gamme de produits.<sup>1</sup>

### **Gain (de performance énergétique)**

Valeur correspondant à la différence entre la consommation d'énergie d'une période avant ou après mise en place d'une AAPE, ajustée aux conditions de la période respectivement après ou avant les travaux, et la consommation de cette dernière période. Du fait de la comparaison « toutes choses étant égales par ailleurs », cette notion de gain diffère de l'économie « comptable » établie par soustraction directe des valeurs de consommations.

### **Modèle énergétique ou Modèle d'Ajustement**

Expression(s) mathématique(s) et/ou algorithmes établissant une relation entre une variable dépendante, généralement la consommation énergétique ou l'appel de puissance, un ou plusieurs termes constants et un ou plusieurs Facteurs Pertinents représentés par des Variables Indépendantes.

Le modèle d'ajustement correspond à l'état d'un bâtiment ou d'un Système et à l'influence de cet état sur la consommation énergétique d'un vecteur donné.

Le modèle énergétique peut revêtir différentes formes et être dérivé des méthodes ou concepts dits de « modélisation physique » de « modélisation statistique » ou un mix des deux. Dans sa version la plus courante, dans le cadre du PLAGE, le modèle énergétique est obtenu par la technique de régression linéaire, entre la consommation énergétique et une ou plusieurs variables d'influence climatique (écart de température entre conditions intérieures du bâtiment - généralement constantes sur la plage du modèle considérée- et température extérieure ; poids d'eau de l'air introduit ; ensoleillement ; etc.) et/ou de variables d'influence liées à l'organisation occupante (forme, nature et fréquence de la présence, etc.).

### Normalisation

La Normalisation d'une consommation consiste à effectuer l' Ajustement d'une consommation à un jeu de conditions dites « Normales » ou « Conventionnelles », au moyen d'un *Modèle d'ajustement*. Dans le cas de PLAGE, cette normalisation sur les consommations d'énergies sera réalisée automatiquement par la plateforme de Mesurage en ligne. La valeur des volumes évités sera donc normalisée, en fonction de

- la température de l' année moyenne utilisée dans le protocole PLAGE pour quantifier l' objectif du Programme d' Actions.
- La valeur des autres paramètres étant celle relevée durant la période de référence

## Note

Très souvent, le terme « Normalisation » recouvre deux notions distinctes: celle d'une forme (simplifiée ou non) d'ajustement et celle de l'usage de données de normalisation (selon les définitions de l'IPMVP et de la présente Directive).

Selon energiepluslesite.be "Normaliser la consommation" : c'est la rendre insensible aux conditions climatiques. En fait, on ramène la consommation à ce qu'elle aurait été "si le climat de l'année avait été celui d'une année moyenne" (energieplus-lesite.be). Dans le cadre de l'IPMVP, on utilise le concept d'ajustement pour « caler » une consommation à des conditions quelconques définies dans un Plan de M&V. Les conditions « Normales » de température ou de toute autre variable ne représentent que des cas particuliers d'ajustement.

Bruxelles Environnement indique dans une procédure (proc\_20150611\_normalisation\_fr.pdf) la formule simplifiée en figure 1 ci-dessous. Dans celle-ci le modèle d'ajustement est représenté par le ratio des DJ normaux par rapport à ceux de l'année correspondante. Cette normalisation ne s'applique qu'aux consommations de chauffage, hors consommation d'eau chaude sanitaire. Elle n'est donc pas applicable dans la plupart des Modèles d'ajustement car son usage propagerait le correctif des DJ sur l'ensemble des variables. Il convient donc, dans le cadre du présent Guide, d'appliquer, lorsque souhaité par l'Organisme dans le cadre de son propre suivi, la méthode de normalisation décrite plus avant sous « Méthode M2a » et non la formule simplifiée, cette dernière étant mise en œuvre automatiquement, au final pour faire correspondre la donnée de référence encodée dans l'App de Mesurage PLAGE, à la valeur utilisée pour déterminer l'Objectif de gain.

$$\text{Consommation normalisée} = \text{Consommation réelle (kWh)} * \text{DJ normaux/DJ année correspondante}$$

Figure 2 Formule simplifiée de "Normalisation". Non applicable pour les plans de M&V !!

## Période de référence réglementaire

Période choisie pour représenter le fonctionnement du *bâtiment* ou du système, avant la mise en œuvre d'une AAPE, durant la phase de programmation d'un cycle PLAGE. Il s'agit de la période reflétant les données de la *situation de référence*.

## Période de modélisation

Période choisie pour représenter le fonctionnement du *bâtiment* ou du système, avant ou après la mise en place des AAPE. Cette période peut être aussi courte que le temps nécessaire à une *mesure* instantanée d'une quantité constante, ou assez longue pour refléter le *cycle* de fonctionnement d'un système ou d'un *bâtiment*, avec conditions d'exploitation ou de production variables. Il s'agit de la période reflétant les données du modèle utilisé pour effectuer les ajustements. Cette période est généralement confondue avec la période de référence réglementaire, dans la démarche classique de l'Option C avec ajustement ante-post, avec la période stabilisée de preuve dans l'ajustement post-ante.

## Période stabilisée de preuve

Période choisie pour représenter le fonctionnement stable du *bâtiment* ou du système, après la mise en place des AAPE<sup>4</sup>. Cette période, qui reflète un cycle de charges complet, peut être aussi courte que le temps nécessaire à une *mesure* instantanée d'une quantité constante, ou assez longue pour refléter le *cycle* de fonctionnement d'un système ou d'un *bâtiment*, avec conditions d'exploitation ou de production variables. Elle se termine normalement à la fin de la Phase de Mise en Œuvre du Cycle PLAGE.

Il s'agit de la période reflétant le comportement du système ou du bâtiment après que les AAPE aient été mises en œuvre, mises en service et optimisées, leur Vérifications Opérationnelles effectuées et validées. La mesure de la stabilité devra rester inférieure ou égale à une valeur maximale du Coefficient de variation  $CV_{\text{gain}}$ , de l'écart-type entre calcul du gain de l'ensemble des observations et la valeur moyenne du gain sur la période stabilisée de preuve. La méthode de calcul et la valeur limite sont fixées au chapitre 5.5.2.

## Périmètre d'engagement

Limite de prestations, géographique et fonctionnelle, définissant l'ensemble règlementaire à l'intérieur duquel seront évaluées les grandeurs portant sur l'engagement du Programme d'Actions :

- les différentes valeurs numériques qualifiant et quantifiant l'amélioration des performances énergétiques,
- les niveaux de services
- les facteurs statiques.

## Périmètre de mesure

Limite tracée autour d'un bâtiment ou d'un ensemble de bâtiments, d'un équipement ou d'un ensemble d'équipements, ou de systèmes, afin de séparer les facteurs appropriés à la détermination des *économies* de ceux qui ne le sont pas. Toutes les consommations d'*énergie* des équipements ou des systèmes, à l'intérieur du *périmètre de mesure*, doivent être mesurées ou estimées, que l'utilisation de l'*énergie* se fasse à l'intérieur du *périmètre de mesure* ou non.

## Référent M&V de l'Organisme

Ingénieur, membre du personnel de l'Organisme, certifié CMVP, PMVA ou Référent M&V (PMVE C3771 AFNOR) en charge de l'émission et du suivi d'un Plan de M&V et des Rapports de M&V conformes à l'IPMVP. En absence d'un tel Référent, l'Organisme aura recours à un consultant externe disposant de ces certifications.

---

<sup>4</sup> Cette mise en place peut être virtuelle, dans le cas où l'ajustement de fait de manière rétrospective, le modèle étant celui de la période post après travaux et mise en service.

## Ajustements

On considère deux types d'ajustements : les ajustements dits « périodiques » et les ajustements dits « non périodiques ».

- *Ajustements périodiques*

Calculs effectués, pendant les périodes de suivi, au moyen du *Modèle d'ajustement* spécifique au périmètre considéré, établi et décrit dans le Plan de Mesure et de Vérification. Le *Modèle d'ajustement* y a été démontré expliquer – substantiellement - l'impact des variations de Facteurs Pertinents sur celles de la consommation d'énergie.

Le résultat de l'ajustement correspond, pour chaque intervalle de temps  $t_i$  et pour chaque jeu de conditions ( $X_i$ ) relevées durant cet intervalle, à la valeur moyenne de la consommation du Bâtiment ou du Système, dans l'état qui était le sien durant la période de modélisation.

- *Ajustements non périodiques ou Ajustements de la Base de référence (ABR)*

Calculs effectués individuellement, pendant les périodes de suivi, au moyen de l'équation 1a) du chapitre 4 de l'IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR), selon les méthodes de détection et d'ajustement décrites dans le Guide EVO 10400 -1 :2020 IPMVP APPLICATION GUIDE ON NON-ROUTINE EVENTS & ADJUSTMENTS, pour expliquer l'impact sur la consommation d'énergie, dû à la variation de la valeur au-delà d'un seuil défini dans le Plan de M&V, d'un ou plusieurs facteur(s) statique(s) à l'intérieur du périmètre de mesure, depuis la période de modélisation.

Le but de l'Ajustement non périodique consiste à prendre en compte cet impact, généralement constant, dans une nouvelle version du *Modèle d'ajustement*. Cette dernière sera employée pour les actions d'ajustement périodique effectuées pour toute période postérieure à la date de l'événement ayant conduit au changement du ou des Facteurs Statiques.

## Groupe de travaux

Découpage arbitraire des travaux réalisés par l'Organisme, principalement dans le cas d'un Contrat de Performance énergétique (CPE) et destiné à pallier l'impact des travaux modificatifs lourds sur les usagers. Celui-ci a pour conséquence une mise en œuvre progressive des économies constatées, durant les premiers mois/années du Programme d'Actions par l'étalement dans le temps et la répartition sur des périodes de non occupation ou d'occupation moindre. Il est ainsi possible de considérer une « montée en puissance » de l'engagement d'économies dans les premiers(es) mois/années d'exécution. Cette disposition n'est pas imposée à l'Organisme, ce dernier étant libre de constituer les Groupes à sa convenance, pour autant que la courbe de croissance des gains prévisionnels, et la justification de la création de Groupes, soient acceptées par le Réviseur PLAGÉ. Il lui est toutefois imposé de déclarer une courbe de gain prévisionnel comprenant la valeur des gains à atteindre pour chacun des cycles PLAGÉ concernés par le planning de travaux. L'Objectif PLAGÉ fixé pour chacun des cycles sera comparé aux gains de performance réalisés pour le Groupe de travaux déclaré pour le cycle en cours, additionné des gains/pertes générés, pendant ce même cycle, par les travaux d'AAPE effectués dans un des cycles précédents.

## 3.2 DONNÉES DE LA SITUATION DE RÉFÉRENCE

---

### 3.2.1 PÉRIMÈTRES D'ENGAGEMENT, PÉRIMÈTRES DE MESURE PLAGE CONSIDÉRÉS

Les périmètres d'engagement sont constitués par :

- a) **l'ensemble des bâtiments objet du Programme d'Actions**, pour toutes les énergies, incluant les effets interactifs et les effets rebond.
- b) dans le cas particulier des Contrats de Performance énergétiques : **des groupes de travaux**, couvrant plusieurs cycles PLAGE, correspondant éventuellement à un découpage d'œuvre, afin de respecter un planning de travaux minimisant les effets sur les usagers, pour toutes les énergies.

Ces périmètres d'engagement comprendront chacun un ensemble de périmètres de mesure, spécifiques à chaque bâtiment. L'engagement de l'Organisme portant sur un ensemble de Bâtiments constitutif de son Programme d'Actions, les mesures de l'amélioration de la performance effectuées seront compilées afin de refléter l'engagement sur l'ensemble du Programme d'Actions.

Une telle compilation ne peut se faire directement que dans le cas où des options de mesure de type « périmètre d'ensemble » (Options C et D de l'IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR)) sont retenues, pour chaque bâtiment. Dans le cas où des options isolées (Options A et B de l'IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR)) étaient mises en œuvre, dans le cadre d'un ou de plusieurs bâtiments, par exemple, dans le but de mieux appréhender les gains associés à des AAPE, ces dernières ne pourraient être considérées qu'en complément d'une option globale (C ou D) pour chaque bâtiment, afin de mettre en évidence la valeurs des éventuels effets interactifs<sup>5</sup>. De telles mesures isolées pourraient également avoir un intérêt pour le traitement des Ajustements exceptionnels de la Base de Référence (ABR) sur modifications de valeurs de facteurs statiques.

L'engagement porte, pour chacun des deux ensembles visés, sur un périmètre « compilé ». c.à.d :

1. l'ensemble des bâtiments du périmètre d'engagement réglementaire, pour lesquels les AAPEs sont traitées dans le cadre d'un Cycle PLAGE unique, d'une part,
2. les éventuels groupes de travaux constituant une étape du planning de mise en œuvre, d'autre part,

Dans ces deux cas, il sera admis un calcul d'incertitude sur la mesure de l'engagement, en propageant l'incertitude de la mesure de chaque périmètre individuel sur l'ensemble constituant le Programme d'Actions de l'Organisme.

La Section 2 de ce Guide spécifie, pour les différents chapitres obligatoires selon l' « IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR) », la répartition entre les renseignements d'ordre global

---

<sup>5</sup> Par différence entre la mesure issue de l'option globale et la somme des mesures effectuées sur des périmètres isolés par la mise en œuvre d'options A ou B. Cette approche n'est évidemment significative que si cette différence est supérieure à l'incertitude liée à la mesure globale.

relatifs au périmètre d'engagement réglementaire, et les renseignements individuels relatifs aux différents périmètres de mesure.

### 3.2.2 NIVEAUX DE SERVICE

Les niveaux de service, correspondant aux conditions de confort et ou d'exploitation, devront être pris en compte dans l'élaboration des facteurs statiques des Plans de Mesure et de Vérification.

### 3.2.3 PROCESSUS DE MODÉLISATION DE LA BASE DE RÉFÉRENCE

#### > Analyse des données de référence

Il sera possible à l'Organisme d'utiliser la Méthode Standard PLAGE à partir de la plateforme [plage.brussels](http://plage.brussels), afin de prévalider ses données de consommations de référence. Pour chaque régression, les critères suivants seront calculés :

- a) Le coefficient de détermination<sup>6</sup> :  $R^2$
- b) Le coefficient de variation de l'erreur type du modèle à la moyenne<sup>7</sup> :  $CV_{RMSE}$
- c) Les Statistiques t de chacun des coefficients du modèle.
- d) Une simulation de l'incertitude relative pour le modèle en cours d'analyse et sa conséquence pour la sélection de bâtiments du PA déjà prise en compte, pour une période de suivi de 12 mois et un engagement de gain correspondant à l'Objectif PLAGE.
- e) Des indicateurs de la qualité du modèle :
  - Indicateur de la normalité de la distribution de densité de probabilité des résidus.
  - Indicateur du niveau d'autocorrélation des résidus :  $\rho$ <sup>8</sup>
  - Indicateur de l'équilibre des variances des résidus de la régression<sup>9</sup>.

#### > Normalisation des économies

Les mesures d'économies de la réglementation PLAGE seront normalisées automatiquement par l'Application de Mesurage PLAGE selon une référence fixée par Bruxelles Environnement.

Il restera toutefois possible, si tel est le souhait de l'Organisme pour des raisons de suivi financier ou autres besoins d'utiliser, pour les Plan de M&V par bâtiment, le principe d'ajustement des économies normalisées décrit dans IPMVP sous le § 5.4.2 :

---

<sup>6</sup> On rappelle que le coefficient de détermination ( $R^2$ ) indique la proportion de variation de la variable dépendante (ici, la consommation d'énergie), explicable par les variations de la / des Facteurs Pertinents. EVO (auteur de l'IPMVP) recommande, comme signifiante, une valeur supérieure à 75%.

<sup>7</sup> Le  $CV_{RMSE}$  renseigne sur l'erreur relative à la prédiction moyenne du modèle de régression. En ce sens, cette information est l'image de l'erreur finale (parce qu'elle en constitue généralement le contributeur le plus élevé). EVO recommande des valeurs inférieures à 20%.

<sup>8</sup> Uniquement dans le cas de pas de temps hebdomadaire.

<sup>9</sup> Par le test de White ou un équivalent comprenant les produits croisés.

<b>Économies normalisées =</b>	(Consommation d'énergie de la période de référence	
±	Ajustements périodiques aux conditions fixées	
±	Ajustements non périodiques aux conditions fixées)	<b>(Eq. 7)</b>
–	(Consommation d'énergie de la période de suivi	
±	Ajustements périodiques aux conditions fixées	
±	Ajustements non périodiques aux conditions fixées)	

Dans certains cas, notamment pour la mesure de *périmètres isolés*, il pourra être fait usage de la Méthode M1 pour démontrer un gain en faisant usage de l'indicateur IPP<sup>10</sup> en valeur *relative* par rapport à la référence. Le calcul des valeurs *absolues* par bâtiment se faisant à partir du cumul des valeurs d'IPP et des effets interactifs. En effet, il est parfaitement admissible – dans la mesure du possible – de se limiter, par bâtiment, à la mise en œuvre des options d'isolement lorsque les AAPE portent sur des remplacements d'équipements (tels que chaudières ou pompe à chaleur, par exemple). Et ce, pour autant que :

- 1) Les effets interactifs soient démontrés comme négligeables ou sans effet sur les gains fixés dans l'Objectif PLAGE<sup>11</sup>.
- 2) Les mesures à établir en période *ante* et *post* soient suffisantes en quantité, fréquence et qualité, pour établir la preuve d'amélioration de la performance sur l'ensemble du cycle de charge de l'équipement.

#### > **Formes d'ajustements possibles pour déterminer des économies d'énergie pour le monitoring post travaux**

Sept méthodes conformes aux formes d'ajustement décrites par l'IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR) ou dérivées de ce protocole pourront être mises en œuvre dans les Options A, B, C ou D, afin de suivre l'évolution des économies d'énergie en période de mise en œuvre :

- La méthode M1, dite de 'consommation évitée', ajuste la consommation de la période de référence aux conditions réelles rencontrées pendant les périodes de suivi. Elle ne peut être utilisée que pour le monitoring en période de mise au point, afin de déterminer le moment de l'atteinte des objectifs et de démarrer ensuite la période de preuve, puisque la donnée de consommation ayant servi à définir l'Objectif est normalisée par PLAGE. Ceci imposera d'introduire un second modèle pour la période de preuve.
- La méthode M2, dite d'économies normalisées' (M2a) ajuste à la fois les consommations d'énergie de la période de référence et de la période de suivi aux conditions « conventionnelles » fixées par le règlementation du PLAGE : ici, celles de la période de référence précédant le premier cycle PLAGE. Cette méthode comprend également l'ajustement dit « rétrospectif ». Cette forme d'ajustement, M2b, utilise comme données « conventionnelles » les valeurs des variables

<sup>10</sup> IPP voir Section 3 §3.1

<sup>11</sup> Le plus souvent, une telle preuve est donnée par l'usage d'une Option C en parallèle aux mesures des périmètres isolés. Cette mesure de gain globale, beaucoup moins précise que celle des périmètres isolés permet toutefois de valider la magnitude de l'impact des effets interactifs. Cette dernière se calcule en établissant la différence entre mesure d'économie selon l'Option C et la somme des mesures d'économies effectuées sur les périmètres isolés. Le résultat de cette approche ne permet pas de quantifier précisément les effets interactifs, mais de qualifier leur impact, dans les limites de la précision permise par le modèle de l'Option C.

indépendantes de la période ante. Dans l'approche M2b, on considère que le modèle de la période ante peut être omis puisque la consommation ante doit correspondre à la consommation de référence ayant servi à fixer l'objectif PLAGE.

Ainsi, cette approche permet, en cas de besoin, de réduire la consommation de référence à une valeur unique correspondant à la somme des consommations annuelles ante ou au relevé de la facture annuelle.

- La méthode M3, dite de 'chaînage', combine un ajustement normalisé M2b de type rétrospectif (modélisation en *post* AAPE durant la période stabilisée, mesure de la preuve en *ante* AAPE) à un ajustement M1 entre période stabilisée de preuve et périodes d'exploitation suivantes.

Les méthodes M4 à M7 correspondent à des formes d'ajustement « spéciales » qui ne seront utilisées que dans les cas particuliers visés dans leurs descriptions. Il est recommandé à l'auteur du Plan de M&V de consulter son Réviseur PLAGE, avant toute mise en œuvre des celles-ci.

- La méthode M4, dite de 'périodes adjacentes', s'utilise pour des périmètres de mesure isolés, lorsque l'instrumentation mise en œuvre la permet.
- La méthode M5, qui correspond à une situation particulière dans laquelle L'Organisme dispose de données antérieures à la rénovation et durant une période d'occupation effective et réputée « normale », de qualité suffisante pour pouvoir établir un modèle ante par une Option C de l'IPMVP. Toutefois, il n'envisage pas de l'occuper dans l'immédiat (par exemple, en vue d'une vente). L'approche décrite ici ne peut s'envisager que s'il est possible d'établir un modèle de simulation dynamique correctement calibré<sup>12</sup> sur les données historiques de la dernière période d'occupation effective – celle pour laquelle on dispose d'un modèle d'Option C. Après rénovation, des mesures seront faites sur un bâtiment sans occupation, mais avec les consignes de température correspondant à celles du bâtiment avant transformation, afin d'alimenter le modèle de simulation dynamique calibré en ante. Ce dernier sera, dans une seconde passe, alimenté :
  - Par des données relevées dans le bâtiment inoccupé mais maintenu dans les conditions d'exploitation (température, ventilation, éclairage) pendant des périodes significatives (cycle de charge complet, par exemple une durée stable d'au moins un mois pendant chaque saison),
  - Par des données correspondant aux travaux effectués, les paramètres liés à l'occupation devant refléter son absence.

On procédera ainsi à une seconde calibration. Enfin, lors d'une troisième passe de calcul on introduira les paramètres reflétant l'occupation effective de la période ante (charges internes, ventilation, etc.). Le gain sera exprimé par la différence entre la première passe calibrée et la troisième passe avec occupation fictive. L'incertitude sera calculée en intégrant les deux incertitudes de calibration. Il est possible que le cycle de charge de preuve de 12 mois durant la période de suivi dépasse la fin du cycle PLAGE en cours. Il faudrait alors reporter la fin du suivi sur le cycle suivant<sup>13</sup>.

---

<sup>12</sup> Le niveau de calibration sera donné en fonction de l'incertitude tolérable pour ce membre du Plan d'Action, compte tenu du résultat à atteindre sur l'ensemble du Parc.

<sup>13</sup> Ce cas devra être limité à des situations qui ne seront pas gérables autrement et après avis positif du réviseur et demande officielle de révision de l'objectif au ministre.



- La méthode M6 applicable dans le cas où l'Organisme ne dispose pas de données antérieures à la rénovation et durant une période d'occupation effective et « normale », de qualité suffisante pour pouvoir établir un modèle par une Option C. Il décide néanmoins d'inclure ce bâtiment, précédemment inoccupé, donc non pris en compte dans le calcul de l'Objectif PLAGE, dans le Parc PLAGE à la suite d'une rénovation et d'une nouvelle occupation. L'approche décrite ici ne peut s'envisager que s'il est possible de collecter des données suffisantes en nombre et qualité pour pouvoir alimenter un modèle de simulation dynamique. Celui-ci sera créé dans la période post. La méthode 6 consistera alors :
  - A établir une simulation dynamique du bâtiment rénové, en période post, après mise au point et occupation effective durant une période de 12 mois.
  - A calibrer ce modèle de simulation sur la base des données relevées durant cette période post,
  - Puis à utiliser ce modèle pour prédire la consommation du bâtiment avant rénovation, dans une seconde passe, en y introduisant les données structurelles du bâtiment ante, tout en conservant l'occupation et autres paramètres de la période post .

On appliquera ainsi L'Option D de l' « IPMVP Principes fondamentaux ; 2016 §6.6.4 » avec son équation 15. Il est possible que le cycle de charge de preuve de 12 mois durant la période de suivi dépasse la fin du cycle PLAGE en cours. Il faudrait alors :

- Soit, avancer la date de début de la période de preuve de façon à conserver la date de fin réglementaire
  - Soit, reporter la fin du suivi sur le cycle suivant<sup>14</sup>.
- La Méthode M7 Utilisée dans la situation où le bâtiment est revendu après rénovation *sans changement de catégorie PLAGE*<sup>15</sup>, avant que la période de preuve n'ait pu être complétée. Il est à prévoir des modifications intervenant dans les profils et modes d'occupation ainsi que pour les niveaux de services mis en œuvre. On devra donc appliquer la méthode M6 pour une année entière de la nouvelle occupation (par le nouveau propriétaire) et on ne pourra le faire que si l'ensemble des mesures et données seront mis à la disposition de l'opérateur de la simulation dynamique à la fin de cette nouvelle période de 12 mois. On considérerait alors le gain réalisé par les travaux sur ce bâtiment dans les conditions d'occupation du repreneur et pour des températures normalisées, en appliquant L'Option D de l' « IPMVP 2016 §6.6.4 » avec son équation 15.
  - Ajustements non routiniers (ABR) de la base de référence

La méthode à employer pour valoriser des ajustements de base de référence, à la suite de changements ultérieurs de facteurs statiques, devra être conforme à l'IPMVP et au Guide applicatif EVO 10400-1 :2020 sur les événements (ENR) et ajustements (ANR) non -routiniers. On privilégiera systématiquement l'emploi d'une mesure (par exemple par l'emploi d'une Option A ou B de l'IPMVP) permettant d'établir l'impact de la modification d'un Facteur Statique ou de tout autre changement exceptionnel dans l'usage ou les conditions d'exploitation du bâtiment.

---

<sup>14</sup> Ce cas devra être limité à des situations qui ne seront pas gérables autrement et après avis positif du réviseur et demande officielle de révision de l'objectif au ministre.

<sup>15</sup> Les catégories des bâtiments ou de parties de bâtiments sont définies dans le protocole PLAGE

N.B.: M2b pourra être appliquée dans le cas d'un ajustement rétrospectif. Les valeurs « conventionnelles » des conditions climatiques seront alors celles fixées par PLAGE pour la période de référence.

Toutes ces formes d'ajustement pourront être mises en œuvre de manière indépendante pour chacun des périmètres de mesure et pour chacune des énergies considérées.

### > **Formes d'ajustements possibles pour déterminer des économies d'énergie dans le rapport final de chaque cycle PLAGE**

Du fait de l'imposition de la normalisation à la Température extérieure exigée par le programme PLAGE, il sera impératif, pour l'opérateur de l'Organisme ayant opté pour la méthode IPMVP pour un ou plusieurs bâtiments de son programme d'actions d'encoder un certain nombre d'informations dans l'App de Mesurage PLAGE. Les éléments à encoder sont décrits en Annexe 5.

L'App de Mesurage réalisera ainsi automatiquement :

#### 1. Ajustement de la Consommation de la période de Référence

Consommation de référence aux conditions de la référence ajustée aux températures « normalisées » du programme PLAGE, les autres variables explicatives conservant leurs valeurs relevées durant la période de référence.

#### 2. Ajustement de la consommation de la période de Preuve

La consommation de la période de preuve ( dernière année de la période de Mise en Œuvre) sera également ajustée de manière à pouvoir être comparée à la période de référence ajustée. A cette fin, l'ajustement par le modèle de la période de preuve utilisera comme paramètres :

- Les observations de température extérieure normalisées selon PLAGE,
- Les observations des autres variables aux conditions de la période de référence.

### **3.2.4 DONNÉES DE NORMALISATION**

L'annexe indiquée ci-après est destinée aux Organismes pour l'établissement de leurs Plan de M&V et comme base de conditions « normales » à appliquer à la méthode M2a, dans le cas où l'Organisme souhaiterait appliquer une Méthode de Normalisation pour le suivi de sa performance énergétique. Toutefois, seules les données correspondantes **non normalisées et en énergie finale** seront encodées dans l'App de Mesurage PLAGE selon l'Annexe 5. L'App de mesurage fera – dans le cas de l'encodage au niveau « compteur » (cf Annexe 5) - les ajustements nécessaires pour exprimer les gains en énergie primaire, normalisée selon PLAGE.

Elle est règlementaire, dans le cas d'une pré-normalisation réalisée par l'Organisme :

**Annexe n° 4 : « Conditions conventionnelles utilisées pour la détermination des économies normalisées ».**

### 3.2.5 AJUSTEMENT RÉTROSPECTIF, UN CAS PARTICULIER DE LA FORME D'AJUSTEMENT M2B

Cette Méthode d'ajustement rétrospectif (IPMVP 5.4.1 équations 5 & 6) offre une approche intéressante, lorsque les données de consommation de la période *ante* sont incomplètes et/ou de faible qualité (nombreux trous/manques, nombreuses valeurs déviantes inexplicables). Elle exige toutefois :

1. De disposer d'au moins une valeur annuelle de consommation correspondant à la facturation de la période *ante*.<sup>16</sup>
2. De disposer des valeurs *ante* des Facteurs Pertinents du modèle post, correspondant au pas de temps du modèle post.

Cette forme d'ajustement normalisé n'utilise qu'un modèle réalisé à partir des données connues, après que l'AAPE a été mise en place. Elle ne permet donc pas d'indiquer, dans le Plan de M&V avant travaux, les données exactes du modèle, ni sa précision.

La collecte des données de la période *post* sera, quant à elle, être mieux maîtrisée, parce que prévue et financée dans le cadre du projet. Toutefois, il est important de noter que les données des Facteurs Pertinents de la période de référence réglementaire doivent être complètes et de bonne qualité. Cette approche s'adapte aux opérations de M&V puisque – au contraire du Diagnostic et de l'Etude en amont – elle est destinée à vérifier et à assurer que les objectifs ont bien été atteints. Elle peut donc être suffisante, alors même que ses résultats ne seront connus qu'au bout de la première période de rapport réglementaire.

Le modèle d'ajustement est établi à partir des observations de la consommation d'énergie et des Facteurs Pertinents, pendant une période définie comme période de modélisation *post* après travaux.

L'ajustement est réalisé, au moment du rapport, en introduisant les conditions observées dans la situation *ante* dans le modèle d'ajustement, pour chacune des périodes, de même pas de temps que pour les observations de la période de modélisation.

La somme des consommations prédites par le modèle post, correspondant à chacune des observations des Facteurs Pertinents (dont la série des valeurs de la variable DJ Normalisés), soustraite de l'énergie consommée normalisée calculée, représente l'économie d'énergie sur l'ensemble des observations, au cours de la période de rapport réglementaire.

---

<sup>16</sup> Afin de pouvoir normaliser la période de référence, l'IPMVP utilise le modèle d'ajustement issu des données de la référence. Il est toutefois possible de déterminer, en absence d'un tel modèle, la valeur cumulée normalisée de la situation *ante* en ajoutant à la consommation observée (facturée) une valeur de normalisation selon le calcul donné en Annexe 1 « Normalisation de la référence en absence d'un modèle complet ou d'un modèle précis »

Cette méthode est généralement employée pour ajuster une seule période *post*, par rapport à la situation *ante*.

Dans le cas particulier d'un CPE et d'un report entre cycles PLAGE, dûment validé par Bruxelles Environnement. Les périodes suivantes pourront être ajustées par chaînage. (Méthode M3)

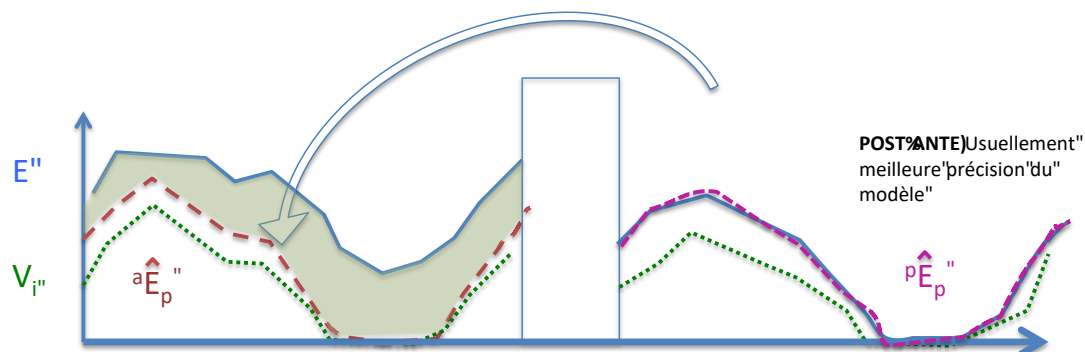


Figure 3 : Mécanisme d'ajustement rétrospectif

Par convention, on représente – dans ce document – le résultat d'un ajustement selon le formalisme suivant :

Le terme  $\widehat{E}_y^{post\ ou\ ante}$  indique la valeur de l'énergie *prédite pour un système donné* à partir d'un modèle issu de l'observation des conditions *y*, lorsqu'on lui applique les conditions *post* ou *ante*.

Ainsi, par exemple :

$\widehat{E}_p^p$  exprime le résultat du modèle prédisant l'énergie *E*, issu de l'observation des conditions *post*, lorsqu'on lui applique les conditions *post* (*a* designant les conditions *ante*, *p* les conditions *post*). Dans ce cas, il s'agit typiquement de la vérification de l'efficacité d'un modèle en lui faisant prédire les éléments de consommation d'énergie à partir desquels il a été établi.

La courbe  $V_i$  représente, dans l'exemple, la valeur d'un Facteur pertinent (Variable Indépendante d'indice *i*) qui pilote la consommation énergétique. La courbe *post* en pointillés rouges représente la prédiction du modèle *post* pour des données des conditions *post*, La courbe bleue *E* représente les observations de la consommation d'énergie.

### 3.2.6 QUALIFICATION DU MODÈLE DE RÉGRESSION

La vérification ou « calibration » du modèle et de son biais est réalisée en comparant, respectivement :

- Les prédictions effectuées par le modèle pour les observations de la période des Facteurs Pertinents ayant servi à l'établir.

- La somme des prédictions du modèle pour les observations des conditions (Facteurs Pertinents) de la période d'établissement du modèle et la somme des observations de la consommation d'énergie pour cette même période.
- La vérification de la stabilité des facteurs statiques est réalisée au moyen de la statistique NMBE (*Normal Mean Bias Error*<sup>17</sup>).
- La vérification du biais du modèle est réalisée en comparant la somme des relevés du compteur de la période de modélisation à celle de la projection du modèle dans les conditions de la période de modélisation. Le ratio de la différence entre ces deux valeurs avec la somme des relevés doit être inférieur à 0,005%.<sup>18</sup>

La vérification de la qualité du modèle sera, le plus souvent, réalisée en effectuant l'ensemble des tests statistiques suivants :

- a) Le coefficient de détermination (*ajusté* en cas de variables explicatives multiples)<sup>19</sup> :  $R^2 \geq 75\%$
- b) Le coefficient de variation de l'erreur type du modèle à la moyenne<sup>20</sup> :  $CVR_{MSE} < 20\%$
- c) Les Statistiques t de chacun des coefficients du modèle :  $|Stat\ t| > 2$
- d) Une simulation de l'incertitude relative pour le modèle en cours d'analyse et sa conséquence pour la sélection de bâtiments du PA déjà prise en compte, pour une période de suivi de 12 mois et un engagement de gain correspondant à l'Objectif PLAGE :  $U_{pa} < U_{maxplage}$
- e) Des indicateurs de la qualité du modèle :
  - Indicateur de la normalité de la distribution de probabilité des résidus<sup>21</sup>
  - Indicateur du niveau d'autocorrélation des résidus :  $\rho^{22} < 0,5$
  - Indicateur de l'équilibre des variances des résidus de la régression<sup>23</sup> : P-valeur White  $> 5\%$

---

<sup>17</sup> NMBE (*Normalized Mean Bias Error*) : se calcule, pour un facteur statique de valeur Y, selon la formule suivante :

$$NMBE_{fs} = \frac{\sum_1^n |y_i - \bar{y}|}{n\bar{y}} * 100 \text{ avec :}$$

$y_i$  : observation mesurée de la valeur du Facteur statique à l'intervalle i

$n$  : nombre d'intervalles de mesure, cohérent à celui utilisé pour la détermination du modèle.

$\bar{y}$  : moyenne des observations de y pour les n intervalles de mesure

<sup>18</sup> Soit  $5 * 10^{-5} > \frac{(\sum Y_i - \sum \hat{Y}_i)}{\sum Y_i}$

<sup>19</sup> On rappelle que le coefficient de détermination ( $R^2$ ) indique la proportion de variation de la variable dépendante (ici, la consommation d'énergie), explicable par les variations de la / des Facteurs Pertinents. EVO (auteur de l'IPMVP) recommande, comme signifiante, une valeur supérieure à 75%. Toutefois, ce test diminue de pertinence lorsque le modèle s'approche du modèle constant.

<sup>20</sup> Le  $CV_{RMSE}$  renseigne sur l'erreur relative à la prédiction moyenne du modèle de régression. En ce sens, cette information est l'image de l'erreur finale (parce qu'elle en constitue généralement le contributeur le plus élevé). EVO recommande des valeurs inférieures à 20%.

<sup>21</sup> Plusieurs test de « Normalité » des résidus sont acceptables, pour autant que la p-valeur de ces tests permettent de ne pas rejeter l'hypothèse nulle selon laquelle la distribution de probabilité des résidus ( et de la variable dépendante) suivrait une loi normale.

<sup>22</sup> Uniquement dans le cas de pas de temps hebdomadaire.

<sup>23</sup> Par le test de White ou équivalent comprenant les produits croisés.

- f) Une vérification des valeurs de statistiques sur les résidus dénotant des valeurs aberrantes de la variable dépendante.<sup>24</sup>

L'application informatique mise à la disposition des utilisateurs de la plate-forme PLAGÉ, effectue l'ensemble de ces tests. Elle permet d'effectuer une modélisation de manière rapide et robuste. Son usage, ainsi que la reprise de ses résultats, dans le cadre de la méthode IPMVP, reste toutefois de la responsabilité de l'auteur du Plan de M&V.

### 3.2.7 MÉTHODE M3 : CHAÎNAGE DES AJUSTEMENTS M2B ET M1

Le chaînage intervient lorsque des travaux d'AAPE sont répartis sur plusieurs cycles PLAGÉ et qu'un modèle mathématique d'ajustement suffisamment précis ne peut pas être établi sur l'une des deux périodes *ante* ou *post* ou que le modèle ne couvre pas, dans son domaine de validité, les valeurs des facteurs pertinents observées lors de la tentative d'ajustement au cours d'un cycle PLAGÉ postérieur à celui ayant généré le modèle.

#### **Exemple du premier cas : CPE avec report des gains sur des cycles PLAGÉ ultérieurs :**

#### **L'Organisme a mis en œuvre un CPE réalisé par une ESCO, sur un bâtiment et obtenu l'accord de Bruxelles Environnement au sujet du report des gains d'exploitation sur un ou plusieurs cycles PLAGÉ**

Supposons qu'une forme d'ajustement rétrospectif (M2b) ait été choisie pour quantifier le gain de performance énergétique généré par les travaux en année 1, du premier cycle PLAGÉ, au cours duquel ces travaux ont été inscrits dans la phase de Programmation.

La période d'établissement du modèle de référence est alors la période '*stabilisée de preuve*'. Elle se déroule durant la phase de mise en œuvre du premier cycle PLAGÉ dont la programmation incluait une première tranche de travaux et/ou d'exploitation d'un CPE se déroulant sur plusieurs années.

La période de preuve concernant les travaux prévus durant ce premier cycle PLAGÉ est celle qui précède leur réalisation. Période dont les données de consommation peuvent alors – à l'extrême – se résumer à une observation annuelle unique. Les données des périodes annuelles, des cycles PLAGÉ postérieurs à celui de l'établissement du modèle peuvent alors être mesurées suivant la méthode d'énergie évitée M1, avec, pour référence, la période stabilisée de preuve du premier cycle PLAGÉ ayant incorporé ce bâtiment dans sa programmation.

Le chaînage consiste alors, dans la relation entre l'ESCO et l'Organisme, à combiner, par addition, le gain initial généré par les travaux aux gains éventuels complémentaires générés pendant les périodes d'exploitation successives (ou, en absence de gains prévus pour ces périodes, à la non dégradation des gains initiaux générés par les travaux).

Ainsi, pour chaque année *n* le gain effectif réalisé sera la somme du gain initial établi entre période stabilisée de preuve et période *ante* travaux, et le gain de l'année *n* établi entre période stabilisée de preuve et année *n*.

---

<sup>24</sup> De nombreux tests sont possibles : valeurs absolues de résidus studentisés >2, tests des DFFIT, test de la distance de Cook, etc.

Vis à vis du programme PLAGE, par contre, l'Organisme devra considérer les gains ou pertes individuels générés lors de chacun des cycles PLAGE.

### Exemple du second cas :

La Méthode de chaînage permet de s'affranchir de certaines limites de validité des modèles initiaux, constitués à partir d'observations dont la plage de valeur des Facteurs Pertinents peut se révéler insuffisante pour couvrir les valeurs effectivement rencontrées au cours de l'exploitation **post**, surtout si cette dernière période est longue.

Dans ce cas, le modèle de la période intermédiaire post *m* (*pm*), période durant laquelle sont observées les valeurs « hors plage de validité » est réalisé à partir d'observations sur une plage de valeurs couvrant, à la fois, les deux périodes encadrant le changement des valeurs hors plage de validité du modèle employé jusque-là.

$$E_{\text{évitée}} = E_{\text{ante}} - E_{\text{post e}} + {}^{\text{post}}\hat{E}_{\text{post m}} - {}^{\text{ante}}\hat{E}_{\text{post m}}$$

**post m (pm)**: représente la période au cours de laquelle sont observées les valeurs des facteurs pertinents hors plage de validité, selon le modèle d'ajustement initial. Par exemple, une année d'exploitation d'un cycle PLAGE ultérieur, dans le cas de CPE. Cette période représente la période qui sera modélisée, pour établir le chaînage.

**post e (pe)**: représente la première période **post** suivant la période *m*.

La vérification du modèle et de son biais est réalisée de la manière décrite pour l'ajustement rétrospectif ou **post-ante**.

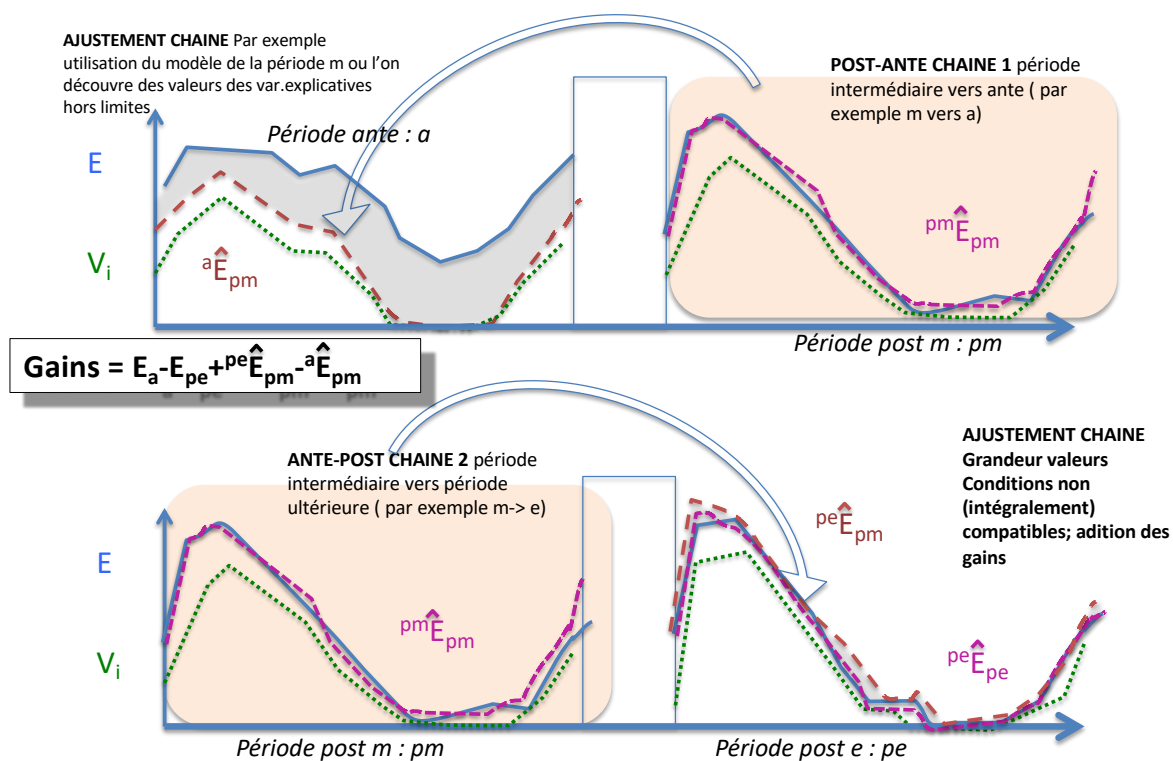


Figure 4 : Chaînage entre un mécanisme d'ajustement rétrospectif et un mécanisme d'ajustement **ante-post** classique

En règle générale, le chaînage constitue une étape de basculement suivant un ajustement rétrospectif. Il permet une démarche « générale » d'ajustement classique *ante-post* (de la première période réglementaire de référence à n'importe quelle période *post-travaux*) et autorise les situations exceptionnelles pouvant être rencontrées au cours d'une longue période de preuve.



Exemple d'une période de 9 ans post travaux avec un premier ajustement post ante sur la phase de stabilisation, puis à nouveau une rupture en année 7 imposant un nouveau chaînage, et la constitution d'un nouveau modèle m2, dû au dépassement par les Variables indépendantes des valeurs limites du modèle m1.

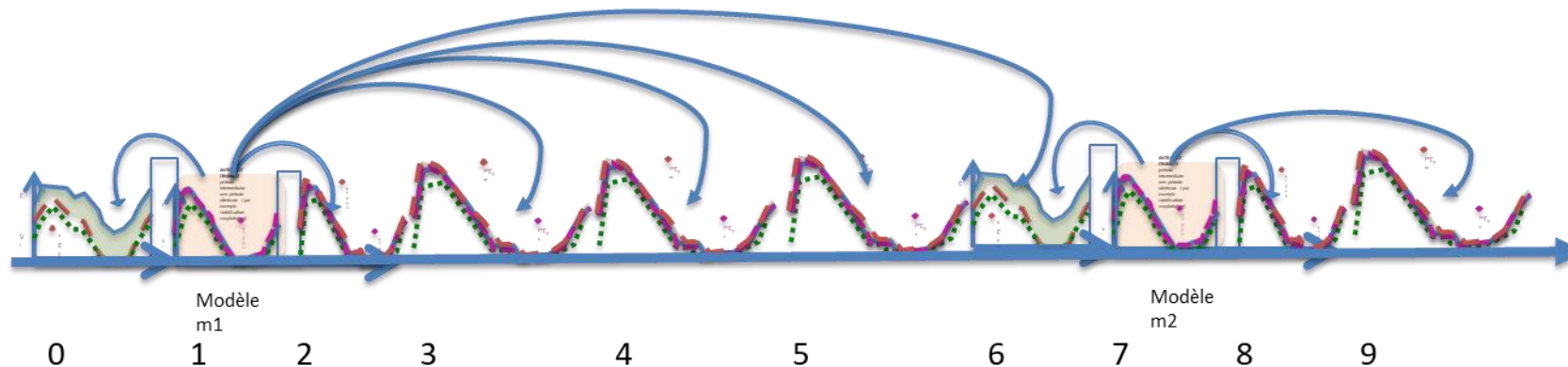


Figure 5 : Exemple de couplage de deux chaînages

Le premier, causé par le manque d'observations de la période de référence : **le modèle M1**, créé à partir des données de la phase de mesure de la preuve de performance, est utilisé par rapport à l'année de référence 0 en **post-ante** et, pour les années 2 à 6, en ajustement classique **ante-post**.

Ainsi, chacune des années 2 à 6 est comparée à la référence initiale, au travers du modèle M1 et du gain réalisé entre l'année 1 et l'année 0. Le processus se répète en année 7 où l'on découvre que les valeurs des Facteurs Pertinents du modèle M1 dépassent les plages de valeurs autorisées par M1 (2021). Un nouveau **modèle M2b** est créé sur la base des observations en année 7, et un ajustement **post-ante** est réalisé par rapport aux données de l'année 6. Le différentiel de performance année 7 - année 6 est alors établi. Celui-ci est combiné au différentiel année 6 - année 0. A partir de l'année 8, on utilise le modèle M2b en **ante-post** pour mesurer le différentiel (par chaînage) entre année n+7 et année 0.

### 3.2.8 MODÈLES DE CONSOMMATION ÉNERGÉTIQUE

#### > Formes de modélisation admissibles pour la détermination des ajustements

##### Utilisation de modèles de simulation numérique dans les Options B et C

Contrairement à l'interprétation et à la pratique courantes de l'IPMVP, l'usage d'un modèle « physique » mettant en œuvre des simulations énergétiques dynamiques (à partir d'équations de la physique du bâtiment) ne sera pas limité à l'Option D. Il peut être mis en œuvre aussi dans les Options B et C, si l'on s'attache à minimiser l'erreur de biais (erreur systématique) sur la période considérée pour le périmètre visé par le modèle. Cette erreur (NMBE) ne doit pas dépasser 3%.

Le calcul de l'erreur de prédiction du modèle (en termes de fidélité de mesure) sera basé sur la valeur du RMSE. Ce dernier est établi à partir des écarts finaux (après optimisation/calibrage du modèle) entre la prédiction du modèle pour un intervalle de temps  $t$  et une consommation effective mesurée – dans les mêmes conditions – pour ce même intervalle de temps.

##### Utilisation de modèles inverses

Est basé sur une analyse empirique du comportement énergétique du bâtiment effectuée en fonction d'un ensemble de paramètres significatifs: les Facteurs Pertinents, déterminants de la consommation d'énergie. Les analyses statistiques par régression simple ou multiple, linéaire ou généralisée, l'analyse et la modélisation par réseaux de neurones artificiels, appartiennent toutes à cette catégorie. Ils ont en commun le fait que les lois de physique ne sont utilisées dans la modélisation qu'indirectement par le choix de la forme du modèle employée et dans la validation empirique de ses résultats.

##### Utilisation de modèles « hybrides »

Un modèle hybride met en œuvre des techniques de modélisation basées à la fois sur des modèles de simulation numérique et des techniques d'inversion.

##### Calcul de l'incertitude

Toutes ces techniques ont en commun la détermination d'une incertitude de prédiction comprenant le biais ou justesse/exactitude et la dispersion des mesures ou fidélité/précision. Le biais peut être compensé s'il est connu exactement, la dispersion ou précision induite par le modèle doit être évaluée pour chacune des prédictions faites par la Méthode d'ajustement. Plusieurs méthodes sont utilisables dans le cadre du PLAGE :

#### APPROCHE ASHRAE 14-2014

Cette approche empirique est une simplification de la méthode matricielle indiquée plus loin. La formule ci-après donne une valeur approchée acceptable de l'incertitude relative propagée sur  $m$  intervalles de la période de preuve.

$$U_{c_{rel,report}} = \frac{t}{F} * \sqrt{\frac{CV(RMSE)^2}{m} * \left[ \frac{n}{n'} \left( 1.6 + \frac{3.2}{n'} \right) \right] + U_s^2 + RE_{instrument}^2 + U_{iv}^2}$$

$U_{c_{rel,report}}$  = incertitude relative exprimée en % des économies

t : statistique t pour les degrés de liberté du modèle

CV(RMSE) ;: coefficient de variation de l'erreur-type moyenne du modèle (RMSE)

F : pourcentage de gain (Engagement ou Mesure) de la consommation modélisée sur m intervalles

m : nombre d'observations (heures, jours, semaines, mois) durant la période de preuve

n : nombre d'observations (heures, jours, semaines, mois) durant la période de modélisation

n' : nombre d'observations indépendantes dans le total de n observations si autocorrélation observée (observations mensuelles n'=n)

U : incertitude relative dans le cas d'échantillonnage d'une population (par exemple Option B, obtention d'une valeur moyenne)

RE<sub>instrument</sub> : Dans le cas où l'instrument (compteur) n'est pas associé à une facturation RE représente son erreur-type relative.

Si c compteurs sont utilisés en combinaison (somme, différence) de variables dépendantes, la valeur combinée est :

$$RE_{instruments\_combinés} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^c (RE_{instrument} * r_{echelle,i})^2}}{\sum_{i=1}^c \bar{r}_i}$$

( $r_{echelle}$  étant la valeur d'échelle considérée pour l'erreur type (par ex: u à pleine échelle),  $\bar{r}_i$  : valeur moyenne de lecture sur i mesures )

$U_{iv}$  : Erreur-type relative de mesure des variables explicatives dans la période de preuve. Peut être approchée en calculant les économies S deux fois :

Premièrement avec les variables à leur valeurs minimales,  $S_{min}$ , puis à leur valeur max :  $S_{max}$ . La différence  $S_{max} - S_{min}$  définit l'écart maximal possible créé par les variables du modèle.

$$U_{iv} = (S_{max} - S_{min}) / S_{rapportée}$$

Calcul du RMSE corrigé de l'autocorrélation

Dans la formule ASHRAE ainsi que dans les approches suivantes, si l'on observe de l'autocorrélation<sup>25</sup> (corrélation sérielle), le RMSE doit être recalculé avec un nombre de degrés de libertés réduit dl' = n' - p-1. n' peut être calculé de deux manières :

<sup>25</sup> ASHRAE 14-2014 considère que dans le cas d'intervalles de mesure mensuels, il ne peut y avoir d'autocorrélation. Dans ce dernier cas, le fait que l'indice de Durbin-Watson soit en dehors de la plage 1<DW<3 signifie probablement que la distribution des résidus de la régression comporte des déviants significatifs, un problème de normalité ( par exemple des

Connaissant la valeur du test de Durbin-Watson (DW) on obtient :

$$\rho = 1 - DW/2$$

Puis

$$n' = n * \frac{1 - \rho}{1 + \rho}$$

Sans connaissance de DW,  $\rho$  peut être déterminé en effectuant une régression entre les résidus de la régression initiale et ces mêmes résidus, décalés d'un rang.  $\rho$  est alors égal à la racine carrée du coefficient de détermination de cette régression des résidus sur eux-mêmes.

Equation 64 – Lag 1 Model of Residuals

---


$$\epsilon_t = \beta_0 + \beta_1(\epsilon_{t-1}) + e_t$$


---

Avec :

$\epsilon_t$ : résidus de rang t

$\epsilon_{t-1}$ : résidus de rang t-1

$e_t$ : erreur du modèle sur rang t

### APPROCHE SUN & BALTAZAR

On pourra considérer dans le cadre des mesures effectuées dans le projet PLAGÉ, que l'incertitude du modèle, *de chacune des observations* pourra se baser sur la valeur moyenne de prédiction du modèle c'est à dire le RMSE, affecté d'un coefficient dépendant de l'intervalle de mesure.

Incetitude type =  $\gamma$ \*RMSE

Avec pour  $\gamma$  :

Intervalle Mensuel (avec m pour le nombre de mois, limité à 12):

$$\gamma = (-0,00022.m^2) + (0,03306.m) + 0,94054$$

Dans le cas d'un pas de temps journalier (avec m pour le nombre de mois, limité à 12) :

$$\gamma = (-0,00024.m^2) + (0,03535.m) + 1,00286$$

### APPROCHE EXACTE

Les valeurs calculées selon les deux méthodes précédentes, issues de « ASHRAE 14, 2014 » et de « *Uncertainty assessment for IPMVP, EVO 10100-1 :2018* » sont relativement conservatrices et

---

modèles imbriqués) ou un problème de forme fonctionnelle. Dans tous ces cas , on ne modifie pas n mais on cherche à corriger le problème de la régression.

constituent des approximations qui fonctionnent dans des cas simples et avec des valeurs de variables indépendantes n'étant que peu modifiées entre référence de modélisation et conditions de projection du modèle . Il pourra s'avérer préférable de calculer la valeur propagée sur m observations de la période de projection en utilisant la formule matricielle suivante :

$$U_{abs,report} = t * S \sqrt{1'(X_{preuve}(X'X)^{-1}X'_{preuve} + I)1}$$

Avec :

$U_{abs,report}$  : Incertitude absolue pour la période de m observations des variables indépendantes représentées dans la matrice  $X_{preuve}$

X est la matrice "Design" n fois p des variables indépendantes en période de modélisation

$X_{preuve}$  est la matrice m fois p des variables indépendantes en période de preuve

1 est une matrice 1 fois m vecteur colonne unitaire

I est la matrice identité m fois m

S la Valeur de l'incertitude type Moyenne de la régression (RMSE, RMSE' si autocorrélation)

t la valeur du coefficient de couverture t ou z de la distribution de probabilité associée à l'erreur propagée.

Cette formule, dans le cas de la prédiction d'incertitude, à la rédaction d'un Plan de M&V (on ne connaît pas encore les données des conditions de la projection du modèle), peut se simplifier comme suit :

$$U_c = S * \sqrt{2m}$$

### **Facteur de couverture à utiliser pour la propagation d'incertitudes sur l'ensemble du PA**

Le facteur de couverture sera calculé en utilisant les degrés de liberté  $dl_{pa}$  selon la formule indiquée ci-après :

Calcul des degrés de liberté (dl) lors de la propagation d'incertitude sur l'ensemble du Programme d'Actions :

On utilise la formule issue du JCGM 100 – 2008 :

Pour « j » bâtiments ( entre 1 et b), i compteurs/bâtiment (entre 1 et e) et k intervalles de mesures annuelles (12 ou 52) et  $U_{Cij}$  l'incertitude type combinée des modèles par bâtiment obtenue par addition quadratique des incertitudes absolues :

- a) Calcul de l'incertitude combinée sur l'ensemble du Programme d'Actions  $U_{c_{pa}}$  pour l'ensemble des modèles i (1,e) de chaque bâtiment et de l'ensemble des bâtiments j (1,b), pour l'économie  $Eco_{pa}$  du programme d'action

$$U_{c_{pa}} = \sqrt{\sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^e \frac{U_{c_{ij}}^2}{i_j}}$$

- b) Calcul de la somme  $Sr_{pa}$  des ratios des incertitudes relatives à leurs degrés de liberté respectifs :  $dl_{ji}$

$$Sr_{pa} = \sum_{j=1}^b \sum_{i=1}^e \left( U_{c_{ji}}^4 / dl_{ji} \right)$$

- c) Calcul du degré de liberté  $dl$  à appliquer pour la détermination de l'incertitude couverte  $U_{cov_{pa}}$  au niveau du programme d'action, avec  $U_{pij}$  la valeur de l'incertitude relative sur chaque mesure de bâtiment,

$$dl_{pa} = \frac{U_{c_{pa}}^4}{Sr_{pa}}$$

## 4 SECTION 2 – SPÉCIFICATIONS RELATIVES AU PLAN DE MESURE ET DE VÉRIFICATION

### 4.1 RÉFÉRENCES

#### 4.1.1 DÉFINITIONS

##### **PLAN de M&V**

Le Plan de M&V est un document réglementaire soumis à Bruxelles Environnement en amont de tous travaux modificatifs. Celui-ci doit avoir été dûment validé par Bruxelles Environnement avant tout commencement d'exécution. En cas de manquement à cette obligation Bruxelles Environnement pourrait avoir à statuer, de manière définitive et sans contestation possible de la part de l'Organisme sur la base des données partielles images de la situation avant travaux. Dans le cas de basculement de la méthode Standard vers la Méthode IPMVP au cours de la période de mise en œuvre, l'Organisme devra reprendre, dans le PMV établi- par dérogation à la règle précédente - en situation post-travaux, les données issues de la Méthode Standard pour justifier de l'impossibilité de poursuivre avec celle-ci.

- Son élaboration anticipée garantit la disponibilité de toutes les données nécessaires aux opérations de M&V, après la mise en place d'une ou de plusieurs AAPE (Actions d'Amélioration de la Performance Énergétique).
- Les données relatives à la base de référence et celles, détaillées des AAPE, courent le risque d'être perdues ou oubliées, au cours du temps, surtout pour des périodes d'exploitation de longue durée. Elles doivent donc être enregistrées en tant que références réglementaires aux fins de consultation ultérieure au cas où les conditions changeraient ou bien les AAPE échoueraient à atteindre les objectifs prévus.
- Cette documentation doit être facile à retrouver et aisée à comprendre, aussi bien par les réviseurs que par d'autres intervenants.

Un Plan de M&V complet, conforme à l'IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016, doit comprendre, au minimum, les 14 chapitres suivants<sup>26</sup> :

#### 1. Description générale du Bâtiment et du projet :

Description du Contexte du Programme d'Actions et déclinaison au bâtiment objet des AAPE, que celles-ci soient mesurées par un Plan de M&V Global (Option C ou D) ou par un (plusieurs) Plan(s) de M&V de périmètre isolé.

<sup>26</sup> La description des chapitres relatifs au PMV, donnée ici, n'est pas exhaustive. Pour une définition complète, on se référera au document de l'IPMVP Principes Fondamentaux, EVO 10000-1 :2016 Chapitre 7, ainsi qu'aux renvois.

2. **But des AAPE :**  
Décrire *les AAPE*, le résultat attendu, les procédures de *vérification opérationnelle* qui seront appliquées pour vérifier le succès de la mise en œuvre de chacune d'elles.
3. **Options de l'IPMVP sélectionnées et périmètre de mesure :**  
Parmi les 4 Options A, B, C, D, de l'IPMVP, en sélectionner une, dans le but de déterminer *les économies*.
4. **Situation de référence : période, énergie et conditions**  
Documenter les conditions et les données de consommation *d'énergie pendant la période de référence du bâtiment*, à l'intérieur de chaque *périmètre de mesure* (Voir Section 1 »).
5. **Période de suivi :**  
Identifier *la période de suivi* (Voir Section 3)
6. **Base pour l'ajustement :**  
Définir l'ensemble des conditions auxquelles toutes les *mesures* de consommation *d'énergie* seront ajustées.
7. **Procédure d'analyse :**  
Spécifier la procédure exacte d'analyse des données et les algorithmes et hypothèses à appliquer pour chaque rapport de suivi *des économies*. Chaque modèle mathématique utilisé nécessite la formulation de tous ses termes, ainsi que la gamme de Facteurs Pertinents pour laquelle il est valide.
8. **Prix de l'énergie :**  
Indiquer les prix de *l'énergie* pris en compte pour évaluer *les économies*.
9. **Caractéristiques des compteurs :**  
Lister les points de *mesure* et la (les) période(s), si la *mesure* n'est pas continue.
10. **Responsabilités de suivi :**  
Assigner les responsabilités du suivi et de l'enregistrement des données énergétiques, les Facteurs Pertinents et *les facteurs statiques*, à l'intérieur du *périmètre de mesure*, pendant *la période de suivi*.
11. **Précision attendue :**  
Évaluer *la précision* attendue liée à *la mesure*, à la saisie des données, à leur prélèvement et leur analyse.
12. **Budget :**  
Définir le budget et les ressources requises pour déterminer les coûts initiaux d'établissement du Plan de M&V, la part des coûts d'instrumentation liées aux M&V, ainsi que les coûts de suivi continu de *la période de suivi*.
13. **Format des rapports :**  
Expliquer comment les résultats seront documentés et rapportés.
14. **Assurance qualité :**  
Indiquer les procédures d'assurance qualité qui serviront aux rapports de suivi des *économies* et toute activité intérimaire dans la préparation des rapports.



#### 4.1.2 PÉRIMÈTRE D'ENGAGEMENT VS PÉRIMÈTRE DE MESURE

Le périmètre d'engagement de l'Organisme, constitué à partir de son Programme d'Actions est composé d'un nombre de périmètres de mesures, selon les stratégies déployées par l'Organisme. Chaque périmètre de mesure est associé à un Plan de M&V. On conçoit bien que le périmètre d'engagement puisse être identique à un périmètre de mesure global décrivant l'ensemble des bâtiments choisi par l'Organisme dans son PA. Ce périmètre global est lui-même formé par la composition de périmètres individuels des bâtiments. Dans le cas où des CPEs seraient lancés par l'Organisme sur des Groupes de travaux effectués soit par découpage géographique de bâtiments du PA, par découpage fonctionnels « métier » multi-bâtiments, ou du simple fait d'une planification étalée dans le temps, il peut exister une notion de périmètre de mesure de Groupe de travaux, pouvant éventuellement induire des reports de gains d'un cycle PLAGE vers les suivants. Toutefois, dans ce dernier cas, les gains pris en compte dans le programme PLAGE resteront ceux générés durant chacun des cycles PLAGE.

Les mesures effectuées sur des périmètres « bâtiment » peuvent, le cas échéant, être affinées par des périmètres de mesure isolés précisant les gains sur des systèmes bénéficiants d'AAPE. La présente section décrit ces différents périmètres.

Le jeu de Plans de M&V associé à un périmètre d'engagement sera généralement composé :

- d'un Plan d'ensemble du Programme d'Actions (PA) : **le PMV** regroupant l'ensemble des PMV des bâtiments sur lesquels des actions sont établies (bâtiments du Programme d'Actions) et/ou, le cas échéant, des Groupes de travaux et de leurs impacts sur chacun des Cycles PLAGE considérés.
- **De plans de sous-ensembles** propres à chaque périmètre de mesure (global ou isolé). Ces derniers seront hiérarchiquement rattachés au Plan d'ensemble correspondant.

N.B.: Le renseignement approprié des 14 chapitres mentionnés précédemment devra être effectué aussi bien pour le Plan d'ensemble que pour les différents Plans individuels.

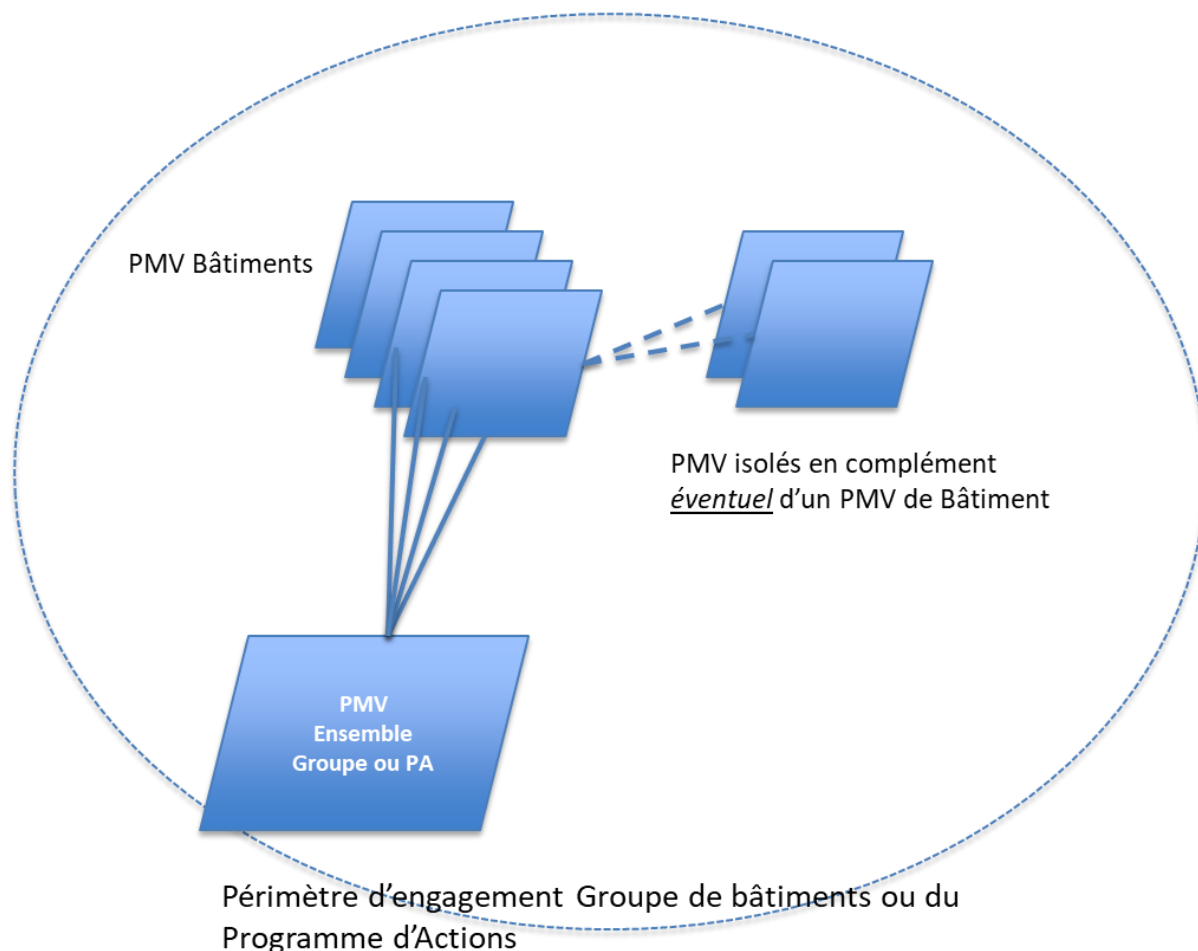


Figure 6 : Composition d'un Périmètre d'engagement d'un Groupe de de Bâtiments ou de celui du Programme d'Actions

La compilation des mesures d'économies réalisées selon la procédure décrite dans chaque Plan de M&V d'un périmètre de mesure, en une valeur réglementaire correspondant au périmètre d'engagement ou à l'un de ses sous-groupes de Bâtiments, se fera prioritairement à partir de périmètres de mesure globaux par bâtiment, afin d'incorporer les effets interactifs possibles entre différents AAPE.

Toutefois, une compilation de périmètres isolés sera admise (voir annexe 9) afin de corriger une mesure globale par vecteur énergétique et par bâtiment, lorsque l'incertitude prévisionnelle de cette dernière ne permet pas de quantifier de manière suffisamment précise les gains générés. Il sera alors impératif de couvrir l'ensemble des AAPE mises en œuvre pour ce vecteur énergétique, par un ensemble de périmètres isolés, de manière telle que la différence entre valeur centrale du gain de l'Option globale moins la somme des valeurs centrales des gains des périmètres isolés ne soit constituée que des effets interactifs pouvant exister entre AAPE sur ce même vecteur énergétique. Il sera donc, par exemple, possible, dans un même bâtiment d'avoir à la fois une stratégie de mesure de périmètre global unique pour le gaz, et une stratégie de mesure de périmètres isolés pour l'électricité comprenant :

1. une mesure de périmètre global pour le vecteur électricité

2. et de l'ensemble des périmètres de mesures isolés couvrant toutes les AAPES réalisées sur le vecteur électricité.

Par exemple,

1. Dans le cas où un modèle global d'une Option C, pour un vecteur énergétique donné, ne permettrait pas, du fait de sa faible précision, de démontrer le gain des actions sur un bâtiment. Pour autant que le gain mesuré avec une meilleure précision par une ou la somme de plusieurs Option(s) isolée(s) soit cohérent : c'est à dire qu'il se situe -effets interactifs inclus-, muni de son incertitude propre et de celle des effets interactifs, à l'intérieur de l'intervalle de confiance à 90% déterminé pour l'Option Globale. On pourra, alors, utiliser la détermination du gain établie par l'ensemble des Options isolées. Ce processus, ainsi que ses limitations, sont détaillés en Annexe 9.
2. Dans le cas de justification, par une Option isolée, d'un ABR/ANR pour valoriser des ajustements de la base de référence, à la suite de changements ultérieurs de facteurs statiques, une Option isolée ne sera alors pas prise en compte en remplacement d'une Option C, cette dernière ayant été modifiée par l'ABR/ANR. Il sera alors indispensable de signaler que cette Option isolée est uniquement utilisée afin de démontrer un ajustement non routinier ( ANR).

## 4.2 SOUMISSION DES PLANS ET MODE DE VALIDATION

---

Les Plans de M&V, formant partie intégrante du Projet de Programme d'Actions, seront soumis par l'Organisme au Réviseur. Leurs versions définitives, appartenant au « Programme d'Actions » seront importée dans la plate-forme de mesurage PLAGE , pour archivage, avant le commencement de toute exécution. Il est admis que les chapitres 1 (Description des AAPE) et 8 (Caractéristiques des compteurs) puissent être amendés à la suite des études de conception, au moment de la livraison du Programme d'Actions (détaillé) définitif (PAD).

Toutefois, un Plan de M&V devra être finalisé avant toute mise en œuvre de travaux relatifs aux AAPE dans le Bâtiment ou pour le Système visé par ce Plan.

Dans le cas où les modèles d'ajustement définitifs ne pourront être établis, avant communication du Projet de Programme d'Actions, pour certains des bâtiments pour lesquels une référence antérieure n'existerait pas ou ne permettrait pas l'établissement d'un modèle qualifié, l'Organisme devra avoir :

- proposé impérativement, dans son PA final, un exemple-type par énergie et par bâtiment, bâti sur la base :
  - De sa connaissance des travaux à effectuer et sur la vraisemblance<sup>27</sup> de Facteurs pertinents correspondants à la situation après travaux.

---

<sup>27</sup> Dans une telle situation, on ne connaît pas encore forcément les Facteurs qui se révéleront pertinents pour une modélisation après les travaux. Donc on pré suppose , compte tenu du type d'AAPE à mettre en œuvre, que l' impact de ces dernières sur le bâtiment sera tel que telles variables indépendantes seront plus sensibles et que telles autres ne le seront plus. Par exemple : le fait d'isoler complètement un bâtiment privilégiera l'occupation, les apports solaires au travers des

- De la disponibilité des valeurs de ces mêmes Facteurs pertinents pendant la période de référence *ante*.
- établi une quantification approximative de l'incertitude maximale prévisionnelle en utilisant les données de référence, pour chacun des bâtiments et de l'engagement correspondant.

Ces modèles et ces valeurs seront remplacés, le moment venu, par les modèles et les valeurs issus des mesures, effectuées postérieurement à l'exécution du Programme d'Actions, pour les bâtiments concernés.

#### 4.2.1 QUALIFICATION DES PERSONNES DANS L'ÉMISSION D'UN PMV

Chaque PMV proposé par l'Organisme sera visé par une personne certifiée CMVP (*Certified Measurement & Verification Professional* AEE – EVO) ou PMVA et/ou PMVE : Référent M&V AFNOR C3771 dont le certificat est en cours de validité au moment de l'approbation du PMV par les services de Bruxelles Environnement.

Le nom de la personne, son numéro de certification et sa signature seront apposés dans les champs prévus à cet effet dans chaque PMV.

Cette exigence est valable pour chaque version soumise, du Projet de Programme d'Actions à la version définitive du Programme d'Actions soumise à Bruxelles Environnement.

### 4.3 PLAN D'ENSEMBLE ET PLANS INDIVIDUELS

---

#### 4.3.1 DÉFINITIONS

##### **Un Plan d'ensemble de M&V**

Plan qui établit, pour le périmètre d'engagement d'ensemble décrit sous « Périmètre de mesure » au § 4.1.2, le périmètre correspondant à la somme des périmètres individuels, pour toutes les énergies des bâtiments appartenant à ce périmètre d'engagement.

##### **Un Plan de M&V individuel global du Bâtiment**

couvre un périmètre de mesure « global » d'un bâtiment au moyen d'une Option C ou D de l'IPMVP et inclut tous les effets directs et indirects de l'ensemble des AAPE mises en place dans ce bâtiment, ainsi que tous les effets de modifications non liées à ces AAPE.

---

vitrages, à l'impact de la température extérieure. Il faudrait en rendre compte dans la proposition de Plan initial, afin de guider les étapes ultérieures et collecter les données relatives à *toutes* ces variables également dans la période avant travaux.

### Les ajustements périodiques, les ajustements non périodiques

visés par IPMVP Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016(FR) au chapitre 5.3 seront ceux décrits au chapitre 6 de chaque PMV du bâtiment. Les ajustements non périodiques (également au chapitre 5.3 du protocole), seront établis par référence au constat de changements temporaires ou permanents des facteurs statiques renseignés dans chaque PMV du bâtiment.

### Un Plan de M&V individuel isolé

d'un système ou d'un équipement d'un bâtiment, couvre un périmètre de mesure partiel à l'intérieur d'un bâtiment. A ce titre, il ne peut être pris en compte dans l'élaboration du résultat d'ensemble des économies d'un périmètre d'engagement que sous certaines conditions décrites plus spécifiquement en annexe 9.

## 4.3.2 MÉCANISMES DE COMPILATION

Le mécanisme de compilation des économies engendrées par les AAPE mises en œuvre dans les bâtiments et mesurées selon les spécifications de chaque Plan individuel du Bâtiment comprend deux opérations essentielles :

- La somme, pour chaque intervalle de mesure établi dans le PMV d'ensemble du Programme d'Actions, des résultats de mesures d'économies de chaque bâtiment, effectuées individuellement selon chaque PMV individuel du Bâtiment (éventuellement pour chacun des périmètres isolés de chacun des bâtiments), couvert par le périmètre du Programme d'Actions.
- La somme, à chaque rapport règlementaire durant la période d'évaluation du cycle PLAGE, pour l'ensemble du périmètre du Programme d'Actions, des résultats compilés de chaque Bâtiment constituant le périmètre d'engagement du Programme d'Actions.

Ces règles sont applicables, aussi bien pour le calcul des économies en volume, que pour le calcul des indices de suivi IPP décrits dans la section 3 « EVALUATION DE LA PERFORMANCE PLAGE ».

Dans le cas de Contrat de Performance Énergétique, de constitution de Groupes de Travaux et d'étalement sur plusieurs cycles PLAGE, l'engagement prévisionnel correspondant à ces trois indicateurs sera indiqué dans un tableau récapitulatif joint (**Annexe Directive M&V.2** : « Courbe Prévisionnelle Engagement.xlsx »)

## 4.3.3 PROPAGATION DES INCERTITUDES

Les règles de propagation d'incertitudes telles que décrites par l' « IPMVP, *Uncertainty Assessment : 2018* », et amendées par le présent document en section 3.2.7 seront respectées tant pour l'élaboration de l'incertitude de la détermination des économies engendrées par les AAPE dans les périmètres de mesure individuels, que pour les différentes compilations spécifiées plus haut.

En cas de doute légitime quant aux moyens à mettre en œuvre pour la détermination de l'incertitude d'un composant particulier, par exemple pour toute donnée non issue d'un processus statistique basé

sur des observations et mesures, on se réfèrera à « *JCGM 100 : 2008 Evaluation des données de mesure - Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* ».

## 4.4 SPÉCIFICATIONS RELATIVES AUX PLANS DE M&V

---

### 4.4.1 FORMULAIRE DE PLAN DE M&V

Le modèle-type utilisable pour le PMV d'ensemble, pour les PMV individuels du Bâtiment et les éventuels PMV isolés, est joint au présent guide : **Annexe Directive M&V.3.**

### 4.4.2 CRITÈRES D'ÉVALUATION DES PLANS DE M&V SOUMIS

Chaque PMV soumis avec le Projet de Programme d'Actions, puis lors du Programme d'Actions, sera évalué par le Réviseur selon les critères suivants :

- Résultats d'une vérification complète de la rédaction des 14 points, selon les recommandations du chapitre 3 et les critères de conformité du chapitre 7 de l' « IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016 ».
- Des tests seront effectués sur les modèles de calcul proposés (vérification des biais, essai de prédiction pour vérifier la pertinence des modèles<sup>28</sup>, vérification des incertitudes proposées).
- Validation, en fonction des AAPE retenues :
  - de l'instrumentation proposée ;
  - des taux de disponibilité des mesures ;
  - des stipulations relatives aux ajustements possibles (sur facteurs pertinents et sur facteurs statiques) ;
  - de la qualité des variables et facteurs d'ajustement ;
  - des modèles d'ajustement.

### 4.4.3 NIVEAU DE RENSEIGNEMENT DES CHAPITRES

Pour chaque élément d'un Plan de M&V, qu'il s'agisse d'un PMV d'ensemble, d'un PMV individuel global du Bâtiment, d'un PMV isolé d'un bâtiment ou d'un système, la description ci-dessous stipule – en complément ou en dérogation du chapitre 7 de l' « IPMVP, Principes Fondamentaux, EVO 10000-1:2016 » – les attentes particulières aux différents stades d'un projet :

1. Projet de PA
2. Programme d'Actions détaillé définitif (PAD). Le PMV définitif issu de ce dernier PA pouvant être transmis, dans le cas d'ajustement *post-ante* ou d'Option D, avant le rapport de vérification.

Dans **tous les cas il est transmis avant commencement** des travaux d'AAPE.

---

<sup>28</sup> En général, par utilisation du ratio de la statistique PRESS au RMSE, ainsi que de la comparaison entre coefficient de détermination du Modèle R<sup>2</sup> ajusté et celui de la prédiction (PRESS R<sup>2</sup>).

**> Description générale du Bâtiment ou du Système et du projet**

ETAPE	PMV du PA	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de Programme d'Actions	Descriptif général du PA et des objets sur lesquels il s'appliquera. Références des audits et études ayant été effectués et justifiant ce PA.	Descriptif détaillé du Programme d'Actions au niveau du Bâtiment. Raisons du choix de ce Bâtiment au sein du Programme d'Actions. Référence des audits ou études effectuées sur le Bâtiment.	Raison d'être de ce PMV isolé.
PA définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

**> But des AAPE et objectifs de performance**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Liste des types d'AAPE mises en œuvre dans les PMV individuels, objectif global IPP et objectifs en Volume (kWh EP, kWh EF) et en t éq. CO <sub>2</sub> et valorisés: <i>Selon les étapes applicables décrites dans la section suivi de la Performance Garantie.</i>	Liste AAPE et objectifs individuels de ces AAPE, modalités de mise en service, et de vérification opérationnelle (V.O.). Objectif global bâtiment : IPP Objectifs en Volume et en t éq. CO <sub>2</sub> valorisé: <i>Selon les étapes applicables décrites dans la section suivi de la Performance Garantie</i>	Description AAPE et objectif individuel, modalités de mise en service, et de vérification opérationnelle (V.O.) : Objectif individuel AAPE :IPP et Volume et en t éq. CO <sub>2</sub> .
PA définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

**> Option sélectionnée**

ETAPE	PMV du PA (Groupe)	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Récapitulatif des bâtiments et des Options (Globales et/ou individuelles) mises en œuvre	Option Globale (C, D) IPMVP EVO 10000-1:2016(FR)	Options A, B, de l'IPMVP EVO 10000-1:2016(FR)
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

**> Situation et période de référence**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Récapitulation des données et périodes réglementaires, et indications des périodes de constitution de la consommation de référence.	Utilisation des données et périodes réglementaires et indications des périodes de constitution de référence.	Données collectées par l'Organisme, périodes proposées par l'Organisme

PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.
--------------	---

> **Consommations d'énergie de référence**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Récapitulation des données et périodes réglementaires.	Utilisation des données et périodes réglementaires.	Données collectées par l'Organisme, périodes proposées par l'Organisme
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

> **Facteurs pertinents (variables indépendantes explicatives)<sup>29</sup>**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	A établir par l'Organisme. Dans le cadre d'une stratégie post-ante, les variables proposées sont anticipées afin de collecter les données à prendre en compte pour la période de référence.		
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur. Dans la stratégie post-ante, la version définitive du Plan (produite au moment où le modèle post peut être réalisé), comprendra une analyse du choix des variables indépendantes, ainsi que le détail de la collecte des données ante non décrites dans la version Projet du PMV.		

> **Facteurs statiques**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	A établir par l'Organisme, ainsi que les modes de collecte et de suivi <sup>30</sup> . Taux de tolérance déclenchant un monitoring spécifique <sup>31</sup> ou une action ABR	A établir par l'Organisme, ainsi que les modes de collecte et de suivi Taux de tolérance déclenchant une mise sous surveillance ou une action ABR.	A établir par l'Organisme, ainsi que les modes de collecte et de suivi. Taux de tolérance déclenchant une mise sous surveillance/ou une action ABR.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

<sup>29</sup> Dans le cas de variables liées à la fréquence d'occupation, ou à la présence, on se référera à l'annexe 3 du présent guide.

<sup>30</sup> IPMVP Principes Fondamentaux 2016 10000-FR Section 5.3 : Pour les facteurs statiques, facteurs régissant la consommation d'énergie mais ne variant pas a priori régulièrement (par exemple surface du site, type et conditions de fonctionnement des systèmes installés, nombre des cycles de production hebdomadaire ou type ou nombre d'occupants) un suivi doit être mis en œuvre pour détecter d'éventuels changements pendant la période de suivi.

<sup>31</sup> Par exemple un monitoring spécifique du Facteur statique par le système de GTC (trend log), dans le cas de suspicion de changement d'un ou de plusieurs facteurs statiques avec impact sur la performance mesurée, pouvant nécessiter la mise en place d'un ABR ( Ajustement de la Base de Référence).



## Règles applicables aux ABR (Ajustements de la Base de Référence)

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	A proposer par l'Organisme. Seules des variations supérieures (NMBE) <sup>32</sup> à 5% au-delà de la précision de la détermination de la valeur de chaque facteur statique seront admises.	A proposer par l'Organisme. Seules des variations supérieures (NMBE) à 5% au-delà de la précision de la détermination de la valeur de chaque facteur statique seront admises.	A proposer par l'Organisme. Seules des variations supérieures (NMBE) à 10 % au-delà de la précision de la détermination de la valeur de chaque facteur statique seront admises.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### > Période de suivi

Durées prévues des périodes de mise au point, et d'exploitation : le PMV indiquera, sous ce chapitre, les durées prévues pour chacune des périodes, ainsi que les éventuelles spécificités en termes de fréquence de mesurage et de rapports intermédiaires.

### Fréquence des mesurages

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	mensuelle ou hebdomadaire, voire journalier ou horaire	mensuelle ou hebdomadaire, voire journalier ou horaire	à proposer par l'Organisme
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### > Formes d'ajustement

#### Formes d'ajustement recommandées

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Compilation sommaire	Section 1, 3.2.3	Section 1, 3.2.3
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### > Modalités, équation et données d'ajustement

<sup>32</sup> NMBE : NMBE (*Normalized Mean Bias Error*) : se calcule, pour un facteur statique de valeur  $y$ , selon la formule suivante :

$$NMBE_{fs} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - \bar{y}|}{n\bar{y}} * 100 \text{ avec :}$$

$Y_i$  : observation mesurée de la valeur du Facteur statique à l'intervalle  $i$

$n$  : nombre d'intervalles de mesure, cohérent à celui utilisé pour la détermination du modèle.

$\bar{y}$  : moyenne des observations de  $y$  pour les  $n$  intervalles de mesure.

Par exemple : si le valeur de l'incertitude associée à la mesure de  $y$  est de 3%, la variation totale en deçà de laquelle aucun ABR ne pourra être déclenché est de 8% :  $NMBE_{fs} > 8\%$

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Compilation selon Section 3, 3.1,	Section 1, § 3.2.3 ou, selon les cas, indication du principe retenu sans les données exactes (M2, M4)	Section 1, § 3.2.3
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

> **Prix de l'énergie à prendre en compte**

**Structure tarifaire en vigueur**

Le prix de l'énergie n'entre pas dans l'évaluation des résultats du PLAGE. Il ne sera indiqué que pour le calcul du ratio coût des opérations de M&V / gain réalisé. La valeur de référence – indépendante des politiques tarifaires spécifiques- sera communiquée par Bruxelles Environnement.

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Selon données communiquées par Bruxelles Environnement		
PA Définitif après traitement des remarques du Réviseur.			

**Modalités d'actualisation des prix de l'énergie**

Il est demandé de ne pas faire de calcul d'actualisation des prix de l'énergie

> **Instrumentation de mesure**

**Règle applicable aux compteurs**

L'instrumentation devra être conforme aux spécifications selon le document « [Synthèse des compteurs à prévoir selon les réglementations chauffage et climatisation PEB et la fourniture d'énergie en région de Bruxelles-Capitale](#) », disponible sur le site internet de Bruxelles-Environnement (section Chauffage et Climatisation – PEB, documents utiles) .

Il est précisé que dans le cas de la Méthode M2, le fait de considérer les valeurs issues de deux modèles, l'un pour la période *ante* l'autre pour la période *post* revient à inclure dans l'ensemble des incertitudes des modèles toutes les erreurs de mesure autres que celles liées à la justesse de la mesure<sup>33</sup>. Dans le cas où le compteur n'est pas remplacé entre la période ante et la période post,

<sup>33</sup> **biais instrumental**, m

erreur de justesse d'un instrument, f

différence entre la moyenne d'**indications** répétées et une **valeur de référence** (JCGM 200 2008). Il est donc fait état ici de toutes les autres composantes de l'incertitude de mesure telle que l'incertitude définitionnelle : Par exemple une incertitude aléatoire de type A obtenue par une analyse statistique des valeurs mesurées obtenues dans des conditions définies de mesurage (JCGM 200 2008).

cette dernière peut être, le plus souvent négligée. Dans le cas contraire il conviendra de procéder à un étalonnage<sup>34</sup> des deux appareils, afin de caler les mesures.

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Sans objet	Mesures considérées sans erreurs selon IPMVP EVO 10000-1:2016(FR) si compteurs de facturation. Dans tous les autres cas l'incertitude de mesure sera prise en compte, pour la détermination de l'incertitude globale des économies. <sup>35</sup>	Les incertitudes liées aux compteurs non transactionnels seront prises en compte dans l'incertitude globale.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Règle applicable aux données non mesurées directement

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Propagation d'incertitude sur l'ensemble du périmètre d'engagement.	Incertainité sur les données : Estimation justifiée, Type B selon JCGM 100	Incertainité sur les données : Estimation justifiée, Type B selon JCGM 100
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Taux de disponibilité de la chaîne de mesure

<sup>34</sup> ISO 9001:2008 quality management requirements

#### 7.6 Control of monitoring and measuring devices

The organization shall determine the monitoring and measurement to be undertaken and the monitoring and measuring devices needed to provide evidence of conformity of product to determined requirements.

The organization shall establish processes to ensure that monitoring and measurement can be carried out and are carried out in a manner that is consistent with the monitoring and measurement requirements.

Where necessary to ensure valid results, measuring equipment shall

- a) be calibrated or verified at specified intervals, or prior to use, against measurement standards traceable to international or national measurement standards; where no such standards exist, the basis used for calibration or verification shall be recorded;
- b) be adjusted or re-adjusted as necessary;
- c) be identified to enable the calibration status to be determined;
- d) be safeguarded from adjustments that would invalidate the measurement result;
- e) be protected from damage and deterioration during handling, maintenance and storage.

In addition, the organization shall assess and record the validity of the previous measuring results when the equipment is found not to conform to requirements.

The organization shall take appropriate action on the equipment and any product affected.

Records of the results of calibration and verification shall be maintained (see 4.2.4).

When used in the monitoring and measurement of specified requirements, the ability of computer software to satisfy the intended application shall be confirmed. This shall be undertaken prior to initial use and reconfirmed as necessary.

<sup>35</sup> On se référera au document : Synthèse des compteurs à prévoir selon la fourniture d'énergie et les réglementations chauffage et climatisation PEB en région de Bruxelles-Capitale.

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Sans objet (addition)	au minimum de 90% pour toute période de suivi	au minimum de 95% pour toute période de suivi
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Instrumentation complémentaire mise en œuvre au titre du projet

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Selon proposition de l'Organisme		
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Utilisation de systèmes de traitement des données :

- Protocoles de communication autorisés : Modbus RTU, Modbus TCP, BACnet (MS/TP ou IP), KNX, LonWorks. D'autres protocoles peuvent être autorisés sur demande justifiée, pour autant que la documentation du protocole soit publique.

Enregistreurs portatifs : équipements à faire valider par Bruxelles Environnement ou disposant d'un certificat d'étalonnage BELAC.

### Opérations de commissionnement continu de la chaîne de mesure

*Opérations de contrôle liées à la maintenance de la chaîne de mesure.*

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Contrôle de la compilation et des erreurs de saisie	Description complète en annexe au PMV, opérations de maintenance, méthode de détection d'erreurs et de dérive, etc.	Dans le cas de l'Option B, idem que pour PMV du Bâtiment.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Mise en service

Pour systèmes ou contrôleurs mis en place définitivement au titre du projet, description des opérations de réception.

### Maintenance et réétalonnage

Pour systèmes ou contrôleurs mis en place définitivement au titre du projet, description des gammes de maintenance et, le cas échéant, des procédures de réétalonnage périodique.

### Détection des dérives, incohérences et interruptions de service :

Pour tout systèmes de mesures ou compteurs, description des méthodes employées pour la détection des dérives.

### Traitement des données perdues

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Méthode de correction applicable <sup>36</sup>	Méthode de correction applicable	Méthode de correction applicable
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

#### > Répartition des compétences et des responsabilités

### Situation de référence

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Etablissement et description par l'Organisme		
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Etablissement du PMV et de ses annexes

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Etablissement et description par l'Organisme		
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Suivi de la période de Mise en œuvre

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Description en conformité aux chapitres de la Section 3 du présent document.	Description en conformité aux chapitres de la Section 3 du présent document.	Description à établir selon le cadre donné par les chapitres de la Section 3 du présent document, de manière à supporter le suivi du PMV du Bâtiment.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

#### > Incertitudes sur l'atteinte de la performance garantie

### Obligations de l'Organisme et Annexe de calcul

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Combinaison des incertitudes des PMV du Bâtiment, selon	Calcul selon Uncertainty Assesement for IPMVP : EVO 10100-1 :2018, modèle	Calcul selon Uncertainty Assesement for IPMVP : EVO 10100-1 :2018, modèle

<sup>36</sup> Par exemple : lors du suivi post : détermination des valeurs manquantes par interpolation à partir d'un modèle de la période post constitué à partir des seules valeurs relevées.

	« Uncertainty Assessment for IPMVP: EVO 10100-1 :2018 »	d'ajustement considéré, comptages, Facteurs Pertinents, nombre de mesures.	d'ajustement considéré, comptages, Facteurs Pertinents, nombre de mesures. Propagation d'incertitudes dans le cas d'incertitudes de type B selon JCGM 100-2008 (estimation des incertitudes des effets interactifs et des estimations dans le cas d'Option A effectuée par des méthodes appropriées, par ex : Méthode Monte-Carlo : cf note 49)
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

### Niveau et Intervalle de confiance admissibles

Impact du nombre de mesures :

Les valeurs maximales admissibles de l'incertitude couverte à niveau de confiance de 90% sur le gain réglementaire pour l'ensemble d'un périmètre d'engagement PLAGÉ du Programme d'Actions<sup>37</sup> sont de :

- Nombre de bâtiments du PA  $n > 20$

+/- 1,5% de la consommation de référence de la consommation totale du parc immobilier de l'organisme soumis à PLAGÉ de la consommation totale du parc immobilier de l'organisme soumis à PLAGÉ à 90% de niveau de confiance.

- Nombre de bâtiments du PA  $n \leq 20$

+/-  $5 * n^{-0,4}$  % de la consommation de référence de l'ensemble du parc immobilier à 90% de niveau de confiance.

Valeur prédite dans le PMV :

La valeur d'incertitude prédite dans le PMV et établie selon les données de référence communiquées au chapitre 5.2 sera recalculée avec les valeurs effectives relevées pour le rapport d'évaluation.

### > Budget de M&V et allocation de ressources

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Cumul des valeurs des PMV du Bâtiment	Instrumentation permanente sur budget séparant monitoring et M&V	Instrumentation permanente sur budget spécifique M&V
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

<sup>37</sup> Référence : AGR PLAGE Annexe 7

> **Rapport de vérification (= rapport d'évaluation de la performance PLAGE)**

Le rapport de vérification sera établi selon les règles décrites à la Section 3 « Evaluation de la performance PLAGE.

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Selon Section 3	Selon Section 3	Selon Section 3, en complément du PMV du Bâtiment.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

> **Plan d'assurance qualité**

ETAPE	PMV du PA et de Groupe	PMV du Bâtiment	PMV isolé (optionnel)
Projet de PA	Description des procédures d'Assurance Qualité pour l'ensemble des activités de M&V, incluant la validation des données de référence prises en compte par l'Organisme	Renvoi au PMV d'ensemble d'engagement réglementaire, mentions spécifiques, le cas échéant.	Renvoi au PMV du Bâtiment, mentions spécifiques, le cas échéant.
PA Définitif	Version définitive du PMV du PA après traitement des remarques du Réviseur.		

## 5 SECTION 3 – ÉVALUATION DE LA PERFORMANCE PLAGE

### 5.1 PRÉAMBULE

---

#### 5.1.1 DÉFINITIONS

##### Période de suivi

Intervalle de temps qui suit la mise en œuvre d'une AAPE, pendant lequel, la comptabilité énergétique ayant été mise en place, des rapports intermédiaires de suivi des *économies*, conformes à l'IPMVP, sont produits. Cette période est fixée par la réglementation PLAGE comme devant se dérouler à l'intérieur de la Phase 2 dite de Mise en Œuvre. Elle est également fixée par l'IPMVP d'une durée couvrant au moins un cycle de charge complet du périmètre visé par le Plan de M&V. Ainsi dans le cas des bâtiments individuels, cette période sera au minimum de 12 mois, et correspondra au dernier tiers de la période de Mise en Œuvre.

##### Intervalles de mesure

Intervalles de temps au cours desquels une valeur agrégée est définie pour chacune des variables définissant un *modèle énergétique*. Ces intervalles sont définis lors de la constitution du modèle, et sont d'application pour les mesures réalisées durant la période de preuve. Ils peuvent être très variables selon le degré de précision souhaité : 15 minutes, pas horaire, pas journalier, pas hebdomadaire ou - au maximum - pas mensuel.

### 5.2 OPÉRATIONS DE VÉRIFICATION OPÉRATIONNELLE

---

Pour chaque groupe d'AAPE, l'Organisme procédera, selon les termes qu'il aura décrits au chapitre 2 du Plan de Mesures et de Vérification, à un contrôle qui consiste à vérifier que l'AAPE est correctement installée, et qu'elle fonctionne conformément aux spécifications issues des études détaillées. Une vérification du potentiel d'économies, selon les objectifs prévus dans le programme d'actions, sera effectuée.

Un rapport de Vérification Opérationnelle sera transmis au Réviseur pour vérification, information et archivage. Ce rapport, pourra, par la suite, faciliter – en cas de non atteinte de la performance, la recherche des causes.

**Cette vérification opérationnelle** implique des inspections, des tests de performance fonctionnelle et l'analyse des tendances de données. Voir Chapitre 5.5 IPMVP Principes Fondamentaux, EVO 10000-1 :2016 (FR).



## 5.3 MÉCANISMES DE VÉRIFICATION

### 5.3.1 INDICATEUR D'AMÉLIORATION DE LA PERFORMANCE PLAGE MESURÉE

#### > Définition

La réglementation PLAGE impose que l'expression des gains se fasse en énergie primaire, normalisée selon une référence fixée<sup>38</sup>. Le calcul de la valeur des gains se fera donc différemment selon la méthode d'ajustement considérée (cf chapitre 3.2.3). Les résultats, exprimés en kWh d'énergie primaire, sans mise en perspective par rapport à une consommation de référence, seront difficilement lisibles pour un monitoring à long terme.

Il est donc demandé aux utilisateurs de la Méthode IPMVP de combiner l'expression des gains telle qu'exigée par la réglementation PLAGE à celle d'un indicateur simple à manipuler et offrant une grande lisibilité. Par ailleurs, cet indicateur permet de calculer simplement la valeur du gain normalisé dans des cas où l'on ne dispose pas d'un modèle de la période de référence tel qu'exigé dans la méthode de normalisation de l'IPMVP (selon Méthode M2b chapitre 3.2.3). Le détail de ce calcul est donné plus avant.

Cet indicateur, dénommé « IPP<sub>x</sub> » (**Indicateur de l'amélioration de la Performance PLAGE** mesurée) existe sous deux formes, différenciées par l'indice x : IPP<sub>f</sub> indicateur de performance en énergie finale et IPP<sub>p</sub> indicateur de performance en énergie primaire.

Chacun d'eux établit le différentiel de performance à tout moment d'une période de suivi quelconque, en prenant pour référence la somme des consommations en énergie finale - respectivement primaire - de la période de référence de chaque objet du périmètre d'engagement, tel que défini dans le Plan de Mesure et de Vérification du projet.

**L'indicateur IPP<sub>f</sub> - respectivement IPP<sub>p</sub> - est calculé** en divisant, pour chaque groupe de mesures couvrant un intervalle de temps *i* de la période de **preuve** :

- la somme des consommations en énergie finale - respectivement primaire - de l'ensemble des consommateurs sur le périmètre d'engagement d'un groupe homogène *k*,
- par l'énergie finale - respectivement primaire - de la **période de modélisation**, sur le même périmètre d'engagement.

La consommation individuelle, par objet, de l'une des deux périodes ou des deux, est ajustée de telle manière que les deux valeurs de consommation soient exprimées pour des conditions identiques (facteurs pertinents, facteurs statiques). Le résultat du quotient est multiplié par 100.

<sup>38</sup> Voir sous Protocole PLAGE § 4.3.7 « Transformation en énergie primaire »

Ainsi, l'amélioration de la phase en cours, par rapport aux objectifs globaux du projet, sera exprimée conventionnellement par :

$$(100-IPP_x).$$

On considérera usuellement l'ajustement d'une seule des deux périodes ante/post aux conditions rencontrées durant l'autre période, respectivement post/ante.

- Un index  $IPP_x$  inférieur à 100 indique un gain.
- Un indice  $IPP_x$  de 60 indique une amélioration de la performance de cette même phase de 40% (100-60).
- Dans le cas de CPE et d'usage de groupes de travaux, la compilation des  $IPP_x$  de groupe pour obtenir l' $IPP_x$  total du Programme d'Actions se fait de la même manière que pour le calcul des  $IPP_x$  de groupe en considérant l'ensemble des objets des groupes constitutifs du périmètre d'ensemble.

### Règle corollaire :

#### Conditions de validité du Modèle d'ajustement de la consommation d'énergie :

- La moyenne de l'indice  $IPP_x$  de l'ensemble des observations de la période de référence sera exactement égale à 100.
- Le coefficient de variation de l'erreur type sera inférieur à une valeur typique de 25%.
- La période de référence couvre un cycle de charge complet de l'objet considéré (bâtiment, équipement, etc.).
- Le nombre d'intervalles d'observations  $i$  sera au moins égal à 12 mois, 52 semaines, 365 jours, ou 8760 heures.

#### > Expression de l' $IPP_x$

Deux méthodes sont possibles, afin de préserver la cohérence dans la signification de l'indicateur (On cherche toujours à estimer le différentiel dans le sens de la flèche du temps) :

#### – Forme ante-post

La période de preuve est **post**-changement, la période d'établissement du modèle précède le changement (travaux ou services) :

$$IPP_{x,k,i} = \frac{100 * Es_i}{Ep_i} = \frac{100 * \sum_1^j es_{ij}}{\sum_1^j (er_{ij} + \sum_1^n A_{vij})}$$

#### – Forme post-ante

La période de preuve est **ante**-changement, la période d'établissement du modèle est postérieure au changement (travaux ou services)

$$IPP_{x,k,i} = \frac{100 * Ep_i}{Es_i} = \frac{100 * \sum_1^j (er_{ij} + \sum_1^n A_{vij})}{\sum_1^j es_{ij}}$$

**Es<sub>i</sub>** : Somme des Energies finales ou primaires de la période de **preuve**, pour l'intervalle de mesure **i** (mois, semaine, jour, heure) et pour le groupe **k** du périmètre d'engagement.

**es<sub>ij</sub>** : Energie finale ou primaire de la période de **preuve**, pour l'intervalle de mesure **i** (mois, semaine, jour, heure) et pour un objet **j** du périmètre d'engagement.

**Ep<sub>i</sub>** : Somme des Energies finales respectivement primaires prédites par le modèle des observations sur la **période de preuve**, pour l'intervalle de mesure **i**, et pour le périmètre d'engagement.

**er<sub>ij</sub>** : Energie finale respectivement primaire de la période **d'établissement du modèle**, pour l'intervalle de mesure **i**, pour un objet **j** constituant du périmètre d'engagement.

**A<sub>vij</sub>** : Ajustement en fonction de **n** variables **v** (**v<sub>1</sub>, ..., v<sub>n</sub>**) et / ou de facteurs statiques pilotes de l'énergie, permettant d'exprimer les consommations dans les mêmes conditions (Voir le protocole IPMVP).

- Dans l'ajustement **ante-post**, la période d'établissement du modèle est la période de référence réglementaire, la période de preuve étant la période **post**-travaux en Phase 2, considérée pour le bâtiment.
- Dans l'ajustement **post-ante**, la période d'établissement du modèle est **postérieure** aux travaux, elle se situe au cours de la Phase 2. La période de preuve est la période **ante**, en Phase 1, précédant le changement dont on souhaite mesurer l'impact.

Deux cas sont à distinguer :

1. Le premier cas est celui des périodes **ante** pour lesquelles on ne dispose que d'une valeur de consommation annuelle finale connue de manière certaine (facture). La normalisation exige de connaître le coefficient de la variable normalisée DJ dans une régression  $E = f(DJ)$ . Si ce coefficient ne peut être trouvé, l'indicateur IPP qui exprimera, dans ce cas, un gain relatif à une situation **post** connue va permettre de calculer le gain en kWh normalisés. Rappelons que ce gain « virtuel » correspond à celui *qui aurait été réalisé* en année ante si l'on avait déjà bénéficié des AAPE mises en place au cours des travaux.

Il est alors possible de calculer le montant en kWh normalisés du gain en multipliant la valeur de consommation **normalisée** post par le gain relatif représenté par l'indice IPP. Le calcul est donné pour l'IPP<sub>f</sub> en annexe 2 au présent document.

2. Le second cas est celui des périodes **ante-post** englobant un changement dans les valeurs des conditions (dépassement des limites de validité du modèle utilisé jusqu'alors) : On a alors recours au chainage (méthode M4) la période d'établissement du modèle est la période comprenant des valeurs de conditions hors limites (**post**) et la période de preuve est la période précédant le changement.

### > Règle de composition des IPP lors des chaînages (méthode M4)

Lors d'un chaînage, par exemple dans le cas de travaux répartis sur plusieurs cycles PLAGE, il y a rupture du lien entre période de preuve et période d'établissement du modèle, et changement de la nature de celles-ci (Voir précédemment).

**Règle :** l'IPP<sub>x</sub> d'une année **t** quelconque, après un chaînage, est établi en multipliant l'IPP<sub>x</sub> mesuré en rétrospectif entre la période d'établissement du modèle considéré et la période de preuve **ante** par l'IPP<sub>x</sub> de l'année **t**, mesuré au moyen d'un ajustement **ante-post**, par rapport à la période d'établissement du modèle considéré. Le résultat est ensuite divisé par 100.

Cette règle peut être généralisée à **j** occurrences de changement, sur la durée totale du Programme d'Actions. On obtient alors la formule générique :

$$IPP_{x,i} = \prod_{j=1}^k \frac{IPP_{x_j}}{100^j}$$

**IPP<sub>x<sub>i</sub></sub>** est l'IPP<sub>x</sub> ( x : énergie finale *f* ou énergie primaire *p*) à tout moment postérieur aux **j** changements de modèle d'ajustement, à la suite d'un chaînage entre un ajustement **post-ante** et un ajustement **ante-post**.

**j** représente l'occurrence d'un changement de modèle d'ajustement.

Exemple :

Calcul de l'IPP<sub>f</sub> de l'année qui suit l'année stabilisée de preuve, dans une situation où le gain de la période stabilisée de preuve est mesuré par ajustement rétrospectif, du fait du manque de qualité des données partielles de l'année de référence :

**1 Calcul de l'IPP<sub>f</sub> de l'année 1 (période stabilisée de preuve) :**

Energie relevée année de référence : 35MWh

Energie ajustée de la période stabilisée de preuve (aux conditions de l'année de référence) : 28MWh

$$IPP_{f1} = 100 * E_s / E_p = 100 * 28 / 35 = 80.$$

**2 Calcul de l'IPP<sub>f</sub> global de l'année 2 suivant la période stabilisée de preuve (année 1) :**

Energie relevée durant l'année 2 : 26 MWh

Energie ajustée de la période stabilisée de preuve aux conditions de l'année 2 : 29 MWh

**2.1 Calcul de l'IPP<sub>f</sub> entre année 1 et année 2 :**

$$IPP_{f2} = 100 * E_s / E_p = 100 * 26 / 29 = 89.65$$

**2.2 Calcul de l'IPP<sub>f</sub> global de l'année 2 :**

$$IPP_f \text{ chaîné} = IPP_{f2} * IPP_{f1} / 100 = 80 * 89.65 / 100 = 71.72$$

## > Propagation d'incertitude

Incertitude IPP<sub>x</sub>:

L'**incertitude-type relative** sur l'IPP<sub>x</sub> est la somme quadratique des erreurs-types relatives sur **Es** et **Ep**, multipliées par le nombre de mesures **n** et par le nombre de modèles **m** (bâtiments individuels).

Son incertitude relative, couverte pour un niveau de confiance de 90%, est obtenue en multipliant l'incertitude relative-type par le facteur de couverture dont le degré de liberté qui sera, ici, de **j(n-p-1)<sup>39</sup>**, lequel sera très probablement – compte tenu du nombre élevé de mesures – équivalent à **z** (multiple de l'écart-type, sur une distribution normale).

Incertitude-type Es :

Somme quadratique des erreurs de mesure de la période de preuve (si les mesures sont effectuées avec un compteur de transaction financière, ces erreurs-types sont limitées aux erreurs concernant les mesures des valeurs des Facteurs Pertinents, durant la période de preuve). Dans le cas de la Méthode M2 « Normalisée » comme l'on utilise deux modèles, l'erreur type de chacun d'eux contiendra les erreurs liées à la mesure tant des facteurs pertinents que du compteur pris en compte.

Incertitude-type Ep :

RMSE du modèle de chaque périmètre.

Ainsi :

- L'incertitude-type de **Ep**, pour le groupe **k** de **m** modèles, avec **n** observations, avec le coefficient de majoration de l'erreur du modèle  $\gamma$  (cf chapitre 3.2.8) se résume par l'équation :

$$\delta Ep_k = \gamma \left( \sum_{j=1}^{j=m} (n S_j^2) \right)^{1/2}$$

Avec S l'incertitude-type du modèle (RMSE ou préférablement PRESS RMSE)

- L'incertitude-type de **Es**, pour le groupe **k** de **m** modèles, avec **n** observations d'erreur-type **ETm**, avec le coefficient de majoration de l'erreur du modèle  $\gamma'$  (cf chapitre 3.2.8) se résume par l'équation :

$$\delta Es_k = \gamma' \left( \sum_{j=1}^{j=m} (n ETm_j^2) \right)^{1/2}$$

---

<sup>39</sup> Avec n observations et p variables

- **L'incertitude-type relative** propagée sur l'IPP du groupe **k**, se résume donc par l'équation :

$$\frac{\delta IPP_k}{IPP_k} = \left( \left( \frac{\delta Ep_k}{Ep_k} \right)^2 + \left( \frac{\delta Es_k}{Es_k} \right)^2 \right)^{1/2}$$

- **L'incertitude relative** couverte sur l'IPP du groupe **k** (pour un grand nombre de degrés de liberté), se résume par l'équation, avec le facteur de couverture « gaussien » **z** correspondant à un niveau de confiance de 90% :

$$\frac{\Delta IPP_k}{IPP_k}_{z:90\%} = z_{90\%} \frac{\delta IPP_k}{IPP_k}$$

Dans le cas de chaînages, *les erreurs-types relatives* des produits s'additionnent quadratiquement.

Calcul des degrés de liberté applicables pour la détermination du facteur de couverture final :

cf chapitre 3.2.8

### 5.3.2 PHASE(S) DE MISE EN OEUVRE

La phase Mise en œuvre fait suite à la phase de Programmation. La phase de Mise en Œuvre peut, selon la conception initiale du projet, répondre à deux objectifs :

#### **Objectif 1 :**

Selon les bâtiments et le calendrier des AAPE, la détermination des gains générés par les AAPE mises en œuvre au cours du cycle PLAGE considéré. Ceux-ci, par compilation, quantifient le niveau de performance permettant d'assurer - au niveau du Parc Immobilier - le respect de l'Objectif PLAGE, pour le cycle en cours.

#### **Objectif 2 :**

Le maintien du niveau de performance atteint au cours d'un cycle PLAGE précédent.

## 5.4 RAPPORTS

---

### 5.4.1 DÉFINITION

Les rapports de M&V doivent être préparés et présentés comme décrits dans le *Plan de M&V* (IPMVP Principes Fondamentaux EVO 10000-1 :2016 (FR), chapitre 7 : Contenu du *Plan de M&V*) ainsi que son chapitre 7.4.

### 5.4.2 TYPES DE RAPPORTS ET PUBLIC CIBLE

#### > Rapports d'exploitation

Ces rapports, élaborés par le Conseil ou Référent M&V de l'Organisme, sont destinés à son Coordinateur PLAGE et à son Réviseur. Ils seront rédigés de façon à être facilement compréhensibles par leurs lecteurs.

Ces rapports contiennent :

- Les données observées pendant la *période de suivi, pour chacun des intervalles de mesure (mensuel, journalier ou horaire)* : début et fin de la période de *mesurage*, données de consommation d'énergie et valeurs des Facteurs Pertinents.
- La valeur de deux indices IPP : Prévisionnel et Mesuré, pour la période de suivi en cours.

Ils n'ont pas vocation à une évaluation « réglementaire » des niveaux de performance. Ils sont essentiellement destinés à permettre un suivi de la performance atteinte par l'Organisme et, le cas échéant, un échange sur les raisons de sur ou de sous performance. Au cours d'éventuelles réunions organisées ad-hoc<sup>40</sup>, entre le Coordinateur, son Conseil M&V et le Réviseur, il sera procédé à un examen des facteurs statiques et de l'éventualité d'une modification pour la période passée ou à venir. De telles « révisions » peuvent révéler des informations utiles concernant la consommation d'énergie du bâtiment et ses spécificités, et la façon dont le personnel pourra bénéficier des informations supplémentaires sur les caractéristiques de consommation d'énergie de leur bâtiment.

Un compte rendu pourra être dressé par l'Organisme et adjoint au rapport de suivi réglementaire afin de justifier les changements ayant conduit à des Ajustements de la Base de Référence, par exemple, ou des circonstances exceptionnelles pouvant expliquer un défaut de performance.

---

<sup>40</sup> De telles réunions peuvent être organisées par le Réviseur sur proposition motivée du Coordinateur de l'Organisme et accord de Bruxelles Environnement

## > Rapports réglementaires

Ces rapports, à vocation réglementaire au sens où ils servent à établir l'atteinte ou non de l'engagement PLAGE, ainsi que l'évaluation des sur- ou sous-performances, sont destinés à Bruxelles Environnement après validation par le Réviseur durant la Phase 3 d'*Evaluation*.

Ils seront établis, et soumis à Bruxelles Environnement pour chacun des périmètres de mesure constituant la mesure du périmètre d'engagement :

- Périmètre isolé (le cas échéant)
- Bâtiment(s)
- Programme d'Actions

### Rapports de Vérification ou RMV

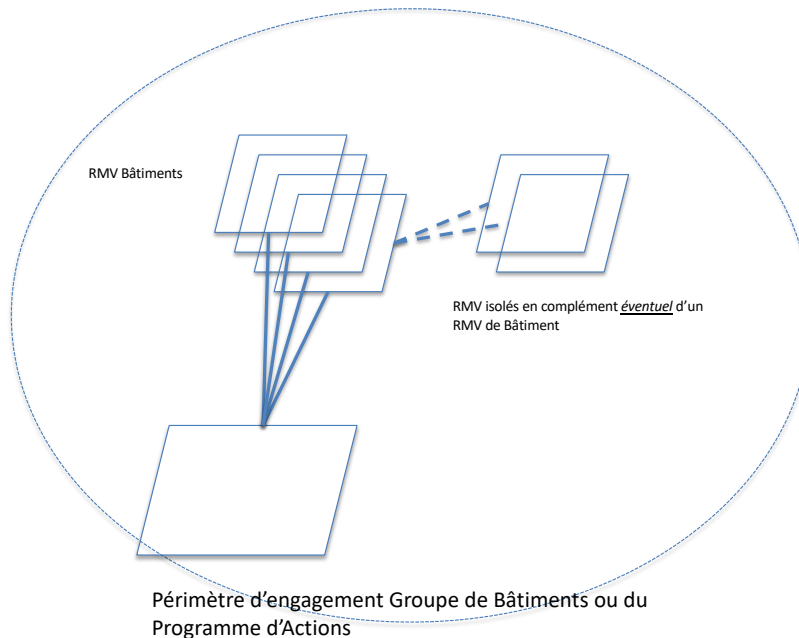


Figure 7 : hiérarchie des Rapports réglementaires de vérification (RMV)

Ils comprendront les éléments décrits dans le Chapitre 13 du Plan de M&V, et au moins les éléments suivants :

- Les données observées pendant la *période de suivi* : début et fin de la période de *mesurage*, données de consommation d'*énergie* et valeurs des Facteurs Pertinents.
- Les indices  $IPP_{(f,p)}$  ( en énergie finale et en énergie primaire) prévisionnel et mesuré pour la période considérée.
- Les valeurs des gains de performance en kWh d'énergie finale avant normalisation, en kWh d'énergie finale après normalisation et en kWh d'énergie primaire après normalisation
- L'intervalle de confiance à 90% associé à la détermination des  $IPP_x$ .



- Le Coefficient de variation de l'écart-type du gain,  $CV_{\text{gain}}^{41}$  tout au long de la période de preuve.
- La description et la justification de toutes les corrections apportées aux données observées.
- Le taux effectif de disponibilité de l'instrumentation utilisée pour déterminer les économies.
- La description des éventuelles actions correctrices mises en œuvre à la suite d'une ou de plusieurs défaillance(s) dans la ou les chaînes de mesure.
- Pour l'Option A, les valeurs estimées convenues.
- Le tableau des tarifs de l'énergie utilisé.
- Les détails de tous les *ajustements non périodiques* effectués par rapport à la *situation de référence* : explication du changement des conditions depuis la *période de référence*, faits et hypothèses observés et calculs d'ingénierie menant aux ajustements.
- Les *économies* calculées en kWh d'énergie primaire, normalisées aux conditions fixées par la réglementation PLAGE, et, indépendamment de cette dernière, dans le cas d'une obligation contractuelle d'un Contrat de Performance Energétique, en unités monétaires ainsi qu'en quantités de réduction d'émission de GeS.
- L'intervalle de confiance à 90% de la mesure des *économies* calculées en kWh d'énergie primaire, normalisées aux conditions fixées par la réglementation PLAGE.

Dans le cas du rapport de fin de Phase de Mise en Œuvre, il est rappelé que pour l'ajustement rétrospectif (Type M2), le gain effectif ne pourra être déterminé qu'en fin de période<sup>42</sup>. Ce rapport servira de base pour l'évaluation du respect de l'Objectif PLAGE.

Pour des rapports d'agrégation, et notamment le rapport final du Programme d'Actions (*Rapport d'Évaluation*), il sera admis que des données répétitives sur l'ensemble du PA ne se trouvent détaillées que dans celui-ci, pour autant que les rapports individuels renvoient, concernant le chapitre correspondant, vers ce document.

## > Périodicité des rapports de suivi réglementaires

Les rapports de suivi réglementaire seront produits selon les périodes types aux fréquences indiquées dans le tableau ci-après :

---

<sup>41</sup> Le détail du calcul en est donné au chapitre 5.5.2

<sup>42</sup> Une estimation de plus en plus précise, pourra tout de même être faite au fur et à mesure de l'avancement dès que le modèle d'ajustement de la période post travaux se sera lui-même stabilisé en termes de coefficients. A cette fin, il sera nécessaire de disposer de données à un pas de temps court : pas de temps journalier, ou au plus long, hebdomadaire. Il sera alors possible d'opérer un premier ajustement sur les données des Facteurs Pertinents de la période ante et d'extrapoler un gain annuel, et de déterminer, par la méthode du CUSUM sur l'IPP, le niveau de stabilité des gains obtenus .

Période Type	Fréquence
PHASE DE MISE EN ŒUVRE	
Par périmètre isolé (le cas échéant)	Annuelle.
Par Bâtiment	Annuelle.
Par Groupe (le cas échéant)	Annuelle, par groupe jusqu'à la fin de la période de mesure du dernier Groupe.
Ensemble du périmètre d'engagement	Annuelle, pour l'ensemble du Programme d'Action.

### > **Format-type des rapports**

Les formats-types des rapports d'exploitation et de suivi réglementaire seront proposés au titre du Chapitre 13 du Plan de M&V, ils seront basés sur le modèle disponible sur la plateforme web PLAGÉ.

## **5.5 GARANTIE DE PERFORMANCE SUR LA PÉRIODE DE SUIVI**

### **5.5.1 DÉFINITIONS DE LA GARANTIE DE PERFORMANCE**

De manière générale, et pour un éventuel CPE :

On définit « garantie de performance » par l'ensemble des actions, procédés, livrables, approches règlementées, etc., participant à une activité d'ingénierie, et aboutissant à la réalisation, sous forme d'une obligation de fin de travaux ou de services, dans le but d'améliorer ou de maintenir la performance énergétique d'un (ou de plusieurs) bâtiment(s).

Dans le cadre particulier du PLAGÉ :

Dans le cadre particulier de PLAGÉ, la garantie de performance est l'ensemble des actions destinées à améliorer le niveau de performance de façon que celui-ci réponde aux obligations fixées à l'Organisme dans le cadre du programme PLAGÉ.

### **5.5.2 OBLIGATION DE STABILITÉ DES GAINS SUR LA PÉRIODE DITE « STABILISÉE DE PREUVE »**

Afin de garantir une pérennité des gains observés durant la période de preuve, l'Organisme devra prouver leur stabilité tout au long de cette période. A cette fin, le rapport réglementaire indiquera l'indicateur  $CV_{\text{gain}}$ .

Valeur du  $CV_{\text{gain}}$  maximal sur l'ensemble de la période de preuve : 20%

Mode de calcul du  $CV_{\text{gain}}$  :

Le Coefficient de variation de l'écart type des observations de gain se calcule comme suit :

$$CV_{\text{gain}} = \frac{\sigma_{IPP}}{\mu_{IPP}}$$

Avec :

$\sigma_{IPP}$  : écart-type des déterminations de l'Indice gain IPP sur l'ensemble des observations de la période stabilisée de preuve.

$\mu_{IPP}$  : Moyenne de l'indice IPP sur l'ensemble des observations de la période stabilisée de preuve.

### 5.5.3 SEUILS D'APPLICATION DES PÉNALITÉS ET BONIFICATIONS EN CAS DE SOUS ET SUR PERFORMANCES

Ce paragraphe décrit les conditions d'application des pénalités et bonifications décrites dans le protocole PLAGE, aux sections 4.9 et 4.10.

#### > Niveau et intervalle de confiance applicables

Les mesures de performance effectuées sont naturellement entachées d'une incertitude essentiellement conditionnée par :

- Les incertitudes de mesure de l'ensemble des Variables du Modèle d'ajustement (dépendantes et indépendantes).
- L'incertitude de l'ensemble des modèles applicables à chacun des objets ( système, bâtiment, groupe de bâtiments) d'un périmètre d'engagement.
- L'incertitude de prévision des modèles selon la valeur effective des facteurs pertinents en période de preuve.
- Le nombre de mesures effectuées, donc la durée des intervalles de mesures.
- Les hypothèses éventuelles effectuées par échantillonnage et/ou par estimations, dans le cas d'Options A.

Le Plan de M&V indiquera, au chapitre 10 et dans une note de calcul annexée, l'intervalle de confiance élargi pour un niveau de confiance de 90%.

Cet intervalle de confiance sera indiqué pour le calcul des différents  $IPP_{(f,p)}$  ainsi que, en valeur relative, pour les économies reportées en kWh.

### > Sous-performance

La sous-performance définie au point 2.6.3 du COBRACE<sup>43</sup> est établie de la façon suivante :

#### Pour chaque cycle PLAGÉ :

##### **Rapport d'évaluation**

La situation de sous-performance sera établie si la valeur des économies, constatée dans le rapport réglementaire, compilées sur l'ensemble du Programme d'Action pour un cycle PLAGÉ donné, est inférieure à la valeur fixée pour l'Organisme pour le cycle PLAGÉ en cours, moins la valeur d'un demi-intervalle de confiance calculé au titre du chapitre 11 du Plan de M&V du Programme d'Action,

Dans le cas de la situation de sous-performance, l'Organisme obtiendra un rapport de Bruxelles Environnement l'invitant à justifier des écarts et à soumettre des palliatifs pour le cycle PLAGÉ suivant. Bruxelles Environnement se réserve le droit d'appliquer les pénalités réglementaires prévues par la réglementation PLAGÉ.

### > Surperformance et report de gains au cycle PLAGÉ suivant

La surperformance est établie au niveau du périmètre global de l'objectif PLAGÉ

**Règle applicable pour le calcul des excès d'économies transférables au cycle suivant en cas de surperformance : Voir annexe 7 de l'Arrêté du Gouvernement.**

---

<sup>43</sup> Ordonnance portant le Code bruxellois de l'Air, du Climat et de la Maîtrise de l'Energie du 2 Mai 2013.

## 6 ANNEXES

## 6.1 ANNEXE 1 : NORMALISATION DE LA RÉFÉRENCE EN ABSENCE D'UN MODÈLE COMPLET OU D'UN MODÈLE PRÉCIS

Le protocole PLAGE impose une collecte de données de mesurages pour la période ante AAPE. La durée de cette période de collecte est de 12 mois et les intervalles de mesure sont mensuels ou hebdomadaires.

Il est toutefois concevable que les données de cette collecte ante se révèlent incomplètes, déviantes et aboutissent à un modèle dont la qualité ne serait pas suffisante eu égard aux objectifs à atteindre en termes d'incertitude de la mesure sur l'ensemble des bâtiments du Programme d'Actions.

Il est alors possible de traiter la mesure avec un ajustement essentiellement post-ante (pilote par un modèle post, préférablement à pas de temps court, hebdomadaire au maximum), calculé avec les valeurs de la température normalisée PLAGE, et les autres valeurs de variables indépendantes relevées durant la période de référence, puis de déterminer la valeur de consommation annuelle de référence normalisée (selon les degrés jours PLAGE normalisés) comme suit :

$$QFRN_{z,s,l,o,b,a} = \frac{100 * QFPN_{z,s,l,o,b,a}}{IPP_f}$$

Où

- z est l'usage énergétique (chauffage, climatisation, électricité)
- s est la saison, si l'on peut disposer de données ante saisonnalisées ( par exemple saison de chauffe clairement identifiée par l'arrêt de la chaudière)
- a est l'année
- o est l'organisme
- b est le bâtiment
- l est le compteur

$QFRN_{z,s,l,o,b,a}$  : Consommation de référence normalisée en énergie finale, **prédite** dans les conditions normalisées pour l'usage énergétique z (chauffage, climatisation, électricité) et pour l'intervalle correspondant à la totalité de la saison s de l'année a, de la Période de Référence relative au compteur l du bâtiment b de l'organisme o.

$QFPN_{z,l,o,n,p}$  : Consommation normalisée prédite par le modèle post pour l'usage énergétique z pour l'intervalle k en énergie finale du mois p de la Période de Preuve pour le compteur l du bâtiment n de l'organisme o. Les valeurs de normalisation étant :

1. Température extérieure ou DJ normalisés PLAGE
2. Tous les autres paramètres à leur valeurs observées durant la période de référence

L'erreur-type propagée sera l'erreur-type annuelle du modèle post, majorée d'un coefficient tenant compte du ratio IPP<sub>post-ante</sub>/IPP<sub>ante-post</sub>. Ce coefficient sera de 1,2.

## 6.2 ANNEXE 2 : CALCULER LE MONTANT EN KWH NORMALISÉS DU GAIN EN MULTIPLIANT LA VALEUR DE CONSOMMATION EN ÉNERGIE FINALE POST NORMALISÉE PAR LE GAIN RELATIF REPRÉSENTÉ PAR L'INDICE IPP

$$ECO PA EF_{z,l,o,n,norm} = (100 - IPP_f) / IPP_f * \sum_1^{k=\omega} (QFP_{z,l,o,n,k} + App_{z,l,o,n,k,norm} + Anpp_{z,o,n,k,norm,surf})$$

Avec :

- $ECO PA EF_{z,l,o,n,norm}$  : Economies normalisées mesurées en énergie finale pour l'usage z, le compteur l du bâtiment n de l'organisme o.
- $\omega$  : Nombre d'observations d'intervalle t (hebdomadaire, mensuel) pour une période de modélisation. Typique 52, 12 mais peut être ajusté selon le type de modèle d'usage énergétique u.
- $QFP_{z,l,o,n,p}$  : Consommation de l'usage z pour l'intervalle k en énergie finale du mois p de la Période de Preuve pour le compteur l du bâtiment n de l'organisme o.
- $App_{z,l,o,n,k,norm}$  : Ajustement périodique de la consommation de l'usage z pour l'intervalle k – en fonction des observations des variables indépendantes du modèle *post* – de la consommation de l'intervalle k de la Période post à la valeur normalisée de la (ou des) variable(s) indépendante(s).
- $Anpp_{z,o,n,k,norm,surf}$  : Ajustement non périodique de la consommation mensuelle normalisée de l'usage z de l'intervalle k de la Période post pour le compteur l du bâtiment n de l'organisme o.

### Exemple :

Le Modèle Post-ante - exprimé en unités de gaz- d'un bâtiment est le suivant :  $124,346 * DJ + 74.151$  (u). Il a été déterminé par régression à partir des données de consommation mensuelles post et des degrés jours effectifs correspondants.

La somme des consommations Post est de 1.304.382 u

Le relevé unique ante est de 1.905.662 u

En appliquant la table des degrés jours normalisés à ce modèle, on obtient la consommation post normalisée :

$$\sum_1^{12} (Djnorm_i * 124,346 + 74151) = 1.323.656 u$$

En appliquant les degrés jours de la période ante à ce même modèle, on obtient la consommation projetée en ante (celle que l'on aurait eue durant la période ante si les APE avaient déjà été mises en œuvre.

$$\sum_1^{12} (Djante_i * 124,346 + 74151) = 1.298.413 u$$

Le gain annuel sur la période ante est donc de  $1.905.662u - 1.298.413u$  soit 607.249 u. En appliquant la formule de l'IPP dans sa forme post ante on obtient :

$$1.298.413 / 1.905.662 = IPP = 68,13$$

Le gain normalisé selon l'ajustement post-ante se calcule donc selon la formule indiquée dans cette section :

$$ECO PA EF_{z,l,o,n,norm} = \left( \frac{100 - 68,13}{68,13} \right) * 1323656 = 619.053 u +/- 6\%$$

Note : Si dans cet exemple on avait disposé du modèle ante-post et que l'on avait procédé à la démarche classique selon l'IPMVP le résultat eut été très voisin à 617180 u +/- 17%. La différence provient du fait que l'on utilise un seul modèle issu de la situation post. De ce fait, la qualité du modèle post étant généralement meilleure on obtient un résultat avec une meilleure précision. Dans le cas présent l'IPP post ante est calculé avec une précision de l'ordre de 4% - en considérant une erreur nulle sur les données de consommation- alors que l'IPP calculé avec les deux modèles, génère une incertitude de l'ordre de 11%. On voit ainsi que la valeur de consommation normalisée calculée par la méthode préconisée se trouve à l'intérieur de l'intervalle de confiance à 90% considéré dans le cas de la détermination classique

## 6.3 ANNEXE 3 : RENSEIGNEMENT DE LA VARIABLE FRÉQUENTATION

---

### 6.3.1 INTRODUCTION

La consommation d'énergie d'un bâtiment dépend de trois catégories de facteurs différentes :

- La *performance énergétique intrinsèque* du bâtiment et de ses équipements
- Les *conditions influentes (facteur pertinent)*, telles que la météorologie, l'activité humaine ou processus représentée par la fréquentation ou la production,
- De *propriétés invariantes* dans le *temps court (par rapport à un cycle PLAGE)*, telles que les aspects dimensionnels, architecturaux, constructifs ou autres éléments pouvant influencer la consommation de manière quasi constante.

Dans le cadre du PLAGE, on va s'intéresser à déterminer la *performance énergétique intrinsèque* du bâtiment et de ses équipements, toutes choses restant égales par ailleurs. Autrement dit, il va s'agir d'ajuster la consommation d'énergie que l'on aura mesurée avant travaux aux conditions rencontrées pendant la période de mise en œuvre ou d'évaluation, avant de comparer ce résultat à la consommation relevée durant cette même période. De manière à prendre en compte la variabilité de la performance en fonction de charges très différentes dans le temps, cette comparaison se fait pour chacune des observations correspondant à un pas de temps de mesure durant la totalité de la période visée, par exemple : chaque semaine ou chaque mois des périodes de relevés de la référence et de relevés post-travaux d'amélioration.

Afin d'ajuster la consommation de référence relevée avant travaux, aux conditions rencontrées dans la période de mise en œuvre et d'évaluation PLAGE, le protocole IPMVP utilise des formules d'ajustement déterminées par l'analyse des variations concurrentes de la consommation d'énergie et d'une ou de plusieurs variables d'influence, et ce pour chaque compteur d'un bâtiment.

Dans le cadre de la méthode Standard PLAGE (IPMVP like), la formule d'ajustement est déterminée automatiquement par la plate-forme de M&V PLAGE de Bruxelles Environnement. Les propriétés invariantes dans le temps court, sont limitées à la valeur de la surface utile, et les ajustements exceptionnels, à ceux issus de changements de cette surface utile.

Dans le cadre de la Méthode IPMVP complète, la formule d'ajustement est déterminée par un spécialiste M&V, qui prend également en compte toutes les propriétés invariantes dans le temps court, jugées applicables.

Afin de pouvoir opérer un ajustement en fonction de la fréquentation du bâtiment, il est nécessaire de connaître les valeurs d'un indicateur de celle-ci pour chacun des pas de temps de mesure que l'on aura défini dans la Méthode Standard ou dans la Méthode IPMVP. Dans le cas de la Méthode Standard, seuls deux pas de temps sont autorisés par la plate-forme : le pas de temps mensuel ou le pas de temps hebdomadaire. Dans le cas de la méthode IPMVP se rajoutent le pas de temps journalier ou le pas de temps horaire.

Le présent document vise à spécifier la manière dont l'Organisme va devoir renseigner l'indicateur de fréquentation ou d'occupation du bâtiment. Celle-ci est obligatoire dans le cadre de la Méthode Standard, elle n'est par contre qu'indicative dans le cadre de la Méthode IPMVP.

### 6.3.2 MÉTHODES APPLICABLES

Les deux approches suivantes peuvent être utilisées dans l'évaluation de chacune des observations de la variable fréquentation/ occupation :  $V_{occ}$

1. **Méthode de moyenne simple** : détermination de la moyenne du nombre de personnes présentes dans le périmètre de le Bâtiment ou le Système mesuré durant l'intervalle de temps considéré : mensuel/hebdomadaire.

$$V_{occ_q} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{i=m} N_{i,q}$$

$m$  : nombre d'observations de mesures de pas de temps  $P$  (horaires, journalières, hebdomadaire) à l'intérieur de l'intervalle de temps  $D$  ( mensuel/ hebdomadaire) : par exemple  $m = 7$  mesures journalières pour une moyenne hebdomadaire

$N_i$  : nombre moyen de personnes présentes dans l'activité principale durant l'intervalle de durée  $P$  et d'indice  $i$

$q$  : indice du relevé de la variable  $V_{occ}$ . Il varie, pour une année de relevés, de 1 à 12 dans le cas de relevés mensuels et de 1 à 52 dans le cas de relevés hebdomadaires.

Par exemple, pour la semaine 50 ( $q = 50$ ) de l'année de référence :

Si l'on prend  $P = 1$  jour et  $D =$  hebdomadaire avec  $m = 5$  (5 jours ouvrables dans la semaine). Si durant les 8 heures de fréquentation journalière on a un profil tel que celui-ci, pour une occupation maximale de 1550 (100%) :

Jour (i)	1	2	3	4	5
Profil	100%	100%	90%	100%	75%
$N_{i,50}$	1550	1550	1540	1550	1162

On obtiendra : une valeur moyenne hebdomadaire de :

$$V_{occ_{50}} = 1/5 * ( 1550+1550+1540+1550+1162) = 1470 \text{ (après arrondissement)}$$

2. **Méthode cumulative** : relevé des présences en nombre de personnes par unité de temps, pour les activités principales de l'organisation, ainsi que, séparément, pour des activités de



service ou d'entretien pour lesquelles les conditions de confort ne sont pas identiques à celles de l'activité principale de l'Organisation.

L'indicateur  $V_{occ}$  est construit de la manière suivante :

$$V_{occq} = \sum_{i=1}^{i=m} N_{i,q} + \sum_{j=1}^{j=l} rK_{j,q}$$

D = durée du pas de temps de mesure de l'énergie (hebdomadaire ou mensuel), exprimé en  $m$  multiples de P, et en  $l$  multiples de S.

P = durée du pas de temps du relevé d'occupation principale avec  $P < D$

S = durée du pas de temps du relevé d'occupation secondaire de services avec  $S < D$

$N_i$  = nombre moyen de personnes présentes dans l'activité principale durant l'intervalle de durée P et d'indice  $i$ .

$K_j$  = nombre de personnes présentes dans les activités de services ou d'entretien durant l'intervalle de durée S et d'indice  $j$ .

$r$  = coefficient lié à l'impact sur la consommation d'énergie des conditions dans lesquelles se déroulent les activités de services (par exemple températures de réduit durant les heures usuellement consacrées au nettoyage).

$q$  : indice du relevé de la variable  $V_{occ}$ . Il varie, pour une année de relevés, de 1 à 12 dans le cas de relevés mensuels et de 1 à 52 dans le cas de relevés hebdomadaires

### 3. Exemple de constitution de l'indicateur $V_{occ}$ pour une semaine donnée $q = 8$ de l'année de référence (cas de relevés hebdomadaires avec la Méthode cumulative) :

Dans cet exemple l'indicateur  $V_{occ}$  de la semaine  $q$  est reconstitué à partir d'informations parcellaires échantillonnées. Il pourrait simplement correspondre à des relevés effectués par exemple par un système de contrôle d'accès.

#### Occupation commerciale principale :

Si l'on prend  $P = 1$  heure et  $D =$  hebdomadaire avec  $m = 40$  (8h de présence possible et 5 jours ouvrables dans la semaine et que durant l'heure de fréquentation maximale de l'activité principale du lieu est de 250 personnes :  $N_{max}$  vaudra 250. Si durant les 8 heures de fréquentation journalière on a un profil tel que celui-ci :

Heure 1	Heure 2	Heure 3	Heure 4	Heure 5	Heure 6	Heure 7	Heure 8
50%	70%	100%	100%	100%	80%	80%	40%
125	175	250	250	250	200	200	100

Soit un total journalier de 1550 Hh

Et en relevant le profil hebdomadaire :

Jour 1	Jour 2	Jour 3	Jour 4	Jour 5
100%	100%	90%	100%	75%
1550	1550	1540	1550	1162

On obtient, par sommation, pour l'occupation principale, la valeur de : 7352 Hh

#### Occupation activités de service et/ou d'entretien

On prend  $S = 1$  heure, (D est fixée : hebdomadaire) ;  $l = 18$  (3h de présence possible par jour et 6 jours par semaine). Chaque jour ouvrable, une équipe de nettoyage de 5 personnes est présente dans les locaux à des heures non ouvrées et durant lesquelles une température de réduit est appliquée (on détermine empiriquement un coefficient  $r$  de 0,8). Le Samedi une équipe d'entretien de 3 personnes passe pour des opérations d'entretien courant durant 3 heures (ou 2 personnes pendant 4,5 heures).

On obtient alors pour l'occupation de service et d'entretien, la valeur de  $5 \cdot 0,8 \cdot 3 \cdot 5$  et  $0,8 \cdot 9$  soit : 67 Hh

Durant la semaine  $q=8$  de l'exemple la valeur de l'indice de fréquentation  $V_{occ}$  serait alors de  $7352Hh + 67Hh = 7419 Hh$ . L'ensemble des relevés hebdomadaires de la période de référence serait présenté de la façon suivante :

Semaine (q)	Vocc	Semaine (q)	Vocc	Semaine (q)	Vocc
1	6540	19	7001	37	3956
2	6531	20	7201	38	4567
3	6202	21	6538	39	5875
4	6317	22	6340	40	6513
5	6330	23	6264	41	7345
6	6512	24	6120	42	4567
7	7225	25	6243	43	4651
8	7419	26	6212	44	4703
9	7350	27	6013	45	6502
10	7201	28	5992	46	6632
11	7156	29	5993	47	7123
12	7220	30	5980	48	7245
13	7345	31	5974	49	7244
14	7429	32	5401	50	7302
15	6989	33	5401	51	6238
16	7102	34	2320	52	2219
17	6953	35	2334	53	1542
18	6952	36	3690		

Ou dans le cas de pas de temps mensuels, en cumulant les données hebdomadaires précédentes<sup>44</sup> :

mois (q)	Vocc
1	31920
2	28506

<sup>44</sup> Dans le cas de semaine incomplètes ou chevauchantes, on prendra les valeurs journalières pertinentes pour chacun des mois du chevauchement.

3	28922
4	35425
5	27080
6	24839
7	29952
8	15456
9	24601
10	21266
11	34746
12	17301

### 6.3.3 VALIDATION DE LA PERTINENCE DES DONNÉES D'OCCUPATION

Selon la variabilité de l'occupation de votre bâtiment il se pourrait que celle-ci ne soit pas pertinente dans la constitution du modèle par la méthode standard. En effet, la méthode standard se base sur la *corrélation des variations* des différents paramètres pouvant influencer la consommation d'énergie. Si la variation d'occupation CV est inférieure ou égale à 5% au cours de l'année de référence, son impact, bien que *pris en compte*, ne pourra pas être *isolé* dans le modèle. Le taux de variation est exprimé par son CV (Coefficient de variation). Celui-ci se calcule aisément dans MS-EXCEL<sup>45</sup> ou tout autre tableur en divisant l'écart type des observations par la moyenne des observations.

Dans le cas de l'exemple précédent on obtiendrait :

Pour l'évaluation hebdomadaire CV = 24%

Pour l'évaluation mensuelle CV = 23%

Ces deux valeurs indiquent une variabilité suffisante, pour pouvoir être prise en compte si le modèle de la performance énergétique intrinsèque du bâtiment se révèle sensible à l'occupation<sup>46</sup>.

Le Tableau du point 4.9.3 du Protocole PLAGÉ indique quelques approches de collecte des données de fréquentation à utiliser dans la Méthode Standard. Elles peuvent également servir de guide au spécialiste M&V dans l'établissement d'une ou de plusieurs variables (faiblement corrélées) liées à la fréquentation. Ainsi dans un établissement de Commerce, la variable « proxy » du chiffre d'affaire<sup>47</sup>, peut-être plus sensible que la variable Heures d'ouverture, tout en la complétant.

---

<sup>45</sup> En utilisant la formule  $ECARTYPE.PEARSON(\text{collection d'observations}) / MOYENNE(\text{collection d'observations})$

<sup>46</sup> Ce pourrait très bien ne pas être le cas pour le chauffage, par exemple, selon le type de régulation mise en œuvre pour la production de chaleur et pour les émetteurs, ou du fait d'une absence/ carence d'isolation des parois et de la toiture, ou d'autres causes face auxquelles la variation de fréquentation se révélerait peu influente. Le logiciel de la méthode STANDARD prend en compte automatiquement la mesure de la sensibilité des variables et le cas échéant, peut éliminer automatiquement celles qui se révéleraient peu influentes.

<sup>47</sup> Cette variable, constituée du véritable Chiffre d'Affaires multiplié par un coefficient constant inconnu de IBGE, masque la valeur véritable de ce dernier.

## 6.4 ANNEXE 4 : CONDITIONS CONVENTIONNELLES UTILISÉES POUR LA DÉTERMINATION DES ÉCONOMIES NORMALISÉES

### 6.4.1 CADRE D'EMPLOI

Les résultats d'économies doivent être rendus, dans le rapport final, dans une version « normalisée » par rapport à la variable exprimant la température extérieure en situation de chauffage. Les autres variables (y compris la température extérieure en situation de climatisation), restant dans leurs valeurs observées, lors des périodes *ante* mise en œuvre des AAPE.

A cet effet, la présente annexe décrit les règles applicables pour la constitution des degrés jours normalisés devant être pris en compte selon les différentes catégories de bâtiments.

### 6.4.2 CALCUL DES DEGRÉS-JOURS

Les degrés-jours (ou régime T/T) sont utilisés pour normaliser les consommations d'énergie selon des règles communes entre assignation de l'Objectif PLAGE et Mesurage de l'atteinte de ce même objectif. Ils sont calculés en sommant, sur une période considérée, la différence entre la température extérieure équivalente et la température de consigne à l'intérieur du bâtiment diminuée d'une valeur comprise entre 2 et 4°C pour tenir compte d'un apport de chaleur dû aux gains internes et solaires.

La température extérieure équivalente est calculée à partir de la température extérieure moyenne journalière :

$$Teq_d = 0,6 T_d + 0,3T_{d-1} + 0,1T_{d-2}$$

Où :

$Teq_d$	[°C]	=	température extérieure équivalente de la journée $d$
$T_d$	[°C]	=	température extérieure moyenne de la journée $d$ . $d-1$ correspond à la veille de la journée $d$ , et $d-2$ à l'avant-veille de la journée $d$

La température moyenne journalière extérieure est fournie par l'Institut Royal Météorologique de Belgique (IRM), sur base des données de températures mesurées à Uccle. Il appartiendra à l'auteur du Plan de M&V de se procurer les valeurs des températures et températures normalisées sur la période de référence et de preuve pour chacun des cycles PLAGE. Dans le cadre du premier cycle PLAGE, ce sont les moyennes 1990-2020 qui serviront de base à la normalisation.

La température de consigne  $T_{cons_d}$  sera celle utilisée pour la détermination des Degrés Jours de Chauffage utilisés dans les modèles d'ajustement ante et post. Il sera ainsi possible de prendre en compte les températures maximisant la pertinence des modèles également dans le calcul des données de normalisation.

Le nombre de degrés-jours associés à chaque journée  $d$  se calcule comme suit :

$$DJ_d = \max(T_{cons_d} - Teq_d, 0)$$

Où :

$DJ_d$	[°C]	=	nombre de degrés-jours pour la journée $d$
--------	------	---	--

Et le nombre de degrés-jours pendant une période  $t$  est calculé comme suit:

$$NDJ_t = \sum_{d \in t} DJ_d$$

Où :

$NDJ_t$  [°C] = nombre de degrés-jours pendant la période  $t$

## 6.5 ANNEXE 5 : MÉTHODE D'ENCODAGE DES RÉSULTATS DES OPÉRATIONS DE M&V EFFECTUÉES SELON LA MÉTHODE IPMVP DANS L'APPLICATION DE MESURAGE PLAGE

---

### 6.5.1 GÉNÉRALITÉS

Afin de faciliter la gestion des Plans de M&V et des Rapports associés, Bruxelles Environnement a souhaité uniformiser le traitement informatique de la documentation de M&V. Ainsi, la plate-forme de Mesurage PLAGE permet-elle de stocker cette documentation avec les paramètres les plus importants pour pouvoir effectuer les calculs finaux sur l'ensemble du Programme d'Actions des Organismes. La Base de données de l'application de Mesurage PLAGE peut ainsi regrouper, pour un même Programme d'Actions, aussi bien des PMV et RMV réalisés directement par la Méthode Standard et ceux réalisés par des experts tiers, selon le formalisme IPMVP. Cette approche permet également une souplesse de choix de Méthode pour l'Organisme, lui permettant d'optimiser ses coûts de Gestion de la Mesure & Vérification de la Performance Energétique.

### 6.5.2 ENCODAGE DES INFORMATIONS DE M&V SELON LA MÉTHODE IPMVP

Cet encodage pourra être réalisé à deux niveaux distincts : au niveau bâtiment ou au niveau compteur principal. L'encodage au niveau compteur est fortement recommandé car il minimise les opérations de conversion (normalisation PLAGE, transformation en Energie Primaire) et celles de propagation d'incertitudes sur les modèles et compteurs. Dans le cas de l'encodage au niveau Bâtiment, il sera nécessaire de propager l'incertitude de mesure (modèles, compteurs), de faire les conversions en énergie primaire ainsi que le calcul des normalisation PLAGE adéquates<sup>48</sup>.

Les opérations décrites ci-après pour l'encodage au niveau « Compteur » sont obligatoires pour pouvoir soumettre, à votre Réviseur et à Bruxelles Environnement, des Plans de M&V en phase de programmation et des Rapports de M&V en phase de Mise en Œuvre. Le lecteur est invité à consulter le Manuel Utilisateur de la Plateforme Mesurage PLAGE pour le détail des opérations, ainsi que pour les différences existant entre l'encodage niveau « Compteurs » et l'encodage niveau « Bâtiment ».

#### A. Informations à encoder durant la Phase de Programmation

L'encodage à réaliser concernera essentiellement deux types d'information :

---

<sup>48</sup> Dans le cadre du premier Cycle PLAGE, il sera également possible, pour les Organismes ayant entièrement traité leurs bâtiments par la Méthode IPMVP « full » de by-passer l'encodage dans la plateforme de MESURAGE PLAGE et de remettre le PMV d'ensemble et les différents PMVs individuels munis des documents de calcul (modèles, propagation d'incertitude etc.) en fin de phase de Programmation. Puis, en phase de mise en œuvre, d'établir les rapports selon le même principe en utilisant les formulaires ad-hoc.

- 1) L'import du formulaire de PMV dûment rempli ainsi que des fichiers de calcul et autres annexes correspondants
- 2) L'encodage des informations suivantes , afin de faciliter les opérations de support, de recherche et de calcul :
  - i. Sélection du bâtiment,
  - ii. Sélection de la Méthode IPMVP pour le bâtiment
  - iii. Révision éventuelle du n° d'index du PMV importé
  - iv. Date de la version du PMV importé
  - v. Sélection du type d'énergie ( issu de l'Application PLAGE)
  - vi. Sélection ou Introduction de la référence du compteur principal/divisionnaire correspondant au périmètre de mesure.
  - vii. Sélection de l'Option IPMVP associée au PMV en cours de déclaration
  - viii. Sélection de la Méthode d'ajustement employée ( M1, M2a, M2b, M3, M4, M5, M6, M7)
  - ix. description succincte du périmètre concerné et isolé par un compteur général ou divisionnaire.
  - x. Dans le cas de choix d'Options isolées (voir également Annexe 9) :
    - a. Encodage du montant en kWh<sub>eff</sub> des effets interactifs estimés.
    - b. Encodage de l'incertitude relative (NC= 90%) propagée estimée de détermination des effets interactifs<sup>48</sup>
    - c. Dans le cas de l'Option A : Encodage de l'incertitude relative (NC = 90%) propagée, incluant incertitude de détermination du paramètre non-clé (incertitude de type B et incertitude de mesure du paramètre clé, incertitude de type A<sup>49</sup>).
    - d. Encodage de l'usage de l'Option isolée :
      - i. Valeur de gain cumulée en remplacement de l'Option globale.
      - ii. Justificatif d'ABR selon la méthode d'ANR n° 1
  - xi. Encodage de la valeur du gain prévu en kWh<sub>eff</sub> pour ce périmètre, durant ce cycle PLAGE
  - xii. Encodage de la valeur de l'IPPe<sub>f</sub> prévu pour ce périmètre, durant ce cycle PLAGE.
  - xiii. Encodage de la valeur d'incertitude relative (au gain) prévue pour ce périmètre , durant ce cycle PLAGE.
  - xiv. Adaptation, éventuelle et avec accord du Réviseur, du Niveau de Confiance de l'Incertitude prévisionnelle déclarée
  - xv. Encodage de la valeur de la consommation de référence brute associée au périmètre.

---

<sup>49</sup> Voir JCGM 100 2008 et JCGM 101 2008 pour la propagation MCM. Des outils tels que montecarlotool.xlsm ( NIST) peuvent être utilisés (<https://www.nist.gov/services-resources/software/monte-carlo-tool>)

- xvi. Introduction du facteur de normalisation ( 0-100%) associé à ce périmètre (selon les règles PLAGE, voir également §6.5.3)<sup>50</sup>
  - xvii. Dans le cas d'un ABR/ANR durant la période de référence :
    - i. Date d'effet de l'ABR éventuel
    - ii. N° d'index de la version du PMV ( réimporté) modifié par l'ABR<sup>48</sup>
    - iii. Import des documents justificatifs de l'ABR
- B. Informations à encoder durant la Phase de Mise en Œuvre (Voir détails selon Annexe 9 si usage de périmètres isolés)
- 1) L'import du formulaire de RMV dûment rempli ainsi que des fichiers de calcul et autres annexes correspondants
  - 2) Dans le cas d'un ABR durant la période de mise en œuvre
    - i. L'import des documents justificatifs relatifs à un ABR réalisé.
    - ii. L'import du/des PMV(s) modifié(s) intégrant cet ABR<sup>51</sup>
  - 3) L'encodage des informations suivantes , afin de faciliter les opérations de support, de recherche et de calcul :
    - i. Révision éventuelle du n° d'index du RMV importé.
    - ii. Date de la version du RMV importé
    - iii. Encodage de la valeur de gain mesurée en kWh<sub>ef</sub> selon le RMV, pour le périmètre considéré.
    - iv. Encodage de la valeur d'IPPE<sub>f</sub> selon le RMV, pour le périmètre considéré.
    - v. Incertitude relative de mesure effective du gain.
    - vi. Date d'effet de l'ABR éventuel ( durant la période de mise en œuvre)
    - vii. N° d'index de la version du PMV modifié par l'ABR
    - viii. Encodage de la valeur totale annuelle, en kWh<sub>ef</sub>, de la consommation de référence, ajustée aux conditions post ( de la période de preuve)
    - ix. Encodage de la valeur totale annuelle de la consommation de la période de preuve en kWh<sub>ef</sub>.
    - x. Encodage de la valeur totale annuelle, en kWh<sub>ef</sub>, de la consommation de la période de preuve, ajustée aux conditions ante ( de la période de référence)
    - xi. Indication éventuelle, dans le cas de la méthode M2b, de l'absence de modèle de référence ( consommation de référence annualisée).

---

<sup>50</sup> Le facteur de normalisation est généralement encodé dans l'application PLAGE, pour chaque compteur. Dans le cas de périmètre isolé, il conviendra de l'encoder spécifiquement selon la table jointe en annexe 6.

<sup>51</sup> Le ou les ABR donneront lieu à une modification du PMV de manière à indiquer, dans le chapitre « *Modalités, équation et données d'ajustement* » les Approches de détection ( ENR, n°1 à 7), les correctifs à prendre en compte dans l'équation de gain, la méthode d'ajustement effectuée (n° 1 à 10) ainsi que les calculs et justifications, selon la nomenclature décrite dans le document EVO précité : IPMVP Application Guide on Non-Routine Events & Adjustments EVP 10400- 1 :2020. Pour les ENR : Section 3. Pour les ANR Section 5.



## 6.6 ANNEXE 6 : FACTEUR DE NORMALISATION (POUR INFORMATION)

Les valeurs suivantes sont utilisés dans la plateforme PLAGÉ afin de normaliser les consommations en fonction des degrés-jours. Elles peuvent être utilisées comme guide lors de l'encodage du Facteur de Normalisation, notamment dans le cas de compteurs divisionnaires ( Options isolées). Dans le cas de compteurs généraux ( de facturation) on reprendra les valeurs déclarées dans l'application PLAGÉ.

Attention ! Les données IPMVP à encoder dans l'application de Mesurage doivent impérativement être des valeurs exprimées en énergie finale et non normalisées (ni selon PLAGÉ, ni selon les besoins éventuels propres à votre projet). C'est l'application de mesurage qui transformera automatiquement les valeurs encodées en énergie primaire normalisée selon PLAGÉ. Dans le cas où vous utilisez une méthode de normalisation pour votre suivi interne, veuillez également n'encoder que les données en énergie finale, ainsi que les modèles correspondants aux périodes ante (durant la phase de programmation) et post (durant la période de preuve). Dans le cas de périmètres isolés, il peut être nécessaire d'encoder un facteur de normalisation (cf Annexe 5) celui-ci sera estimé à partir de la table ci-dessous.

**Pour information** : la formule de normalisation PLAGÉ utilisée pour le calcul de l'objectif PLAGÉ est :

$$Q N an_{l,n,u,o} = Q an net_{l,n,u,o} \times \left\{ \left( \frac{100 - \%norm_{n,l}}{100} \right) + \left( \frac{\%norm_{n,l}}{100} \times \frac{NDJ N_{n,u}}{NDJ_{n,u}} \right) \right\}$$

Où :

$\%norm_{n,l}$	%	=	part de la consommation totale à normaliser pour le compteur d'énergie l dans le bâtiment n.
$NDJ N_{n,u}$	[°C]	=	nombre de degré-jours normaux pour l'année choisie et pour la catégorie u dans le bâtiment n
$NDJ_{n,u}$	[°C]	=	nombre de degré-jours pour l'année choisie et pour la catégorie u dans le bâtiment n
$Q N an_{l,n,u,o}$	[kWh <sub>PCS</sub> /an]	=	quantité d'énergie normalisée consommée par la catégorie u du bâtiment n et comptabilisée par le compteur d'énergie l, pour l'organisme o.
$Q N an net_{l,n,u,o}$	[kWh <sub>PCS</sub> /an]	=	quantité d'énergie nette annualisée consommée par la catégorie u du bâtiment n et comptabilisée par le compteur d'énergie l, pour l'organisme o.

### Facteur de normalisation $\%norm_{n,l}$

Type d'énergie : électricité - consommation	
Catégorie d'usage :	$\%norm$
pas pour le chauffage électrique de locaux	0%
dont chauffage électrique dans un bâtiment climatisé	70%
dont chauffage électrique dans un bâtiment non climatisé	85%
chauffage électrique uniquement	100%
autre	Encodé par le coordinateur

Type d'énergie : combustible (tout sauf électricité) - consommation	
Catégorie d'usage :	%norm
pas pour le chauffage de locaux	0%
chauffage de locaux et ECS ou bassin	70%
chauffage de locaux principalement	90%
chauffage de locaux uniquement	100%
autre	Encodé par le coordinateur

Type d'énergie : électricité - rendue au réseau ou déduction combustibles - déduction	
Catégorie d'usage :	%norm
toutes	0%

## 6.7 ANNEXE 7 : AAPE COMPRENANT UNE PRODUCTION PHOTOVOLTAÏQUE

### 6.7.1 CADRE

Dans le cas d'utilisation de panneaux photovoltaïques afin de produire et autoconsommer localement de l'électricité pour réduire la consommation réseau d'un bâtiment, la présente note décrit les points d'attention à respecter pour le renseignement du ou des Plans de M&V concernés par cette AAPE.

### 6.7.2 AJUSTEMENT DE LA VALEUR DE PRODUCTION

#### > Pourquoi considérer un ajustement de la production solaire ?

A contrario de l'idée selon laquelle la situation antérieure est à négliger et que seule compte la production effective d'électricité par les PVs en situation post travaux, il est fortement recommandé de considérer la mise en place d'une procédure d'ajustement selon l'équation n° 1 du protocole IPMVP.

En effet, l'évaluation de l'augmentation de la performance qui sera effectuée en amont du projet (production annuelle d'électricité autoconsommée) se basera probablement sur une valeur d'ensoleillement observée durant l'année en cours ou sur une valeur normalisée, alors que dans la période de preuve on pourra par exemple, se trouver dans une situation d'ensoleillement différente, ou d'un ombrage dû à des causes non imputables à la conception initiale du projet.

Dans une telle situation, avec une évaluation limitée à une année calendaire dans la période de preuve d'un Cycle PLAGE, on ne peut pas bénéficier du « lissage » des valeurs d'ensoleillement qui se ferait sur la durée de vie nominale d'un PV.

---


$$\text{Economies} = \begin{array}{l} \text{(Energie de la période de référence)} \\ - \text{Energie de la période de suivi} \\ \pm \text{Ajustements} \end{array} \quad (\text{Eq. 1})$$


---

Le plus souvent on aura recours à l'équation 5 (Backcasting)

---


$$\text{Consommation d'énergie évitée} = \begin{array}{l} \text{Energie de la période de référence} \\ - \text{(Energie de la période de suivi)} \\ \pm \text{Ajustements périodiques aux conditions de la période de référence} \\ \pm \text{Ajustements non périodiques aux conditions de la période de référence} \end{array} \quad (\text{Eq. 5})$$


---

Cette équation permettra de prendre en compte les changements d'ensoleillement observés dans la période de mise en œuvre, changements qui ne sont pas normalisés dans le dispositif PLAGE puisque seules les températures extérieures font l'objet d'une normalisation.

Du fait de la méconnaissance, avant leur pose, d'une loi exacte liant l'ensoleillement à la production des PVs mis en œuvre, la séquence, utilisera le plus souvent l'équation 5 de l'IPMVP (*Backcasting*) et consistera généralement dans les points suivants :

- a) Collecte auprès du service météorologique des données d'irradiation solaire pertinentes de la période correspondant à la période de référence énergétique du PMV.
- b) En période Post : collecte des données de production et d'autoconsommation des PVs
- c) En période Post : collecte des données d'irradiation solaires pertinentes correspondant à la période de preuve PLAGE.
- d) En période Post : établissement du modèle mathématique d'ajustement
- e) En période Post : exploitation du modèle post pour déterminer ce qui aurait été produit avec l'ensoleillement de la période de référence (c'est à dire, dans les conditions dans lesquelles l'Organisme a évalué l'économie engendrée par la pose des PVs).

## > Plan de M&V

Il est recommandé d'ajouter un ensemble de paragraphes spécifiques dans le Plan de M&V Option C lié au vecteur électrique ou, à défaut, dans le Plan M&V général reprenant l'ensemble des vecteurs énergétiques.

Les chapitres du PMV concerné (cf. tableau de la section suivante) seront complétés d'une sous-section ou, selon les chapitres, d'une entrée de tableau relative à la « réduction de consommation électrique par autoconsommation d'une source photovoltaïque ». Comme l'ajustement des apports de l'AAPE PVs se fera, le plus souvent, selon une approche *post-ante*, certains des sous chapitres listés ci-dessous ne pourront être complétés avant la fin de la période de preuve, dans une version amendée du PMV qui a été remis en fin de période de programmation. Toutefois, les sous-chapitres ou entrées seront déjà pré-renseignés dans le PMV remis en fin de période de programmation, ceux ne pouvant être renseignés qu'en fin de période post seront munis de l'indication suivante : « *Valeur/modèle* » *déterminés en fin de période de preuve avant émission du Rapport de M&V* »

## > Chapitres du PMV selon Formulaire plan de M&V IPMVP – Options A-B-C (Voir également sous spécification au § 4.4.3 du Guide de M&V).

§2.1	Identité du périmètre de mesurage : indications selon le tableau du formulaire
§2.2	Économie annuelle envisagée : Montant kWh EP autoconsommés, pour la période indiquée en §5.1, selon un niveau d'irradiation solaire indiqué en §4.3
§4.1	Indication de la période de référence pour les valeurs d'irradiation solaire
§4.2	Valeur de l'énergie produite antérieurement par les éventuels PV existants, sinon valeur à 0 kWh EP.
§4.3	Valeurs d'irradiation solaire observées durant la période de référence. Il est théoriquement possible d'effectuer un ajustement proportionnel simple sur la base d'une valeur de cumul annuel de l'énergie solaire reçue par unité de surface sur l'ensemble des périodes de référence et de preuve. Il peut être, toutefois, plus prudent d'établir un modèle mathématique simple liant l'énergie électrique produite à l'irradiation moyenne

	sur des périodes de temps hebdomadaires. Ceci permettrait de compenser par un ABR, des éventuels arrêts de production (totaux ou partiels) à la suite de problèmes non liés à une exploitation normale de la centrale de PVs (problèmes liés à une panne des convertisseurs par exemple).
§4.5	Valeurs de Facteurs statiques éventuellement à prendre en compte par rapport à la conception initiale de l'AAPE telle que déclarée au cours de la période de programmation. Exemple : Surfaces des toitures permettant la mise en place des PVs.
§6	Indication du mode « énergie évitée » post-ante pour l'ajustement de l'AAPE PV
§7.2	Vecteur énergétique « n » « réduction de consommation électrique par autoconsommation d'une source photovoltaïque » : indication du modèle réalisé en post-ante
§9	Indications du compteur utilisé pour mesurer l'autoconsommation. (Attention ! selon le schéma électrique ce compteur ne sera peut-être pas considéré comme « transactionnel », son incertitude devra être prise en compte)
§10	Dans le cas où une mention spéciale devait concerner les données liées à l'AAPE PVs
§11	Prise en compte de l'incertitude du modèle et de celle du compteur dans le calcul de la consommation d'énergie évitée par les PVs en situation de référence.

#### > Période de référence

Les indications de la période référence comprendront ainsi les valeurs d'irradiation solaire et le quantitatif prévisionnel d'énergie électrique généré pour ce niveau d'ensoleillement (estimatif). La valeur de référence ante sera à 0 kWh EP ou à la valeur produite par les panneaux existants si tel est le cas.

#### > Période de Mise en Œuvre

A la fin de la période de mise en œuvre, avant émission du Rapport de Vérification de la Performance énergétique (RMV), on établira, grâce au modèle mathématique d'ajustement, la part d'énergie électrique négative, puisqu'elle sera obtenue en soustrayant de 0 ou d'une valeur de production de PV existante négative, la valeur obtenue en appliquant au modèle d'ajustement de la production de l'AAPE PVs, les données d'irradiation solaire de la période de référence. Ce cumul converti en énergie primaire sera ensuite ajouté en valeur absolue à la valeur d'économie en kWh EP réalisée sur le bâtiment.

## 6.8 ANNEXE 8 : AAPE COMPRENANT LA MISE EN ŒUVRE OU L'OPTIMISATION D'UNE COGÉNÉRATION

---

### 6.8.1 CADRE

Dans le cas de la mise en œuvre d'une installation de cogénération ou d'optimisation du rendement d'une installation de cogénération existante, permettant de réduire la consommation d'électricité d'un bâtiment, la présente Note décrit les points d'attention à respecter pour le renseignement du (ou des) Plan(s) de M&V concerné(s) par cette AAPE.

### 6.8.2 POINTS-CLES A PRENDRE EN COMPTE

Une installation de cogénération n'apporte aucune économie en termes de besoins propres du bâtiment qu'elle alimente. Elle crée simplement une modification de source d'énergie qui peut, dans certains cas, réduire les coûts de fourniture d'électricité, voire permettre des gains par rapport à la production d'électricité et à son transport, par le jeu différencié du coefficient : Energie primaire/Energie finale.

Il est important, pour assurer une démarche de M&V adéquate, de bien comprendre la nature du projet d'AAPE envisagé. Et, dans le cas de PLAGE, de bien prendre en compte les objectifs finaux de réduction des émissions de gaz à effet de serre, au travers de la réduction de la consommation d'énergie primaire du site.

#### Points d'attention :

##### ▪ Option IPMVP :

Il est théoriquement possible de recourir à toutes les Options de l'IPMVP, des Options de périmètres isolés aux périmètres globaux.

Toutefois, il est important de se rappeler que pour utiliser des Options isolées, le Guide de M&V PLAGE impose de produire également un PMV selon une Option Globale, afin de pouvoir évaluer, par différence entre la somme des gains mesurés sur les périmètres isolés et celui déterminé par le périmètre global, le montant des effets interactifs.

Dans le cas d'une installation de cogénération, ce point se révèle particulièrement critique puisque celle-ci couvre deux usages généralement très différents de l'énergie produite :

- les aspects liés au confort thermique,
- ceux liés aux usages de l'électricité.

Ainsi, il sera généralement préférable d'avoir recours à une Option globale pouvant inclure les deux natures d'usage, quitte à séparer, au moyen de compteurs appropriés, la production d'énergie, incluant l'installation de cogénération, du consommateur final.

##### ▪ Objectif AAPE :

Quel est l'objectif attendu ?

Une augmentation du rendement

- de la production de chaleur par le remplacement total ou partiel d'une chaudière existante ?
- d'une production de froid par absorption ?

Une diminution de la consommation en énergie primaire pour l'électricité ?

▪ Coût et complexité de la M&V :

Gérer correctement une installation de cogénération est très complexe, imposant généralement un suivi et une M&V au pas horaire, donc un système de collecte, de traitement et d'archivage automatisé.

Par ailleurs, surtout dans le cas où l'on mesure séparément le rendement de la production par rapport au besoin, l'instrumentation va imposer la pose de compteurs sur les différents départs (compteurs calorimétriques et compteurs électriques), ainsi que leur étalonnage dans le temps (notamment pour les compteurs calorimétriques qui comprennent un débitmètre et exigent des réétalonnages à intervalles fixes).

▪ Gestion des temps de production de la cogénération :

En règle générale, sous nos latitudes, une cogénération s'utilise essentiellement pour répondre à des besoins thermiques importants qui, dans le bâtiment, consistent le plus souvent en besoins de chauffage (et ECS).

Dès lors, il est important de déterminer, au plus juste, les périodes pendant lesquelles le rendement de l'installation de cogénération apportera un gain réel par rapport à des sources alternatives (réseau ou PV/éoliennes pour l'électricité, réseau de chaleur/froid, pompes à chaleur/chaudières à haut rendement pour les besoins thermiques en dehors des pointes de besoins).

Il serait ainsi préférable de disposer de deux modèles d'ajustement utilisables selon les besoins : l'un pour le fonctionnement de l'installation de cogénération, l'autre pour la production alternative. Les deux modèles étant établis à partir de la même situation de référence qui comprend l'installation de production à remplacer / à améliorer.

▪ Gestion des ENR/ANR :

Selon le niveau d'optimisation automatisée mis en œuvre pour la gestion de l'installation de production, des événements non-routiniers (ENR) exceptionnels, temporaires ou permanents, peuvent amener à des impacts importants en termes de rendement de l'unité de production. Ainsi, en mars 2020, la pandémie de COVID 19 a pu - pour des bâtiments gérant le réchauffement en fonction de l'occupation effective - lors des baisses du besoin de chauffage, produire des effets sur les sites utilisant de la cogénération, sans pour autant modifier les algorithmes de gestion de la production.

Par principe, une telle situation ne peut être sujette à un Ajustement Non Routinier (ANR), parce qu'il s'agit d'un défaut de mise en œuvre de l'automatisme de la production dont la conception fait partie intégrante de la responsabilité du concepteur de l'AAPE.

En tout état de cause, il s'avère dès lors extrêmement important de disposer d'un historique à pas de temps très court (pas horaire, au maximum), pour

- pouvoir gérer les ENR/ANR selon le Guide IPMVP EVO 10400 -1 :2020),
- différencier les ANR réellement imputables à des changements dans les facteurs statiques, admis par les deux parties : Concepteur et Utilisateurs de l'installation d'une part, Bruxelles Environnement, d'autre part.

### 6.8.3 PLAN DE M&V

Il est recommandé d'ajouter, dans le Plan de M&V dédié à la production, un ensemble de paragraphes spécifiques aux différents vecteurs énergétiques concernés par la cogénération.

ou d'adapter le Plan de M&V global du bâtiment qui reprend la production de l'ensemble des vecteurs énergétiques et leur utilisation.

Les chapitres du PMV concerné (voir tableau de la section suivante) seront complétés d'une sous-section ou, selon les chapitres, d'une entrée de tableau relative à « l'augmentation du rendement de la production par l'adoption d'une installation de cogénération ».

Comme l'ajustement des apports de l'AAPE se fera, le plus souvent, suivant une approche *post-ante*, certains des sous-chapitres du PMV remis en fin de période de programmation, listés ci-dessous, ne pourront être complétés avant la fin de la période de preuve, dans une version amendée.

Cependant, les sous-chapitres ou entrées seront déjà pré-renseignés dans le PMV remis en fin de période de programmation. Ceux qui ne peuvent être renseignés qu'en fin de période *post* seront munis de l'indication suivante : « *Valeur/modèle* » *déterminés en fin de période de preuve avant émission du Rapport de M&V.*

#### > Préparation du Plan de M&V

Lors des étapes de préparation du Plan de M&V, il convient de bien prendre en compte les éléments suivants :

- Ce type d'AAPE se propose de fournir une alternative de production d'énergie, avec des impacts sur le mix de consommation de la situation de référence.

Néanmoins, la mise en place d'une installation de cogénération peut avoir des effets indirects sur les installations en aval de la production (par exemple, sur des échangeurs, des cycles de fonctionnement, etc.).

Il convient alors de s'assurer, dans le ou les PMV créés, de la prise en compte des effets induits.

- Les périmètres, paramètres-clés et points de mesure peuvent évoluer durant la mise en œuvre du projet, imposant une attention particulière dans la comparaison « toutes choses restant égales par ailleurs » du principe d'ajustement sous-tendu par l'IPMVP.
- Compte tenu de la variation du rendement global d'une telle AAPE en fonction du besoin, il est impératif de choisir une Option de M&V avec mesurage en continu.



Le tableau suivant<sup>52</sup> signale les points d'attention et les approches de solutions suggérées dans le Plan de M&V.

Aspect	Point d'attention	Approche suggérée
Modification des conditions environnementales	En dehors de la responsabilité de l'Organisme ou de l'Entreprise mandatée par ce dernier.	Prendre en compte l'ensemble des données météorologiques et d'occupation/de production dans le modèle d'ajustement.  Considérer la double approche <i>ante-post</i> et <i>post-ante</i> , afin de s'assurer de la pertinence des variables explicatives.  Envisager une solution de normalisation plus large que celle des DJ de chauffage, avec l'accord du Réviseur.
Qualité de l'énergie Électricité par rapport à la chaleur	La mesure de l'énergie thermique produite ne reflète pas complètement le travail maximal possible par l'usage de cette énergie.	Considérer la valeur de l'exergie <sup>53</sup> $F_0$ de cette énergie thermique, produite lors de son usage dans un périmètre différent.
Électricité exportée vers le réseau	L'AAPE peut avoir à exporter de l'énergie vers le réseau. Le ratio EP/EF doit être vérifié. Des structures tarifaires différenciées peuvent exister.	Mise en place des compteurs appropriés : en déduire la réinjection de la consommation du site.
Équipements auxiliaires	L'installation peut inclure l'ajout d'équipements auxiliaires (par exemple, des pompes) qui n'existaient pas dans la situation de référence.	Assurer que les consommations des auxiliaires soient bien prises en compte dans le périmètre de mesurage et dans les modèles d'ajustement.
Prise en compte du besoin	Le rendement de l'AAPE va être dépendant des systèmes qui utilisent les différentes énergies produites par la cogénération.	Dans les modèles, prendre en compte les variables qui vont affecter le besoin en énergie(s). Ainsi, dans le cas de PMV séparés : Production-Usage, les modèles de Production seront probablement affectés par de nombreuses variables utilisées dans les modèles du/des PMV liés à l'utilisation des énergies.

<sup>52</sup> D'après « M&V Operational Guide, Renewable and Cogeneration Applications" [www.environment.nsw.gov.au](http://www.environment.nsw.gov.au)

<sup>53</sup> Voi par exemple "energy,entropy and exergy concepts and their roles in thermal engineering" ISSN 1099-4300 entropy by Ibrahim Dincer ans Yunus A. Cengel [www.mdpi.org/entropy](http://www.mdpi.org/entropy)

## > Établissement de la Référence et Comparaison avec la situation après mise en œuvre de l'AAPE

Dans le cadre de PLAGE, la mise en œuvre ou l'optimisation d'une cogénération doit être vue comme une AAPE, et non du seul point de vue des économies tarifaires. De sorte qu'une comparaison à une situation de référence (sans cogénération ou avec une cogénération moins performante que celle envisagée dans l'AAPE) doit pouvoir être effectuée.

Dans une approche globale (Option C), on appliquera les ajustements suivants, selon la situation rencontrée :

### A) Il n'existait pas de cogénération en période *ante* travaux.

On établira :

- une référence et un modèle d'ajustement pour chacun des vecteurs énergétiques concernés par la future mise en place de la cogénération (par exemple : gaz et électricité)
- sur une période d'une année,
- avec, au maximum, des données au pas mensuel.

A défaut d'obtenir ces données, ou dans le cas où ces données ne permettent pas d'obtenir des modèles de qualité suffisante, il sera nécessaire d'utiliser une méthode *post-ante*, le modèle *post* étant constitué de données dont le pas de temps de collecte sera horaire (fortement recommandé !).

- Selon le modèle, il sera peut-être nécessaire d'agréger ces données, afin d'éviter l'autocorrélation et :
  - permettre un suivi correct des situations de non-fonctionnement de la cogénération (pour des raisons indépendantes du processus normal prévu, lesquelles nécessiteront un ajustement exceptionnel),
  - effectuer les ENR/ANR nécessaires.

### B) Il existait une cogénération améliorée par les AAPE.

On établira :

- une référence,
- sur une période d'une année,
- avec des données au pas horaire,

sur l'ensemble des vecteurs énergétiques qui seront concernés par l'installation de cogénération, afin de permettre un suivi des situations d'ENR et de faire les corrections appropriées.

### Dans tous les cas,

- Les variables indépendantes seront déterminées de la même manière que pour tout autre projet d'AAPE sur ce périmètre.

Le périmètre pourra être constitué de l'ensemble du bâtiment ou de la seule unité de production. Par exemple : traitement de l'unité de production en termes de gains de rendement et application

du différentiel de rendement à la consommation effective, ou – dans le cas de combinaisons d’AAPE – prise en compte de ce différentiel dans l’équation d’ajustement des autres AAPE.

- L’utilisation, le cas échéant, de la méthode des périodes adjacentes doit être clairement justifiée en termes de validité de l’équivalence des périodes comparées. Ce qui peut se révéler assez problématique, selon la variabilité des besoins en aval de la production.
- Pour pouvoir définir un modèle de base de référence dans le cas pour lequel il n’existe pas suffisamment de données de consommation d’énergie au pas horaire, la méthode rétrospective (*post-ante*) peut être appliquée, mais elle nécessite de pouvoir disposer :
  - des consommations annuelles de chaque vecteur énergétique concerné,
  - des valeurs, au pas horaire, des variables explicatives durant la période de référence. N.B. : S’il est tout à fait envisageable de trouver ces valeurs pour les données météorologiques auprès de l’IRM, il convient de s’assurer que des variables telles que l’occupation et/ou la production, spécifiques au site, soient bien disponibles, au pas horaire, pour la période de référence.

> **Ajouts ou éléments supplémentaires à vérifier/renseigner dans les chapitres du PMV selon le Formulaire Plan de M&V IPMVP – Options A-B-C (Voir également sous spécification au § 4.4.3 du Guide de M&V) :**

§ 2.1	Identité du périmètre de mesurage : à indiquer selon le tableau du formulaire. Dans le cas d’Option globale, préciser s’il s’agit du seul périmètre de production ou de l’ensemble Production + Usage.
§ 2.2	Économie annuelle envisagée : Montant kWh EP autoconsommés, pour la période indiquée en § 5.1.
§ 3.2	Indication claire du périmètre, avec schéma unifilaire.
§ 4.1	Indication de la période de production de la cogénération, si préexistante.
§ 4.2	Ajout des valeurs de consommation Amont et Aval de la cogénération - si préexistante -, sur chacun des vecteurs.
§ 4.5	Indication des modes de traitement prévus pour gérer les ENR/ANR.
§ 7.2	Dans le cas de mise en place d’une installation de cogénération, ne pas oublier de créer un modèle pour la consommation de combustibles, même en l’absence d’AAPE sur le chauffage.
§ 9	Indication du compteur utilisé pour mesurer l’autoconsommation électrique. <i>Attention, ce compteur ne sera pas considéré comme « transactionnel », son incertitude devra être prise en compte !</i>  Dans le cas de séparation d’un périmètre Production (traitement basé sur le rendement), les compteurs mesurant les consommations en aval de la production présentent une incertitude qui doit être prise en compte (ils ne sont pas transactionnels).
§ 10	Indication du Responsable de la production par cogénération.

§ 11	Ne pas oublier, dans l'estimation du gain global, de propager l'incertitude sur les mesures des consommations des différents vecteurs énergétiques.
§ 14	Indication des procédures de management et de maintenance de l'installation de cogénération, ainsi que celle des basculements entre production et arrêt de la cogénération.

#### 6.8.4 PERIODE DE MISE EN ŒUVRE

A la fin de la Période de Mise en Œuvre et avant l'émission du Rapport de Vérification de la Performance énergétique (RMV), on établira - grâce aux différents modèles mathématiques d'ajustement - le Gain converti en énergie primaire, complété par le Calcul d'incertitudes sur le résultat effectif.

S'il est rare d'obtenir un gain en énergie finale grâce à la seule mise en place d'une cogénération, c'est finalement la différence entre les coefficients EP/EF gaz et électricité qui peut justifier (en dehors des éventuels aspects de sécurité opérationnelle) la mise en place d'une cogénération.



**7 INDEX**

- AAPE, 5
- ABR, 5
- ajustement, 4
- ajustements*
  - ajustements non périodiques, 57*
- Ajustements, 12**
- Ajustements de la Base de référence Voir*
  - Ajustements non périodiques
  - Ajustements non périodiques, 12*
  - Ajustements périodiques, 12*
- Base de modélisation, 7
- base de référence, 6, 31, 32, 57**
- Conseil, 4
- Consommation annuelle de référence**
  - normalisée, 8**
- Consommation d'énergie de référence, 7**
  - consommation de référence, 7
  - coûts, 32
- CPE, 4
- cycle, 10, 11
- cycle PLAGE, 7
- ESCO, 4, 5
- ESCOs, 4
- Facteur Pertinent, 8**
- Facteur Statique, 9**
- facteurs statiques, 32
- Gain, 9**
- Groupe Voir** Groupe de travaux
- Intervalles de mesure, 8**
- IPÉ, 5, 8
- IPP, 5, 8
- limite de mesurage, 32**
- M&V, 4
- MCE, 6, 10, 11, 31, 32, 48**
- modèle, 32
- Modèle d'Ajustement, 9**
- modélisation, 4
- option A, 57
- Organisme, 4
- PA, 5
- Périmètre d'engagement, 11**
- Périmètre de mesure, 11**
- Période de modélisation, 10**
- Période de référence, 7, 10
- période de suivi, 32, 55, 56
- Période stabilisée de preuve, 11**
- Plans de Mesure & de Vérification, 4
- PMV, 4, 5
- précision, 32
- prix, 32, 57**
- Programme d'Actions, 5
- Rapports de Mesure & Vérification, 4
- Référent M&V, 11**
- RMSE, 5
- RMV, 4
- situation de référence, 4
- Uncertainty assessment, 4
- variable indépendante, 32