



Efficiency
Valuation
Organization

PRINCIPES FONDAMENTAUX

PROTOCOLE INTERNATIONAL DE MESURE ET
DE VERIFICATION DE LA PERFORMANCE

Avril 2017

EVO 10000 – 1:2016 (FR)

PRINCIPES FONDAMENTAUX

PROTOCOLE INTERNATIONAL DE MESURE ET DE VERIFICATION DE LA PERFORMANCE

Avril 2017
EVO 10000 – 1:2016 (FR)

EVO remercie M. Paul Calberg-Ellen et M. Daniel Magnet pour la traduction et la révision de ce document en français.

© 2016/2017 Efficiency Valuation Organization (EVO). All rights reserved. This document may not be reproduced or altered, in whole or in part, whether in hard copy, digital, or other form, without EVO's prior written consent.

Efficiency Valuation Organization (EVO)

EVO est une organisation à but non lucratif, dont les produits et les services aident les personnes à mettre en œuvre et à investir dans des projets d'efficacité énergétique, à travers le monde. **La vision d'EVO** est de créer un monde qui a confiance dans l'efficacité énergétique, en tant que ressource énergétique fiable et durable. **La mission d'EVO** est de garantir que les économies et les impacts des projets de développement durable et d'efficacité énergétique soient mesurés et vérifiés rigoureusement.

Bureau des directeurs d'EVO

Thomas K. Dreessen , Président	(USA)	EPS Capital
Pierre Langlois , Vice-président	(Canada)	Econoler
Robert Dixon , Secrétaire	(USA)	Siemens
Neil Salisbury , Trésorier	(Australia)	Point Advisory
Anees Iqbal	(UK)	Maicon Associates Ltd.
Patrick Jullian	(France)	IFS2E
Stephane LeGentil	(UAE)	Etihad Energy Services Company
Mark Lister	(Denmark)	Copenhagen Center on Energy Efficiency

Le Protocole international de mesure et de vérification de la performance (International Performance Measurement and Verification Protocol - IPMVP®) est le protocole de mesure et de vérification le plus utilisé à travers le monde. Il est tenu à jour par EVO, grâce à son comité IPMVP, un groupe de professionnels bénévoles à qui nous sommes profondément reconnaissants d'avoir développé cette édition 2016 des *Concepts fondamentaux de l'IPMVP®*.

Comité IPMVP 2017

Tracy Phillips , Président	(USA)	7 th Gen Energy Solutions
Maggie Selig , Vice Président	(USA)	Energy Advocates
Jan Bleyl	(Austria)	Energetic Solutions
Jim Bradford	(USA)	Mesa Point Energy
Luis Castanheira	(Portugal)	Energaia
Shankar Earni	(USA)	Lawrence Berkeley National Laboratory
Ellen Franconi	(USA)	Rocky Mountain Institute
David Jump	(USA)	kW Engineering
Sami Khawaja	(USA)	Cadmus Group Inc.
Bill Koran	(USA)	SBW Consulting
David Korn	(USA)	Cadmus Group Inc.
Ken Lau	(Canada)	BC Hydro
Christian Lemieux	(Canada)	Econoler
Christophe Rodriguez	(France)	EDF Optimal Solutions
Shawn Shaw	(USA)	Cadmus Group Inc.
Kevin Warren	(USA)	Warren Energy Engineering
Lia Webster	(USA)	CLEAResult
Hillary Wood	(England)	EEVS

Message du Président d'EVO



Le Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP®) appartient et est publié par l'Efficiency Valuation Organization (EVO®). EVO est une organisation à but non lucratif qui propose gratuitement des ressources pour favoriser un monde plus durable du point de vue environnemental. Des informations complémentaires sur EVO et nos programmes sont disponibles sur www.evo-world.org.

L'IPMVP propose une présentation structurée des grands principes et du vocabulaire de base pour tout processus de mesure et de vérification (M&V) de bon niveau – il ne définit pas, en revanche, le détail des activités de M&V pour chaque type d'utilisation. Chaque projet de M&V doit être conçu individuellement pour atteindre les objectifs et le niveau de rigueur souhaité pour attester des économies d'eau ou d'énergie. Sur un projet donné, le Plan de M&V du projet fait état de cette conception sur-mesure et les économies sont attestées en fonction du Plan de M&V.

L'IPMVP promeut des investissements dans l'efficacité à travers ces différentes activités :

- » Documenter les termes et méthodes courants pour évaluer la performance des projets d'efficacité auprès des acheteurs, des offreurs et des financiers. Certains de ces termes et de ces méthodes peuvent être utilisés dans les accords de projet.*
- » Fournir des méthodes avec différents niveaux de coût et de précision pour déterminer les économies, à l'échelle d'un site entier ou à l'échelle d'une action d'amélioration de la performance énergétique.*
- » Fournir des guides et repères pouvant être utilisés sur une grande variété de sites, incluant les bâtiments neufs et existants, résidentiels et tertiaires, et les procédés industriels.*
- » Spécifier le contenu d'un Plan de Mesure et Vérification. Un Plan de M&V conforme à l'IPMVP utilise des principes fondamentaux largement acceptés, permettant d'obtenir la confiance nécessaire dans le fait que les économies du projet peuvent être atteintes. Il est recommandé qu'un Plan de M&V soit développé pour chaque projet par un professionnel qualifié, tel qu'un « Certified M&V Professional » (CMVP®).*

Ce document contient les principes fondamentaux de M&V. Il définit la terminologie fréquemment utilisée et les principes directeurs pour utiliser la M&V. Il décrit la trame d'un projet dans laquelle les activités de M&V s'inséreront. Il décrit le contenu et les exigences des Plans de M&V et des rapports d'économie. En dernier lieu il décrit les caractéristiques des projets pleinement conformes à l'IPMVP.

L'Efficiency Valuation Organization souhaite remercier les volontaires du Comité IPMVP et les organismes qui nous soutiennent et qui ont rendu possible cette publication grâce à leur contributions financières et à leur aide.

Thomas Dreessen

Président du conseil d'administration

Message du Président du comité IPMVP



Le comité IPMVP est heureux de présenter cette nouvelle version des Principes fondamentaux de l'IPMVP. Le comité regroupe depuis 1995 des bénévoles dans l'objectif toujours renouvelé d'aider à la promotion et à la mise à jour des principes fondamentaux de l'IPMVP. Ces bénévoles du monde entier consacrent une part importante de leur temps et de leurs idées pour poursuivre le développement de l'IPMVP et mettre à jour la bibliothèque de protocoles, de références et d'outils représentant les meilleures pratiques de mesure et vérification (M&V).

Le comité est à l'origine des changements visibles dans cette dernière version des Principes fondamentaux. Ces évolutions ont été discutées sur la base de la recherche de consensus et d'un processus d'évaluation par les pairs et reflètent des années de travail. Les modifications majeures apportées par ce document incluent :

- » *Terminologie et définitions mises à jour et mises en cohérence avec la terminologie et les définitions ISO actuelles*
- » *Principes de l'IPMVP clarifiés*
- » *Cadre de l'IPMVP mis à jour et réorganisé d'une manière plus logique*
- » *Éléments des options revus pour apporter plus de cohérence et de clarté*
- » *Développement et ajout d'une liste de contrôle complémentaire des éléments d'un Plan de M&V*
- » *Déploiement des exigences de conformité à l'IPMVP*

Le comité travaille maintenant à la préparation de guides complémentaires portant sur : les Statistiques et incertitudes, Applications aux énergies renouvelables, M&V 2.0 et sujets connexes, la M&V pour les SSEE (Société de Services d'Efficacité Énergétique), EM&V. L'objectif est de développer une série de documents ressources et de guides d'application accompagnant ces Principes fondamentaux de l'IPMVP.

En tant que président du comité IPMVP, je voudrais personnellement remercier le comité exécutif, tous nos organismes de soutiens, et les volontaires du comité IPMVP pour les efforts consentis à la réalisation de cette dernière version des Principes Fondamentaux.

Tracy Phillips

Président du comité IPMVP

Sommaire

1.	Domaine d'application.....	1
2.	Références normatives	2
3.	Termes et définitions.....	3
4.	Principes	7
5.	Cadre de l'IPMVP.....	9
5.1.	Périmètre de mesure.....	10
5.2.	Choix de la période de mesure.....	10
5.3.	Méthodes d'ajustement	12
5.4.	Approches de comptabilisation des économies.....	13
5.5.	Vérifications opérationnelles	16
6.	Les options de l'IPMVP	18
6.1.	Vue générale des options de l'IPMVP	18
6.2.	Options A & B : Isolement de l'AAPE.....	21
6.3.	Option A : Isolement de l'AAPE, mesurage des paramètres clés	24
6.4.	Option B : Isolement de l'AAPE, mesurage de tous les paramètres	27
6.5.	Option C : Site entier	28
6.6.	Option D : Simulation calibrée	33
7.	Plan de M&V et rapport de suivi conformes à l'IPMVP.....	39
7.1.	Plan de M&V conforme à l'IPMVP.....	39
7.2.	Exigences supplémentaires du Plan de M&V dans le cadre de l'option A.....	45
7.3.	Exigences supplémentaires du Plan de M&V dans le cadre de l'option D :.....	46
7.4.	Rapports de M&V	47
8.	Conformité à l'IPMVP	48

1. Domaine d'application

L'Efficiency Valuation Organization (EVO) publie le Protocole international de mesure et de vérification de la performance (IPMVP) et les documents associés présentés ci-dessous pour contribuer à assurer une évaluation rigoureuse des investissements dans les domaines de l'efficacité énergétique, de la maîtrise de la demande en eau et en énergie et des énergies renouvelables à travers le monde. En complément des Principes fondamentaux, plusieurs guides d'application représentés ci-dessous ont également été mis à jour ou le seront bientôt. Toutes ces ressources et d'autres sont disponibles sur le site Internet d'EVO.

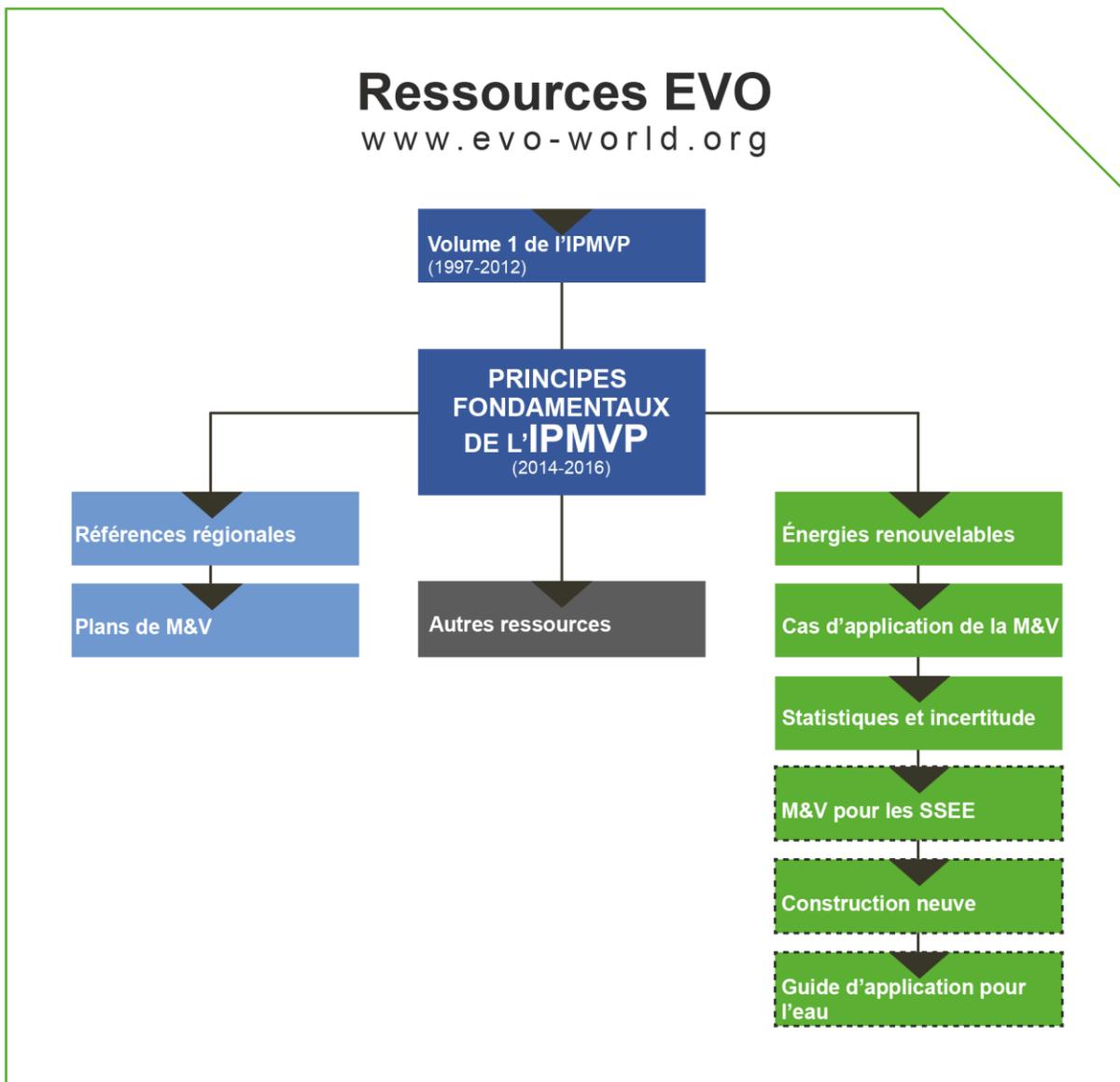


Figure 1. Schéma des Principes fondamentaux de l'IPMVP et des guides d'application

2. Références normatives

Les publications référencées ci-dessous sont très liées à l'IPMVP et peuvent être utiles dans la mise en oeuvre des concepts présentés dans ce document. Il est dans l'intention de l'IPMVP que d'autres publications soient utilisées de manière complémentaire. Pour les références datées, seule l'édition citée est applicable. Pour les références non datées, l'édition la plus récente du document référencé, incluant tous les amendements, s'applique.

- » M&V Guidelines: Measurement & Verification for Performance Based Contracts, Version 4.0, U.S. Department of Energy Federal Energy Management Program (FEMP)
- » ASHRAE Guideline 14: Measurement of Energy and Demand Savings
- » Italian Standard on Energy Service Companies UNI/CEI 11352
- » EN 15900: 2010 Energy Efficiency Services Directive 2006/32/EC
- » U.K. Electricity Demand Reduction Scheme Pilot Phase II - Measurement and Verification Manual
- » U.K. Department of Energy and Climate Change - Guide to Energy Performance Contracting Best Practices
- » Transparence European Code of Conduct for Energy Performance Contracting
- » AFNOR FD X30-148 Mesure & Vérification de la Performance énergétique - Techniques de détermination des économies d'énergie et incertitudes associées

3. Termes et définitions

Les termes et définitions suivants s'appliquent à ce document.

Note : Pour faciliter la lecture du texte il n'est fait référence qu'à l'énergie à travers le document. Les méthodes décrites pour la mesure et vérification des économies d'énergie s'appliquent cependant également à la mesure des consommations d'eau et aux économies associées.

Action d'amélioration de la performance énergétique (AAPE)

Action ou ensemble d'actions conçu pour améliorer l'efficacité énergétique ou réduire la consommation d'énergie ou la puissance appelée.

Ajustement non périodique

Calculs d'ingénierie appliqués spécifiquement pour rendre compte des impacts énergétiques de changements de facteurs statiques à l'intérieur du périmètre de mesure.

Ajustement périodique

Calculs d'ingénierie appliqués spécifiquement pour rendre compte des impacts énergétiques de changements de *variables indépendantes* à l'intérieur du *périmètre de mesure*.

Base de référence

Période de temps, consommation d'énergie ou conditions, concernant des systèmes, constituant une référence à laquelle pourra être comparée la performance future d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*.

Consommation d'énergie

Quantité d'énergie utilisée par une charge.

Consommation d'énergie/puissance appelée évitée

Diminution de la *consommation d'énergie*, de la *puissance appelée* ou des coûts pendant la *période de suivi*, en comparaison avec la *période de référence*, ajustée aux conditions de la *période de suivi*. L'ajustement est réalisé en utilisant des *ajustements périodiques* et des *ajustements non périodiques*.

Contrat de performance énergétique (CPE)

Accord entre deux parties ou plus dans lequel la rémunération repose sur l'atteinte de résultats spécifiés, tels que la réduction des dépenses d'énergie ou le remboursement d'un investissement dans une période donnée.

Économies d'énergie

Valeur de la réduction de *consommation d'énergie* ou de *puissance appelée*, exprimée en unités physiques, déterminée par comparaison entre l'énergie mesurée avant et après la mise en œuvre d'une *action d'amélioration de la performance énergétique* et après avoir réalisé les *ajustements périodiques* et/ou *non périodiques* adéquates pour neutraliser le changement de conditions entre les deux périodes.

Les économies d'énergie et les économies financières associées peuvent être exprimées sous la forme d'une *consommation d'énergie évitée* ou d'*économies normalisées*.

Économies normalisées

Diminution de la *consommation d'énergie*, de la *puissance appelée* ou des coûts pendant la *période de suivi*, par comparaison avec la *période de référence*, les deux périodes étant ajustées à un jeu de conditions communes. L'ajustement est réalisé en utilisant des *ajustements périodiques* et des *ajustements non périodiques*. Le jeu de conditions communes peut être une moyenne à long terme de l'ensemble de conditions ou un ensemble de conditions définies autre que les conditions de la *période de suivi*.

Effets interactifs

Impacts énergétiques créés par une *action d'amélioration de la performance énergétique* qui ne peuvent pas être mesurés à l'intérieur du *périmètre de mesure*.

Énergie ajustée de la base de référence

La consommation d'énergie de la *période de référence* modifiée par des *ajustements périodiques* et des *ajustements non périodiques* pour tenir compte des changements dans la *période de suivi*.

Énergie de la base de référence

Consommation d'énergie et *puissance appelée* pendant la *période de référence*, sans ajustement.

Énergie de la période de suivi

Consommation d'énergie et *puissance appelée* ayant lieu pendant la *période de suivi*, sans ajustement.

Facteur statique

Les caractéristiques d'un site qui impactent la *consommation d'énergie* et la *puissance appelée*, à l'intérieur du *périmètre de mesure*, qui ne devraient pas être modifiées a priori, et qui ne sont dès lors pas inclus dans les *variables indépendantes*. Des *ajustements non périodiques* doivent être réalisés pour prendre en compte leur changement, le cas échéant.

Note : Ces caractéristiques peuvent inclure des caractéristiques environnementales, de fonctionnement, de maintenance.

Gestion technique du bâtiment (GTB)

Une action utilisant le système de contrôle/commande du bâtiment pour afficher les tendances et qui sera utilisée pour attester du bon fonctionnement et de la performance d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*. Les résultats sont ensuite utilisés pour accréditer les calculs d'économies.

Mesure et Vérification (M&V)

Processus de planification, mesurage, collecte et analyse de données dans le but de vérifier et de rendre compte des économies d'énergie dans le périmètre d'un site individuel suite à la mise en place d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*.

Mesure indirecte (ou mesure d'un paramètre intermédiaire)

Paramètre mesuré en remplacement d'une mesure directe d'un paramètre énergétique, lorsque l'existence d'une relation entre ces deux paramètres a pu être prouvée in situ.

Exemple : *S'il a pu être démontré, grâce à des mesures, qu'il y avait une relation entre le signal de sortie du contrôleur d'un variateur de vitesse et la puissance appelée par le ventilateur asservi, alors le signal de sortie peut être utilisé comme une mesure indirecte de la puissance absorbée par le moteur du ventilateur.*

Paramètre clé

Variable essentielle identifiée car ayant un impact significatif sur les économies d'énergie associées à la mise en œuvre d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*.

Périmètre de mesure

Périmètre fictif dessiné autour d'équipements, de systèmes ou de sites pour séparer ce qui sera concerné par la détermination des économies d'énergie de ce qui ne le sera pas. Toutes les *consommations d'énergie* et les *puissances appelées* d'équipements ou de systèmes à l'intérieur du périmètre doivent être mesurées ou estimées.

Période de référence

Période de temps donnée choisie pour représenter le fonctionnement du site ou du système avant la mise en œuvre d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*.

Période de suivi

Période de temps choisie pour vérifier les économies obtenues après la mise en œuvre d'une *action d'amélioration de la performance énergétique*.

Puissance appelée

Une mesure du rythme auquel le travail (au sens physique du terme) est réalisé ou auquel l'énergie est convertie.

Usage final de l'énergie

Utilisation de l'énergie pour un but spécifique.

Exemples : *Ventilation, éclairage, chauffage, refroidissement, transport, procédés industriels, ligne de production.*

Valeur estimée

Paramètres utilisés dans les calculs d'économie, déterminés grâce à des méthodes autres que la mesure. Les méthodes utilisées pour estimer les valeurs peuvent aller d'hypothèses conventionnelles à des estimations par calculs d'ingénierie à partir des données de fabricants sur la performance des équipements. Les valeurs de paramètre obtenues à partir de tests de performance des équipements ou d'autres mesures non réalisées in situ sont considérées comme des estimations dans un processus de M&V conforme à l'IPMVP.

Variable indépendante

Paramètre qui devrait vraisemblablement changer de manière régulière et qui a un impact mesurable sur la *consommation d'énergie* ou sur la *puissance appelée* d'un système ou d'un site.

Vérification opérationnelle

Processus permettant de confirmer que les *actions d'amélioration de la performance énergétique* sont installées et fonctionnent comme prévu à la conception et qu'elles peuvent a priori générer les économies attendues. Ce processus peut inclure des inspections, des tests de performance fonctionnelle et/ou de l'analyse de tendance sur les données.

4. Principes

Les principes clés de l'IPMVP exposés ci-dessous constituent la référence pour attester de la conformité d'un processus de M&V.

Précis

Les rapports de M&V devraient avoir la précision la plus importante possible pouvant être justifiée en regard des coûts du projet. Les coûts de M&V devraient être relativement faibles en comparaison des économies monétaires envisagées. Les dépenses de M&V devraient aussi être cohérentes avec les conséquences financières d'une sur- ou d'une sous-évaluation de la performance du projet. Les coûts et la précision associés à la méthode de M&V devraient être évalués lors du développement du projet. Afin de ne pas compromettre la précision, une augmentation de l'utilisation de valeurs estimées ou d'hypothèses devra s'accompagner d'une plus grande prudence. La prise en compte de tous les facteurs, dans la limite du raisonnable, impactant la précision est un principe directeur de l'IPMVP.

Complet

Le suivi des économies devrait tenir compte de tous les effets d'un projet. Les activités de M&V devraient inclure des mesurages pour quantifier les effets significatifs, tandis que les autres peuvent être estimés.

Conservatif

Lorsque des hypothèses sont faites sur des quantités incertaines, les procédures de M&V devraient être conçues pour estimer les économies de telles sortes qu'elles ne soient pas surestimées. Une évaluation des économies prévisionnelles d'un projet devrait être réalisée de manière raisonnable et conservatrice, tout en prenant bien en considération le niveau de confiance que l'on peut avoir dans l'estimation réalisée.

Cohérent

Le suivi de la performance énergétique d'un projet doit être cohérent et comparable pour :

- » Différents types de projet d'efficacité énergétique
- » Différents professionnels du management de l'énergie sur différents projets
- » Différentes périodes de temps d'un même projet
- » Des projets d'efficacité énergétique et les nouveaux projets de production d'énergie

Note : *Cohérent ne veut pas dire identique, puisqu'il est reconnu que tout suivi implique des prises de position qui ne peuvent être strictement identiques d'une personne à l'autre. En identifiant les critères clés pour ces prises de position, l'IPMVP aide à éviter des incohérences provenant d'une mauvaise prise en compte de dimension importante.*

Pertinent

La détermination des économies doit s'appuyer sur des mesurages sur site et des informations pertinentes par rapport au site où le projet a lieu. Les efforts pour déterminer les économies doivent être portés sur la mesure des paramètres de la performance les plus importants, ou les moins bien connus, tandis que les autres paramètres, moins critiques ou plus prévisibles, peuvent faire l'objet d'estimation.

Transparent

Toutes les activités de M&V devraient être clairement documentées et en totalité divulguables. La divulgation totale devrait inclure la présentation de tous les éléments du Plan de M&V et des rapports d'économie. Les données et les informations collectées, les techniques de préparation de données, les algorithmes, les feuilles de calcul, le logiciel, les hypothèses utilisées et les analyses devraient autant que possible suivre les pratiques standards, être bien formatées et documentées – de telle manière que toutes les parties impliquées ou un tiers-vérificateur puisse comprendre dans quelle mesure les données et les analyses se conforment bien au Plan de M&V et aux procédures de rapportage des économies.

5. Cadre de l'IPMVP

Les économies d'énergie ou de puissance appelée ne peuvent pas être directement mesurées, car elles représentent l'absence d'énergie ou de puissance appelée. Pour calculer les économies, on compare donc la consommation ou la puissance appelée avant et après la mise en œuvre d'actions d'amélioration de la performance énergétique (AAPE), et après avoir réalisé les ajustements adéquats pour neutraliser le changement de conditions entre les deux périodes. La comparaison entre la consommation d'énergie ou la puissance appelée avant et après devrait être réalisée de manière cohérente grâce à l'équation générale de M&V suivante :

$$\text{Économies} = \begin{aligned} & (\text{Consommation d'énergie de la période de référence} \\ & - \text{Consommation d'énergie de la période de suivi}) \\ & \pm \text{Ajustements} \end{aligned} \quad (\text{Eq. 1})$$

Les bonnes pratiques exigent que la M&V soit bien prise en compte dans le processus d'identification, de développement, de fourniture, d'installation et d'exploitation des AAPÉ. L'IPMVP exige que des actions soient réalisées à des moments-clés de ce processus et décrit également d'autres actions importantes qui doivent être prises en compte au titre des bonnes pratiques. Cette section présente ces éléments.

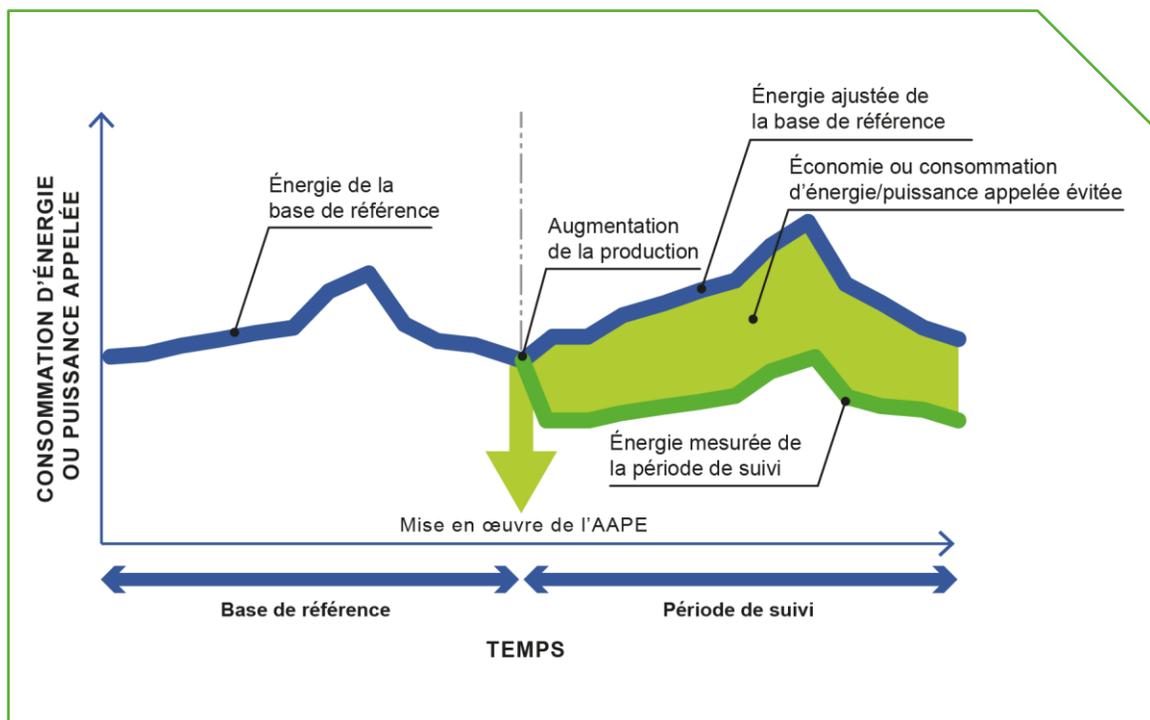


Figure 2. Économie ou consommation d'énergie/puissance appelée évitée

5.1. Périmètre de mesure

En fonction des caractéristiques de l'AAPE et de l'objectif du rapportage, les économies peuvent être déterminées pour un site entier ou seulement une partie.

- » Lorsque le but du rapportage est de vérifier les économies obtenues sur un système ayant été impacté par le programme d'économies d'énergie, le périmètre de mesure doit être tracé autour de ce système. Les exigences de mesurage pour ce système doivent être définies en conséquence à l'intérieur de ce périmètre. L'approche utilisée est l'option d'isolement (option A ou B : voir la définition en section 6). La mesure d'énergie ou de puissance appelée peut être réalisée de manière directe, ou de manière indirecte par l'intermédiaire de mesures de paramètres permettant de calculer avec suffisamment de fiabilité la consommation d'énergie et la puissance appelée.
- » Lorsque le but du rapportage est de vérifier et/ou d'aider à atteindre une cible de performance énergétique sur l'ensemble d'un site, les compteurs des fournisseurs d'énergie pour l'ensemble du site peuvent être utilisés pour valider la performance et les économies. Dans ce cas le périmètre de mesure inclut le site entier. L'approche utilisée est l'option C, site entier (voir le chapitre 6).
- » Lorsque les données de la base de référence ou de la période de suivi ne sont pas fiables ou sont manquantes, les données de consommation énergétique provenant d'un programme de simulation énergétique calibré peuvent remplacer ces données, pour une partie ou pour l'ensemble du site. Le périmètre de mesure doit être défini en conséquence. L'approche utilisée est l'option D, simulation calibrée (voir le chapitre 6).
- » Les impacts sur la consommation d'énergie à l'extérieur du périmètre de mesure considéré sont appelés effets interactifs. L'importance de chacun des effets interactifs doit être estimée ou évaluée pour déterminer les économies associées à une AAPE. Les effets interactifs peuvent être ignorés dans certains cas, sous réserve que le Plan de M&V présente chacun des effets, leur amplitude et justifie du caractère négligeable de ces effets sur les économies calculées en ne prenant en compte que l'intérieur du périmètre de mesure. Cependant cette dernière approche n'est pas recommandée.

5.2. Choix de la période de mesure

5.2.1. Période de référence

Un soin particulier doit être accordé au choix de la période de référence. Celle-ci devrait :

- » Représenter les modes de fonctionnement du site ou des systèmes pendant un cycle normal de fonctionnement et correspondre à un cycle complet faisant apparaître le maximum et le minimum de la consommation d'énergie et de la puissance appelée.
- » Correspondre à des périodes où les valeurs des variables indépendantes et des facteurs statiques sont disponibles.

Note : *Il n'est possible d'étendre la période de référence dans le passé, afin de disposer de plus de cycles de fonctionnement, que si l'on dispose d'une information aussi complète à tous les moments pour l'ensemble des variables indépendantes et des facteurs statiques. Dans le cas contraire il ne sera en effet pas possible de réaliser correctement les ajustements périodiques et non périodiques après la mise en œuvre des AAPE.*

- » Se situer juste avant l'engagement à réaliser les travaux.

Note : *des périodes plus anciennes pourraient ne pas refléter correctement les conditions juste avant la rénovation et donc ne pas constituer une base de référence satisfaisante pour mesurer l'effet des seules AAPE.*

- » Prendre en compte le temps de conception des AAPE.

Note : *La conception des AAPE peut s'étendre sur une période plus longue que la durée de la période de référence. Cette durée longue des études de conception peut être profitable pour le professionnel de M&V afin de mieux comprendre les déterminants de la performance du site et bien déterminer la longueur d'un cycle normal.*

5.2.2. Période de suivi

La personne en charge de la conception du Plan de M&V et des rapports d'économie doit fixer la longueur de la période de suivi. La période de suivi doit inclure au moins un cycle de fonctionnement normal du système ou du site, afin de valider l'atteinte des économies sur l'ensemble des modes de fonctionnement normal du site.

Dans certains projets, le suivi des économies prendra fin après un certain temps, considéré comme une période de test suffisante. Cette période de test peut durer plusieurs années ou être aussi courte qu'une lecture instantanée. La durée de la période de suivi doit prendre en compte la vie des AAPE et la dégradation vraisemblable, avec le temps, des économies atteintes initialement.

Indépendamment de la durée de la période de suivi, les compteurs peuvent être laissés en fonctionnement comme moyen de suivi et de management classique de la performance du site ou du système, notamment pour détecter des dérives.

Lorsque la fréquence des mesures de performance est réduite, une fois que les preuves de performances initiales ont été jugées suffisantes, l'accent peut être mis sur d'autres types de monitoring in situ afin d'assurer que les économies sont maintenues.

Il ne peut être fait état d'économies conformes à l'IPMVP que sur des périodes de suivi utilisant des procédures conformes à l'IPMVP. Il n'est pas possible d'utiliser des économies constatées conformément à l'IPMVP pour attester d'économies postérieures à la période de mesure conforme à l'IPMVP; les rapports d'économie ne seraient alors pas conformes à l'IPMVP. Voir la section 8 de ce document pour plus d'informations sur la conformité.

5.3. Méthodes d'ajustement

Le terme d'ajustement devrait être calculé à partir de variations identifiables physiquement des grandeurs régissant la consommation d'énergie des systèmes à l'intérieur du périmètre de mesure. Deux types d'ajustements sont envisageables :

Ajustements périodiques

Concernant les facteurs régissant la consommation d'énergie et changeant a priori régulièrement pendant la période de suivi (par exemple météo ou volume de production), un ensemble varié de techniques peut être utilisé pour élaborer la méthode d'ajustement. Ces techniques peuvent être aussi simples qu'une valeur constante (pas d'ajustement) ou aussi complexes qu'un système d'équations non linéaires et multi-paramètres faisant le lien entre la consommation d'énergie et les variables indépendantes. Des techniques mathématiques pertinentes doivent être utilisées pour adapter la méthode d'ajustement à chaque Plan de M&V.

Ajustements non périodiques

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.

Les économies peuvent alors être exprimées comme :

Économies =	(Consommation d'énergie de la période de référence	
	– Consommation d'énergie de la période de suivi)	
	± Ajustements périodiques	(Eq. 2)
	± Ajustements non périodiques	

Les ajustements sont utilisés pour modifier la consommation d'énergie de la période de référence de manière à refléter les mêmes conditions que celles rencontrées par les données mesurées après la mise en œuvre des AAPE. Le mécanisme des ajustements sera à adapter selon que l'on devra rapporter les économies sur la base des conditions de la période de suivi ou sur la base de conditions définies préalablement (économies normalisées).

5.4. Approches de comptabilisation des économies

5.4.1. Consommation d'énergie ou puissance appelée évitée – économies calculées sur la base des conditions de la période de suivi

On appelle économies de la période de suivi, ou consommation d'énergie évitée, les économies calculées dans les conditions de la période de suivi. Les économies déclarées comme consommations d'énergie évitées quantifient les économies réalisées pendant la période de suivi par rapport à ce qu'aurait été la consommation sans la mise en œuvre des AAPE. Dans ce cas la consommation d'énergie de la période de référence doit être ajustée aux conditions de la période de suivi. Le terme *projection* est parfois utilisé pour décrire cet ajustement de la consommation d'énergie de la période de référence aux conditions de la période de suivi. Cette façon courante d'estimer les économies d'énergie peut être écrite comme :

Consommation d'énergie évitée =	±	Consommation d'énergie de la période de référence	(Eq. 3)
	±	Ajustements périodiques aux conditions de la période de suivi	
	±	Ajustements non périodiques aux conditions de la période de suivi	
	–	Consommation d'énergie de la période de suivi	

Cette équation est souvent simplifiée en :

Consommation d'énergie évitée =	–	Consommation d'énergie ajustée de la période de référence	(Eq. 4)
	±	Consommation d'énergie de la période de suivi	
	±	Ajustements non périodiques aux conditions de la période de suivi	

où *consommation d'énergie ajustée de la période de référence* correspond à la consommation d'énergie de la période de référence plus tous les ajustements périodiques nécessaires pour ajuster la consommation d'énergie de la période de référence aux conditions de la période de suivi.

L'énergie ajustée de la période de référence est généralement calculée par l'intermédiaire d'un modèle mathématique établi par corrélation entre les données énergétiques de la base de référence et les variables indépendantes appropriées sur la même période, dans lequel sont ensuite introduites les données de variables indépendantes de la période de suivi. Le résultat alors donné par le modèle est la consommation d'énergie ajustée de la base de référence.

Cette façon de calculer les économies d'énergie peut être utilisée de manière inversée. C'est alors la consommation et la puissance appelée de la période de suivi qui sont ajustées aux conditions de la période de référence, et les économies sont alors déterminées par rapport aux conditions de la période de référence. Cette procédure est rare mais peut avoir de l'intérêt quand un nombre plus important de données sont disponibles dans la période de suivi pour développer les modèles mathématiques représentant la consommation d'énergie et la puissance appelée. Les termes

d'ajustement rétrospectif ou d'ajustement POST/ANTE sont parfois utilisés pour décrire cet ajustement de la période de suivi aux conditions de la période de référence. L'équation traduisant ce type d'économies est :

Consommation d'énergie évitée =		Consommation d'énergie de la période de référence (Consommation d'énergie de la période de suivi \pm Ajustements périodiques aux conditions de la période de référence \pm Ajustements non périodiques aux conditions de la période de référence)	(Eq. 5)
--	--	--	----------------

Cette équation peut être simplifiée en :

Consommation d'énergie évitée =		Consommation d'énergie de la période de référence Consommation d'énergie ajustée de la période de suivi \pm Ajustements non périodiques aux conditions de la période de référence	(Eq. 6)
--	--	---	----------------

5.4.2. Économies normalisées

Des conditions autres que celles de la période de suivi peuvent être utilisées comme base pour l'ajustement. Il peut s'agir des conditions de la période de référence, d'une autre période quelconque ou d'un jeu de conditions typiques, moyennes, ou normales.

Les ajustements à des conditions fixées (par exemple des données météo d'une année typique) permettent de calculer des économies sur la période de suivi que l'on qualifie de "normalisées". Dans cette méthode la consommation d'énergie de la période de suivi et celle de la base de référence sont ajustées au jeu de conditions communes "normales" sélectionnées. Ce type d'ajustement où les économies sont calculées à l'aide de jeux de conditions différentes des conditions de la période de suivi ou de celle de référence peut également être désigné sous le terme de *chainage*.

Économies normalisées =		(Consommation d'énergie de la période de référence \pm Ajustements périodiques aux conditions fixées \pm Ajustements non périodiques aux conditions fixées) – (Consommation d'énergie de la période de suivi \pm Ajustements périodiques aux conditions fixées \pm Ajustements non périodiques aux conditions fixées)	(Eq. 7)
--------------------------------	--	--	----------------

Le calcul d'ajustement périodique appliqué à la période de suivi implique généralement l'utilisation d'un modèle mathématique corrélant la consommation d'énergie de la période de suivi aux variables indépendantes de cette période. C'est ce modèle qui doit être utilisé pour ajuster la consommation d'énergie de la période de suivi au jeu de conditions fixées.

Par ailleurs si le jeu de conditions fixées n'est pas celui la période de référence, un modèle mathématique de la consommation d'énergie de la base de référence doit aussi être utilisé pour ajuster la consommation d'énergie de la période de référence au jeu de conditions fixées retenu.

5.4.3. Périodes de mesures adjacentes (test d'activation/désactivation)

Lorsqu'une AAPE peut être facilement activée ou désactivée, la base de référence et la période de suivi peuvent être choisies de façon à être adjacentes dans le temps. Un changement dans un algorithme de contrôle/commande est un exemple d'AAPE pouvant souvent être rapidement activée ou désactivée sans compromettre la bonne marche du site.

Des tests de ce type sont mis en œuvre en mesurant la consommation d'énergie avec l'AAPE activée et tout de suite après avec l'AAPE désactivée, de telle sorte que les conditions soient les mêmes dans les deux situations. La différence de consommation d'énergie et de puissance appelée entre les deux périodes de mesures adjacentes correspond aux économies générées par l'AAPE. Les économies sont alors calculées sans ajustement, sous réserve que les facteurs d'influence soient bien restés inchangés pendant les deux périodes.

Économies =	Consommation ou puissance appelée de la période de référence	
	– Consommation ou puissance appelée de la période de suivi	(Eq. 8)

Cette technique peut aussi bien être appliquée dans les cas d'options isolées que dans les cas d'options sur un site entier; cependant le périmètre de mesure doit être choisi de telle sorte à pouvoir rapidement détecter une différence significative dans la consommation d'énergie ou la puissance appelée lorsque l'AAPE change d'état (activée/désactivée).

Les périodes adjacentes utilisées pour les tests d'activation/désactivation doivent être suffisamment longue pour représenter des cycles de fonctionnement stables. Elles doivent par ailleurs couvrir toutes les situations de fonctionnement normal. Pour cela les tests d'activation/désactivation peuvent avoir à être répétés dans différentes conditions de fonctionnement, par exemple selon des taux de production différents ou en référence à des saisons différentes.

Les AAPE pouvant être facilement activées/désactivées pour ce type de test présentent le risque d'être facilement désactivées alors qu'elles devraient être activées. Des précautions doivent être mises en œuvre pour assurer le maintien en fonctionnement de telles AAPE.

5.4.4. Considérations pour choisir la forme des économies attestées

Pour choisir entre un calcul d'économies sous la forme de consommations d'énergie évitées ou d'économies normalisées, il est nécessaire de considérer notamment les points suivants :

Que les économies attestées sous forme de consommations d'énergie évitées :

- » Sont dépendantes des conditions de la période de suivi. Même si les économies peuvent être correctement ajustées pour prendre en compte des facteurs tels que la météo, le montant des économies attestées dépendra de la météo constatée.

Que les économies attestées sous forme d'économies normalisées :

- » Ne sont pas impactées par les conditions de la période de suivi puisque le jeu de conditions fixées est établi une fois pour toute.
- » Peuvent être comparées uniquement aux économies d'AAPE calculées avec le même jeu de conditions fixées.
- » Ne peuvent être attestées qu'après un cycle complet pendant la période de suivi, afin que le modèle mathématique entre la consommation d'énergie de la période de suivi et les conditions de fonctionnement de cette période puisse être établi.

5.5. Vérifications opérationnelles

Les vérifications opérationnelles consistent en un ensemble d'activités visant à assurer que les AAPE sont installées, mises en service et fonctionnent comme prévu.

Les vérifications opérationnelles permettent, dans une première approche peu coûteuse, de valider le potentiel d'économies ou de vérifier le maintien de la performance dans le temps. Elles devraient être incluses dans le Plan de M&V et précéder toute autre activité de vérification des économies après installation des AAPE. Les vérifications opérationnelles ne sont pas nécessairement de la responsabilité de la personne en charge de la M&V, mais elles devraient être documentées et vérifiées comme une partie des actions de M&V.

Une gamme de méthodes de vérification opérationnelle est proposée dans la Table 1. Comme indiqué dans la table, le choix de la meilleure approche de vérification opérationnelle devrait dépendre des caractéristiques de l'AAPE, du niveau d'incertitude et de l'importance des économies en jeu. Les données collectées pendant les vérifications opérationnelles peuvent être utilisées pour les opérations de M&V à proprement parler.

Lors de l'examen par un tiers des économies attestées, en plus des vérifications des installations sur le terrain, l'expert devrait mettre en œuvre les activités nécessaires pour valider que l'AAPE s'appuie sur des principes techniques et scientifiques reconnus et que des preuves existent pour appuyer les déclarations ex-ante (pré-M&V) concernant son efficacité.

Table 1. Approches de vérification opérationnelle

Approche de vérification opérationnelle	Cas d'application typique	Activités associées
Inspection visuelle	L'AAPE donnera les résultats attendus en termes d'économies d'énergie si elle est mise en œuvre correctement. Des mesures directes de la performance de l'AAPE ne sont pas possibles.	Contrôler et vérifier visuellement l'installation physique de l'AAPE (par exemple fenêtre, isolation, systèmes passifs).
Mesures ponctuelles sur un échantillon	La performance réelle de l'AAPE peut s'écarter des données constructrices en fonction des détails d'installation et des régimes de fonctionnement.	Mesurer un ou plusieurs paramètres clés pour un échantillon représentatif des AAPE mises en œuvre.
Test de performance à court terme	La performance de l'AAPE peut varier en fonction des régimes de fonctionnement, de la régulation et des caractéristiques d'interopérabilité des composants.	Tester les fonctionnalités et la bonne marche des contrôles. Mesurer les paramètres-clés. Peut impliquer de conduire des tests visant à repérer des composants fonctionnant au-delà de leur plage normale de fonctionnement, ou de collecter des données sur une période de temps suffisant pour caractériser l'ensemble de la plage de fonctionnement.
Suivi des tendances et revue des logiques de contrôle	La performance de l'AAPE peut varier en fonction des régimes de fonctionnement et de la régulation. Les systèmes sont suivis et contrôlés par un système de gestion technique du bâtiment (GTB) ou peuvent être suivis par des compteurs indépendants.	Configurer les tendances et les vérifications de données ou de logiques de contrôle/commande. La période de mesure peut durer de quelques jours à quelques semaines, en fonction du temps nécessaire pour observer l'ensemble de la plage de performance.

Les vérifications opérationnelles peuvent être intégrées aux opérations de commissionnement, de coordination des collectes de données ou d'analyses, dont les résultats peuvent à la fois alimenter le travail de M&V et valider le bon fonctionnement des AAPE. Les opérations de vérification opérationnelle peuvent être prolongées sur les années correspondantes aux périodes de suivi, en parallèle des opérations de M&V à proprement parler, pour contribuer à assurer la persistance des économies année après année.

6. Les options de l'IPMVP

6.1. Vue générale des options de l'IPMVP

L'IPMVP propose plusieurs options afin de concevoir et de mettre en œuvre un processus M&V de qualité. Ces options sont liées aux périmètres de mesure décrits plus haut. De plus, différentes méthodes de calcul des économies sont disponibles. Elles nécessitent dans tous les cas des données sur la consommation d'énergie et/ou la puissance appelée, ainsi que sur d'autres paramètres. Ce chapitre décrit les options de l'IPMVP et les méthodes pour déterminer les économies d'énergie.

L'IPMVP propose 4 options (A, B, C et D). Choisir entre ces options nécessite la considération de plusieurs aspects, dont la position du périmètre de mesure de l'AAPE considéré. Les volumes d'énergie intervenant dans les différentes équations pour le calcul des économies peuvent être mesurés par une ou plusieurs des techniques suivantes :

- » Factures des fournisseurs d'énergie ou relevés des compteurs convertis en consommation d'énergie de la même manière que sur les factures
- » Compteurs divisionnaires permettant d'isoler une AAPE ou une partie d'un site. Les mesures peuvent être périodiques, sur de courts intervalles ou continues tout au long de la période de référence et de la période de suivi
- » Mesures séparées des paramètres utilisés pour calculer la consommation d'énergie et la puissance appelée
- » Mesures indirectes de l'énergie et de la puissance appelée
- » Simulation informatique calibrée sur des données de performance réelle des systèmes ou sites modélisés

Si la consommation d'énergie est déjà connue avec suffisamment de précision ou lorsque le surcoût de la mesure ne paraît pas justifié par le niveau de diminution de l'incertitude, la mesure de la consommation d'énergie peut ne pas être nécessaire ou appropriée. Dans ces cas, des estimations peuvent être faites sur certains paramètres de l'AAPE, toutefois, les autres doivent être mesurés (option A).

Lorsque les économies sont déterminées au niveau du site entier, les options C et D devraient être les plus favorables. En revanche si l'on s'intéresse seulement à la performance d'une AAPE, une option d'isolement peut être plus appropriée (option A, B ou D). La Table 2 synthétise les quatre options qui sont détaillées dans ce chapitre.

Table 2. Vue générale des options de l'IPMVP

Option IPMVP	Définition	Façon dont les économies sont calculées	Utilisations typiques
<p>A.</p> <p>Isolement de l'AAPE : mesure des paramètres clés</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Les économies sont déterminées par des mesures de terrain des paramètres clés, qui vont déterminer la consommation d'énergie et la puissance appelée des systèmes affectés par l'AAPE ou le succès du projet. » En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues. Les paramètres non retenus pour des mesures de terrain sont des <i>valeurs estimées</i>. Les estimations peuvent s'appuyer sur des données historiques, des spécifications constructrices ou des calculs « à dire d'expert » » La documentation des sources utilisées ou des justifications apportées pour déterminer la valeur estimée est nécessaire. L'incertitude probable venant de l'estimation doit être évaluée. 	<ul style="list-style-type: none"> » Calculs de la consommation d'énergie de référence et de celle de la période de suivi à partir des mesures à court terme ou en continu des paramètres clés et des valeurs estimées. » Ajustements périodiques et non périodiques à réaliser si nécessaire. Mesure du ou des paramètres clés pendant la période de référence et la période de suivi. 	<ul style="list-style-type: none"> » La rénovation d'un système d'éclairage, où la puissance appelée est le paramètre clé (mesuré) et où les heures d'utilisation sont estimées à partir des horaires de fonctionnement du site et du comportement des occupants.
<p>B.</p> <p>Isolement de l'AAPE : mesure de l'ensemble des paramètres</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Les économies sont déterminées par des mesures de terrain de la consommation et de la puissance appelée et/ou de variables indépendantes associées ou permettant des mesures indirectes, pour le système concerné par l'AAPE. » En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues. 	<ul style="list-style-type: none"> » Mesures à court terme ou en continu de la consommation d'énergie de la période de référence et de la période de suivi, ou calculs utilisant des mesures indirectes pour déterminer la consommation d'énergie et la puissance appelée. » Ajustements périodiques et non périodiques à réaliser si nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> » Mise en œuvre d'un entraînement à vitesse variable et de contrôles automatiques sur un moteur permettant d'ajuster le débit. Mesure de la puissance électrique avec un wattmètre installé sur l'alimentation du moteur et donnant la puissance appelée par pas de 1 minute. Pendant la période de référence, le compteur est installé pendant une semaine pour vérifier que la charge est bien constante. Le compteur reste en place pendant toute la période de suivi pour mesurer la consommation d'énergie et la puissance appelée.

Option IPMVP	Définition	Façon dont les économies sont calculées	Utilisations typiques
<p>C. Site entier</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Les économies sont déterminées en mesurant la consommation d'énergie et les appels de puissance au niveau des compteurs d'énergie des fournisseurs, pour le site entier. » Les mesures ont lieu en continu, pendant toute la période de suivi, pour la consommation d'énergie et la puissance appelée de l'ensemble du site. 	<ul style="list-style-type: none"> » Analyse des données mesurées de la consommation de référence et de la consommation de la période de suivi pour le site entier. » Ajustements périodiques si nécessaire, en utilisant des techniques telles que la simple comparaison ou des analyses de régression. » Ajustements non périodiques si nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> » Programmes de management de l'énergie à différentes facettes, affectant de nombreux systèmes sur un site. Mesure de la consommation d'énergie et de la puissance appelée avec les compteurs de gaz ou d'électricité des fournisseurs pendant 12 mois de période de référence et tout au long de la période de suivi.
<p>D. Simulation calibrée</p>	<ul style="list-style-type: none"> » Les économies sont déterminées à travers la simulation de la consommation d'énergie et des appels de puissance du site entier ou d'une sous-partie. » Il doit avoir été montré que la simulation modélisait correctement le comportement énergétique du site. » Cette option requiert de très fortes compétences en utilisation de simulation énergétique calibrée. 	<ul style="list-style-type: none"> » Simulation, calibrée avec les données horaires ou mensuelles des fournisseurs d'énergie, de la consommation d'énergie et de la puissance appelée. Des sous-compteurs et des données mesurées de performance des équipements peuvent être utilisés pour affiner le modèle. 	<ul style="list-style-type: none"> » Programmes de management de l'énergie à différentes facettes, affectant de nombreux systèmes sur un site, mais où aucun compteur n'était présent pendant la période de référence. » Après installation des compteurs d'électricité et de gaz, les mesures de consommation d'énergie et d'appels de puissance sont utilisées pour calibrer la simulation. » La consommation d'énergie de la période de référence, obtenue à partir de la simulation calibrée, est comparée à la consommation simulée sur la période de suivi.

6.2. Options A & B : Isolement de l'AAPE

6.2.1. Généralités

Les options d'isolement permettent de resserrer le périmètre de mesure afin de réduire les efforts nécessaires pour suivre les variables indépendantes et les facteurs statiques, lorsqu'une rénovation n'impacte qu'une partie de site. Cependant le fait de travailler sur un périmètre de mesure plus restreint que le site entier implique généralement la mise en place de compteurs supplémentaires au niveau du périmètre de mesure. Restreindre le périmètre de mesure peut également induire des effets interactifs non mesurés, de préférence à éviter.

Les mesures ne correspondant pas à l'ensemble du site, les résultats des techniques d'isolement peuvent ne pas apparaître distinctement dans les factures des fournisseurs d'énergie. Par ailleurs les changements au-delà du périmètre de mesure mais non liés à l'AAPE ne seront pas suivis par les techniques d'isolement mais seront inclus dans la consommation ou la puissance appelée attestée par les compteurs des fournisseurs d'énergie.

Deux options sont présentées pour isoler la consommation et la puissance appelée d'un équipement concerné par une AAPE de la consommation et de la puissance appelée du reste du site.

- » **Option A** : Isolement de l'AAPE : mesure des paramètres clés
- » **Option B** : Isolement de l'AAPE : mesure de tous les paramètres

L'ensemble de compteurs permettant l'isolement doit être placé entre les équipements impactés par l'AAPE et ceux qui ne le sont pas. Pour déterminer le périmètre de mesure, un soin particulier doit être apporté pour identifier tous les flux d'énergie impactés par l'AAPE au-delà du périmètre de mesure. Une méthode doit être employée pour estimer ces effets interactifs. Cependant, s'il est possible d'étendre le périmètre de mesure de manière à intégrer à l'intérieur du périmètre ces effets, il n'y a alors pas besoin d'estimer les effets interactifs.

La définition du périmètre de mesure permet de déterminer les points à mesurer et la portée des ajustements (à l'exception des petits effets interactifs estimés) qui peuvent être utilisés dans les différentes formes des équations d'économies. Seuls les changements à l'intérieur du périmètre de mesure doivent être enregistrés afin de pouvoir être traduits dans les termes de l'équation d'ajustement.

Les paramètres peuvent être mesurés en continu ou sur de courtes périodes, de manière périodique. L'amplitude des variations attendues d'un paramètre donné permet de déterminer si la mesure doit être réalisée en continu ou périodiquement sur de courtes périodes. Lorsqu'un paramètre ne devrait a priori pas changer, il peut être mesuré immédiatement après la mise en œuvre de l'AAPE et vérifié périodiquement tout au long de la période de suivi. La fréquence de vérification peut être déterminée en commençant par des mesures visant à prouver que le paramètre est constant. Une fois que le paramètre s'avère effectivement constant, la fréquence de mesure peut être réduite, ou les mesures

être arrêtées. Afin d'assurer que les économies sont maintenues malgré la diminution de la fréquence de mesure, des inspections plus fréquentes ou d'autres tests devraient être réalisés afin d'attester le fonctionnement correct des installations. Dans le cadre d'un projet où le contractant est responsable de la performance mais n'est pas en charge du pilotage et de la maintenance des installations faisant l'objet des AAPE, le caractère constant d'un paramètre clé doit être validé comme ayant été prouvé constant après un mesurage initial. Des ré-inspections doivent par ailleurs être menées tout au long de la période de suivi de manière à valider le caractère constant et la valeur de ce paramètre clé.

Des mesures en continu permettent d'augmenter la confiance dans les économies attestées et de fournir plus de données concernant le fonctionnement des équipements. Ces données peuvent être utilisées pour améliorer ou optimiser le fonctionnement des équipements quasiment en temps réel, augmentant du même coup les bénéfices de l'AAPE elle-même.

Lorsque les mesures ne sont pas réalisées en continu et que des compteurs portatifs sont utilisés, l'emplacement des compteurs ainsi que leurs spécifications doivent être documentés dans le Plan de M&V, tout comme la procédure d'étalonnage des compteurs à mettre en œuvre. Pour les paramètres ne devant a priori pas changer, la mesure peut être réalisée de manière ponctuelle ou occasionnelle et sur des périodes courtes. Pour les paramètres pouvant changer régulièrement, les mesures occasionnelles doivent avoir lieu dans le temps de façon à représenter le comportement normal du système.

Pour les paramètres pouvant varier quotidiennement ou sur des pas de temps plus petits (par exemple l'heure), comme c'est le cas de la majorité des systèmes de chauffage et de refroidissement dans les bâtiments, la mesure en continu peut être la solution la plus simple. Pour les charges liées au climat, les mesures doivent être réalisées sur des périodes de temps suffisamment longue pour représenter correctement l'ensemble du cycle de fonctionnement annuel normal (chaque saison, et en semaine / pendant le week-end) et répétées autant que nécessaire tout au long de la période de suivi.

Dans les cas où plusieurs AAPE similaires sont incluses à l'intérieur du périmètre de mesure, des échantillons statistiquement représentatifs peuvent être utilisés pour obtenir des mesures valides du paramètre global.

Des compteurs portatifs peuvent être utilisés pour réaliser des mesures à court terme. Les coûts des compteurs portatifs peuvent être mutualisés avec d'autres objectifs que la M&V. Cependant des compteurs installés à demeure apportent un flux d'informations utiles à l'équipe d'exploitation ou aux automatismes afin d'optimiser le fonctionnement des systèmes. Les compteurs ajoutés peuvent également permettre la refacturation des consommations d'énergie à des consommateurs particuliers ou aux différents services d'une entreprise à l'intérieur d'un site.

6.2.2. Problèmes de mesurage

Les options de mesure sur des périmètres isolés nécessitent généralement l'utilisation de compteurs supplémentaires, qu'ils soient permanents ou portatifs. Ces compteurs peuvent être installés pendant un audit énergétique pour mieux caractériser la consommation d'énergie ou la puissance appelée avant la conception des AAPE. Les compteurs peuvent également être utilisés pour mesurer la consommation de référence d'un Plan de M&V.

Suivez les bonnes pratiques en matière de mesurage pour réaliser des calculs d'économie d'énergie avec une exactitude (biais) et une fidélité (dispersion) raisonnables. Les pratiques de mesure évoluant en permanence au gré de l'amélioration des équipements de mesure, utilisez les préconisations les plus récentes pour crédibiliser le calcul des économies.

6.2.2.1. Mesurages électriques

Pour mesurer correctement les grandeurs électriques, il est nécessaire de déterminer les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité, ainsi que le facteur de puissance. Les valeurs efficaces doivent être obtenues à l'aide d'appareils de type "true RMS", qui permettent de mesurer des valeurs représentatives même en présence d'harmoniques. Lorsque les charges sont purement résistives, par exemple pour des lampes à incandescence ou des systèmes de chauffage électrique sans moteurs de ventilateur, il est cependant possible de ne réaliser que des mesures de la tension et de l'intensité, si toutefois l'on s'est préalablement assuré qu'il n'existait pas de distorsions harmoniques créées par d'autres équipements sur le site.

Le mesurage des appels de puissance électrique doit être réalisé en cohérence avec la façon dont le fournisseur d'électricité détermine la pointe de puissance utilisée pour la facturation. Ces mesurages nécessitent généralement l'enregistrement en continu de la puissance appelée au niveau du sous-compteur. Lorsque l'on dispose de cet enregistrement, il suffit de lire la valeur correspondant au moment de la pointe d'appel de puissance attesté par le fournisseur d'énergie. Ce moment peut être mentionné dans les factures ou faire l'objet d'un rapport spécifique.

Si la méthode de mesure de la pointe de puissance appelée doit être calquée sur la méthode du fournisseur ou du gestionnaire de réseau, il faut aussi s'assurer que des appels de puissance importants mais brefs, qui pourraient apparaître différemment selon que l'intervalle d'enregistrement est fixe (par exemple tous les 10 minutes) ou mobiles, sont suivis convenablement.

6.2.2.2. Étalonnage

Les compteurs devraient être étalonnés en fonction des recommandations du fabricant et en suivant les procédures des autorités reconnues sur les questions de mesurage. Des équipements d'étalonnage utilisant des procédures de mesure primaires ou au plus de troisième ordre dans une chaîne de traçabilité métrologique doivent être utilisés chaque fois que possible. Les capteurs et les compteurs devraient être sélectionnés en tenant compte de leur facilité d'étalonnage et de leur capacité à rester bien étalonné. Le choix d'équipements auto-étalonnant représente une solution intéressante.

6.2.2.3. Meilleurs cas d'application

Les techniques d'isolement de l'AAPE s'appliquent typiquement dans les cas suivants :

- » L'on ne s'intéresse qu'à la performance des systèmes visés par l'AAPE, soit en raison de la répartition des responsabilités attribuées aux parties dans un contrat de performance énergétique, soit parce que les économies générées par l'AAPE sont trop faibles pour être détectées par une option C.
- » Les effets interactifs de l'AAPE sur la consommation d'énergie et la puissance appelée des autres équipements du site peuvent raisonnablement être estimés ou considérés comme négligeable.
- » Les modifications envisageables du site, au-delà du périmètre de mesure, seront difficiles à identifier et attester.
- » Les valeurs indépendantes affectant la consommation d'énergie et la puissance appelée ne sont pas trop complexes ou coûteuses à suivre.
- » Des sous-compteurs permettant d'isoler la consommation d'énergie et la puissance appelée du système existent déjà.
- » Les compteurs ajoutés au niveau du périmètre de mesure peuvent être utilisés à d'autres fins que la M&V, par exemple pour la facturation d'énergie à des locataires ou pour du suivi opérationnel.
- » Le mesurage des paramètres est moins coûteux que la réalisation des simulations dans le cadre de l'option D ou que les ajustements non périodiques dans le cadre de l'option C.
- » Il n'y a pas de volonté de comparer directement les économies attestées et les évolutions des factures des fournisseurs d'énergie.

6.3. Option A : Isolement de l'AAPE, mesurage des paramètres clés

6.3.1. Généralités

Dans le cadre de l'option A, isolement de l'AAPE, mesurage des paramètres clés, les quantités d'énergie sont définies par les équations figurant dans la section 5. Ces quantités peuvent être issues d'un calcul utilisant une combinaison de différents paramètres mesurés et de paramètres estimés. Les estimations ne devraient être réalisées que s'il est possible de démontrer que l'incertitude générée par l'ensemble des estimations n'affectera pas significativement les économies globales qui seront attestées. L'impact de chaque paramètre sur l'incertitude globale des économies devrait être utilisé pour décider quels paramètres devraient être mesurés et quels paramètres devraient être estimés. Les valeurs estimées et l'analyse de leur impact sur l'incertitude devraient figurer dans le Plan de M&V. Les estimations peuvent s'appuyer sur des données historiques telles que des enregistrements des heures de fonctionnement, des documents édités par les fabricants

d'équipement faisant état des performances, des tests de laboratoire ou des données météorologiques types.

Si un paramètre tel que les heures de fonctionnement est reconnu comme étant constant et ne devant pas être impacté par l'AAPE, alors il est possible de ne le mesurer que pendant la période de référence ou pendant la période de suivi. Le mesurage pendant la période de suivi d'un paramètre de ce type peut aussi être considéré comme attestant de la valeur du paramètre pendant la période de référence, et vice versa.

Dans le cas où un paramètre, reconnu comme étant variable (de manière indépendante d'éventuels autres paramètres), n'est pas mesuré sur site à la fois pendant la période de référence et pendant la période de suivi, il doit être considéré comme une valeur estimée.

Des calculs d'ingénieurs ou des modélisations mathématiques peuvent être utilisés pour attester du niveau d'incertitude, dans le calcul d'économies d'énergie, associé à chaque estimation de paramètre. L'effet cumulé des estimations devrait être déterminé avant de pouvoir considérer que suffisamment de paramètres sont mesurés.

La sélection des paramètres à mesurer peut aussi reposer sur les objectifs du projet ou les obligations d'un contractant s'engageant à supporter une partie des risques de performance liés à la mise en œuvre d'une AAPE. Lorsqu'un paramètre est représentatif de la performance sur laquelle le contractant s'engage, il doit être mesuré. En revanche les facteurs qui ne ressortent pas de la responsabilité ou du contrôle du contractant peuvent être estimés.

Lors de la conception d'un processus de M&V selon une option A, pour décider des paramètres à mesurer et de la durée du mesurage il est nécessaire de prendre en compte à la fois la variation constatée de la consommation d'énergie ou de la puissance appelée pendant la période de référence et la façon dont l'AAPE va impacter la consommation d'énergie. Les 3 exemples suivants illustrent l'éventail des possibilités pouvant être rencontrées :

- » L'AAPE diminue l'appel de puissance, constant, d'un équipement sans modifier le nombre d'heure d'utilisation de la charge.
- » L'AAPE diminue le nombre d'heures d'utilisation de l'équipement sans modifier la puissance appelée.
- » L'AAPE diminue à la fois la puissance de l'équipement et le nombre d'heures d'utilisation.

En général les situations dans lesquelles la puissance appelée ou le nombre d'heures d'utilisation est variable nécessitent des mesurages et des calculs plus rigoureux.

6.3.2. Calculs

Dans le cadre d'une option A, il peut ne pas être nécessaire de réaliser des ajustements, qu'ils soient périodiques ou non périodiques. Cela dépendra du positionnement du périmètre de mesure, de la nature des paramètres estimés, de la durée de la période de suivi ou du temps écoulé entre les mesurages réalisés pendant la période de référence et ceux réalisés pendant la période de suivi.

Il est également possible que le mesurage d'un seul paramètre, et l'estimation des autres, puisse être suffisant pour déterminer la consommation d'énergie de la période de référence ou celle de la période de suivi. C'est ainsi que régulièrement l'équation générale peut se simplifier en :

Économies déterminées selon l'option A =	x	Nombre d'heures d'utilisation (Puissance appelée pendant la période de référence	(Eq. 9)
	–	Puissance appelée pendant la période de suivi)	

6.3.3. Vérification de l'installation

Certaines valeurs étant estimées dans le cadre de l'option A, il est nécessaire de s'assurer avec soin que la conception et l'installation correspondent bien aux hypothèses réalisées, de telle sorte que les équipements puissent, selon toute vraisemblance, produire les économies attendues. Les hypothèses réalisées doivent pouvoir être jugées réalistes, atteignables et s'appuyant sur les caractéristiques des équipements mis en place.

A des intervalles de temps définis pendant la période de suivi, l'installation devrait être ré-inspectée pour vérifier que les équipements sont toujours en place et qu'ils fonctionnent et sont entretenus correctement. Ces ré-inspections permettent de valider les estimations réalisées et de s'assurer que les économies attendues pourront encore être atteintes. La fréquence de ces ré-inspections est déterminée en fonction de la fréquence à laquelle des changements de performance pourraient avoir lieu. Une phase d'inspection fréquente permettant de juger de la stabilité de l'équipement et de sa performance peut être utilisée pour estimer cette fréquence "potentielle" des changements de performance.

6.3.4. Coût

Les calculs d'économie dans le cadre d'une option A peut s'avérer moins coûteuse qu'avec d'autres options, puisque le coût de l'estimation d'un paramètre est souvent nettement inférieur au coût de son mesurage. Cependant dans certains cas où l'estimation est la seule voie possible, une bonne estimation peut revenir plus chère que si une mesure directe avait été possible. La planification des coûts dans le cadre d'une option A devrait prendre en compte l'ensemble des éléments : analyse, estimation, installation de comptage, coûts récurrents pour la lecture et l'enregistrement des données.

6.3.5. Meilleurs cas d'application

L'option A s'applique typiquement dans les cas suivants :

- » L'estimation de paramètres non clés peut permettre d'éviter des ajustements non périodiques difficiles lorsque des changements interviendront à l'intérieur du périmètre de mesure.
- » L'incertitude générée par les estimations est acceptable.

- » Le maintien de la performance de l'AAPE peut être vérifié par des opérations simples de test ou d'inspection régulière des paramètres clés.
- » L'estimation de paramètres est moins coûteuse que leur mesurage dans le cadre d'une option B ou que la réalisation d'une simulation dans le cadre d'une option D.
- » Les paramètres clés utilisés pour juger de l'atteinte des objectifs d'un projet ou d'un contractant à travers le calcul des économies peuvent être facilement identifiés.

6.4. Option B : Isolement de l'AAPE, mesurage de tous les paramètres

6.4.1. Généralités

L'option B, isolement de l'AAPE, mesurage de tous les paramètres, requiert le mesurage des quantités d'énergie, ou des paramètres, permettant le calcul des économies d'énergie selon les équations 1 et 2 de la section 5. Les économies générées par la plupart des types d'AAPE peuvent être déterminées à l'aide d'une option B. Cependant le degré de difficulté et le coût augmentent avec la complexité du système de comptage mis en œuvre. Les méthodes mises en œuvre dans le cadre d'une option B seront généralement plus difficiles et plus coûteuses que celles utilisées dans le cadre d'une option A. Mais une option B produira des résultats plus vraisemblables lorsque la puissance appelée ou la consommation d'énergie varie notablement à l'intérieur de la période de référence ou de la période de suivi. Les coûts supplémentaires associés à l'option B pourront se justifier lorsqu'un contractant s'avère responsable de l'ensemble des paramètres affectant les économies d'énergie.

6.4.2. Calculs

Les équations 1 et 2 de la section 5 sont utilisées pour réaliser des calculs conformes à l'IPMVP. Cependant dans le cadre d'une option B, il peut ne pas être nécessaire de réaliser des ajustements, qu'ils soient périodiques ou non périodiques. Cela dépendra du positionnement du périmètre de mesure, de la nature des paramètres estimés, de la durée de la période de suivi ou du temps écoulé entre les mesurages réalisés pendant la période de référence et ceux réalisés pendant la période de suivi. Dans ces cas l'équation générale peut être simplifiée selon :

Économies calculées selon l'option B =	–	Consommation d'énergie de la période de référence – Consommation d'énergie de la période de suivi	(Eq. 10)
---	---	---	-----------------

6.4.3. Meilleurs cas d'application

L'option B s'applique typiquement dans les cas suivants :

- » Les compteurs ajoutés pour isoler le périmètre de mesure peuvent être utilisés à d'autres fins que la M&V, par exemple pour la facturation d'énergie à des locataires ou pour du suivi opérationnel.
- » Le mesurage des paramètres est moins coûteux que la réalisation des simulations dans le cadre de l'option D.
- » Les économies ou les conditions de fonctionnement sont variables à l'intérieur du périmètre de mesure.

6.5. Option C : Site entier

6.5.1. Généralités

L'option C implique l'utilisation des compteurs des fournisseurs d'énergie, de compteurs desservant l'ensemble du site ou de sous-compteurs pour attester de la performance énergétique de la totalité du site. Le périmètre de mesure intègre la totalité ou une grande partie du site. Cette option permet de déterminer globalement les économies générées par plusieurs AAPE touchant une partie du site suivie par le compteur d'énergie. Mais puisque les compteurs desservant l'ensemble du site sont utilisés, les économies attestées grâce à une option C incluent également les effets positifs ou négatifs des changements, non liés à l'AAPE, intervenus sur le site.

L'option C est dédiée aux projets dans lesquels les économies espérées sont grandes par rapport aux variations aléatoires ou inexplicables de la consommation d'énergie au niveau du site entier. Les modèles de régression décrivent à quel point les variables indépendantes permettent de prévoir la consommation d'énergie, mais n'expliquent pas toutes les différences entre le modèle et la réalité. Si les économies sont élevées par rapport aux variations inexplicables de la consommation d'énergie pendant la période de référence, alors identifier les économies sera aisé. Par ailleurs plus longue sera la période d'analyse après la mise en service de l'AAPE, plus il y aura de données disponibles, et moins sera important l'impact des variations inexplicables de court terme.

Pour être suffisamment certain que les économies pourront être séparées des variations inexplicables de la consommation d'énergie, une règle empirique consiste à indiquer, lorsque seules des données mensuelles sont disponibles, que les économies doivent dépasser 10 % de la consommation d'énergie de la période de référence.

Lorsque des données de consommation d'énergie sont disponibles avec un pas de temps plus court, le nombre de points de données devient bien plus important, et des modélisations mathématiques avancées peuvent être beaucoup plus précises que les modèles linéaires utilisés pour les analyses mensuelles. Par conséquent les méthodes utilisant des intervalles de mesure courts et des algorithmes avancés devraient pouvoir attester d'économies représentant moins de 10 % de la

consommation d'énergie annuelle. Dans un tel cas une expression de l'incertitude du modèle construit sur la période de référence, des économies attendues et de la durée de la période de suivi est requise.

Le principal défi associé à l'option C, particulièrement lorsque les économies sont suivies pendant une longue période, est d'identifier les changements du site nécessitant des ajustements non périodiques. A ce titre, des inspections périodiques doivent être menées concernant tous les équipements du site et leurs conditions d'exploitation pendant la période de suivi. Ces inspections doivent pointer les changements, par rapport à la période de référence, survenant sur les facteurs statiques. Elles peuvent correspondre pour partie à un suivi régulier mis en œuvre pour assurer que les conditions de fonctionnement sont toujours celles prévues pour atteindre les économies visées. Une alternative moins coûteuse, applicable surtout pour des projets ou des sites plus petits, peut être de réaliser un suivi précis de l'évolution de la performance énergétique dans le temps, en normalisant les économies calculées par rapport aux conditions de fonctionnement. Si l'économie ajustée change de manière persistante, une inspection du site peut alors être menée pour déterminer si des changements de facteurs statiques ont eu lieu.

6.5.2. Points divers sur les données énergétiques

Lorsque le compteur du fournisseur d'énergie dessert un ensemble de sites consommateurs, des sous-compteurs sont nécessaires au niveau de chaque site consommateur ou groupe de sites consommateurs pour lesquels la performance est calculée.

Plusieurs compteurs peuvent être utilisés pour mesurer un seul type d'énergie à l'intérieur d'un site. Si un compteur correspond à l'alimentation énergétique d'un système qui interagit avec d'autres systèmes énergétiques, directement ou indirectement, alors les données de ce compteur devraient être incluses dans le calcul des économies du site entier.

Les compteurs correspondants à l'alimentation énergétique de systèmes n'interagissant pas avec d'autres systèmes énergétiques, et qui ne prennent pas part directement dans le calcul d'économies, peuvent être ignorés. Les économies doivent être déterminées séparément pour chaque compteur ou sous-compteur desservant un site afin que les évolutions de la performance puissent être associées séparément aux différentes parties du site desservies par ces compteurs. Cependant si un compteur ne correspond qu'à une petite fraction de la quantité totale d'un type d'énergie donné, alors ses données peuvent être directement additionnées avec celles de compteur(s) plus important(s) de manière à diminuer les tâches de gestion des données. Lorsque des compteurs électriques sont combinés de cette manière il faut noter que les compteurs correspondants à des petites consommations ne disposent souvent pas de fonctionnalités pour la mesure de la puissance appelée. Dès lors les données globales du site ne pourront plus fournir d'informations pertinentes sur le facteur de puissance.

Si les dates de relevés des différents compteurs ne coïncident pas, les données des compteurs devraient être analysées séparément. Les économies globales peuvent être obtenues après analyse de chaque compteur, pour peu que l'on dispose des dates de relevés et que l'on réussisse à les faire coïncider.

Lorsqu'une donnée est manquante dans la période de suivi, un modèle mathématique de la période de suivi peut être créé pour combler la donnée manquante. Cependant il devrait être fait mention de la présence de données manquantes dans le calcul des économies pour la période correspondante.

6.5.3. Points divers sur les factures d'énergie

Dans le cadre de l'option C les données énergétiques sont souvent issues des compteurs des fournisseurs d'énergie, soit à travers des lectures directes des compteurs, soit à travers les factures. Lorsque les factures sont utilisées, il faut avoir à l'esprit que le besoin de régularité du fournisseur d'énergie n'est pas aussi marqué que celui de la M&V. Les factures ont parfois recours à des estimations, notamment pour les sites de taille modeste. Dans certains cas il n'est pas possible de savoir à partir des factures si la donnée est issue d'un relevé ou a été estimée. L'utilisation involontaire de données estimées engendre une erreur inconnue sur les mois correspondants et aussi sur les mois suivants. Sur la période de suivi, la première facture suivant cette ou ces estimations permettra de corriger les erreurs dans les données précédentes sur la quantité totale d'énergie consommée. Les rapports d'économie devraient mentionner le fait que des estimations sont utilisées par le fournisseur d'énergie. Lorsque des données de fourniture d'énergie électrique sont estimées, il n'existe aucune donnée pertinente sur la puissance appelée pour la période correspondante à l'estimation. Sur la période de référence en revanche, il est strictement impossible de construire un modèle fiable si des données estimées sont présentes dans le jeu de données.

L'énergie peut être fournie à un site à travers un système de stockage. C'est par exemple le cas du fioul, du propane ou du charbon. Dans ces situations, les factures du fournisseur d'énergie, correspondantes aux livraisons effectuées, ne représentent pas la consommation d'énergie du site entre deux livraisons. Idéalement un compteur situé en aval du système de stockage du site doit être installé pour mesurer la consommation d'énergie et la puissance appelée. Lorsque ce n'est pas le cas, des ajustements des données de livraison devraient être réalisés grâce à des relevés des stocks disponibles tout de suite avant ou après les livraisons.

6.5.4. Variables indépendantes

Les variables indépendantes courantes sont des données liées à la météo, le volume de production et les données d'occupation. Les données liées à la météo peuvent être de différents types, mais pour une analyse sur un site entier, c'est principalement la température extérieure de bulbe sec qui jouera un rôle. La production peut prendre différentes formes, en fonction en particulier de la nature du processus industriel. La production est typiquement exprimée en unité de masse ou de volume pour chaque produit. L'occupation peut se définir de nombreuses manières. Ce peut être le taux d'occupation de chambres d'hôtel, les heures d'occupation d'un bâtiment de bureaux, les jours occupés/inoccupés (semaine/week-end) ou les ventes d'un restaurant.

Une modélisation mathématique permet d'identifier les variables indépendantes lorsqu'elles varient de manière significative. Les analyses de régression ou d'autres formes de modélisation mathématique permettent également de déterminer le nombre de variables indépendantes à considérer dans la base de référence. Ces variables indépendantes, qui ont un impact significatif sur

la consommation d'énergie de la période de référence, devraient être incluses dans les ajustements périodiques utilisés pour la détermination des économies selon l'une des équations suivantes :

Économies =		(Consommation d'énergie de la période de référence	(Eq. 11)
	–	Consommation d'énergie de la période de suivi)	
	±	Ajustements périodiques	
	±	Ajustements non périodiques	

Consommation d'énergie évitée =		Consommation d'énergie ajustée de la base de référence	(Eq. 12)
	–	Consommation d'énergie de la période de suivi	
	±	Ajustements non périodiques dans les conditions de la période de suivi	

Économies normalisées =		(Consommation d'énergie de la période de référence	(Eq. 13)
	±	Ajustements périodiques aux conditions normalisées	
	±	Ajustements non périodiques aux conditions normalisées)	
	–	(Consommation d'énergie de la période de suivi	
	±	Ajustements périodiques aux conditions normalisées	
	±	Ajustements non périodiques aux conditions normalisées)	

Les variables indépendantes devraient être mesurées et enregistrées sur des intervalles de temps correspondants aux intervalles d'enregistrement des données énergétiques.

6.5.5. Calculs et modélisation mathématique

Dans le cadre de l'option C, le terme d'ajustement périodique, dans l'équation suivante, est calculé en développant un modèle mathématique valide de signature énergétique, pour chaque compteur :

Économies =		(Consommation d'énergie de la période de référence	(Eq. 14)
	–	Consommation d'énergie de la période de suivi)	
	±	Ajustements périodiques	
	±	Ajustements non périodiques	

Un modèle peut être aussi simple qu'une liste ordonnée de douze quantités mensuelles d'énergie mesurées, sans aucun ajustement. Mais un modèle peut aussi s'appuyer sur des données énergétiques obtenues dans des intervalles variables, et comprenant souvent des facteurs issus d'une analyse de régression, qui fait le lien entre la consommation d'énergie ou la puissance appelée et une ou plusieurs variables indépendantes telles que la température extérieure, les degrés jours de chauffage ou de refroidissement, la durée de la période de mesure, la production, l'occupation ou les modes de fonctionnement. Les modèles peuvent aussi inclure différents jeux de paramètres de régression en fonction de certaines plages de condition, par exemple des jeux de paramètres différents en été et en hiver, pour des bâtiments présentant des variations saisonnières des caractéristiques d'utilisation de l'énergie.

L'option C devrait en général faire appel à des données continues sur des années complètes (par exemple douze, vingt-quatre ou trente-six mois), pendant la période de référence, et à des données continues pendant la période de suivi. Lorsque des intervalles de mesure plus courts que le mois sont

utilisés, un nombre de mois plus restreint peut être envisagé, mais un soin particulier doit être pris pour vérifier que ces données sont bien représentatives de la base de référence complète sur une année. Les modèles qui utilisent un nombre de mois différents (par exemple neuf, dix, treize ou dix-huit mois) peuvent générer un biais statistique en sous-représentant ou sur-représentant certains modes d'exploitation peu courants. Ces modèles devraient faire l'objet d'une vérification portant sur le biais.

Les données mesurées peuvent être des données horaires, journalières ou mensuelles. Elles peuvent être combinées pour former des intervalles de temps plus longs, par exemple journalier, afin de limiter le nombre de variables indépendantes nécessaires pour établir un modèle de référence de manière raisonnable, sans augmenter de manière conséquente les incertitudes sur le calcul d'économies d'énergie. Lorsqu'il s'agit d'économies sur la puissance appelée, il peut être suffisant d'utiliser seulement quelques jours de temps comparables pour construire le modèle d'ajustement. De nombreux modèles statistiques sont appropriés pour l'option C. Pour sélectionner celui qui conviendra le mieux, des tests d'évaluation statistiques sont à utiliser, comme par exemple le coefficient de variation de l'erreur quadratique moyenne (CV(RMSE)), l'erreur de biais moyen (Mean Bias Error – MBE). Des éléments issus de la littérature statistique peuvent aussi aider à démontrer la validité du modèle sélectionné.

6.5.6. Comptage

Les mesurages d'énergie à l'échelle du site entier peuvent utiliser les compteurs des fournisseurs d'énergie. Les données de ces compteurs sont considérées comme ayant une incertitude nulle pour le calcul des économies, car elles définissent les dépenses liées à l'utilisation d'énergie. Ces compteurs doivent respecter les règles locales en matière de précision associée à la vente d'énergie.

Les compteurs des fournisseurs d'énergie peuvent être équipés pour fournir une sortie impulsionnelle pouvant être enregistrée par l'équipement de suivi du site. La constante déterminant l'énergie par impulsion devrait être calibrée grâce à une référence, par exemple une donnée similaire enregistrée par le compteur.

Des compteurs séparés, installés par le propriétaire du site, peuvent aussi mesurer la consommation d'énergie du site entier. La précision de ces compteurs devrait être considérée dans le Plan de M&V, en indiquant par ailleurs la procédure mise en œuvre pour comparer les données obtenues avec celles du compteur du fournisseur d'énergie.

6.5.7. Coût

Les coûts d'une option C dépendent de la source des données énergétiques, et de la difficulté à suivre les facteurs statiques à l'intérieur du périmètre de mesure afin d'envisager des ajustements non périodiques pendant la période de suivi. L'utilisation des compteurs des fournisseurs d'énergie ou de sous-compteurs existants est tout à fait pertinente si les données sont correctement enregistrées. Ce choix permet de ne pas ajouter de coûts supplémentaires pour la mesure.

Le coût du suivi des changements des facteurs statiques dépend de la taille du site, de la probabilité que les facteurs statiques changent, de la difficulté à détecter les changements et des procédures de surveillance déjà mis en place.

6.5.8. Meilleurs cas d'application

L'option C s'applique typiquement dans les cas suivants :

- » C'est la performance énergétique de l'ensemble du site qui sera suivie, pas uniquement celle des AAPE.
- » Il y a de nombreux types d'AAPE mis en œuvre par site.
- » Les AAPE concernent des postes d'utilisation de l'énergie dont les consommations d'énergie et la puissance appelée sont difficiles à mesurer séparément.
- » Les économies sont élevées par rapport à l'incertitude dans les données de la période de référence et de la période de suivi.
- » Les techniques d'isolement (Option A ou B) sont excessivement complexes et coûteuses.
- » Il n'y a pas de changement significatif du site attendu pendant la période de suivi.
- » Un système de suivi et de détection des changements des facteurs statiques peut être établi pour permettre des ajustements non périodiques dans le futur, le cas échéant.
- » Des corrélations sensées peuvent être établies entre la consommation d'énergie/la puissance appelée et des variables indépendantes.

6.6. Option D : Simulation calibrée

6.6.1. Généralités

L'option D : simulation calibrée implique l'utilisation d'un programme de simulation énergétique pour prévoir la consommation d'énergie d'un site, typiquement lorsque l'on ne dispose pas de données pour construire une base de référence. Lorsque des données de comptage sont disponibles pour la période de référence ou pendant une autre période, le modèle de simulation est calibré de manière à prévoir de manière suffisamment précise la consommation d'énergie et la courbe de charge correspondantes à ces données de comptage.

L'option D peut être utilisée pour attester de la performance d'AAPE sur un site entier, tout comme l'option C. Mais le modèle de simulation du site entier peut aussi être utilisé pour fournir une estimation des économies attribuables à chaque AAPE à l'intérieur d'un projet en comportant plusieurs.

L'option D peut aussi être utilisée pour attester uniquement de la performance de systèmes individuels, à l'intérieur d'un site, tout comme les options A et B. Dans ce cas la consommation

d'énergie et la puissance appelée doivent être déterminées par un compteur approprié permettant d'isoler le système du reste du site. Ce compteur permettra le calage¹ du modèle de simulation.

6.6.2. Types de programmes de simulation

Les programmes de simulation énergétique du bâtiment utilisent généralement un pas de temps horaire. L'utilisation de logiciels de simulation largement diffusés et ayant été évalués selon le référentiel normatif ASHRAE 140 est recommandé. Cependant l'utilisation de tout autre logiciel est également possible sous réserve que les algorithmes soient accessibles et bien documentés. Les modèles de simulation à l'échelle des systèmes peuvent être utilisés s'ils respectent les critères ci-dessus et qu'ils sont capables de prendre en compte les interactions entre les AAPE. D'autres types de programmes de simulation énergétique dédiés pour tel ou tel équipement ou procédé industriel peuvent eux aussi être utilisés.

L'utilisateur du logiciel doit bien comprendre celui-ci. Le logiciel devrait être capable de simuler différents usages, différentes zones, de même que les AAPE envisagés. Vu le large choix disponible en matière de logiciel de simulation énergétique, il est recommandé de valider avec le propriétaire ou avec la personne référente pour le projet le choix du programme de simulation avant de commencer l'analyse.

6.6.3. Calage (ou calibration)

Les économies déterminées à l'aide de l'option D s'appuient sur des modèles physiques et des techniques de résolution numérique pour prédire la consommation d'énergie et la puissance appelée. La précision des économies calculées dépendra de la compétence de l'utilisateur du logiciel, de la robustesse du modèle et du niveau de calage.

Une fois calé, le modèle de simulation devrait prédire suffisamment correctement la courbe de charge et la consommation d'énergie du site ou du système. On juge de cela en comparant les résultats du modèle aux données mesurées de performance, aux variables indépendantes et aux facteurs statiques.

Généralement le calage d'une simulation d'un bâtiment est réalisé en considérant douze mois consécutifs de factures de fournisseur d'énergie, pendant une période de fonctionnement stabilisé. Dans le cas d'un bâtiment neuf, plusieurs mois seront nécessaires avant d'obtenir une occupation et un fonctionnement stabilisé. La période de calage et les données qui seront utilisées doivent être documentées dans le Plan de M&V.

Les données de calage peuvent inclure les caractéristiques de fonctionnement, d'occupation, les données météorologiques, les types d'équipement et leur efficacité. Les paramètres devraient être mesurés sur des intervalles de temps appropriés, que ce soit le jour, la semaine ou le mois, ou extraits d'enregistrements existants de systèmes de suivi du fonctionnement ou d'enregistrements de

¹ Le mot « calage » a été préféré ici, notamment par référence à l'ouvrage « Méthodes et outils de la garantie de résultats énergétiques, Bâtiments tertiaires et collectifs », ADEME et Fondation Bâtiment Energie, Editions du Moniteur, mais on trouve couramment employé le mot « calibration ».

tendance. La précision des compteurs devrait être vérifiée pour les mesurages les plus essentiels. Si possible, les autres variables ou paramètres d'influence, comme par exemple les taux de ventilation et d'infiltration dans un bâtiment, devraient aussi être mesurés. Le niveau de calage devrait être établi dans le Plan de M&V et refléter le niveau d'effort et de précision recherché pour le projet.

Après avoir collecté les données pour le calage, les étapes suivantes doivent être suivies pour le calage lui-même :

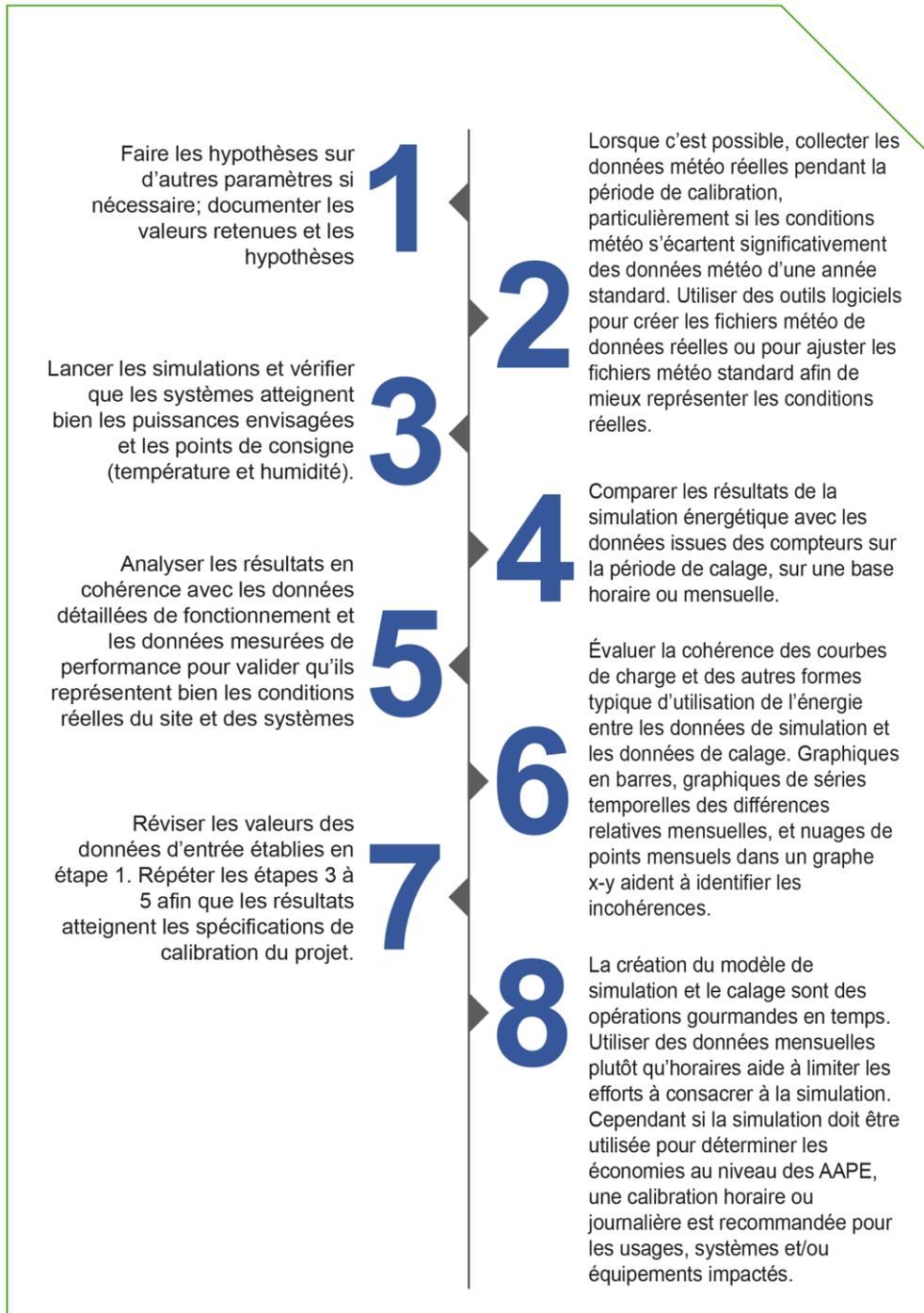


Figure 3. Étapes de calage

Note : Une modélisation précise et un bon calage sont les défis majeurs associés à l'utilisation de l'option D.

Pour résoudre le dilemme coût/précision, les points suivants devraient être considérés :

- » Les simulations devraient être réalisées par des personnes formées, disposant d'une expérience significative avec le logiciel utilisé et avec les techniques de calage.
- » Les données (d'enquête, de suivi) et les hypothèses utilisées pour définir les valeurs d'entrée de la simulation doivent être enregistrées. Le modèle de simulation calé devrait être sauvegardé sous format papier et électronique. La version du logiciel utilisé devrait également être enregistrée en vue notamment des revues dans le cadre des processus d'assurance qualité.
- » Les modifications réalisées sur la modélisation pour représenter l'impact des AAPE devraient être documentées.
- » Lorsque c'est possible, il est conseillé de réutiliser le logiciel de simulation et le modèle utilisé pour la conception (« tel que conçu ») pour créer le modèle calé « tel-que-construit », et le modèle de référence ajusté, en particulier dans les projets de construction neuve.

6.6.4. Calculs

Les économies peuvent être déterminées en utilisant les résultats de la simulation calée représentant la base de référence et la période de suivi. Si la période de référence n'existe pas (par exemple dans le cas d'une construction neuve), le modèle calé sur la période de suivi sera utilisé pour construire le modèle de la période de référence. Dans le cas où la base de référence existe, un modèle calé représentant les conditions du bâtiment avant la mise en œuvre des AAPE peut être construit pour prédire l'impact des AAPE. Après leur mise en œuvre, la consommation d'énergie et la puissance appelée de la période de suivi seront utilisées pour caler le modèle correspondant à la base de référence initiale mais incluant les AAPE (modèle « tel que conçu » pour les constructions neuves) afin de construire le modèle de la période de suivi. Une fois calée, les AAPE seront supprimées du modèle afin de créer le modèle de référence. Le modèle représente alors le bâtiment avant la mise en œuvre des AAPE, dans les conditions de la période de suivi. S'il est prévu d'exprimer les économies dans des conditions normalisées, alors le modèle calé sur les données de la période de suivi sera modifié pour représenter les conditions normalisées (par exemple conditions normales pour la météo ou pour d'autres variables indépendantes) de la même manière que les AAPE sont supprimées du modèle pour créer le modèle de la base de référence.

Pour les projets dans lesquels une base de référence hypothétique est utilisée (base de référence correspondant à des hypothèses réglementaires par exemple), le modèle de référence pour la M&V devra être construit à partir du modèle calé sur les données de la période de suivi mais en ayant supprimé les AAPE, comme décrit ci-dessus.

Dans tous les cas, le ou les modèles et les données mesurées relatives à l'énergie doivent correspondre au même jeu de conditions de fonctionnement, comme pour l'option C.

Dans le cadre de l'option D, les économies peuvent être estimées en utilisant l'une ou l'autre des deux équations suivantes. Dans les deux cas il est supposé que l'erreur de calage affecte de la même manière le modèle de la période de référence et celui de la période de suivi. Les deux équations conduisent au même résultat d'économie quel que soit le jeu de données et de simulations.

Économies =	Consommation d'énergie de la base de référence donnée par le modèle calé [sans les AAPE]	
	– Consommation d'énergie de la période de suivi donnée par le modèle calé [avec les AAPE]	(Eq. 15)

On peut remplacer dans l'équation ci-dessus l'un des termes faisant référence au modèle par un terme faisant référence à une donnée mesurée. Cependant dans ce cas, le calcul doit être ajusté en tenant compte de l'erreur de calage à chaque pas mensuel durant la période de calage, ce qui se traduit par l'équation suivante :

Économies =	Consommation d'énergie de la base de référence donnée par le modèle calé [sans les AAPE]	
	– Consommation d'énergie mesurée pendant la période de suivi	(Eq. 16)
	± Erreur de calage	

6.6.5. Suivi des économies

Lorsque l'évaluation de la performance court sur plusieurs années, les modèles doivent être recalés chaque année de la période de suivi. De manière alternative, il est possible d'utiliser l'option D uniquement la première année après l'installation des AAPE. Dans les années suivantes, l'option C peut être utilisée en considérant, en tant qu'année de référence, la première année de fonctionnement stabilisé. Dans ce cas l'option C sert à vérifier la persistance des économies dans les années suivantes.

6.6.6. Meilleurs cas d'application

En général l'option D est utilisée lorsqu'il n'est pas possible de mettre en œuvre d'autres options. Elle s'appliquera typiquement dans les cas suivants :

- » Les données énergétiques de référence ne sont pas disponibles ou sont très peu fiables, par exemple :
 - Projet de construction neuve
 - Extension d'un site avec nécessité d'attester des économies séparément sur l'extension et sur le reste du site
- » Système de comptage central desservant plusieurs bâtiments ou unités industrielles non équipés de sous-compteur, mais où des sous-compteurs seront disponibles après la mise en œuvre de l'AAPE.
- » Il y a trop d'AAPE pour attester des économies à travers une option A ou B.
- » Il est nécessaire d'estimer la performance de chacune des AAPE mise en œuvre dans le cadre d'un projet contenant de nombreuses AAPE, mais les coûts d'une option A ou B sont trop élevés.
- » Les interactions entre les AAPE sont complexes et significatives, rendant impossible l'utilisation des options A et B.

7. Plan de M&V et rapport de suivi conformes à l'IPMVP

Ce chapitre décrit les exigences à remplir pour concevoir et implémenter des Plans de M&V et des rapports de suivi conformes à l'IPMVP.

7.1. Plan de M&V conforme à l'IPMVP

L'IPMVP n'envisage pas à l'heure actuelle de certification formelle de Plan M&V réalisé pour un projet donné. Cependant les recommandations fournies ici peuvent être utilisées par un chargé de projet pour concevoir ou vérifier un Plan de M&V en jugeant de sa conformité à l'IPMVP. Un Plan de M&V conforme devra valider l'ensemble des 14 exigences présentées ci-dessous. Des exigences supplémentaires pour les options A et D sont ensuite formulées. Une checklist de ces exigences peut également être trouvée sur le site web d'EVO.

L'un des points clés de la conformité à l'IPMVP réside dans le fait de concevoir, pour un projet donné, un Plan de M&V clair et transparent qui décrit l'ensemble des différentes mesures et données à rassembler, les méthodes d'analyse employées et les activités de vérification menées pour évaluer la performance d'un projet. Un Plan de M&V conforme aidera à assurer que le projet est en mesure d'atteindre son potentiel maximum d'économie et que les économies seront vérifiées avec un degré de confiance adapté. Pour les projets prenant la forme de contrat de performance énergétique, dans lesquels le Plan de M&V définit la façon dont les économies seront vérifiées pour prouver que la garantie contractuelle sur les économies a été respectée et ainsi valider les paiements associés, un Plan de M&V conforme devra avoir été conçu et acté par les deux parties au moment de la contractualisation, en tant qu'élément contractuel, et/ou avant la mise en œuvre des AAPE envisagées.

Les points suivants décrivent les exigences principales d'un Plan de M&V conforme à l'IPMVP.

7.1.1. Description générale du site et du projet

Le Plan de M&V devrait proposer une vue d'ensemble du site et du projet envisagé, ainsi qu'une liste de tous les points de mesure faisant partie du projet. Cette partie devrait aussi donner les références de tout rapport d'audit énergétique ou autre analyse ayant permis d'affiner le projet.

7.1.2. But des AAPE

Cette partie du Plan de M&V devrait fournir une description claire et compréhensible du but et de la portée de chaque AAPE. Au minimum devrait figurer :

- » Une description de l'AAPE
- » De quelle manière l'AAPE permet de réaliser des économies (par exemple en améliorant l'efficacité, en réduisant les heures de fonctionnement, etc.)
- » Un inventaire des équipements touchés par l'AAPE
- » Le montant des économies attendues

7.1.3. Option retenue et périmètre de mesure

Le Plan de M&V doit spécifier l'option qui sera utilisée pour évaluer les économies. Cette section doit aussi identifier le périmètre de mesure pour la détermination des économies. Le périmètre peut être aussi étroit qu'un tuyau ou qu'un câble guidant un flux d'énergie, ou aussi large que la consommation d'énergie et la puissance appelée de plusieurs sites consommateurs. Cette section devrait aussi décrire la nature de tous les effets interactifs au-delà du périmètre de mesure ainsi que leurs effets possibles, quantifiés avec des justifications appropriées si nécessaire, sur les économies globales du projet.

7.1.4. Base de référence : période, utilisation et conditions

Cette section du Plan de M&V fait état de la consommation et de la puissance appelée de la base de référence, pour le site ou le système, ainsi que des paramètres d'influence correspondants, à l'intérieur de chaque périmètre de mesure.

La description de la période de référence doit être bien documentée. Les données de la période de référence peuvent venir de nombreuses sources comme du comptage à court-terme ou des mesures ponctuelles ou encore d'autres sources telles que les spécifications d'un constructeur. L'étendue des informations nécessaires est déterminée par l'option M&V retenue, le périmètre de mesure choisi ou l'ampleur du calcul d'économie.

La documentation de la base de référence devrait inclure les informations suivantes :

7.1.4.1. Identification de la période de référence

C'est la période de temps pendant laquelle les conditions de la base de référence du site ou du système sont attestées et documentées. Cette période de temps correspond souvent à une année mais peut être différente, en fonction des spécificités du projet considéré.

7.1.4.2. Données de consommation d'énergie et de puissance appelée de la base de référence

Les données énergétiques de la base de référence peuvent être des données issues des factures dans le cadre d'une option C, ou bien des données de terrain collectées régulièrement, ou des données de mesure ponctuelle, dans le cadre d'une option A ou B. Ceci comprend les données sur la période de mesure. Ces données peuvent être utilisées pour extrapoler, sur toute la période de référence comme discuté plus haut, et cette analyse devrait aussi être incluse. Ces données sont normalement considérées comme correspondant à la variable dépendante.

7.1.4.3. Facteurs variables influençant la consommation d'énergie

Ces facteurs influençant la consommation d'énergie doivent être collectés sur la même période de temps que les données énergétiques. Ils peuvent inclure des données variables telles que la production, la température ambiante, des vitesses d'équipement, des pressions ou tout autre variable collectée à travers des mesures ponctuelles, du comptage à court-terme ou à long-terme. Ces données sont normalement considérées comme étant des variables indépendantes ou des variables affectant la variable dépendante décrite dans le paragraphe précédent.

7.1.4.4. Conditions de fonctionnement

Il est nécessaire de définir les conditions de fonctionnement correspondant aux valeurs relevées des variables dépendantes et indépendantes pendant la période de référence (données de consommation d'énergie et de puissance appelée de la base de référence et facteurs influençant la consommation d'énergie). Ces conditions (aussi connues comme étant des facteurs statiques) sont supposées rester constantes, mais peuvent changer et donner lieu si nécessaire à un calcul d'ajustement non périodique. Des exemples de facteurs statiques pourraient être, sans que cette liste soit exhaustive :

- » Type, densité et horaires d'occupation.
- » Conditions de fonctionnement (par exemple points de consigne, niveau d'éclairage, taux de ventilation) pour chaque créneau ou saison de la période de référence.
- » Pannes ou problèmes significatifs sur les équipements, pendant la période de référence :
 - Dans certains cas les sites ou systèmes existants peuvent dysfonctionner, ne pas respecter la réglementation ou ne pas correspondre au fonctionnement normal du site. Dans ce type de cas, la base de référence devrait être ajustée de manière à refléter les conditions de fonctionnement respectant la réglementation ou correspondant au système une fois réparé.
- » Des ajustements de la base de référence peuvent être réalisés, par exemple, sur des systèmes ne fournissant pas un débit de ventilation suffisant. Les modifications de la base de référence peuvent correspondre à des modifications sur les systèmes telles que l'amélioration de l'efficacité d'un équipement, la révision de son dimensionnement, la séquence de fonctionnement, ou tout autre élément de l'AAPE générant des changements dans la consommation d'énergie ou la puissance appelée.

- » Changements prévus, dès la rédaction du Plan de M&V, dans les conditions et qui vont affecter la base de référence :
 - Les changements prévus peuvent inclure de nombreuses choses telles qu'une augmentation des taux d'occupation, l'ajout d'un quart de travail ou l'augmentation des niveaux d'éclairage.

7.1.5. Période de suivi

La période de suivi est une période sélectionnée pour évaluer et quantifier la performance de l'AAPE sur site. Le Plan de M&V doit identifier les périodes de suivi sur lesquelles l'AAPE sera évaluée. Ce peut être une courte période de temps tout de suite après l'installation de l'AAPE permettant de s'assurer qu'elle fonctionne avec la performance attendue ou ce peut être une période de temps plus longue revenant à intervalle régulier d'un an, de plusieurs années, ou d'autres durées.

Dans les cas où la période de référence et la période de suivi n'ont pas la même durée, il est important d'expliquer comment les deux périodes seront normalisées de manière à ce que les consommations d'énergie et les puissances appelées puissent être comparées de manière rigoureuse et avec confiance.

Dans un contrat de performance énergétique, la période de performance fait référence à la durée de la garantie du projet et est composée de nombreuses périodes de suivi. Normalement le contractant devrait faire état régulièrement de la performance du projet et des AAPE qui le composent pendant toute la durée de la période de performance.

7.1.6. Types d'ajustement

Les conditions de fonctionnement, au sens large, qui impactent la consommation d'énergie peuvent avoir évoluées entre la période de référence et les périodes de suivi. Il est important de réaliser des ajustements afin de prendre en compte ces modifications de conditions de fonctionnement.

Le Plan de M&V doit fournir les détails permettant de comprendre comment seront ajustées la consommation d'énergie et la puissance appelée de la période de référence et/ou la période de suivi afin qu'il soit possible de faire correctement la comparaison des consommations et le calcul des économies. Les différents types d'ajustements envisageables sont :

- » Une projection de la consommation d'énergie et de la puissance appelée de la période de référence dans les conditions de la période de suivi.
- » Une projection de la consommation d'énergie et de la puissance appelée de la période de suivi dans les conditions de la période de référence.
- » Une projection à la fois de la consommation d'énergie et de la puissance appelée des périodes de référence et de suivi dans des conditions normales (par exemple celles d'une année météo type, comme une moyenne trentenaire).

Le type d'ajustement réalisé détermine si les économies seront attestées en tant qu'énergie évitée ou en tant qu'économies normalisées.

Un autre type d'ajustement vise à corriger des problèmes de fonctionnement d'équipement ou de non-conformité des installations durant la période de référence. Ces points doivent être résolus avant ou lors de la mise en œuvre de l'AAPE. Dans ce type de cas, la base de référence devrait être ajustée de manière à refléter les conditions de fonctionnement respectant la réglementation ou correspondant au système une fois réparé. Si la base de référence doit être ajustée, il est nécessaire d'indiquer quelles ont été les modifications apportées aux algorithmes, variables ou termes impactant la consommation d'énergie ou la puissance appelée.

Un troisième type d'ajustement permet de prendre en compte des modifications de facteurs dont il n'avait pas été prévu de variation (c'est-à-dire des facteurs statiques) pendant la période de suivi. Lorsque ces facteurs statiques s'avèrent tout de même avoir changé, leur effet doit être pris en compte grâce à des procédures d'ajustement non périodiques. On peut citer en tant qu'exemple l'ajout d'un nouveau quart de travail ou l'augmentation du nombre d'heures de fonctionnement, si cette augmentation ne fait pas partie de l'AAPE ou ne correspond pas à la correction d'un problème de fonctionnement comme développé dans le paragraphe ci-dessus.

7.1.7. Méthode de calcul et procédure d'analyse

Le Plan de M&V doit spécifier les procédures d'analyse de données, la description des modèles et les hypothèses réalisées pour calculer les économies de chaque période de suivi.

Pour chaque modèle, il doit être identifié et défini toutes les variables dépendantes et indépendantes et les autres termes du modèle. Il doit également être attesté de tous les coefficients, constantes, indicateurs statistiques (CV(RMSE), MBE, R^2 , statistique t, etc.). La plage de variables indépendantes pour laquelle le modèle est valide doit également être précisée.

7.1.8. Prix de l'énergie

Le Plan de M&V doit aussi spécifier les prix de l'énergie qui seront utilisés pour calculer les économies monétaires associées au projet et la manière dont ces prix seront ajustés, en cas de variation des prix réels de l'énergie durant la vie du projet, pour le calcul des économies monétaires. Le Plan doit aussi clairement définir et faire état des valeurs conventionnelles utilisées telles qu'un taux d'inflation, une augmentation forfaitaire des prix de l'énergie ou tout autre variable qui pourrait impacter les résultats de M&V.

7.1.9. Spécifications des compteurs

Le Plan doit spécifier les points de comptage qui seront utilisés pour collecter les données M&V, que ce soit à travers des mesures ponctuelles ou de la mesure en continu. Pour les compteurs autres que ceux des fournisseurs, le Plan de M&V devrait spécifier :

- » Type de compteur, fabricant, modèle et caractéristiques
- » Spécifications du compteur incluant exactitude et précision
- » Protocole de relevé et d'enregistrement des données de comptage
- » Procédure de mise en route du compteur
- » Procédure d'étalonnage
- » Méthode utilisée pour la communication de données et en cas de données manquantes

7.1.10. Responsabilités de suivi

Le Plan devrait assigner des responsabilités pour la collecte, l'analyse, l'archivage et le rapportage des données. La gestion des données M&V devrait être attribuée à la partie prenante la plus qualifiée pour avoir accès aux données, les gérer et les mettre à disposition de la manière la plus efficace. Les données de suivi qui doivent être incluses dans le processus de gestion de données incluent :

- » Les données énergétiques
- » Les variables indépendantes
- » Les facteurs statiques à l'intérieur du périmètre de mesure
- » Les nouveautés relevées dans les inspections périodiques

7.1.11. Précision attendue

Le Plan de M&V doit indiquer la précision attendue attachée aux processus de mesure et de saisie des données, d'échantillonnage et d'analyse de données. Cette évaluation de la précision doit inclure les données qualitatives et si possible quantitatives de l'incertitude et décrire les modifications à apporter dans les rapports de suivi des économies lorsque les gains réels seront disponibles.

7.1.12. Budget

Le Plan de M&V doit inclure le budget et les ressources nécessaires à la détermination des économies, en indiquant les coûts pour la préparation initiale puis pour les tâches récurrentes d'évaluation, de documentation et de rapportage de la performance pour chaque période de suivi.

7.1.13. Format des rapports

Le Plan doit spécifier comment les résultats seront présentés et documentés pour chacune des périodes de suivi, en précisant la fréquence de ces rapports.

Note : Se reporter à la section Rapports de M&V pour plus de détails (section 7.3).

7.1.14. Assurance qualité

Le plan de M&V doit indiquer les procédures d'assurance qualité qui seront utilisées pour la collecte des données, les calculs, la réalisation des rapports d'économies et toute autre étape intermédiaire dans la préparation des rapports. La méthode d'assurance qualité devrait inclure des inspections régulières permettant d'assurer que l'AAPE ou les équipements continuent de fonctionner comme prévu.

7.2. Exigences supplémentaires du Plan de M&V dans le cadre de l'option A

7.2.1. Justification des estimations

Le Plan de M&V doit clairement identifier les variables qui sont estimées dans le calcul d'économies. Cela implique de préciser la valeur estimée utilisée et l'origine de l'estimation. Il est nécessaire de montrer l'impact de ce ou ces estimation(s) sur les économies globales attendues en calculant les économies pour les différentes valeurs plausibles du paramètre estimé.

7.2.2. Inspections périodiques

Le Plan doit spécifier les inspections périodiques à mener durant la période de suivi pour vérifier que l'équipement est toujours en place et qu'il fonctionne comme prévu.

7.3. Exigences supplémentaires du Plan de M&V dans le cadre de l'option D :

7.3.1. Identification du logiciel

Le Plan de M&V doit mentionner le nom et le numéro de version du logiciel de simulation utilisé pour calculer les économies.

7.3.2. Données d'entrées et de sortie

Le Plan doit fournir une copie des données/fichiers d'entrées, de sortie, des fichiers météo (ou l'identification du fichier météo) utilisés pour la simulation, en incluant d'éventuels post-traitements.

7.3.3. Données mesurées

Le Plan de M&V doit décrire la façon dont sont obtenues les données mesurées, en précisant quels sont les paramètres de la simulation qui font l'objet d'un mesurage et quels sont ceux qui font l'objet d'une estimation. Les données mesurées doivent être consignées dans le Plan de M&V et les données brutes doivent être archivées et rester disponible en cas de besoin. Ces données peuvent inclure des données collectées régulièrement ou des données provenant des factures d'énergie.

7.3.4. Calage (calibration)

Le Plan doit faire état des données énergétiques et des données de fonctionnement au sens large utilisées pour le calage, en mentionnant notamment les indicateurs de qualité de calage (CV(RMSE), MBE, etc.) et la précision avec laquelle les résultats de simulation correspondent aux données énergétiques de calage. Les données doivent correspondre a minima à des intervalles d'un mois (données de facturation typiquement), et une résolution plus fine est préférable.

7.3.5. Changements futurs

Le Plan de M&V doit fournir une description de la méthode qui sera utilisée le cas échéant pour réaliser les ajustements non périodiques. Ces ajustements non périodiques peuvent nécessiter de réviser le modèle et de recalculer la base de référence, les données de consommation d'énergie et de puissance appelée après la mise en œuvre de l'AAPE ainsi que les économies d'énergie.

7.4. Rapports de M&V

Les rapports périodiques de M&V sont préparés dans l'optique de documenter la performance de l'AAPE ou du projet en utilisant les procédures décrites dans le Plan de M&V. La fréquence et le format de ces rapports seront aussi décrits dans le Plan de M&V. Le rapport inclura au minimum les informations suivantes :

- » Contexte du projet
- » Description de la ou des AAPE
- » Option M&V choisie pour l'AAPE
- » Les dates de début et de fin de la période de suivi
- » Les activités de M&V menées pendant la période de suivi, incluant :
 - Dates de début et de fin de la période de mesure
 - Données de consommation d'énergie et/ou puissance appelée
 - Données des variables indépendantes et des facteurs statiques
 - Description des activités d'inspection réalisées
 - Méthodes et calculs d'économie vérifiés
 - Description détaillée des données analysées et méthode associée
 - Liste à jour des hypothèses et des sources de données utilisées pour les calculs
 - Détails des ajustements des économies ou de la base de référence incluant les ajustements périodiques et non périodiques permettant de rendre compte de tout changement
 - Détails sur les coûts de l'énergie utilisés pour calculer les économies
 - Présentation claire des données vérifiées d'économies sur la consommation d'énergie, la puissance appelée et les coûts, et comparaison avec les économies annoncées

8. Conformité à l'IPMVP

L'IPMVP est un document de cadrage pour la terminologie et les méthodes à employer pour attester correctement des économies d'énergie et d'eau, en termes de consommation et de puissance appelée. L'IPMVP guide les utilisateurs dans le développement de Plan de M&V et de rapports de suivi pour des projets particuliers. L'IPMVP est rédigé pour permettre un maximum de flexibilité dans la création et la mise en œuvre de procédures de M&V, tout en se conformant aux principes de précision, d'exhaustivité, de conservatisme, de cohérence, de pertinence et de transparence (voir en section 4).

Un processus typique de M&V est illustré dans la figure 4, selon 4 étapes :

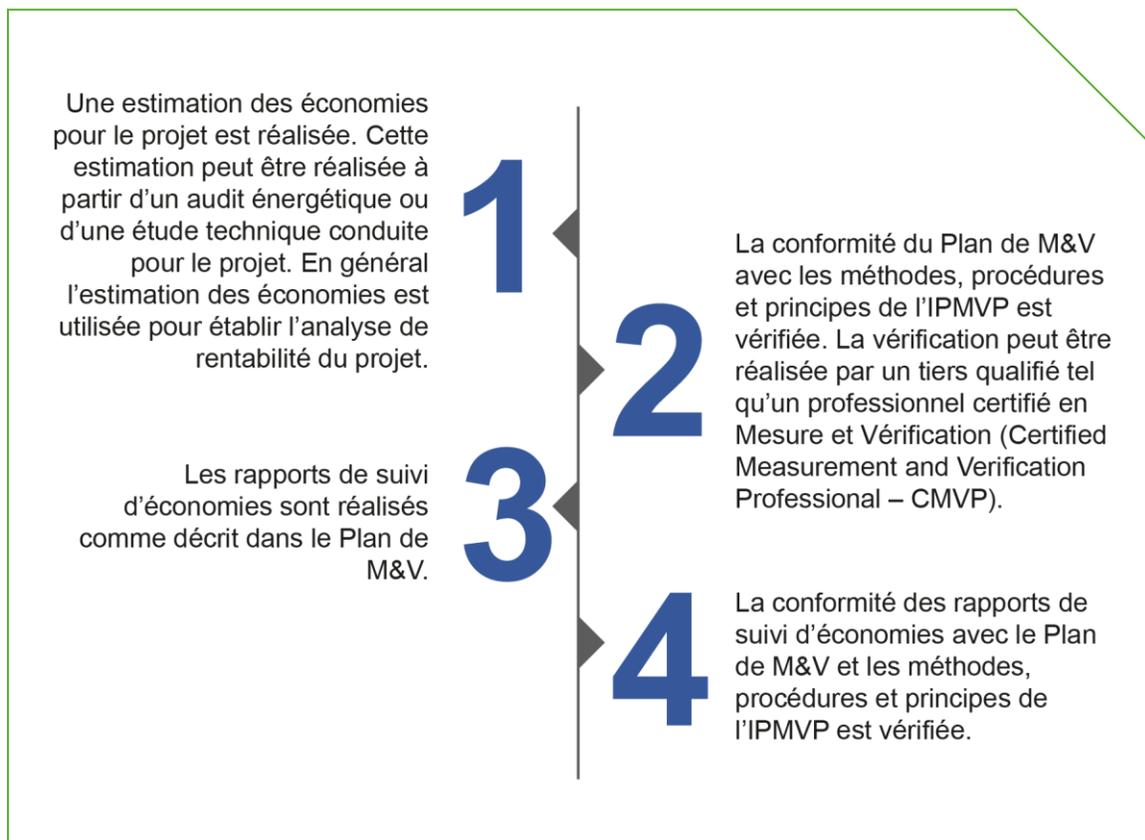


Figure 4. Description des étapes typiques d'un processus M&V

Ce processus conduit à un projet conforme jusqu'à la dernière période de suivi.

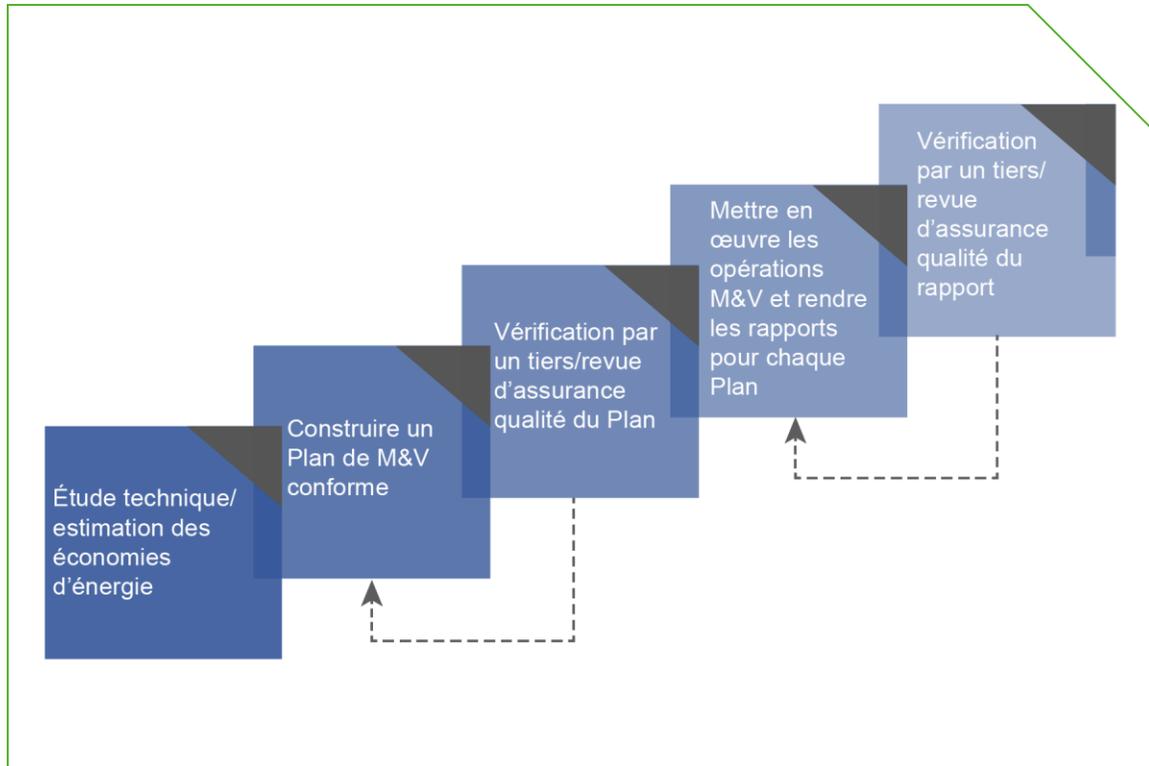


Figure 5. Schéma d'un processus de M&V figurant les activités types pour attester de la conformité

L'utilisateur déclarant être conforme à l'IPMVP doit :

- » Identifier la personne responsable d'approuver, pour un site donné, le Plan de M&V et de valider que le Plan de M&V est mis en œuvre pendant toute la durée de la période de suivi.
- » Développer un Plan de M&V complet vérifiant les points suivants :
 - Déclaration claire de la date de publication, du numéro de version et du volume de l'édition IPMVP utilisée,
 - Utilisation cohérente de la terminologie avec les définitions de la version de l'IPMVP utilisée,
 - Mention de toutes les informations présentées dans la section 7 « Plan de M&V »,
 - Définition du contenu des rapports d'économie et de leur fréquence,
 - Approbation par toutes les parties intéressées par la conformité à l'IPMVP du Plan de M&V,
 - Cohérence avec les principes de l'IPMVP.
- » Mettre en œuvre le Plan de M&V validé conforme à l'IPMVP et s'assurer que les procédures sont conduites en accord avec les principes de l'IPMVP. Cela peut passer par la réalisation d'une revue du système d'assurance qualité sur toutes les activités de M&V, incluant les inspections, les mesurages, les calculs et les rapports. Pour chaque projet, les procédures d'assurance

qualité sont décrites dans le Plan de M&V. Un professionnel compétent et expérimenté devrait conduire le processus de revue.

EVO recommande que le développement et la supervision de la mise en œuvre des Plans de M&V et des activités associées soient réalisés par un professionnel qualifié, tel qu'une personne titulaire du diplôme « Certified Measurement and Verification Professional » (CMVP).

Les personnes souhaitant spécifier l'utilisation de l'IPMVP dans un contrat de performance énergétique ou dans des échanges de droits d'émission peuvent indiquer : « La détermination des économies réelles d'énergie et des économies monétaires associées suivra les bonnes pratiques actuelles, telles que définies dans les Principes Fondamentaux de l'IPMVP ». La spécification peut aller plus loin en incluant « Le Plan de M&V devra être conforme à l'IPMVP et être validé par... », en précisant la mention suivante, si disponible à la date de l'approbation du contrat : « suivant l'option... de l'IPMVP ».

Des remerciements tout particuliers aux structures qui nous soutiennent





Efficiency
Valuation
Organization

EVO

Adresse du siège social :
1629 K Street NW, Suite 300
Washington, DC 20006, USA

Téléphone :
+1 202-738 4639

Courriel :
EVO.Central@EVO-world.org

www.evo-world.org