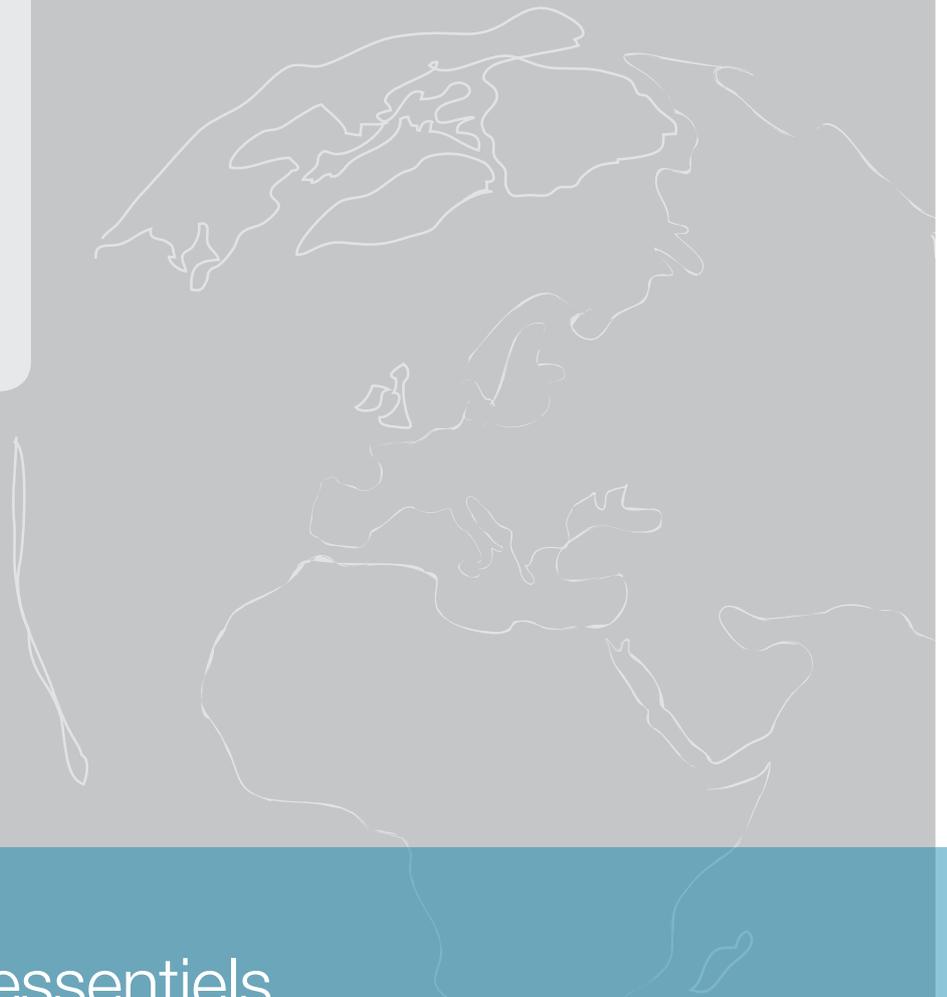




SYPIM

Syndicat du Pilotage et de la Mesure
de la performance énergétique



Les éléments essentiels
**D'UN PLAN DE MESURE ET VÉRIFICATION (PMV)
DE LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE**
selon l'IPMVP



Fédération des Services
Énergie Environnement

Le Plan de Mesure et de Vérification

Les 13 points de l'IPMVP

- 1 Décrire les Actions de Performance Energétique – APE.
- 2 Identifier et justifier le choix d'une option méthodologique de l'IPMVP.
- 3 Documenter la situation de référence et collecter les données significatives du site.
- 4 Identifier la période de suivi.
- 5 Définir les conditions d'ajustement.
- 6 Spécifier la procédure d'analyse.
- 7 Spécifier les modalités de valorisation financière des économies.
- 8 Spécifier les points de mesure.
- 9 Désigner le responsable du suivi de la Mesure et Vérification - M&V.
- 10 Évaluer la précision attendue.
- 11 Définir le budget et les ressources.
- 12 Fournir un ou des modèles de rapport.
- 13 Indiquer les procédures d'assurance qualité.

PRÉAMBULE

Ce document est une introduction aux principes d'élaboration d'un **Plan de Mesure et Vérification (PMV)** de la performance énergétique.

Il s'adresse à tous les acteurs concernés par l'efficacité énergétique et à sa mesure qui souhaitent avoir une approche d'un PMV.

Il s'appuie sur la méthode IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol) recommandée par les pouvoirs publics en France¹, reconnue par la plupart des acteurs de l'efficacité énergétique et la plus utilisée dans le monde.

Il permet de trouver les termes contractuels appropriés et transparents relatifs à la vérification des économies d'un Contrat de Performance Énergétique (CPE).

Il ne peut pas remplacer les documents de l'IPMVP qu'il conviendra de lire et étudier.



L'IPMVP définit une approche normalisée pour mesurer les économies réalisées par la mise en œuvre d'une ou plusieurs Actions de Performance Énergétique, en vue d'apporter une garantie.

EVO (Efficiency Valuation Organization), organisation internationale sans but lucratif assure le développement et la promotion de l'IPMVP. (www.evo-world.org).



Un PMV doit respecter les 13 points de l'IPMVP ; ce document s'efforce de les définir, de la façon la plus simple, mais rigoureuse, possible.

Ce document concerne particulièrement la mise en œuvre des Contrats de Performance Énergétique - CPE.



Définition du CPE proposée par Maître ORTEGA²

« Constitue un contrat de performance énergétique tout contrat conclu entre le maître d'ouvrage d'un bâtiment et une société de services d'efficacité énergétique visant à garantir au cocontractant une diminution des consommations énergétiques d'un bâtiment ou d'un parc de bâtiments, vérifiée et mesurée dans la durée, par un investissement dans des travaux, des fournitures ou des services ».

1 - Guide du CPE (Commissariat Général au Développement Durable, Ministère de l'Écologie, et de l'Énergie, du Développement Durable et de la Mer – juillet 2010).

2 - Rapport sur les CPE (Maître ORTEGA – mars 2011).

Rappel du principe général de la méthode

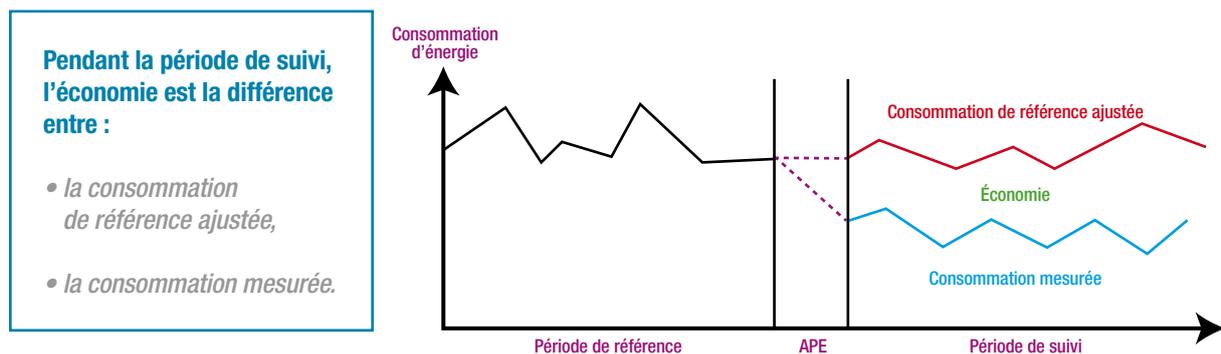
Les économies d'énergie correspondent à l'absence de consommation d'énergie : elles ne peuvent pas être mesurées directement.

La méthode consiste donc à analyser l'utilisation de l'énergie pour déterminer les économies.

Le principe consiste à :

- mesurer l'énergie consommée pendant une période de référence, analyser les variables qui influencent significativement cette consommation d'énergie et déterminer l'équation d'ajustement ;
- mesurer l'énergie consommée pendant une période de suivi, après la mise en œuvre des Actions de Performance Energétique (APE).

Pour analyser les données, on emploie des méthodes de calcul dans lesquelles la grandeur mesurée (exemple : m³ de gaz, kWh d'électricité, tonnes de fioul, ...) est exprimée comme une fonction d'une ou plusieurs variables.



Cette méthode est auditable et opposable.

Le degré de complexité d'un PMV dépend de plusieurs éléments tels que la nature du projet, le bâtiment et son utilisation, les types d'APE, la précision attendue, etc.

1

Décrire les Actions de Performance Energétique - APE

Il s'agit de décrire :

- les Actions de Performance Energétique (APE) qui peuvent porter sur les équipements techniques, sur l'exploitation – maintenance, sur le comportement des usagers, sur le bâti ou sur plusieurs domaines à la fois,
- le résultat attendu,
- les changements prévus par rapport à la situation de référence.

Exemples d'APE

Il est signalé que les pourcentages de gains sont donnés à titre indicatif et ne sont pas cumulables.

APE	GAIN
Changement d'une chaudière vétuste par une chaudière haute performance	20%
Désembouage – équilibrage	10%
Gestion de l'intermittence	15%
Rénovation d'une centrale d'air comprimé	25%
Isolation thermique de combles perdus	15 %
Action de sensibilisation à l'utilisation de l'énergie auprès des « occupants »	10%



2

Identifier et justifier le choix d'une option méthodologique de l'IPMVP, en détailler et évaluer les conséquences en termes d'effets interactifs

On distingue plusieurs cas de figure.

Les gains énergétiques des Actions de Performance Énergétique peuvent être mesurés et isolés de la consommation de l'ensemble du bâtiment.

On parle alors de méthode « d'isolement » (options A et B de l'IPMVP)

- **L'option A** impose la mesure des paramètres principaux et autorise l'estimation des autres paramètres comme les variables caractérisant l'usage (heures de fonctionnement, par exemple).
- **L'option B** impose que tous les paramètres soient mesurés, ce qui exclut toutes les estimations.

L'option B est plus précise que l'option A, mais plus coûteuse dans sa mise en œuvre.

Les gains énergétiques des Actions de Performance Énergétique sont mesurés sur l'ensemble du bâtiment.

Option C de l'IPMVP

Elle correspond à un résultat global de la performance énergétique du bâtiment.

Elle est notamment adaptée aux projets de rénovation où les APE peuvent avoir des influences mutuelles.

Elle peut s'appuyer sur les éléments des factures des fournisseurs d'énergie.

► Il s'agit de l'option la plus utilisée.

Les gains énergétiques des Actions de Performance Énergétique sont calculés par des logiciels adaptés.

Option D de l'IPMVP

Elle s'impose dans les cas suivants :

- Manque de données de mesure pour la période de référence : bâtiments neufs et rénovation lourde.
- Modifications profondes dans l'utilisation du bâtiment.

Elle fait appel à des modèles de simulation, traités par des logiciels.

Elle impose la calibration du modèle par des données mesurées.

Comment faire le choix de l'option A, B ou C ?

Le choix d'une option peut être guidé par quelques questions simples, telles que :

- *Le périmètre peut-il être isolé ?*
- *Peut-on en mesurer la consommation énergétique de façon isolée ?*
- *Peut-on négliger l'influence des améliorations du système ainsi isolé sur les consommations d'énergie, au-delà du périmètre de mesure ?*

Si OUI à toutes ces questions, on peut choisir l'Option A ou B.

Sinon, il convient de prendre l'Option C.

Actions de performances énergétiques et mise en œuvre

Option A

La responsabilité de l'opérateur porte sur la réduction de puissance d'une installation d'éclairage d'un atelier pour un niveau d'éclairage donné, mais le temps de fonctionnement est estimé.

Cette estimation se base sur l'observation du mode de fonctionnement de l'éclairage ou des éléments transmis par le maître d'ouvrage.

Les mesures donnent :

- Pour la période de référence : 400 kW
- Pour la période de suivi : 300 kW

La performance garantie correspond donc à une économie de 100 kW.

Les heures d'utilisation sont **estimées** à 500 heures.

La consommation d'énergie évitée est : $(400 \text{ kW} - 300 \text{ kW}) \times 500 \text{ heures} = 50\,000 \text{ kWh}$

Dans cet exemple, l'APE est la réduction de puissance sur laquelle porte l'engagement.

Par ailleurs, l'IPMVP recommande une vérification périodique de l'estimation.

Option B

Prenons le même exemple que ci-dessus, mais où l'opérateur est responsable des dispositifs qui diminuent automatiquement l'intensité de l'éclairage et qui s'ajustent aux périodes d'utilisation.

Il s'agit cette fois de **mesurer de manière continue**. On obtient :

- Pour la période de référence : 200 150 kWh
- Pour la période de suivi : 150 030 kWh.

La consommation d'énergie évitée est : $200\,150 \text{ kWh} - 150\,030 \text{ kWh} = 50\,120 \text{ kWh}$

Dans cette option, aucune estimation n'a été faite.

Dans cet exemple, l'engagement porte sur la réduction de la consommation énergétique (kWh).

Option C

L'objet considéré est ici un bâtiment dans sa globalité.

On met en œuvre trois types d'APE :

- L'isolation par l'extérieur d'un mur pignon du bâtiment,
- Le changement des chaudières vétustes par des chaudières performantes,
- Un désembouage et équilibrage des installations de distribution.

Sur ce cas, les trois APE ont des **effets interactifs** : il n'est pas possible de mesurer de manière isolée l'effet de chaque APE, en particulier l'économie générée par l'isolation du mur.

Disposant d'un compteur de gaz pour la consommation du bâtiment liée à ses besoins de chauffage, l'option C s'impose naturellement.

Option D

Un bâtiment a été profondément rénové (interventions sur le bâti, changement d'équipements, ...). Soit les données de la période de référence sont manquantes, soit elles sont inexploitables en raison du changement important apporté par la rénovation en termes de volume, de surface totale, de température de service, d'apports internes. L'opérateur s'engage sur l'écart de consommation énergétique du bâtiment, lié à la mise en œuvre des actions de performance énergétique.

La démarche globale de Mesure et Vérification peut se résumer comme suit :

1. Elaborer un modèle de simulation des consommations, vérifier que ce modèle intègre bien les niveaux de service prévus et effectifs.
2. Collecter, pendant la première année d'occupation, les données réelles de consommations d'énergies ainsi que toutes les données variables qui influent sur ces consommations.
3. Confronter, pendant la première année, les résultats de calcul du modèle avec les mesures mensuelles en vue de réduire les écarts en modifiant les valeurs des paramètres de calibrage. Cette étape s'appelle la calibration du modèle.
4. Introduire dans le modèle calibré les paramètres correspondants à ce même bâtiment avant rénovation.
5. Comparer les consommations énergétiques réelles avec les consommations issues du modèle.

Par différence, on obtient les écarts de consommation par rapport à l'engagement.

3

Documenter la situation de référence et collecter les données significatives du site

Il s'agit de collecter les données historiques de consommation d'énergie ainsi que les conditions d'utilisation associées. Elles ne concerneront que le périmètre de mesure. Elles dépendent de l'option choisie (A, B, C ou D).

Il convient de distinguer :

- **Situation historique** : dans le cadre d'un CPE, préalablement au lancement de l'appel d'offres, le maître d'ouvrage aura réalisé un audit patrimonial qui permettra de définir cette situation historique. Elle caractérise le bâtiment en identifiant les consommations énergétiques, le niveau de service, les données relatives aux ouvrages (plans, etc.) et au climat.
- **Base de référence (parfois appelée situation de référence)** : elle est construite à partir de la situation historique et en constitue une présentation modélisée qui permettra de tenir compte des ajustements périodiques (par exemple température extérieure) et non périodiques (par exemple volume chauffé). Elle résulte d'un accord entre le maître d'ouvrage et l'opérateur d'efficacité énergétique. C'est cette référence qui servira pour évaluer la performance énergétique. Elle constitue donc une pièce essentielle d'un plan de mesure et vérification (PMV).

La documentation spécifique à la situation de référence doit présenter :

- l'identification de la période de référence,
- les consommations d'énergie de la période de référence,
- les variables périodiques,
- les facteurs statiques.

En effet, on distingue 2 types de paramètres :

- **Les variables périodiques** : paramètres qui évoluent dans le temps et qui ont un impact mesurable sur les consommations d'énergie d'un système ou d'un site.

Exemples :

- la température extérieure, caractérisée par les degrés jours,
- le volume de production d'une usine,
- le nombre d'entrées d'une piscine.

Il faut noter que ces grandeurs varient de manière récurrente.

- **Les facteurs statiques** : caractéristiques d'un système ou d'un site impactant la consommation d'énergie mais non utilisées pour les ajustements périodiques.

Exemples :

- les volumes chauffés,
- la quantité d'apports thermiques internes (informatique,...),
- le niveau de confort ou de service.

Ces grandeurs peuvent varier potentiellement mais pas de manière habituelle.

Pour déterminer la durée de la période de référence, les principales contraintes sont la qualité et la pertinence des données.

Il s'agit d'utiliser une période suffisamment longue pour retracer un cycle complet d'utilisation de l'énergie et assez courte pour limiter les coûts.

4

Identifier la période de suivi

La période de suivi est de durée variable selon l'option, la nature des APE et les paramètres retenus.

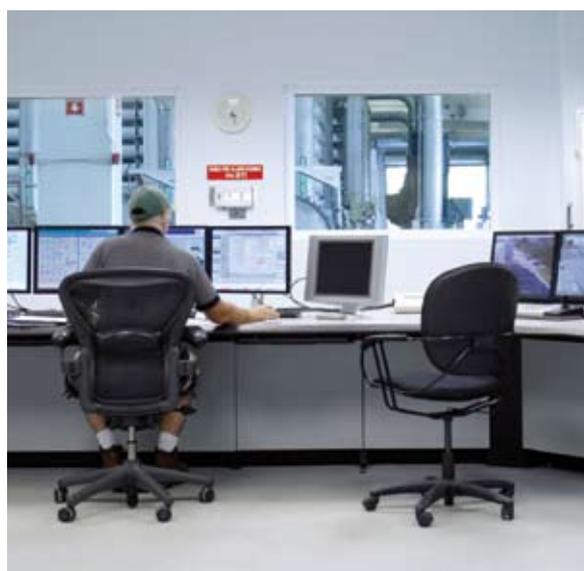
Elle peut être :

- aussi courte qu'une mesure instantanée pendant la mise en service de l'APE,

ou

- aussi longue que la durée nécessaire à la démonstration de la preuve.

Dans le cas d'un CPE, la période de suivi correspond à la durée du contrat.



5

Définir les conditions d'ajustement

Il s'agit de définir comment les consommations de la base de référence (voir page 8) et les mesures de consommation de la période de suivi seront comparées dans les mêmes conditions.

Deux types d'ajustements seront, le cas échéant, réalisés :

- **périodique**, correspondant à l'évolution des grandeurs des variables périodiques,
- **non périodique**, correspondant à la modification de la grandeur d'un ou de plusieurs facteurs statiques.

Les conditions d'ajustement sont utilisées pour le calcul des économies d'énergie générées par les APE.

On distingue deux types d'économies :

- Les économies d'énergie correspondant à l'énergie évitée,
- Les économies normalisées.

1. Les économies d'énergie correspondant à la consommation d'énergie évitée

On entend par économies, le fait que les consommations d'énergie soient moins élevées qu'elles ne l'auraient été sans les APE.

Pour faire le calcul de ces économies, il est nécessaire de déterminer la quantité d'énergie qui aurait été consommée pendant la période de suivi, s'il n'y avait pas eu la mise en œuvre des APE.

Il s'agit d'ajuster la consommation et la demande d'énergie pendant la période de référence, afin qu'elle corresponde aux conditions de la période de suivi.

2. Les économies normalisées

Un maître d'ouvrage peut souhaiter comparer la performance des bâtiments entre eux indépendamment de leur situation géographique. Dans ce cas, il est nécessaire de ramener ces performances à des degrés-jours identiques, c'est-à-dire des conditions normales.

Les conditions normales peuvent consister en un groupe de conditions fixées a priori (degrés jours, par exemple).

Pour calculer les économies normalisées, les consommations d'énergie relatives à la situation de référence et à la période de suivi doivent être ajustées pour correspondre au même groupe de conditions normales.

Il convient d'ajuster la période de référence et la période de suivi aux conditions normales fixes.

Les deux ajustements sont faits dans le même ensemble de conditions « normales ».

L'équation de base de l'IPMVP devient :

$$\begin{aligned} & \text{Economies d'énergie} \\ & \text{pour une période donnée} \\ & = \\ & \text{Consommation d'énergie ajustée} \\ & \text{de la période de référence} \\ & - \\ & \text{Consommation d'énergie} \\ & \text{de la période de suivi} \end{aligned}$$

Référence :
IPMVP 2010 équation 1b, Volume I, § 4.6.1

L'équation de base de l'IPMVP devient :

$$\begin{aligned} & \text{Economies d'énergie} \\ & \text{calculées pour n'importe quelle} \\ & \text{période de suivi} \\ & = \\ & \text{Consommation d'énergie ajustée} \\ & \text{de la période de référence} \\ & - \\ & \text{Consommation d'énergie ajustée} \\ & \text{de la période de suivi} \end{aligned}$$

Référence :
Equation 1c dans l'IPMVP 2010, Volume I, § 4.6.2

6

Spécifier la procédure d'analyse

Il s'agit de sélectionner les principales variables qui influencent la consommation d'énergie.

On indique la méthode d'analyse des données, les principes de calcul et les hypothèses à formuler pour chaque rapport de suivi de M&V.

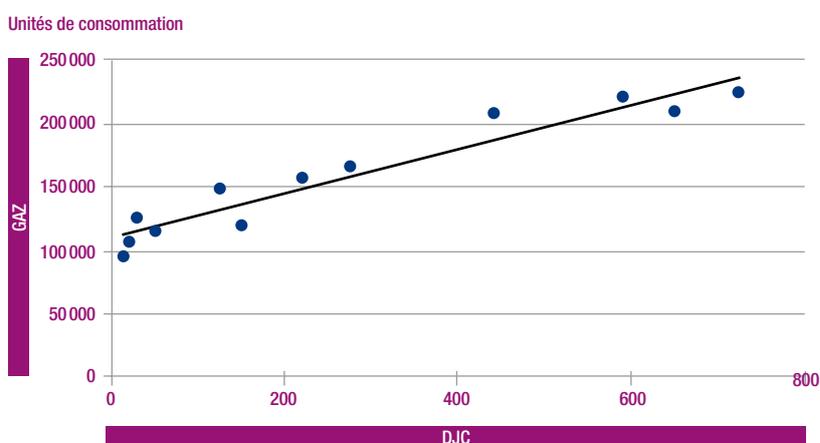
On modélise les consommations énergétiques en fonction d'une ou plusieurs variables.

Ce type de modélisation s'appelle « analyse de régression » et a pour objectif d'expliquer la variation de la consommation d'énergie résultant de l'évolution des variables périodiques.

Exemple : modélisation de la base de référence

La relation entre la consommation de gaz et les degrés-jours de chauffage (DJC) est établie par l'analyse de régression suivante :

$$\begin{aligned} \text{Consommation de gaz} \\ &= \\ &173,27 * \text{DJC} + 111\,358 \end{aligned}$$



L'IPMVP indique des critères déterminants de la qualité du modèle. (IPMVP 2010, annexe B)



7

Spécifier les modalités de valorisation financière des économies

La méthode mesure l'économie de consommation d'énergie en quantité physique : kWh, m³, tonnes, etc.

La valorisation financière de cette économie de consommation d'énergie peut être calculée, soit grâce à un prix unitaire défini au contrat, soit grâce au prix moyen ou constaté des énergies consommées pour la période considérée.

Cette valorisation financière résulte, pour chaque année, de la différence entre la valorisation de la consommation de référence ajustée et la valorisation de la consommation constatée, en utilisant le même barème de prix.

8

Spécifier les points de mesure

Il s'agit de donner la liste des points de mesure et la ou les périodes concernées, si la mesure n'est pas en continu.

Pour des compteurs autres que ceux des fournisseurs d'énergie, préciser :

- Les caractéristiques de la mesure,
- Le protocole de relevé des compteurs,
- La procédure de mise en service des compteurs,
- Les procédés de calibration périodique,
- La méthode de traitement des données perdues (panne de compteur, par exemple).

Exemple :

Point de mesure	Périodicité	Instrument	Précision	Protocole de relevé (personnes présentes)	Document de mise en service et / ou calibration instrument	Traitement des données erronées ou manquantes

9

Désigner le responsable du suivi de la M&V

Il convient d'assigner les responsabilités du suivi et de l'enregistrement des données d'énergies, des variables indépendantes et des facteurs statiques à l'intérieur du domaine de mesure, pendant la période de suivi.

Il faut indiquer les habilitations et les compétences du personnel en charge de ces mesures, par exemple s'il est certifié CMVP (Certified Measurement Verification Professionnal).

La certification CMVP est délivrée notamment par EVO, représenté en France par IFS2E.

10

Évaluer la précision attendue

Le PMV impose un engagement de la part de l'opérateur quant à la précision des M&V qui sont effectuées.

Toute mesure est entachée d'une erreur dont l'importance varie avec la précision des instruments utilisés, la procédure choisie et la quantité des échantillons collectés.

Les compteurs des fournisseurs d'énergie comme l'électricité, le gaz, les réseaux de chaleur sont considérés, par convention, comme ayant une précision égale à 100 %.

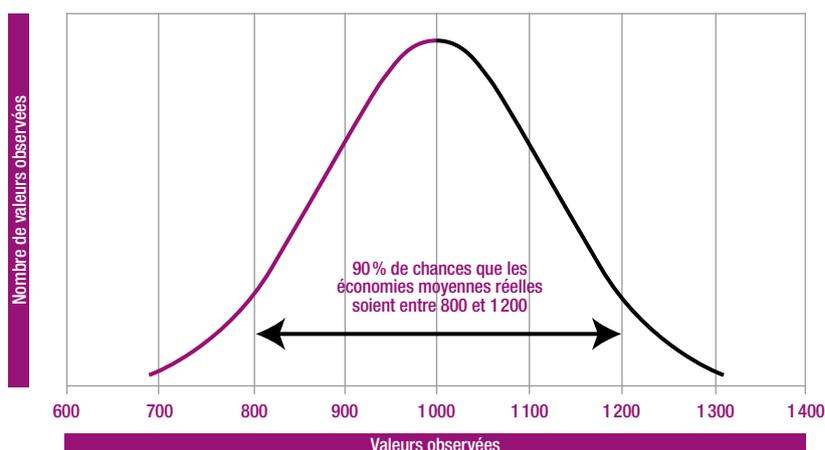
Comment exprimer l'incertitude

L'économie doit être exprimée avec les notions associées de confiance et de précision pour être exprimée de façon statistiquement correcte.

La confiance se rapporte à la probabilité que l'économie estimée sera à l'intérieur de l'intervalle de précision.

À titre d'exemple, la figure ci-contre montre que le procédé de calcul de l'économie peut mener à un rapport s'exprimant comme suit :

« La meilleure évaluation de l'économie est de 1 000 kWh/an avec une probabilité de 90 % (confiance) que la valeur moyenne de l'économie fasse partie du segment représentant +/- 20 % (précision) de 1 000. »



L'IPMVP donne une valeur limite du rapport entre la précision en valeur absolue et les économies engendrées par le projet.

Cette notion de précision devrait conduire à définir une marge de neutralisation de l'application de l'engagement pris par l'opérateur, à convenir entre les co-contractants.

11

Définir le budget et les ressources

Le PMV doit indiquer le budget et les ressources requises pour déterminer les coûts initiaux de la M&V, ainsi que ceux prévisionnels de la période de suivi.

Il est recommandé que ce budget ne dépasse pas 10 % des économies attendues sur une période comparable.

12

Fournir un modèle de rapport

Il faut préciser comment les résultats seront documentés et rapportés.

Un modèle de rapport devra être joint au PMV. Dans le cas d'un CPE, le modèle de rapport est contractuel, le PMV étant une annexe du contrat.

13

Indiquer les procédures d'assurance qualité

Il est nécessaire d'indiquer les procédures d'assurance qualité suivies dans les opérations de mesure et vérification (exemple : entreprise certifiée ISO 9000).

CONCLUSION

La construction d'un Plan de Mesure et Vérification (PMV) peut être simple dans un bon nombre de cas, en fonction des Actions de Performance Énergétique (APE).

Les quatre options de l'IPMVP s'adaptent aux diverses situations rencontrées (type et usage des bâtiments, APE, historique, ...).

La construction d'un tel plan demande une certaine rigueur et, pour respecter l'IPMVP, doit comporter les 13 points présentés dans ce guide.

La partie modélisation est largement simplifiée grâce aux feuilles de calcul disponibles sur ordinateur. La démarche intègre la notion de budget.

Dans la présentation des résultats, il est tenu compte de la notion de précision.

Dans un projet concret, on recherche une optimisation entre le coût de la mesure et vérification (M&V) et la précision des résultats.

Enfin, la pratique d'un Plan de Mesure et Vérification respectant l'IPMVP est une garantie de suivi objectif et fiable de la performance d'un projet d'amélioration de l'efficacité énergétique.

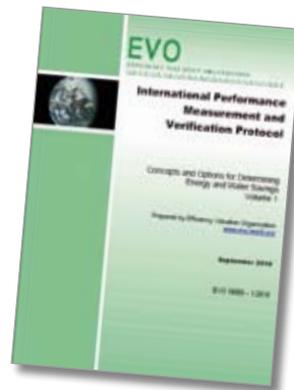
ENVIRONNEMENT DOCUMENTAIRE



Guide de Mesure et Vérification du Club S2E
www.fedene.fr



Rapport CPE Maître ORTEGA
www.lecpe.fr



Protocole IPMVP
www.evo-world.org



Memento IPMVP - FEDENE
www.fedene.fr



Formation IPMVP - Institut IFS2E
www.ifs2e.com



Fédération des Services Énergie Environnement

Six syndicats professionnels



SNCU :

Syndicat National du Chauffage Urbain
et de la Climatisation Urbaine



SNEC :

Syndicat National de l'Exploitation Climatique
et de la Maintenance



SVDU :

Syndicat National du Traitement
et de la Valorisation des Déchets Urbains et Assimilés



SYPIM :

Syndicat du Pilotage et de la Mesure
de la Performance Énergétique



SYNASAV :

Syndicat National de maintenance et des Services Après Vente



SYPEMI :

Syndicat Professionnel des Entreprises
de Multiservice Immobilier et de Facilities Management

28, rue de la Pépinière - 75008 Paris
Tél. : 01 44 70 63 90 - Fax : 01 44 70 63 99
www.fedene.fr - infos@fedene.fr